

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Escultura



TESIS DOCTORAL

**DISEÑO Y NORMALIZACIÓN DE PÁTINAS EN
LA CREACIÓN ESCULTÓRICA.
CARACTERIZACIÓN Y PROCESOS
TÉCNICOS.**

Cristina Moreno Pabón

2008

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Cristina Moreno Pabón
D.L.: GR.1906-2008
ISBN: 978-84-691-5980-4

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Escultura



Diseño y Normalización de Pátinas en la Creación Escultórica. Caracterización y Procesos Técnicos.

Memoria que presenta CRISTINA MORENO PABÓN para optar al grado de Doctor por la Universidad de Granada

El Director:

La Doctoranda:

Prof. Dr. Jorge Alberto Durán Suárez

Cristina Moreno Pabón

Granada, Julio de 2008

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Escultura



Jorge Alberto Durán Suárez, Profesor Titular de Universidad del Dpto. de Escultura en la Universidad de Granada,

HACE CONSTAR:

Que la presente memoria titulada “Diseño y Normalización de Pátinas en la Creación Escultórica. Caracterización y Procesos Técnicos.” ha sido realizada bajo mi dirección por Dña. Cristina Moreno Pabón y cumple las suficientes condiciones para que su autora pueda optar al grado de Doctor por la Universidad de Granada.

Granada, Julio de 2008

Jorge Alberto Durán Suárez

“Toda la belleza aparece perfecta en el pulimentado y la coloración. En el pulimentado quitamos toda la dureza de las limaduras por medio de un raspador y añadimos el brillo con piedra pómez, con una punta de buril o con un pulidor. Para la coloración damos el color a cada parte en la propia pieza o por aleación....“El blanco se logra con el empleo de pan de plata; el amarillo, es decir el oro, con pan de oro; el verde mojando el vinagre purificado; y el negro con un barniz de betún líquido o ennegreciendo con paja mojada. Estos colores se harán por ahora en espera del tiempo y de que nosotros aprendamos otros”.

Pompilius Gauricus

Agradecimientos

Mi primer agradecimiento quiero dirigirlo al profesor y director de esta tesis, Dr. D. Jorge Alberto Durán Suárez, por la motivación y ánimo continuo que me ha aportado, así como la formación que he adquirido bajo su dirección y su sincera amistad, confianza y apoyo incondicional.

El desarrollo y realización de esta Tesis no habría sido posible sin la financiación de la Junta de Andalucía, mediante la concesión de la beca predoctoral para la formación de personal docente e investigador universitario (F.P.D.I.), en su convocatoria del 2002 (B.O.J.A. 23 de abril del 2002). Agradezco por tanto su apoyo económico y administrativo.

Igualmente el desarrollo y realización de esta Tesis ha sido posible gracias a la financiación de la Universidad de Granada, por la concesión de la beca predoctoral para la formación de personal docente e investigador universitario (F.P.D.I.), en su convocatoria del 2000. Agradecer su apoyo económico y administrativo.

Al proyecto de investigación MAT2006-00308, cuyos responsable es el Dr. D. Jorge Alberto Durán Suárez, por su apoyo científico y financiación.

Al grupo de investigación HUM-629 de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Junta de Andalucía y muy especialmente a su director el Dr. D. Antonio Sorroche Cruz.

Un especial agradecimiento al Profesor Dr. D. Rafael Peralbo Cano, compilador y montador en este trabajo, por su amistad, ayuda y apoyo incondicional, sobre todo en la última etapa.

Al Catedrático de Escultura de la Universidad Complutense de Madrid, Dr. D. Rodolfo Conesa Bermejo, por todo el apoyo que tan amablemente me ha prestado durante los años de mis cuatro estancias en Madrid, facilitándome todas las gestiones y contactos con los diversos escultores y profesores del Departamento, así como con sus desplazamientos acompañándome a los diversos talleres de fundición.

Igualmente, agradecer a los artistas y profesores del Departamento de Escultura de la Universidad de Granada, Dr. D. José Castro Vílchez; Dr. D. Miguel Barranco López y Dr. D. Miguel Moreno Romero; este último por la aportación de su recetario y visión personal para esta Tesis, así como por todo el apoyo, consejos y experiencia que me ha brindado.

Del mismo modo, expreso mi gratitud a todos los profesores y artistas del Departamento de Escultura de Madrid, especialmente, por el tiempo que me han dedicado, al Catedrático Dr. D. José de las Casas Gómez; al Catedrático Dr. D. Miguel Ángel Sánchez García; a D. Tomás Bañuelos Ramón; a D. Eduardo Zancada Pérez; al Dr. D. Pablo de Arriba del Amo; y al grupo de investigación JARDÍN DE LOS PLANETAS de Móstoles, de la Fundación U.C.M. (nº 234/2001) y muy especialmente a su director el Dr. D. José de las Casas Gómez.

Agradezco también la colaboración y consejos prestados por el Catedrático del Departamento de Escultura de la Universidad de La Laguna, en Tenerife, Dr. D. Juan Carlos Albaladejo González.

También quiero reseñar la paciente colaboración de diversos talleres de fundición tales como Fundiciones Hermanos Codina (Miguel Ángel Codina); Fundición y Fundación Capa (Eduardo Capa e hijos); Arte Seis (Ismael García) y Talleres Bronces Ibéricos (Fernando Viera), todas ellas de Madrid. Del mismo modo agradezco a Talleres de Arte M. Moreno (Miguel Moreno Romera e hijos) y Taller de Miguel Barranco, ambas ubicadas en Granada, por compartir sus experiencias, su visión artística de las pátinas y la aportación para el mundo artístico de sus formularios.

Un agradecimiento especial para los artistas que han aportado para el resto de artistas, en esta Tesis, su visión y experiencia sobre el mundo de las pátinas, como el escultor y pintor Antonio López García; el escultor y creador de la Fundación Capa, Eduardo Capa y Augusto Moreno Rodrigo, escultor y pintor.

En lo que al apartado documental y administrativo se refiere, ha sido de gran ayuda la colaboración del personal de la Facultad de Bellas Artes de Granada; agradezco muy especialmente, a D^a. Marta Sánchez Párraga, administrativa del Departamento de Escultura; a D. José Luis Sánchez Lafuente-Valencia, Bibliotecario de la Facultad de Bellas Artes de Granada y a D^a.M^a Josefa Villamil González, administrativa del Departamento de Escultura de la Universidad Complutense de Madrid.

Un especial agradecimiento por su apoyo y paciencia a mi marido, por su colaboración en este trabajo y a mi hijo Manuel Abel Fiestas Moreno, por su aportación gráfica a esta Tesis.

Finalmente, a mis padres, hijos y hermana, así como a todos mis amigos, una mención y agradecimiento muy especial por su apoyo y confianza incondicionales.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	15
1. ANTECEDENTES Y REVISIÓN TÉCNICA	23
1.1. EL COBRE Y EL BRONCE: BREVE REVISIÓN HISTÓRICA	23
1.2. MECANISMOS NATURALES Y ARTIFICIALES DE FORMACIÓN	31
1.3. REVISIÓN CRONOLÓGICA	38
1.3.1. HISTORIA DE LAS PÁTINAS	38
1.3.2. TIPOLOGÍA DE PRODUCCIÓN (CORROSIÓN PÁTINAS)	46
2. MATERIALES Y MÉTODOS	67
2.1. MATERIALES	67
2.1.1. BRONCE	67
2.1.2. PRODUCTOS QUÍMICOS	76
2.2. MÉTODOS	78
2.2.1. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS DE ENSAYO	78
2.2.2. PROCESO DE PREPARACIÓN DE LOS QUÍMICOS PARA LOS SIETE COLORES	82
2.2.3. PROCESO DE NORMALIZACIÓN DE LOS SIETE COLORES DE PÁTINAS AR.	83
3. COLORIMETRÍA	97
3.1. INTRODUCCIÓN	97
3.2. INTRODUCCIÓN A LA TÉCNICA	102
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS	103
3.3.1. MATERIALES	103
3.3.2. MÉTODOS	108
3.4 RESULTADOS COLORIMÉTRICOS POR COLORES Y ALEACIONES	113
3.4.1 RESULTADOS	113
3.5 CONCLUSIONES	318
3.5.1 RESULTADOS MÁS RELEVANTES DE LAS ALEACIONES Y PÁTINAS	318
3.5.2 RESULTADOS MÁS RELEVANTES TRAS UN AÑO A LA INTEMPERIE	321
3.5.3 LA EVOLUCIÓN DE LA PÁTINA EN EL INTERIOR, EN CADA COLOR	330
4. ENTREVISTAS Y RECETARIOS	335
4.1. FÓRMULAS Y RECETAS DE PÁTINAS Y OXIDACIONES ARTIFICIALES	335
4.1.1. RECETARIO INDUSTRIAL DE HISCOX Y HOPKINS	335
4.1.2. RECETARIO DE PÁTINAS DE V. KIPPER	354

4.1.3. RECETARIO DE PÁTINAS DE F. CASTELLS	379
4.2. RECETAS Y CONCLUSIONES DE TALLERES Y ARTISTAS	386
4.2.1. TALLERES DE FUNDICIÓN: OPINIONES Y RECETARIOS	386
4.2.2. VISIÓN Y DEBATE SOBRE LAS PÁTINAS DEL ESCULTOR Y RECETARIOS	398
4.2.3. CONCLUSIÓN Y DEBATE SOBRE LAS PÁTINAS DE LOS ESCULTORES Y PATINADORES CONTEMPORÁNEOS	417
<u>5. APLICACIONES PRÁCTICAS</u>	427
5.1. VISIÓN ARTÍSTICA DE CORROSIÓN Y PÁTINA	427
5.2. CORROSIÓN Y PÁTINAS ARTÍSTICAS. APLICACIONES PRÁCTICAS	428
<u>6. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES</u>	449
6.1. DISCUSIÓN GENERAL	449
6.2. CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS	450
6.3. RECETARIO NORMALIZADO RECOMENDADO PARA CADA COLOR DE PÁTINA	453
6.4. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ABIERTAS	472
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	477



Introducción y Objetivos

Introducción y Objetivos

En los últimos tiempos, la obra de Arte se ha visto obligado a abandonar la rigidez de los estereotipos normativos tradicionales a causa de la pérdida de límites, tanto formales como dialécticos, posibilitando que surjan nuevos materiales y, por ende, nuevas técnicas.

Si bien desde el comienzo de los tiempos el hombre ha mostrado interés por temas como la corrosión metálica y las pátinas, es en la actualidad cuando los tratamientos de acabado y coloración de metales han tomado una importancia fundamental en el campo del arte y la tecnología. Así, aunque en determinados momentos históricos lo científico y lo artístico se nos ha presentado aparentemente como disciplinas contrapuestas, resulta imprescindible visualizar ambas desde una perspectiva unitaria.

En este sentido, el Arte no es independiente de la ciencia, máxime cuando hablamos de la obtención de coloraciones supeditadas a mezclas y a procesos químicos. Resulta fácil comprender que, conociendo el fundamento de la corrosión y las pátinas, así como los factores que intervienen en su formación, se obtendrá un mayor dominio de la coloración artificial por oxidación de las

superficies de las obras de Arte. Así ocurre, por ejemplo, en el caso de la obtención de las pátinas y acabados de los metales, donde se persigue que el color obtenido se aproxime lo máximo posible al color que el óxido forma de modo natural sobre la superficie metal. Esta oxidación, por otro lado, conlleva una mayor protección contra la corrosión.

Vemos, por tanto, como el conocimiento científico posibilita al artista actual la apertura a nuevos campos de investigación, algo que, dado el estancamiento en el campo de la patinación, resulta de gran utilidad si se dispone del necesario espíritu investigador y se está abierto a la experimentación como es propio en el artista. Así pues, el acercamiento al método científico, nos da la oportunidad de buscar nuevos componentes que, por oxidación, enriquezcan y protejan la superficie de nuestras esculturas.

En los procesos corrosivos, por simples que puedan parecer cuando los observamos en la naturaleza, intervienen múltiples y variados factores, que hacen de ellos un fenómeno complejo; por lo que el conocimiento del proceso de corrosión, garantiza gran parte del éxito de la pátina. Así, los resultados obtenidos pueden variar en función de la temperatura aplicada al metal, de la humedad medioambiental, de la concentración de los químicos, etc. Asimismo, habría que verificar, en el caso del bronce, que las aleaciones del metal sean análogas, puesto que éste es otro factor que puede ocasionar cambios en la coloración por oxidación de cualquier obra que se desarrolle.

En este sentido, este trabajo se estructura aunando criterios científicos y artísticos. Para ello, la primera parte de esta investigación se inicia con una exposición de Antecedentes y revisión técnica en la que se determinan, de forma exhaustiva, el proceso corrosivo de la superficie de los metales. Este proceso natural, que parte del mineral del que se obtiene el metal, y dentro de un periodo de estabilización, provoca la aparición de la pátina natural (una capa superficial que protege al metal), hasta que la continua corrosión de la superficie terminará destruyendo el metal. Así mismo, dentro de esta primera parte encontramos también la labor experimental y empírica, con la aplicación de los *reactivos* y estudio de los resultados obtenidos.

La segunda parte de este trabajo, está dedicada a la *patinación de la superficie natural*, buscada de forma artificial, utilizando para ello las técnicas que nos proporciona la ciencia y la tecnología hoy en día. Por razones obvias, estas técnicas están orientadas a su empleo en aplicaciones técnico-artísticas, y más concretamente al campo de la escultura. Al igual que en el caso anterior, se ha considerado conveniente distinguir en partes diferenciadas Antecedentes y revisión técnica y sus aplicaciones prácticas. En este sentido, el escultor puede hallar aquí “una *variedad de recetas*” para ser aplicadas en el patinado de sus obras. Se ha procurado recoger las más significativas, tanto del recetario clásico como de técnicas contemporáneas. Se ha procurado, además, facilitar las

diversas opiniones de diferentes escultores y maestros patinadores de talleres especializados en fundición artística, lo que posibilita el debate sobre la artisticidad o la tecnicidad del proceso de patinación escultórica.

Por otra parte, todo el apartado de normalización de estos procesos, aspira a ayudar al artista en los procesos de elaboración de sus propias obras. Dada la heterogeneidad existente en los materiales, aleaciones, productos corrosivos y procedimientos de aplicación, el interés suscitado es mayor cuando los resultados que se aportan parten de la normalización. Dicha normalización pretende aportar a la comunidad científico-técnica el camino más apropiado para generar acabados y pátinas cromáticas sobre la obra artística en general y más concretamente, en la de tipo escultórico

Partiendo de estas premisas, el **objetivo principal** de esta Tesis Doctoral es el estudio normalizado del proceso de corrosión de la superficie de diversas aleaciones de bronce escultóricos durante el proceso de patinado artificial, a través de la medición y control exhaustivo de todos los elementos y fenómenos a nuestro alcance, que intervienen en este proceso. Para resolver cuestiones de índole técnico-práctica de esta investigación resulta necesario determinar el alcance del proceso de corrosión y pátinas del bronce y sus aplicaciones, desde los primeros recetarios y escritos, hasta las investigaciones más recientes. Esto posibilitará el análisis de las aplicaciones de las mencionadas pátinas en ámbitos técnico-artísticos y consolidará estos conocimientos mediante la exposición documentada de diversas aplicaciones sobre obras escultóricas en las que están presentes las cuestiones fundamentales del estudio llevado a cabo. Este objetivo fundamental será alcanzado mediante la consecución de fines más específicos tales como: búsqueda y análisis de la bibliografía existente sobre corrosión y pátinas en bronce y sus aplicaciones, desde los primeros recetarios y escritos, hasta los estudios más recientes; Identificar y definir cuales son las aleaciones de bronce más apropiadas para su posterior patinado en obras escultóricas; Diseñar según parámetros de la normativa vigente dosificaciones diversas de pátinas que posibiliten la coloración de elementos artísticos bronceos de las aleaciones escogidas. Ello permitirá la normalización del proceso de pátina artificial, a través de la medición y control exhaustivo de todos los elementos y fenómenos, que intervienen en este proceso; Por último, validar el estudio realizado y los resultados obtenidos.

Cabe reseñar también, como objetivos de la investigación propuesta, la catalogación parcial de los materiales y técnicas empleados para la consecución de los ensayos realizados, así como la valoración de las posibles formulaciones favorables de ser estudiadas como continuación de lo desarrollado en esta memoria.

Todos estos objetivos han sido desarrollados y escritos en varios capítulos cuyo contenido se resume a continuación:

Inicialmente, se realiza una labor de indagación bibliográfica sobre todo lo relativo al trabajo de las pátinas en bronce (aceleración del proceso de oxidación), partiendo de los primeros recetarios y abarcando las investigaciones más recientes. Esta investigación, incluye visitas a talleres de escultores contemporáneos, así como a talleres de fundición especializados en la terminación de obras en bronce, con el objeto de indagar en los recetarios utilizados por estos y la búsqueda de nuevas tonalidades y texturas, en la aplicación de las pátinas.

Posteriormente partiendo de las seis aleaciones de bronce más usadas dentro de la práctica escultórica, se elaboran probetas de análisis completamente iguales, en tamaño y forma, a los que se aplican posteriormente los reactivos químicos seleccionados. Resulta fundamental tener en cuenta el lugar de la aplicación, que siempre ha sido el mismo, evitando así alteraciones de tipo medioambiental o bien de la propia aleación del bronce, que pudieran deformar los resultados. Se utilizan, como vía de investigación, la introducción de diferentes cationes metálicos en la estructura reticular del bronce, con objeto de, una vez sometidos estos al tratamiento químico adecuado, conseguir tonalidades cromáticas distintas a las ya conocidas.

Finalmente, con la medición del color de todas las probetas de análisis con un colorímetro de alta precisión, se realiza un estudio colorimétrico de las muestras, así como un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos, que se exponen ampliamente en el apartado de conclusiones. La medición de las probetas de análisis se llevan a cabo en tres tiempos bien definidos: antes de la patinación, con posterioridad a la aplicación de las pátinas seleccionadas y una medición final transcurrido un año. Ello posibilita elaborar gráficos y tablas comparativas que permiten una visión clara de los resultados obtenidos y un análisis de los métodos de patinación que se han venido utilizando hasta nuestros días.

Por último, en Referencias Bibliográficas se reseña todos los estudios y publicaciones empleadas para la realización de esta Tesis Doctoral, si bien los principales libros consultados y traducidos para la elaboración de la tesis, han sido manuales básicos en lo que a patinación escultórica se refiere: "Pátinas for silicon bronze" de Kipper P. (1995) y "The Colouring, Bronzing and Patination of Metals" de Richard Hughes and Michael Rowe. (1991, revisado en 2002). Estos dos libros son los más completos y específicos sobre pátinas artísticas para la escultura en aleaciones de bronce. Otro libro de gran importancia, si bien no es específico sobre tema, es el "Formulario enciclopédico industrial" (versión española) de Nicco Barbieri (1951) 2ª edición, cuyo título original era "Enciclopedia-Recetario" (1947). De este formulario se han podido extraer muchas recetas antiquísimas, utilizada en las primeras esculturas fundidas en bronce y que aún siguen utilizándose en la escultura contemporánea.

Autores como Feliu S. y Morcillo M., han sido fuente de la información científica sobre corrosión, tan necesaria para la normalización de las pátinas y el control de estas. De ellos destaco el libro del Centro Nacional de Investigaciones Científicas. "Corrosión y protección de los metales en la atmósfera".ED. Bellaterra. Barcelona (1982) y así como artículos, como el publicado en la Revista "Metalurgia" nº 4 de 1975.

Con el objeto de facilitar futuros estudios e investigaciones, se han recogido y analizado todas las referencias bibliográficas y documentales utilizadas en la misma.



CAPÍTULO 1

Antecedentes y Revisión Técnica

1. Antecedentes

1.1. El cobre y el bronce: breve revisión histórica, corrosión y pátina.

Para entender mejor los términos corrosión y pátina, en los metales y más específicamente sobre el bronce, que es el motivo de estudio en este trabajo, resulta necesario aclarar previamente conceptos como el cobre y sus aleaciones, es decir: el bronce o el latón. Se comenzará mediante un breve resumen sobre el cobre, su procedencia, su historia y usos más frecuentes.

Cobre. Elemento simple perteneciente al grupo I B de la tabla periódica, de símbolo Cu, número atómico 29 y masa atómica 63,54. (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Características químicas del elemento cobre

COBRE			
Grupo	Símbolo	Número Atómico	Masa Atómica
IB	CU	29	63.54

El cobre se encuentra en su estado natural (cobre nativo) o bien formando parte de diversos óxidos, sulfuros y carbonatos (calcopirita, cuprita, malaquita). Es un metal pesado, blando, dúctil y maleable, de color rojo parduzco y excelente conductor del calor y de la electricidad, del que se conocen dos isótopos estables y seis radiactivos. Químicamente presenta tres estados de oxidación: +1, +2 y +3. A temperaturas elevadas reacciona con el oxígeno, con el fósforo y con el azufre. Conocido desde el período neolítico en Egipto, el cobre se utilizó en la antigüedad en aleación con el estaño, para fabricar utensilios diversos así como armas. Los alquimistas primitivos lo consideraron como un derivado del hierro (figura 1.1).



Figura 1.1. Cobre nativo con cristales de sulfato de cobre.

Entre sus compuestos destacan el nitrato de cobre, utilizado como insecticida y como mordiente (sobre todo en metales), y el sulfato de cobre, (pigmento empleado en pintura y en la fabricación de pilas eléctricas). Ambos tienen aplicaciones artísticas, tanto en la pintura, para la fabricación de pigmentos, como en la escultura, para la aplicación de pátinas artificiales. (ASMs Handbook, 1992; Berukshtis y Klark, 1966)

En el Arte, el cobre se usa, entre otras aplicaciones, para hacer repujados, debido a su ductibilidad y maleabilidad; también se suele incrustar en otros metales u otros materiales como madera, piedra, etc.

Las aplicaciones del cobre se deben a su alta conductibilidad térmica y eléctrica, como por ejemplo, cables e hilos eléctricos para conducciones o para

el devanado de motores eléctricos, alambiques, calderas y otros utensilios. Por su resistencia a la corrosión se emplea también en forma de láminas para la construcción de cubiertas. El cobre se emplea también en la confección de canalizaciones de distribución interior de agua, sustituyendo progresivamente a otros materiales como el hierro galvanizado y el plomo en este campo.

Las aleaciones de cobre con otros materiales merman su alta conductibilidad aunque, por otra parte, lo hace apto para la fabricación de piezas por vaciado. Una de las aleaciones más frecuentes y usada a lo largo de la historia del cobre es el bronce, especialmente la escultura que ha hecho un gran uso de esta aleación del cobre, sobre todo en el apartado de la fundición. (Burns. y Schuh, 1938; Cotton, 1963; Chin, Altura, 1973).

El bronce en la fundición.



Figura 1.2. Auriga de Delfos, escultura griega realizada en bronce, de 1,82 m de altura, fechada en el 478 ó 474 a. C. Descubierta en 1896 en el santuario de Apolo de Delfos. En la actualidad se expone en el Museo arqueológico de Delfos.

El bronce es un material duradero, adecuado para ser expuesto al aire libre, por lo que, junto con el mármol, ha sido un material preferido para las obras de carácter monumental y religioso. (Lerin, 1989; Larsson, 1986; Lull Santiago, 1992; Martín F. A, 1992; Villar F., 2001).



Figura 1.3. Escultura ecuestre del Condottiero Gattamelatta; s. XV (Donatello). La primera Estatua ecuestre que se hace desde la de Marco Aurelio. Apoya la pata en una bola para guardar el equilibrio. Línea cerrada.

Su uso en el arte se inició con el descubrimiento del proceso para obtener este material. Se desarrolló en Egipto, Mesopotamia y Creta, aunque en piezas de pequeñas dimensiones porque las técnicas eran muy rudimentarias. En Oriente, el arte del bronce tuvo un extraordinario desarrollo. En China, los vasos de bronce alcanzaron durante la dinastía Chang (siglos XIV a XI a. de .J.C.) una elaborada perfección técnica en una tradición que se ha prolongado hasta la

actualidad. En Japón, la elaboración del bronce fue introducida en el siglo VI d. de .J.C., utilizándose de forma notable en vasos, espejos y estatuas colosales. (Arguedas, 1957; Arguedas, 1966; Fabián García, 1995; Finley, 1981; Finley, 1983; Larsson, 1986; Lerin, 1989; Lull, 1992; Martínez Navarrete, 1988; Moral del Hoyo, 2002 Clerin, 1993; Pleenderleith, 1967; Prados Torreira, 1992).

La civilización griega perfeccionó los métodos de la fundición a la cera perdida y a la arena en el siglo VI a. de J.C. técnica esta última que facilitaría a partir de entonces la elaboración de piezas de mayores dimensiones. Ejemplos destacados y conocidos son el Auriga de Delfos (figura 1.2) o el Zeus de Artemision. La tradición de la escultura en bronce, continuó con el arte etrusco (El orador, siglo III a. de J.C.) y el romano, que heredó las técnicas de los bronceístas griegos (Estatua ecuestre de Marco Aurelio). (Rodríguez de Berlanga y Rosado, 1825-1909; National Association of Corrosion Engineers, 1991; Getty Trust J. P., 1991)

Durante la Edad Media se realizaron obras notables, como las puertas de la catedral de Hildesheim (siglo XI), cuyos relieves constituyen la obra maestra del arte otónico, o las puertas de la catedral de Monreale en Sicilia (siglo XII). (Lerin, 1989)

Con el Renacimiento y el Manierismo hay un gran auge del vaciado de esculturas en bronce sobre modelos de cera (técnica de la cera perdida), con estatuas de tamaño natural, estatuillas, placas y medallas, en piezas como el Condotiero Gattamelata de Donatello (figura 1.3) o el Perseo de B. Cellini. Destacar la labor de Leone y Pompeo Leoni (en España), con los grupos funerarios de Carlos V y Felipe II en El Escorial.

El bronce y el mármol fueron durante el Barroco, el Neoclasicismo y el Romanticismo los materiales más utilizados, sobre todo, en artistas de influencia italiana. Sin embargo, en el siglo XIX se produjo una revalorización de las técnicas tradicionales y remitió el predominio de estos dos materiales, que, sin embargo, siguieron siendo muy utilizados en los círculos académicos. Finalmente, durante el siglo XX se ha preferido la piedra o la madera, además de materiales industriales propios de la era moderna. (Arnason, 1968; Marín Medina, 1978; Ballesteros, 1983; Barraclough, 1980; Bozal, 1970; Bozal, 1983 Cirlot, 1972; Gaya Nuño, 1975 Hofmann, 1960; Jory, Marcel. 1977; Lerin, 1989; Terrero, 1991; López-García A., Martínez Sarrión A., Ramo J., 1994 y 1995; Durán Suárez y Moreno Pabón, 2003; Pischel, 1983)

Técnicas de fundición en bronce.

La fundición en bronce ha contado desde la antigüedad con un procedimiento fundamental, que al mismo tiempo ha sido el que se ha utilizado con mayor frecuencia: la fundición a la cera perdida. Esta técnica consiste en que el escultor trabaja sobre una base de cera, en la que modela su obra y

posteriormente, se procede a la colocación de respiraderos, para evitar la concentración de gases durante el vertido del metal fundido. En esta fase también se añaden los bebederos, por donde se verterá el metal. Finalizado este proceso, se recubre el modelo en cera con material refractario y se procede a hornear el conjunto. Eliminada la cera, se sustituyen los huecos con metal fundido.

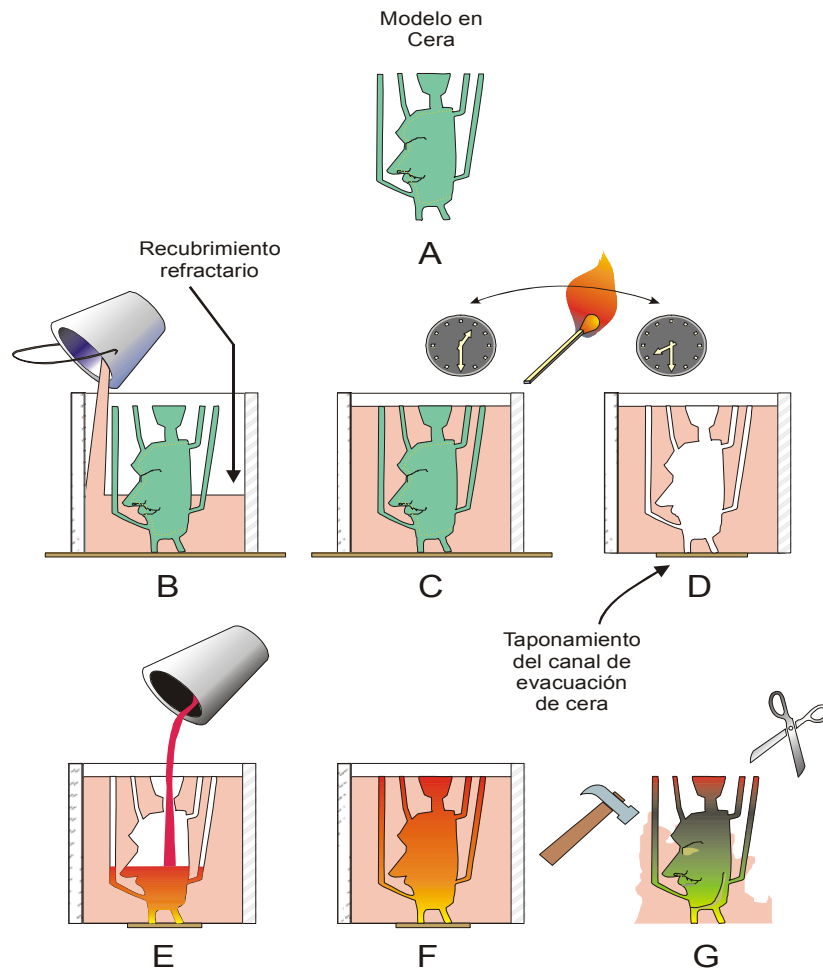


Figura 1.4. Esquema gráfico para obtención de figuras en metal, mediante el proceso denominado fundición a la cera perdida. A. Modelo en cera; B. Vertido del recubrimiento refractario; C. Endurecimiento; D. Horneado del molde refractario; E. Vertido del metal líquido; F. Enfriamiento del metal; G. Eliminación del recubrimiento refractario y extracción de la pieza solidificada

Para realizar piezas escultóricas de dimensiones monumentales, se elabora la obra igualmente en cera, pero se deja hueca. Se introduce en su interior un núcleo o linterna en el momento de verter alguna de las mezclas refractarias mencionadas anteriormente de tal forma que el revestimiento de cera quede entre dicho núcleo y el molde exterior. Cuando la mezcla está seca, se sigue el mismo proceso de fundición anteriormente descrito (figura 1.4). (Alsina Benavente, 1992; Moreno Pabón y Sorroche Cruz, 1999; Corredor Martínez, 1997; Durán Suárez y Moreno Pabón, 2003; Duponchelle, J., 1960; Gil Arévalo, 1986; Howard, 1953; Irving, 1981; Midgley, 1982; Navarro, 1976; Schütze, 1954; Sorroche Cruz, 1998; Wieczoreck y Leben, 1960).

Los términos corrosión y pátina están relacionados entre sí, ya que ambos tienen que ver con los cambios químicos y electroquímicos que se producen entre el metal y el medio ambiente por la acción del oxígeno, compuestos del azufre sulfúreos y otras sustancias (Otero, 1997; Feliú, Andrade, 1991; Berducou M.C., 1990). Los dos términos aluden al proceso electroquímico de equilibrio metal-medio ambiente. No obstante, el primero de ellos comporta una continuidad en el tiempo (corrosión-desestabilización), mientras que el segundo (pátina) aparece en un momento de este proceso aislando el metal del medio y ocasionalmente protegiéndolo.

Después de una amplia investigación bibliográfica sobre la corrosión, encontramos múltiples y diversas definiciones. Realizando una refundición de todas ellas podríamos obtener el siguiente concepto:

Corrosión: es el término que hace referencia al proceso de cambios químicos y electroquímicos, que se producen en el metal por la acción del medio circundante, provocando en él un deterioro de sus propiedades y su retorno al estado mineral del que procede, que es termodinámicamente más estable. La corrosión es un fenómeno espontáneo e irreversible. (Berducou M.C., 1990).

Otras acepciones definen la corrosión de los metales de la siguiente forma: desgaste total o parcial que disuelve o ablanda cualquier sustancia por reacción química o electroquímica con el medio ambiente. El término corrosión se aplica a la acción gradual de agentes naturales, como el aire o el agua salada sobre los metales.

Por último, hemos podido recopilar otras definiciones de corrosión y pátina, como las que seguidamente se citan. Estas definiciones han sido recogidas de diversos catálogos de productos anticorrosión y de medios electrónicos.

Por *corrosión* se entiende el proceso de deterioro que sufre un metal por acción química del medio que lo rodea. La corrosión más frecuente es la oxidación superficial, causada por el oxígeno del aire, es decir, de algún modo, una forma de combustión lenta. El posterior desprendimiento de la capa de óxido

da lugar a una nueva oxidación más profunda. El proceso es tanto más destructivo cuanto más permeable sea la capa de óxido y con mayor facilidad se desprenda del metal, siendo así que algunos metales, como el aluminio y el zinc, resisten la corrosión por la perdurabilidad del óxido superficial formado. (Aldaz Riera, 1992; Alonso Cantalapiedra, 1995; Cano Díaz, 2004; Cotton, 1963).

Finalmente, *pátina* es la formación de una película superficial, que actúa como revestimiento protector sobre el metal. Esta película tiene un color característico que depende de las reacciones químicas y electroquímicas producidas entre el metal, el reactivo (catalizadores como por ejemplo sales diversas) y el medio atmosférico en el que reaccionan. Esto queda ejemplificado con el cobre y sus principales aleaciones (latón y bronce), cuya pátina suele tomar una coloración que va desde los tonos ocres hasta los negros, pasando por los verdes, azules y violetas, en función de las diferentes reacciones que se producen. Este hecho ha sido constatado en objetos de bronce, de procedencia arqueológica, los cuales, presentaban diferentes coloraciones en función del nivel de enterramiento, debido a las diferentes concentraciones de potencial de hidrógeno (PH) del material de relleno circundante. (Alonso Cantalapiedra, 1995; Alonso Cantalapiedra, 2002; Cano Díaz, 2004)

El ejemplo más habitual de corrosión es la oxidación del hierro, que consiste en una compleja reacción química en la que el hierro se combina con oxígeno y agua para formar óxido de hierro hidratado. El óxido es un sólido que aproximadamente mantiene la misma composición general que el metal del que se ha formado, pero con un aspecto poroso, algo más voluminoso, y relativamente débil y quebradizo.

Algunos metales como el aluminio, aunque son muy activos químicamente, no suelen sufrir corrosión en condiciones atmosféricas normales. Generalmente el aluminio se corroe con facilidad, formando en la superficie del metal una fina capa continua y transparente que lo protege de una corrosión acelerada. El plomo y el zinc, aunque son menos activos que el aluminio, están protegidos por una película semejante de óxido. El cobre, comparativamente inactivo, se corroe lentamente con el agua y el aire en presencia de ácidos débiles como la disolución de dióxido de carbono en agua (con propiedades ácidas), produciendo carbonato básico de cobre, verde y poroso. Los productos de corrosión de cromaticidad verde denominados *cardenillo* o pátina aparecen en el cobre puro y sus aleaciones (bronce y latón), apreciándose con frecuencia en estatuas y techos ornamentales. La definición cardenillo se usa actualmente en términos coloquiales, incluso aparecía referido en la enciclopedia francesa de 1751 para definir el acetato de cobre que recubría el bronce en forma de pátina.

Los metales llamados nobles son tan inactivos químicamente que no sufren corrosión atmosférica, entre ellos se encuentran el oro, la plata y el platino. La combinación de agua, aire y sulfuro de hidrógeno afecta a la plata,

pero la cantidad de sulfuro de hidrógeno normalmente presente en la atmósfera es tan escasa que el grado de corrosión es insignificante, apareciendo únicamente un ennegrecimiento causado por la formación de sulfuro de plata. Este fenómeno puede apreciarse en las joyas antiguas y en las cuberterías de plata. (Aldaz Riera, 1992; Alonso Cantalapiedra, 1995; Alonso Cantalapiedra, 2002; Cano Díaz, 2004; Cotton, 1963)

1.2. Mecanismos naturales y artificiales de formación de metales.

Para comprender bien el proceso de formación, tanto natural como artificial de corrosión y pátina, debemos tener claro qué es un metal y cuáles son sus propiedades. Para ello partiremos de la procedencia del metal. Los metales generalmente se encuentran en la naturaleza formando compuestos (óxidos, sulfúreos, sulfatos, carbonatos, etc.) con otros elementos. Solamente los metales nobles aparecen en estado puro. (Feliu y Andrade, 1991; Feliu y Morcillo, 1975; Feliu y Morcillo, 1982). El enlace metálico es uno de los que unen a los átomos, que se ordenan en forma de cristales en la llamada, estructura cristalina. Por último la disposición relativa de unos cristales con relación a otros es lo que llamaremos estructura metalúrgica o metal.

Un átomo está compuesto por un núcleo central, que a su vez está constituido por neutrones y protones, alrededor del cual gravitan los llamados electrones, cuya carga es negativa y se distribuyen en capas superpuestas, cada una de ellas con un nivel diferente de energía. Los electrones situados en la última capa son los llamados electrones de valencia; estos se encuentran unidos débilmente al núcleo e intervienen en el enlace entre átomos. El número de electrones y su situación en las capas, caracterizan las propiedades químicas del átomo. Los átomos metálicos se unen entre ellos o con átomos no metálicos mediante varios tipos de enlaces químicos, aportándole al metal las específicas propiedades físicas y mecánicas por las cuales lo reconoceremos. La capa externa de los átomos de elementos metálicos, no tiene nada más que de uno a cuatro electrones de valencia y además esta alejada del núcleo, esto hace que sus electrones estén débilmente unidos. Los átomos metálicos tenderán pues a ceder sus electrones de valencia, transformándose en iones positivos, los llamados cationes (figura 1.5).

Los **tipos de enlaces** químicos que se pueden dar entre los átomos de elementos diversos, son: Enlace iónico, Enlace covalente y Enlace metálico. Las propiedades de un metal, tanto en su estado puro como en las diferentes aleaciones, se deben al enlace químico específico que une sus átomos: **el enlace metálico**.

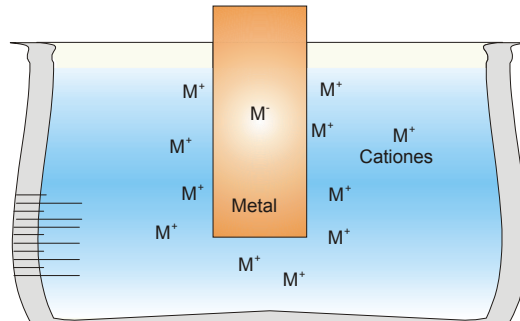


Figura 1.5. La doble capa electrónica. Principio de la corrosión del metal.

El enlace metálico une obligatoriamente átomos metálicos. Si estos átomos son iguales, estamos ante un metal puro y si son diferentes hablamos de las aleaciones metálicas (Cobre + estaño = bronce). Las aleaciones metálicas incluyen también la unión de átomos metálicos y no metálicos en forma de aditivos (hierro + carbono = acero). Las propiedades de las aleaciones se diferencian considerablemente de las de los metales puros, principalmente en las mecánicas o físicas y en la vulnerabilidad a la corrosión (Euskal, 1984; Evans, 1960; Evans, 1987; Scout, 1983).

Cuando varios átomos metálicos están próximos, sus átomos de valencia son atraídos por los campos electrostáticos de átomos vecinos. Entendemos pues que los átomos de valencia no están ligados a un átomo en concreto, sino que circulan libremente de un átomo a otro. Este tipo de enlace es como una nube electrónica, en cuyo interior estarían situados de forma ordenada los núcleos. La cohesión de la unión de los átomos (núcleo–electrones) estaría asegurada por fuerzas electrostáticas. A continuación expondremos las propiedades de los metales y de sus aleaciones, con lo que podremos comprender mejor el proceso de corrosión.

Los metales son cuerpos simples, con un brillo propio y que, a excepción del mercurio, son sólidos. Conducen bien el calor y la corriente eléctrica y se combinan en general con el oxígeno, formando óxidos metálicos; también pueden combinarse con los ácidos formando sales.

Propiedades físicas (de metales y aleaciones):

- Fusibilidad: Son sólidos a temperatura ambiente (salvo el mercurio), pero se funden a una temperatura más o menos elevada.
- Brillo metálico.
- Conductividad térmica y eléctrica. Todos los metales son buenos conductores tanto de la energía eléctrica como de la térmica.
- Son opacos. No dejan pasar la luz.
- Plasticidad o ductibilidad. Se pueden reducir a hilos flexibles y dilatados en hojas.
- Tenacidad. Ofrecen elevada resistencia ante presiones mecánicas, así como a la tracción mecánica antes de romperse.

Propiedades químicas (de elementos metálicos):

- Son electropositivos.
- Se ionizan en cationes.
- Forman al menos un óxido básico.

Tanto la conductividad eléctrica y térmica, como la plasticidad provienen de la movilidad eléctrica. (Barbieri, 1949; Hiscox y Hopkins, 1994)

La conductividad eléctrica proviene del hecho de que los electrones pueden desplazarse en dirección al polo positivo bajo la acción de una diferencia de potencial (Péguin 1970.). Esta propiedad permite los procesos de corrosión electroquímica. La conductibilidad se ve limitada por los iones positivos que están en vibración alrededor de los núcleos de la red cristalina. Esta vibración crece con la agitación térmica, por eso la conductividad disminuye cuando la temperatura aumenta. Esta es la propiedad más específica del enlace metálico.

La conductividad térmica también está relacionada con la movilidad de la nube electrónica. El aumento de la vibración de los iones por la temperatura se transmite a los electrones, que pasan sus vibraciones a iones situados en partes frías, propagando así el flujo térmico.

Igualmente, la plasticidad proviene de la movilidad electrónica. Las capas atómicas pueden deslizarse unas sobre otras en el sentido de la dirección de la fuerza ejercida. Este desplazamiento relativo conduce a una redistribución de la nube electrónica asegurando de nuevo las uniones. Esto evita las rupturas entre los átomos (Péguin, 1970).

El enlace iónico se da entre metales y no metales (hidrocarbonatos de cobre, óxido de hierro, cloruro de sodio, etc.). El átomo electropositivo del metal da uno o varios electrones al átomo electronegativo del no metal. La atracción entre los iones es debida a sus cargas opuestas. El movimiento de los átomos puede producir situaciones donde iones del mismo signo se encuentren, produciendo una repulsión entre ellos y la ruptura del cristal. Este tipo de enlace no da plasticidad al material. (Feliu y Andrade, 1991; Feliu y Morcillo, 1975; Feliu y Morcillo, 1982, Roberge, 1999; VVAA. ("Principles..."), 1992; ISO:10289-00, 2000; Walters, 1991; Durán Suárez, Moreno Pabón, 2003; Schultze, Wippermann, 1987; Snyder, 1992; Speller 1951; Spencer, Lewis, 1959; Tödt 1959; Uhlig 1950; Uhlig, Herbert 1979; Otieno-Olego, Huynh, Notoya, Bottle Schweinsberg, 1999 Peabody, Woody, 1950; Pletcher, Walsh, 1990; Raclot 1948; Revie, 2000; Schultze, Wippermann, 1987; Desai, Rana, Gandhi, 1971; Cotton, 1963; Asociación Española de Normalización y Certificación, 2002; Berukshtis, Klark, 1966; Biestek, 1984).

La estructura cristalina del metal.

El metal tiene una estructura cristalina. Estas redes tienen una gran influencia en las propiedades de los metales y de las aleaciones, pudiendo influir también en la plasticidad del metal. La estructura cristalina puede variar dependiendo de la temperatura (transformación alotrópica). El estado de la estructura cristalina del metal es sólido. Esta estructura se forma durante el proceso de solidificación del metal (fundido), durante una cristalización del estado sólido (recocido) o por una transformación alotrópica.

En una solidificación, el crecimiento del cristal en el seno del metal líquido va a efectuarse a partir de un germen o núcleo; siendo esta la primera partícula sólida, formada por la ordenación de unos pocos átomos (figura 1.6). Cuando los átomos se ordenan lo hacen en una estructura parecida a la de un árbol, denominada dentrita. Las direcciones que toman las dentritas son múltiples, así los cristales conformaran una orientación distinta de unos con respecto a otros. Cuando termina el proceso de solidificación, los cristales son contiguos, teniendo cada uno de ellos forma de grano, (de hecho se denominan también granos). Los límites entre los diferentes granos o cristales se denominan límites o juntas de granos (Bensimon, 1970; Péguin, 1970.)

El metal es policristalino; está formado por una agrupación de cristales teniendo cada uno diferente dirección (granos). El tamaño y forma de los granos de un cristal dependen de factores como:

- La composición del metal o aleación, o
- Los tratamientos termo-mecánicos aplicados.

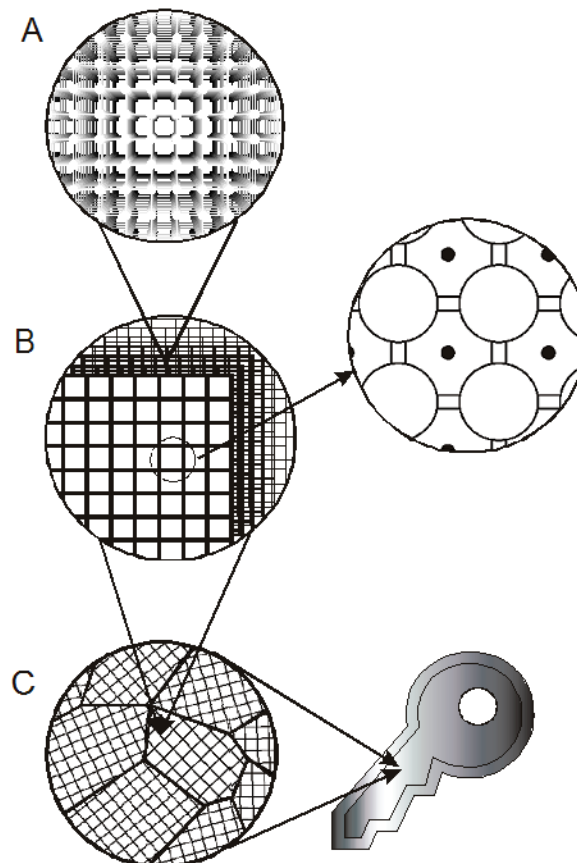


Figura 1.6. Niveles de organización del metal. A. Enlace metálico. B. Estructura cristalina. C. Estructura metalográfica.

Cuando un metal es puro todos sus granos tienen la misma composición y se dice que son monofásicos (figura 1.7). Pero dependiendo de las aleaciones pueden tener una o varias fases, o lo que es lo mismo, varios conjuntos de granos de composición diferente (Bensimon, 1970). La aleación se dice entonces que es polifásica. Los tratamientos térmicos, (como recalentamiento, temple, revenido, etc.); o los mecánicos (como forja o laminado), influyen en la estructura metalúrgica del metal, es decir, en el tamaño, dirección y forma de los granos. (Bernard y otros, 1983). Así, cuanto más lento sea el proceso de enfriamiento (recocido), menos puntos de solidificación aparecen y más grandes son los cristales, siendo su dureza mayor y su enlace metálico más uniforme, pero también aumenta su fragilidad. (Feliu y Andrade, 1991; Feliu, Morcillo, 1975; Feliu, Morcillo, 1982).

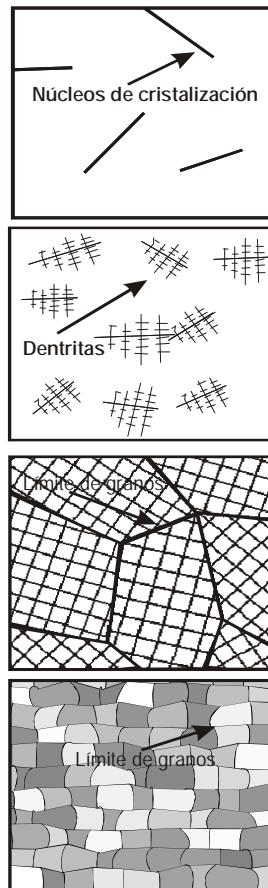


Figura 1.7 Representación gráfica de la solidificación del metal. El metal comienza su creación con los núcleos de cristalización, pasando a la formación de las dentritas, evolucionando hasta formar los límites de los granos y la definición de estos.

Aleación

Una aleación es una disolución en caliente de metales, una mezcla homogénea sin reaccionar químicamente; dos metales calentados hasta el punto de fusión en estado líquido. Cuando se enfrían forman otro metal.

La aleación es un metal, pero sus propiedades físicas y químicas no son iguales a las de los metales que lo componen (generalmente, se pretende mejorarlas). El carbono aumenta enormemente las propiedades de resistencia mecánica del hierro.

Acero ⇒ Hierro-carbono

Bronce ⇒ Cobre-Estaño

Latón ⇒ Cobre-Estaño

Corrosión.

La corrosión es el conjunto de procesos fisicoquímicos que se establecen entre el metal y el medio sobre la superficie del metal y que provoca el retorno del mismo a un estado mineral del que procede, termodinámicamente más estable. Este fenómeno es espontáneo e irreversible. (Berducou, 1990.).

Los metales se encuentran por lo general en la naturaleza, formando compuestos (óxidos, sulfuros, sulfatos, carbonatos, etc.) con otros elementos. Sólo los metales llamados “nobles” aparecen naturalmente en estado puro. A los metales restantes, para usarlos en su forma elemental, es necesario someterlos a un proceso de reducción, lo que requiere comunicarles una cierta cantidad de energía (incrementar su energía de Gibbs). Así pues, el metal tenderá a perder este suplemento de energía para recobrar su estado termodinámicamente más estable. El proceso por el cual el metal vuelve a su estado natural corresponde a una “oxidación” y representa la conversión paulatina del metal en sus formas combinadas (Feliu y Andrade. 1991; Feliu y Morcillo, 1975; Feliu y Morcillo, 1982).

La transformación del mineral en metal es una reacción química que necesita un aporte de energía, la mayoría de las veces en forma de calor. Ya desde su elaboración, el metal se corroe. Después de su elaboración, el objeto padece la acción del entorno atmosférico, sin olvidar las alteraciones debidas a su propio uso. La acción del medio atmosférico produce la formación de productos de corrosión (Carbonatos de cobre, óxidos de hierro, sulfuros de plata, etc.) comparables a los componentes del mineral. (figura 1.8). (Aldaz Riera, 1992; Alonso Cantalapiedra, 1995; Alonso Cantalapiedra, 2002; Berducou, 1990; Cano Díaz, 2004; ASMs Handbook, 1992; Asociación Española de Normalización y Certificación, 2002; Bastidas, Alonso, Mora, Chico, 1995; Bastidas, Feliu, Morcillo, 1986; Berukshtis, Klark, 1966; Bockris, Reddy, 1977; Biestek, 1984; Chin, Altura, Nobe, 1973; Corvo et Al., 1999; Desai-Rana; Euskal, 1984; Evans, 1960; Evans, 1987; Feliú, Morcillo, 1982; Fernández, 1984; Fontana, 1988; Fontana, 1978; Fox, Lewis, Boden, 1979; González Fernández, 1989; González González, Santana Rodríguez, Santana Hernández, 2004; Goodwin, 1990; Hamann, Hamnet, and Vielstich, 1998; Hernández, 2002; Kaesche, Helmut, 2003; Klas, 1959; López-Delgado, Cano, Bastidas, López, 1998; Otero, Bastidas, 1996; Otero Huertas, 1997; Otieno-Olego, Huynh, Notoya, Bottle, Schweinsberg, 1999; Peabody, Woody, 1950; Pletcher, Walsh, 1990;

Pourbaix, 1969; Pourbaix, 1974; Pourbaix, 1987; Schultze, Wippermann, 1987; S  ller, 1951; T  dt, 1959; Uhlig, 1950; Uhlig, Herbert, 1979; Walters, 1991; West, 1986; Durán Suárez, Moreno Pabón, 2003).

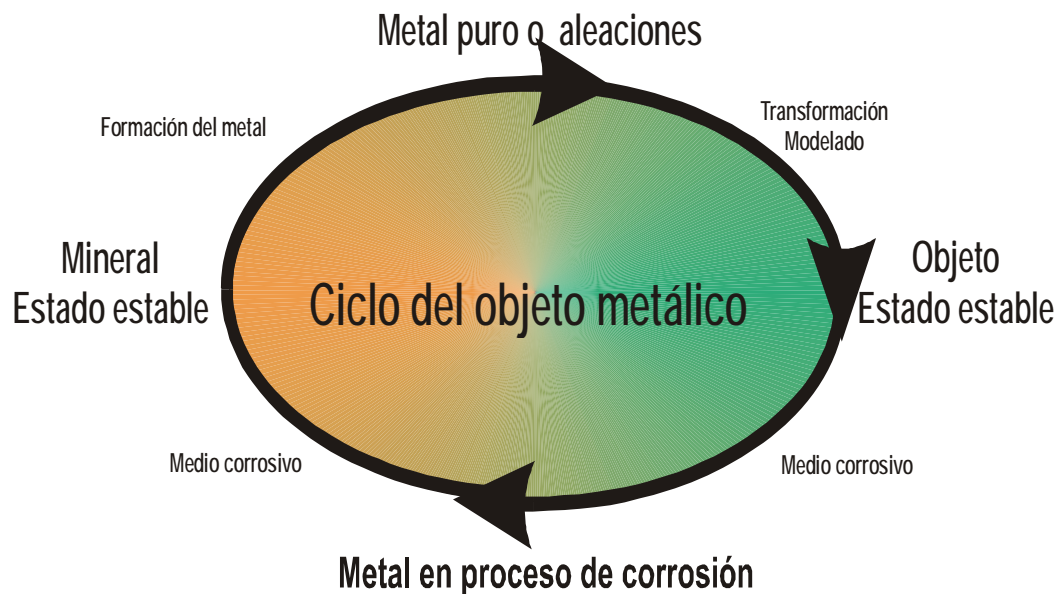


Figura 1.8 Representación gráfica del ciclo al que se somete el metal desde su formación a partir del mineral, hasta su retorno de nuevo a este debido al medio corrosivo.

1.3. Revisión cronológica.

1.3.1. Historia de las pátinas

La historia de la pátina comienza con la propia aparición del metal como concepto de uso o artefacto, ya que el metal, desde el mismo momento de su formación, ya tiende a desestabilizarse. Comienza así un proceso de corrosión y de búsqueda de cierta estabilidad, que lo proteja del medio ambiente e impida que este proceso de corrosión lo destruya. El metal se recubre así de una película protectora que lo aisla de los agentes externos, a la que se conoce con el nombre de pátina, como ya hemos visto anteriormente.

Según Phoebe Dent el tipo de pátina descrito anteriormente sería natural y estabilizadora o lo que los antiguos llamaban “aerugo nobilis” o pátina noble, distinguiéndola de la “virus aerugo” o pátina destructiva; esta última sería el proceso de corrosión activa. (Dent, 1976).

Decir pátina, es hablar de luz y color, es hablar de arte, el que la propia naturaleza engendra, dando luminosidad y colorido a su obra. El hombre se ha sentido atraído desde el principio de los tiempos por las bellas tonalidades que la naturaleza nos ofrece, intentando a su vez reproducirlas.

En este intento de reproducción, podemos distinguir, generalmente dos tipos de “pátinas”:

– **Pátinas de tipo aditivo**; consisten en aportar a la superficie del metal una capa aglutinante-protectora pigmentada, cuya finalidad es, fundamentalmente, virar cromáticamente el color del objeto metálico.

– **Reactivas**; con el mismo objetivo, se aplican sustancias no cromóforas, las cuales, generan mediante reacciones químicas, (oxidación, reducción, térmicas o mixtas) un cambio en las propiedades ópticas (cromática y texturalmente) de la superficie del metal.

Las pátinas en la antigüedad. Intentos de colorear los metales o virar cromáticamente.

Parece ser que las primeras pátinas artificiales se produjeron en la edad de bronce (Kipper, 1995). En diversas tumbas chinas se han exhumado espejos, en los que se indican los componentes químicos utilizados deliberadamente en la superficie del bronce. Desconocemos si el motivo para usar esta pátina era indicar el rango social de la persona enterrada o era simplemente el embellecimiento del objeto. Estos espejos tienen en sí una pátina que nunca se habría producido por la acción atmosférica y que no tiene nada que ver con las pátinas naturales encontradas en otros objetos de tumbas lindantes. Así pues, parece que la teoría de que China haya sido una de las primeras culturas en introducir el arte de la patinación, puede tener fundamento (Kipper, 1995).

En otras culturas, como la hindú y la griega, también se han encontrado referencias del uso de pátinas artificiales (inicialmente de tipo aditivo). Estas civilizaciones utilizaban en sus esculturas diversas mezclas de huevo, agua y pigmentos. No se sabe si su propósito era estético o meramente religioso, pues en India la mayoría de las esculturas coloreadas son de deidades.

Un poco después de la Edad de Bronce, se desarrollan en Japón nuevos e innovadores procesos de coloración. Introducen nuevos colores basados en aleaciones de metales como bronce, plata, oro arsénico y antimonio. Como resultado de estas aleaciones, se incorporan recetas que introducen en sus

fórmulas jugos ácidos de ciertas plantas, para alterar la superficie del metal. Otra técnica introducida por Japón, consiste en crear finas capas de metales una encima de otra, usando posteriormente lavados con ácidos que sacarían fuera el color de las capas inferiores, creando una sensación de profundidad en la obra y variedad colorística.

Con las excavaciones arqueológicas, aparecen bronceos prehistóricos envueltos en bellas tonalidades que despertaron una gran admiración primero en el pueblo griego y después en el romano. Buscando resultados similares, se usan mezclas de productos como la sal, vinagre o amoníaco, sobre la superficie del bronce, enterrándolo posteriormente y esperando una reacción química con el entorno. (Kipper, 1995). Con la decadencia del imperio romano muchas de las recetas usadas se perdieron.

Según Phoebe Dent, los estudios más convincentes sobre la patinación del bronce en el arte antiguo, han sido realizados por Erich Pernice en 1910, Gisela Richter en 1915 y en un estudio más reciente de H. Otto en 1959. Según Richter, las fuentes literarias antiguas más importantes sobre patinación, se han encontrado en Plutarco (biógrafo e historiador Griego), así como en el romano Plinio El Viejo, cuyos escritos datan del siglo I a.C. En ellos se habla de la pátina natural y la admiración que ella despertaba en los antiguos, parece probable que recurrieran al uso de distintos compuestos para su imitación. Aunque tanto Pernice como Richter, apoyan la tesis de que a los antiguos la terminación que más les gustaba, era el pulido de la superficie del bronce, previamente limpiada con vinagre u orina de niño, frotándose después con betún disuelto en aguarrás (bitumine antique finguebant), que además de darle brillo lo protegía. Como terminación, dice Plinio que probablemente le aplicaran una capa de cera mezclada con resina. Tanto la capa de betún como la cera, además de aportar brillo protegían la superficie de los efectos atmosféricos.

Por otro lado, según Plinio, parece no quedar claro que se usaran las pátinas artificiales en esta época. Esto no quiere decir que en sus esculturas de bronce no buscaran terminaciones ricas en color y texturas, empleando aleaciones de distintos colores con otros materiales incrustados, como marfil, piedra o cristal y combinado con otros metales como plata y cobre.

Plinio usa en sus escritos el término latino “aerugo aeruginis” para describir los productos de corrosión verdes del bronce y habla de un método para reproducirlo artificialmente, que consiste en sumergir el bronce en barriles de vinagre fuerte. Aunque parece que el fin primordial de este “aerugo” era medicinal y cosmético (curación de úlceras o llagas y pinturas para los ojos). Lo que sí queda claro es que tanto en esta época como en cualquiera, los criterios de belleza varían, ya que lo que para una persona puede ser una hermosa pátina para otra son odiosos productos de corrosión.

Para el desarrollo de la alquimia fue fundamental la producción artificial de productos coloreados de la corrosión del cobre y sus aleaciones. (Dent 1976). Es por tanto en medio de las edades oscuras, cuando emerge la alquimia y encontramos una nueva chispa de interés por la coloración del metal, aunque este interés era más una búsqueda por transmutar los metales menos nobles en oro, que un aspecto estético. (Kipper, 1995).

Las pátinas en el Renacimiento

A comienzos del Renacimiento europeo, con el florecimiento del bronce fundido, surge un inmenso interés por todo lo llamado “antigüedad”, y con este interés las imitaciones necesarias para que un bronce tuviera el aspecto antiguo con aquellas luminosas y coloristas pátinas naturales, aunque lo más atrayente en sí era dar testimonio de la edad. Es así como en el Renacimiento surge el arte de la patinación, con un verdadero formulario de arte, los productos de corrosión habían adquirido un gran valor. Se introducen otras innovaciones como nuevas ceras y selladores de aceite, que prolongaban los efectos de las pátinas sobre las esculturas de bronce (Kipper 1995; Dent 1976).

La primera referencia moderna sobre el tema de la coloración del bronce según Dent, la encontramos en la publicación en 1504 de *De Sculptura* por Pompius Gauricus, donde dice: “Toda la belleza aparece perfecta en el pulimentado y la coloración. En el pulimentado quitamos toda la dureza de las limaduras por medio de un raspador y añadimos el brillo con piedra pómez, con una punta de buril o con un pulidor. Para la coloración damos el color a cada parte en la propia pieza o por aleación”. Más adelante describe los siguientes colores: “El blanco se logra con el empleo de pan de plata; el amarillo, es decir el oro, con pan de oro; el verde mojando el vinagre purificado; y el negro con un barniz de betún líquido o ennegreciendo con paja mojada. Estos colores se harán por ahora en espera del tiempo y de que nosotros aprendamos otros”.

Otra documentación literaria sobre fórmulas renacentistas de pátinas en bronce la encontramos en Vasari, en su libro *Vida de los grandes artistas de 1550*. En él afirma: “El bronce toma a través del tiempo y por transformación natural un color que tira al negro... algunos se vuelven negros con aceite, otros con vinagre se vuelven verdes y a otros el barniz les da un color negro”. (Dent 1976).

A medida que se desarrollaba el Renacimiento en Europa, también lo hicieron las pátinas de bronce, pero al hacerse más populares las láminas de oro y los dorados durante finales del Renacimiento y el Barroco, el arte de las pátinas decae, y no es hasta principios del siglo XIX donde resurge el interés por la coloración artificial del metal.

Las pátinas en el siglo XIX

En esta época, encontramos en países como Francia e Italia, el desarrollo de lo que puede llamarse la “patinación artificial”, practicada ya a gran escala. Comienza en París un despegue de la fundición de bronce y surge así la figura del “maestro patinador”, artista especializado que desarrollaba el arte de la coloración de bronce, aplicando calor y productos químicos, dando como resultado colores profundos, ricos y translúcidos. Estos maestros guardaban celosamente sus recetas, siendo pocos los artistas que en esta época daban sus propias pátinas.

La discípula de Rodin, Malvine Hoffman en su libro “Escultura dentro y fuera” de 1939, describe sus experiencias con maestros patinadores en la fundición Rudier de París, y hace una recopilación un tanto oscura de las recetas utilizadas. Por ejemplo, habla del uso de sal de hacederas, sulfhidrato de amonio, ácido úrico, vinagre de vino, etc. En Italia se estaban creando maravillosas pátinas jaspeadas y otras hechas en capas que lograban una rica profundidad (Kipper 1995; Dent 1976).

Por otra parte, a finales del siglo XIX y principios de XX, en Asia surge una nueva revolución en la coloración del bronce, debido al interés que las artes antiguas despertaban en el mundo asiático. Se usan las viejas recetas y se incorporan otras nuevas en la creación de “nuevas antigüedades”. Estos patinadores asiáticos se hacen famosos por todo el mundo, desarrollando a la perfección la técnica de la imitación del envejecimiento del bronce. Es tal el resultado obtenido en estas imitaciones, que incluso museos de todo el mundo adquieren estos falsos bronce antiguos de forma inocente, debido al talento artístico de estos especialistas asiáticos.

Las pátinas en el siglo XX

En el siglo XX, la ciencia de la química crece y con ella el arte de la patinación se enriquece, aumentando la paleta del patinador. Se experimenta una continua evolución, (que llega hasta nuestros días), en la búsqueda del color, la profundidad y nuevas texturas. El escultor ahora se sumerge en un mundo donde las posibilidades artísticas para la terminación de su obra son ilimitadas, permitiéndole expresarse a través de su trabajo como nunca antes lo había hecho.

Hoy día los artistas dan sus propias pátinas como parte del proceso de la obra, aunque una parte de ellos piensa que el tiempo es el que debe dar esa hermosa pátina natural a la escultura, como es el caso de Henry Moore, quien afirma al respecto: “El bronce, naturalmente, al aire libre (particularmente cerca del mar), formará con el tiempo y la acción de la atmósfera un hermoso color

verde”. Aunque también añade: “Pero algunas veces uno no puede esperar que la naturaleza trate de conseguir la pátina para el bronce y tú puedes acelerar el proceso, tratando el bronce con distintos ácidos, que producirán diversos efectos. Algunos volverán el bronce negro, otros lo volverán verde y otros lo volverán rojo. Yo tengo una idea y la modelo con la intención de que sea un bronce oscuro o luminoso y de qué color va a ser. Cuando regreso de la fundición, hago la pátina y ésta algunas veces se logra felizmente, aunque a veces no puedes repetir lo que has hecho en otras ocasiones...Es muy excitante pero difícil e incierta la patinación del bronce” (Dent 1976).

Como podemos deducir de las palabras de Henry Moore, no siempre una fórmula nos va a dar los mismos resultados. En el proceso de la patinación hay muchos factores que intervienen. Partimos de la propia aleación del bronce. Luego hay que tener en cuenta pequeñas variaciones en la composición o concentración de los químicos preparados y por último factores atmosféricos o medioambientales. Otra conclusión que sacamos de las palabras de Moore es que realmente el artista contemporáneo, lejos de ver la pátina como algo mecánico, disfruta tanto o más con ella como cuando está ideando o creando la propia obra. Es en definitiva, pintar sin saber a ciencia cierta el resultado final. Otro aspecto a tener en cuenta del uso de la pátina hoy día es el efecto de camuflado que conlleva, pues es muy fácil esconder bajo el colorido uniforme o las texturas de una pátina, los defectos de aleaciones, soldaduras o limaduras. (Arnason, 1968; Barraclough, 1980; Barros, 1965; Bozal, 1983; Brachert, 1990; Clerin, 1988; Dent Weil, 1977; Fontana, 1988; Fontana, 1978; Givone, 1990; Hofmann, 1960; Jory, 1977; Kipper, 1995; Liebson, 1991; Lull, 1992; Maillard, 1970; Marín Medina, 1978; Pächt, 1986; Clerin, 1993; Pischel, 1983; Pleenderleith, 1967; Prados Torreira, 1992; Selz, 1964; Snyder, 1992; Martín F. A, 1992).

Origen de la palabra pátina

La primera vez que se usa el término pátina, es en el diccionario de arte de Filippo Baldinucci en 1681. Lo escribe como “patena” y literalmente dice: “Un término usado por patinadores, llamado por otros como una película de tono oscuro que el tiempo hace aparecer en pinturas, que ocasionalmente les agradaba a ellos”. (Dent 1976).

Como vemos aquí no hace referencia a la corrosión de metales, pero sí a la capa que se forma encima de la pintura por los efectos del tiempo y que pudiera ser la misma que se forma sobre el metal. Aunque según Dent el origen más probable de la palabra pátina, es la “patena”, termino italiano usado para definir el barniz brillante oscuro, que se aplicaba a los zapatos.

La primera referencia de esta palabra referida a los productos verdes de corrosión de bronce, la tenemos en la enciclopedia francesa, en 1751. Aquí, refiriéndose a la palabra pátina dice: “No hay palabra francesa para expresar el hermoso y brillante color del cardenillo (acetato de cobre) que el cobre no siempre toma, el atractivo de este color para el ojo y la dificultad de describirlo (debido a que no todos los cobres lo desarrollan uniformemente) es muy valorado por los italianos que lo llaman pátina. Como hemos osado hacer aquí se debiera hacer y seguir el ejemplo, como M. Le Comte de Caylas, Que afirma correctamente, que uno debiera permitirse adoptar una palabra extranjera, por lo menos en el lenguaje de las artes del que esta enciclopedia es el diccionario”. (figura 1.9). (Dent 1976).



Figura 1.9 Cardenillo formado en superficie del cobre debido al proceso corrosivo del medio

En esta definición observamos ya una clara relación entre la palabra pátina y los tonos verdes obtenidos por los productos de corrosión del bronce, probablemente ocasionados por el gran interés que suscitaban las antigüedades de las excavaciones arqueológicas, en el siglo XVIII.

Origen de la palabra patinador

Proviene del termino francés “patineur”. Y significa: El artista que se dedica al arte de la patinación. El arte de la patinación tradicionalmente ha pasado de generación en generación. En los talleres, históricamente existía el patinador maestro y el aprendiz; el aprendiz dedicaba siete años como mínimo

de su vida al aprendizaje de este oficio, junto a su maestro, para obtener el título de “maestro patinador”.

Las recetas que el maestro patinador aplicaba eran secretas y estaban celosamente guardadas, siendo de su exclusivo dominio. Estas recetas pasarían directamente a sus hijos, ya que se consideraba una herencia y sería su futuro sustento. Si el maestro no tenía hijos, sería un legado para el aprendiz que más tiempo llevara. Esta tradición, pasado el tiempo, se perderá en occidente, pero hay varios países asiáticos donde aún continúa.



Figura 1.10 Proceso de patinación de una escultura de bronce

Hoy día los cambios con respecto a esta tradición han sido tan grandes en occidente, que incluso se hacen grabaciones filmadas de los maestros patinadores dando las pátinas y ellos mismos explicando todo el proceso y desvelando las formulas, que tan celosamente se han guardado durante muchos años. Lo que sí es cierto, es que el papel del patinador, tanto en tiempos remotos como en nuestros días, es de la máxima importancia dentro de la obra escultórica. El patinador ha de ser sensible y captar bien la idea que el escultor pretende expresar. Sin embargo, son muchos los escultores que hoy día prefieren dar ese último toque artístico a su obra, como proceso creador de la misma, (figura 1.10).

A pesar de que hay momentos en los que el escultor prefiere dar sus propias pátinas, también es cierto que existe una gran variedad de tonalidades y colores que son aplicables a los metales. Para asegurarnos de obtener un resultado, lo más parecido posible a nuestro objetivo, es necesaria la experiencia de una persona con muchos años de trabajo dedicado al mundo de la pátina y aun así, no tendremos la garantía de conseguir el resultado exacto deseado. Una pátina puede variar con respecto a otra, en igualdad de condiciones y utilizando la misma fórmula, pues con una simple variación en la concentración de algunos de los componentes, podemos obtener resultados distintos.

Al escultor, puede ser que le interese concentrarse más en su plan para la realización de la obra, que en la ejecución de la pátina, dejando este proceso quizás un poco más técnico para el especialista en pátinas. Aunque no son sólo las pátinas lo que los escultores hoy día ponen en manos de especialista. Hay muchísimos artistas que desarrollan la idea de su obra y son otros artistas o especialista los que se encargan de realizarla, sin que por ello deje de ser patrimonio del artista que la ideó. (Barros, 1965; Dent Weil, 1977).

1.3.2. Tipología de producción (corrosión pátinas).

a- Corrosión natural (pátinas y óxidos)

Los distintos tipos de corrosión son de extrema importancia en el campo de la economía mundial. La corrosión destruye cada año la cuarta parte de la producción de aceros. La atmósfera de las ciudades, el agua de lluvia (sobre todo la lluvia ácida con restos de ácido sulfúrico o ácido nítrico) y el agua del mar, son sus principales agentes. El ataque de un metal o de una aleación puede adoptar distintos aspectos, entre otros: por **corrosión uniforme o generalizada**, que se manifiesta con una velocidad semejante en todo punto; **corrosión intergranular**, que se manifiesta en las juntas entre cristales; **corrosión por picadura**, localizada en algunos puntos de la superficie, ligada a la

presencia de defectos o heterogeneidades superficiales; **corrosión bajo tensión**, modo particular de fisura de un metal, por acción conjugada de un medio corrosivo y de esfuerzos alternados; **corrosión por contacto**, oxidación en el aire de dos metales en contacto sometidos a vibraciones, (es el eventual inicio de una fisura por fatiga.).

La corrosión química, reacción heterogénea entre el metal (o aleación) y su entorno fluido; si el entorno es gaseoso se habla de **corrosión seca** (oxidación en el aire, corrosión por el gas sulfuroso...); en presencia de un líquido, la corrosión sólo raras veces es puramente química y se acompaña con frecuencia de la corrosión electroquímica.

La corrosión electroquímica (o galvánica), provocada por la existencia de heterogeneidades en el metal o en el reactivo, que acarrea la formación local de pilas; las zonas que desempeñan el papel de ánodos son atacadas por el reactivo.

La corrosión bioquímica, que hace intervenir además el ataque bacteriano del metal (canalizaciones enterradas, cascos de los barcos...).

Muchos procesos biológicos involucran potenciales y corrientes y pueden ser interpretados a través de conceptos electroquímicos. En la corrosión microbiológica, la acción de los microorganismos tiene lugar en la interfase entre el metal y el medio líquido circundante; esta interfase estará modificada en la mayoría de los casos, por la presencia de una biopelícula; la interrelación entre el proceso de corrosión y la biopelícula, será la que determinará las características del fenómeno de **corrosión** sobre el metal.

La corrosión microbiológica involucra microorganismos de dimensiones variables, pero todos se encuentran, por lo general, dentro del orden del micrómetro (bacterias, hongos, levaduras y microalgas).

La corrosión mecánico-química, asocia los fenómenos precedentes a efectos de sollicitación mecánica.

La corrosión por contacto, llamada también corrosión por frotamiento o corrosión por rozadura, forma particular del fenómeno de fatiga por corrosión de piezas metálicas en un medio seco o mal lubricado; se manifiesta sobre todo en piezas sometidas a esfuerzos cíclicos como oscilaciones o deslizamientos relativos alternativos, de débil amplitud, (del orden de algunas centésimas de milímetro). Este fenómeno se da particularmente en las estructuras aeronáuticas, en las hojas de ballestas de camión y en los mecanismos de máquinas de oficina, máquinas de escribir o de calcular.

La corrosión por constricción o corrosión bajo tensión (C.B.T.), particularmente temible; combina las acciones nefastas de la corrosión y de la ruptura. Aparece cuando un cuerpo, que sufre compulsiones mecánicas, está

hundido en ciertos medios agresivos. Este fenómeno cobra una importancia tecnológica creciente en la actualidad, cuando estructuras cada vez más numerosas y cada vez más solicitadas mecánicamente, se ven obligadas a funcionar en medio corrosivo.

Podemos hacer una clasificación de los procesos de corrosión, recurriendo a diversos criterios: según el mecanismo (corrosión seca o corrosión húmeda); por la morfología del ataque (ataque uniforme, ataque localizado, ataque intergranular, ataque en resquicio, etc.); por el medio que lo produce (corrosión por ácidos, corrosión por sales fundidas, corrosión atmosférica, corrosión de estructuras enterradas, etc.); por las condiciones físicas que los motivan (corrosión por cavitación, corrosión por corrientes vagabundas, etc.). La primera clasificación se basa en dos mecanismos fundamentales: Corrosión seca o química y Corrosión electroquímica o húmeda.

1) Corrosión seca, química o directa: a través de una oxidación directa de toda la superficie metálica. Este tipo de corrosión se da en situaciones donde el metal se somete a temperaturas muy elevadas y el agua no puede darse o no está en su estado líquido. Los productos de corrosión de esta reacción quedan adheridos a la superficie del metal, pudiendo formar incluso una capa protectora que haría de barrera física entre el metal y el medio y evitaría el progreso del ataque posterior. Esta barrera es lo que se puede llamar pátina natural, (figura 1.11)

Este tipo de corrosión se produce cuando el metal opera a elevadas temperaturas, y no existe la posibilidad de que existan moléculas de agua en su estado líquido sobre la superficie del metal, por eso este tipo de corrosión es también conocido como corrosión seca y es característica de materiales metálicos expuestos a gases y vapores calientes. Este mecanismo consiste en una reacción química heterogénea directa entre la superficie del metal y un gas agresivo que generalmente es el O_2 , con formación de películas de óxido, a través de reacciones del tipo:



Este tipo de reacción se puede producir en cualquier punto de la superficie del metal, por lo que suele ser homogénea o generalizada, a modo de ejemplo es como una película que recubre toda la superficie.

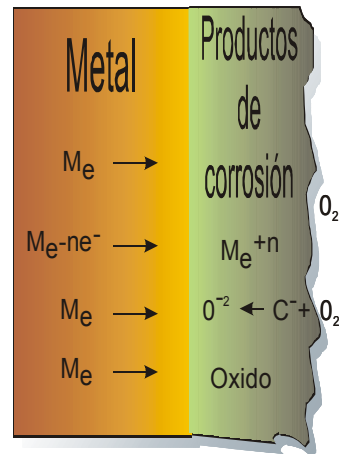


Figura 1.11 Esquema gráfico de la corrosión química de un metal

Los productos de corrosión son generalmente óxidos formados sobre la superficie metálica, que no funden o se volatilizan a la temperatura de operación del metal, introduciendo un efecto de barrera protectora entre el metal y el gas agresivo, dificultando de este modo la continuación del proceso corrosivo y el contacto entre el metal y el medio agresivo, (figura 1.12)

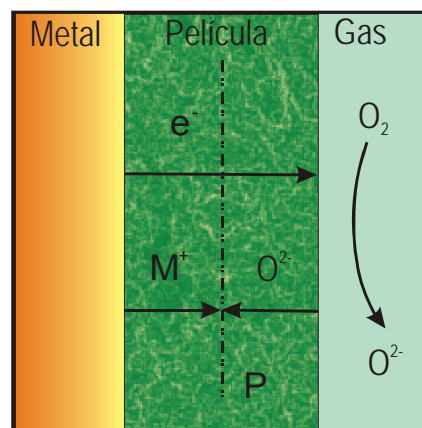


Figura 1.12. Esquema demostrativo del mecanismo de corrosión a alta temperatura (corrosión química, seca o directa).

El éxito de la inalterabilidad de un metal, depende en gran medida, de la selección de los materiales metálicos resistentes a la corrosión a alta temperatura, por la elección de aleaciones que sean capaces de crear capas de

producto de corrosión que impidan en lo posible el contacto entre el metal y el medio de ataque (pátinas formadas por óxidos) (Otero E., 1997).

Podemos resumir en las siguientes características el tipo de corrosión seca o directa:

- Se da en ausencia de electrolito.
- Se trata de procesos de corrosión generalizada.
- Se da fundamentalmente a altas temperaturas.
- La circulación de electrones tiene lugar a través de una película de óxido.
- La circulación de iones se produce también a través de esta película de óxido.

Los productos de corrosión más habituales son los óxidos que se forman sobre la superficie del metal, impidiendo generalmente con bastante éxito, la posterior reacción corrosiva. Este tipo de corrosión es la más deseada en el mundo del arte y especialmente dentro de la escultura. El artista desde el principio de los tiempos, como vimos en el capítulo dedicado a la historia de las pátinas, intentará reproducir el colorido, la profundidad y las texturas de estos óxidos naturales de forma artificial y es así como nace el arte de la patinación.

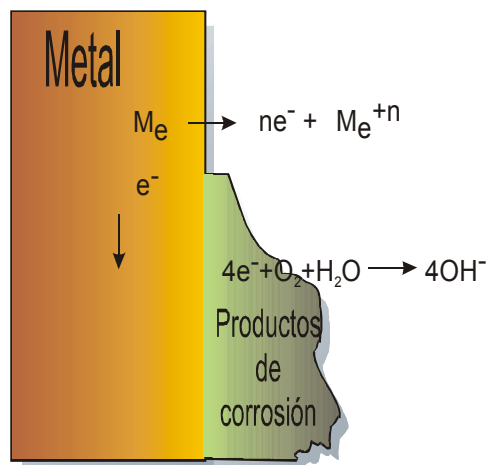


Figura 1.13 Esquema gráfico de la corrosión electroquímica de un metal.

2) Corrosión electroquímica o húmeda: mediante la intervención de una solución acuosa que genera la aparición sobre el metal de zonas con diferente comportamiento. Este segundo mecanismo es el que ocurre en la

mayoría de los casos del proceso de corrosión, ya que el agua en estado líquido está casi omnipresente en todos los medios naturales o sintéticos que nos rodean. En este caso, se degeneran sólo algunas zonas en las que el metal se disuelve (zonas anódicas) y otras en las que el metal permanece inalterado (zonas catódicas). Se formará una pila, que para su funcionamiento exige el continuo contacto eléctrico entre la zona anódica o ánodo y la zona catódica o cátodo, este circuito se cierra desde el mismo electrolito, mediante la circulación de iones, (figura 1.13). Los productos de corrosión en este segundo mecanismo se distribuyen por lo general heterogéneamente en la superficie del metal y normalmente, a diferencia del anterior, pueden no tener carácter protector. A este tipo de corrosión la llamamos electroquímica porque implica unas reacciones químicas en la que los reactivos intercambian electrones, que se desplazan de unas regiones del metal a otras. Es como el funcionamiento de las pilas secas de los electrodomésticos, (figura 1.14).

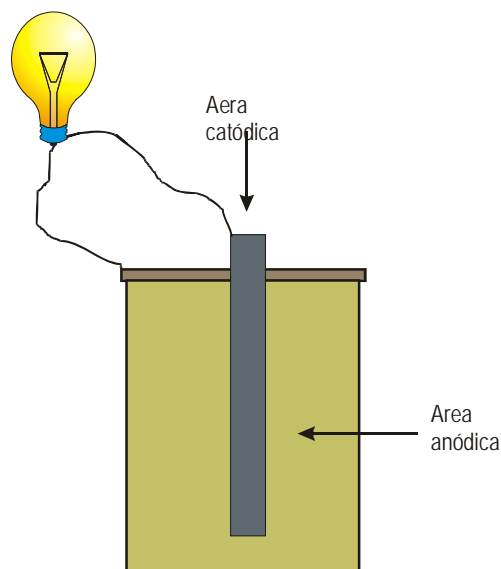


Figura 1.14 Esquema del funcionamiento de una pila seca.

Dentro de la corrosión húmeda, podemos distinguir entre las principales: la corrosión localizada o en placas selectivas; corrosión por picaduras; por agrietamiento o bajo tensión; corrosión intergranular o intercrystalina y corrosión por resquicios. Estos distintos tipos de corrosión los veremos más detalladamente en la clasificación según la morfología del ataque. La corrosión acuosa es bastante más frecuente que la oxidación directa o seca. Podemos definir la corrosión acuosa como el resultado del acoplamiento de dos reacciones (oxidación y reducción), con intercambio de electrones sobre la superficie del

metal, de tal forma que en la zona donde se produce la oxidación (ánodo), el metal se disuelve, liberando electrones que emigran a través del metal hasta la otra región (cátodo), en la que reaccionan con alguna sustancia del medio para reducirlo. La reacción anódica es siempre la oxidación del metal. (Feliu y Andrade. 1991; Feliu y Morcillo, 1975; Feliu y Morcillo, 1982).



Durante el proceso de corrosión húmeda, se producen unos cambios paulatinos en la composición del electrolito en las inmediaciones de las zonas anódicas y catódicas, esto es producto de las reacciones electroquímicas ya aludidas y de la aparición de productos de corrosión. Todo ello provoca modificaciones en la velocidad de reacción, que en algunos casos, los más favorables, puede dar lugar a una detención del proceso de corrosión, aunque esto no es lo más habitual.

La corrosión acuosa se debe a la actuación de pilas electroquímicas, en las que el metal sufre disolución en las zonas anódicas. Este tipo de corrosión por tanto, no afecta de igual modo la superficie metálica, pues en las zonas catódicas no se produce ataque. De este modo, queda demostrado, que los fenómenos electroquímicos afectan en mucho mayor grado al deterioro de los metales que la corrosión directa o seca. Esto no quiere decir que la corrosión seca en algunas ocasiones, pueda ser nefasta para el metal, siendo responsable del deterioro de éste.

La corrosión electroquímica se da siempre cuando el metal esta en contacto con medios de conductividad electrolítica, particularmente con agua, en soluciones salinas, o con la simple humedad de la atmósfera o de los suelos, es por tanto condición indispensable la presencia de moléculas de agua, para que se dé esta corrosión (figura 1.15).

La unión eléctrica entre dos metales distintos, pongamos por ejemplo la aleación cobre zinc, que es un tipo de bronce, sumergidos en una solución conductora, genera una corriente eléctrica, debido a la diferencia entre los potenciales electroquímicos de ambos metales.

El paso de carga a través del líquido (electrolito) consiste en el movimiento de aniones y cationes que lo transportan hacia el ánodo y el cátodo, respectivamente. La superficie del metal con mayor tendencia a la disolución (zona anódica), es corroída en un proceso en el que los átomos metálicos dejan sus electrones en el seno del metal, pasando a la solución como ión positivo.



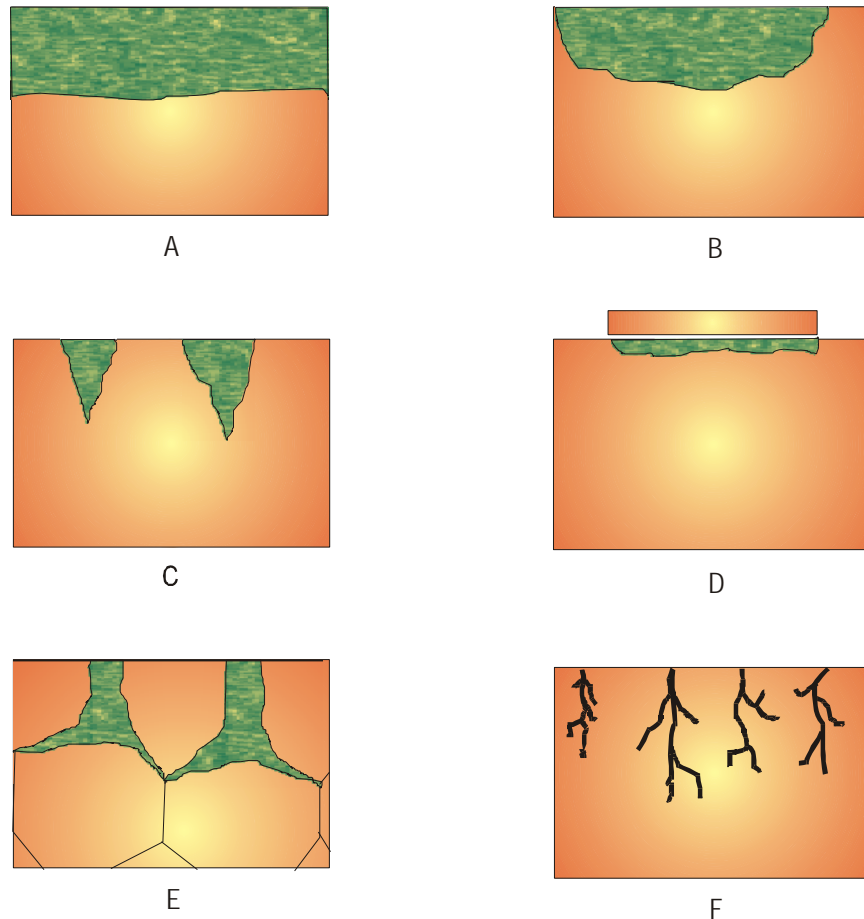
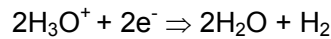
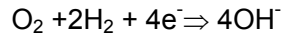


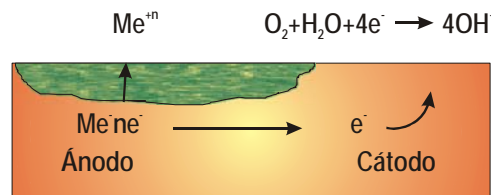
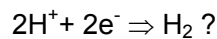
Figura 1.15. Tipología de formas de corrosión. A. Corrosión uniforme, generalizada. B. Corrosión localizada o por placas. C. Corrosión por picadura. D. Corrosión en resquicios. E. Corrosión intergranular. F. Corrosión por agrietamiento o fisura.

Por otro lado, la superficie del metal con menor tendencia termodinámica a la disolución (catódica), permanece inmune al ataque. Ella recibe, a través de la masa metálica, los electrones liberados en el ánodo, que son suministrados por un captador (oxidante), presente en el electrolito en los procesos de reducción catódica. Puede actuar como captador de electrones, cualquier oxidante, pero en la mayoría de los casos, el que actúa es el O_2 disuelto, en el electrolito en medios neutros y alcalinos, o el H^+ en medios ácidos, (figura 1.16).

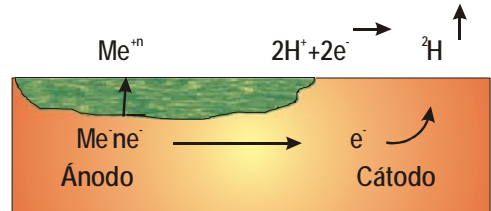
En estos casos las reacciones en el cátodo son:



Otra solución catódica de medios ácidos muy frecuente es:



Soluciones alcalinas y neutras

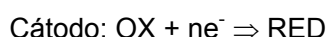
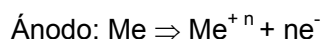


Soluciones ácidas

Figura 1.16 Esquema gráfico de las soluciones ácidas, alcalinas y neutras.

La circulación de la corriente es posible porque los metales tienen electrones de valencia móviles y un elevado grado de libertad, que favorece su transferencia a otras sustancias, que llegan a la superficie metálica con capacidad para fijarlos. De un metal a otro, varía el grado de energía que necesita un electrón para que su movilidad se realice. Los metales de baja energía de ionización serán activos, mientras que los que la posean alta serán nobles. Cambia también esta energía de una zona a otra de la superficie metálica, por lo que no es necesaria la presencia de dos metales distintos para que la corrosión electroquímica funcione.

En el contacto entre metales o regiones metálicas de actividad diversa, las áreas más activas son los ánodos; en ellas por tanto se realiza el ataque corrosivo-electroquímico, que irá acompañado necesariamente por una reducción que se produce en el cátodo. Las reacciones electroquímicas básicas son:



En resumen, podemos decir que el tipo de corrosión electroquímica o húmeda tiene las siguientes características:

- Se dan en presencia de un electrolito.
- Se suelen dar a temperaturas moderadas, inferiores a 100-150° C aproximadamente.
- Se localiza en las regiones anódicas.
- La circulación de electrones tiene lugar desde el ánodo hasta el cátodo a través del propio metal.
- El circuito se cierra a través del electrolito mediante el transporte de carga por parte de los iones.

Los productos primarios de corrosión más habituales, cuando la reacción catódica es la electrólisis del O_2 , son hidróxidos que se forman en el electrolito. Estos pueden fijarse posteriormente sobre el metal, creando una barrera protectora entre el metal y el medio agresivo (pátina), impidiendo que el proceso de corrosión continúe. Lo normal es que estos hidróxidos pasen a ser óxidos en presencia de más oxígeno, (figura 1.17). (Otero, 1997; Feliu y Andrade, 1991; Feliu y Morcillo, 1975; Feliu y Morcillo, 1982).

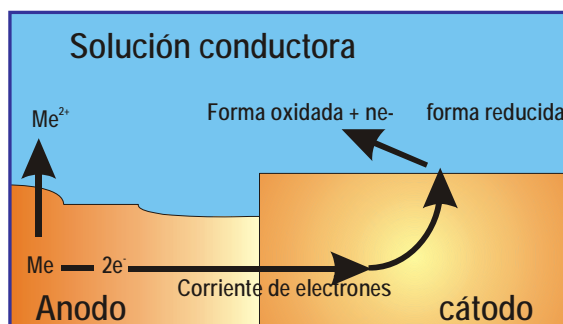


Figura 1.17. Proceso de corrosión electroquímica en un metal divalente

Este tipo de corrosión no es el más deseado por el artista tradicional, pero el arte hoy día abre nuevas fronteras e investiga nuevas formas de expresión. Las posibilidades artísticas que esta corrosión puede ofrecer, no son para nada desechadas por el artista. No hay limitación, para un artista que quiere expresarse a través de su obra.

Clasificación según la morfología del ataque:

La localización de las zonas anódicas y catódicas sobre la superficie de un metal puede ser muy variada, dando lugar, a que un material se corroa de muy diversas formas, atacando solamente algunas zonas o bien a toda la superficie, (figura 1.18).

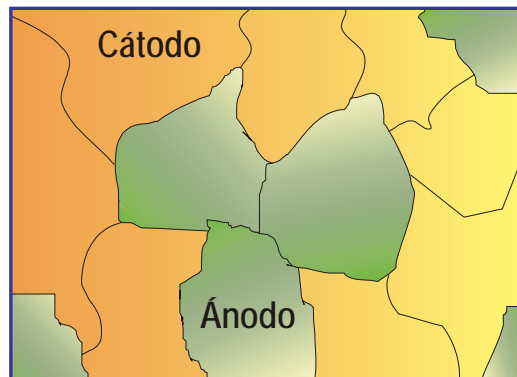


Figura 1.18. Zonas anódicas y catódicas de la superficie de un metal.

Cuando el ataque afecta a toda la superficie por igual (las zonas anódicas y catódicas son de nivel submicroscópico y cambian la localización con el tiempo), entonces estamos hablando de **corrosión generalizada**, que puede ser homogénea o heterogénea. Cuando el ataque se concentra en zonas determinadas, sin que afecte a otras, tendremos la llamada **corrosión localizada**. Dentro de ésta, se puede dar la **corrosión por picaduras**, que se da cuando afecta a unos pocos puntos, dando lugar a una relación de áreas anódicas y áreas catódicas muy pequeña, (lo que intensifica el ataque en profundidad). Si no ataca en profundidad y sólo afecta a determinadas zonas de la superficie, será simplemente **localizada**.

La morfología de la corrosión esta directamente relacionada con las heterogeneidades de la superficie del metal o la del medio. Estas heterogeneidades producen unas diferencias de potencial que provocarán la formación de la pila de corrosión. Así, el borde del grano metálico es por lo general más reactivo que su interior, por lo que actuará de cátodo, dando lugar a

una disolución preferente del borde anódico, que conocemos con el nombre de **corrosión selectiva en bordes de grano o intercrystalina**. Algunas zonas del metal sometidas a deformaciones plásticas o que tienen ciertas segregaciones, son más activas por lo general que el resto de las superficies metálicas.

Un caso típico de heterogeneidad debida al electrolito, es la llamada aireación diferencial, que tendrá una mayor concentración de oxígeno en algunas zonas que en otras (discontinuidades, resquicios, bordes de una capa líquida, etc.). En estos casos, la zona aireada actúa de cátodo y las zonas menos aireadas se corroerán. La diferencia de temperatura o de concentración, pueden provocar diferentes potenciales, desencadenando un proceso corrosivo. Otro caso a destacar es el de dos metales que estén en contacto en un mismo electrolito; a éste tipo de corrosión la denominaremos **corrosión galvánica**. En esta corrosión, el metal más activo será el ánodo y protegerá al más noble, provocando así lo que se conoce como protección catódica. (Feliu y Andrade, 1991; Feliu y Morcillo, 1975; Feliu y Morcillo, 1982).

a) Corrosión uniforme, homogénea o generalizada.

Ya hemos descrito brevemente este tipo de corrosión y sabemos que el ataque se extiende de forma homogénea por toda la superficie del metal. Esto quiere decir que la penetración media del ataque es aproximadamente la misma en todos los puntos de la superficie. Cuando la corrosión se presenta en esta forma, es porque existe una relación directa entre la pérdida de material, la reducción de espesor y la magnitud o gravedad del fenómeno; por tanto, será relativamente fácil estipular la vida de este metal una vez que sabemos la evolución del proceso corrosivo en sus primeras etapas, (figura 1.19).

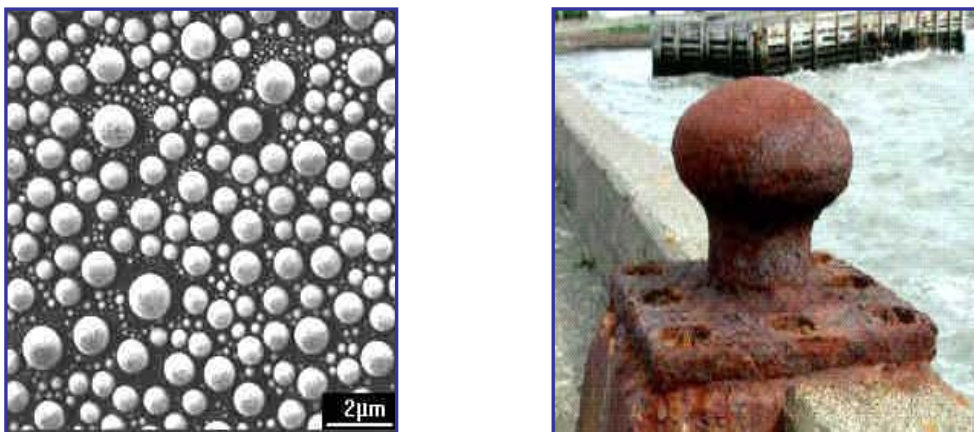


Figura 1.19. Ejemplificación de la corrosión homogénea o generalizada

b) Corrosión en placas o selectiva.

En este tipo de corrosión, el ataque no es de forma homogénea; por el contrario, se localiza en determinadas áreas de la superficie metálica. Uno de los casos más característicos en los que este tipo de ataque se produce, es en las aleaciones, ya que éstas presentan distintas fases y diversos contenidos de los diferentes metales que las constituyen. El ataque selectivo puede considerarse como un caso intermedio entre la corrosión uniforme y la corrosión por picadura. En esta corrosión, se produce la máxima localización del ataque, (figura 1.20).

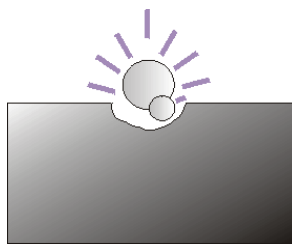


Figura 1.20 Ejemplificación de corrosión selectiva.

c) Corrosión por picadura.

El ataque corrosivo se va a localizar en este supuesto, en zonas aisladas de la superficie, en áreas que no suelen superar 1 ó 2 mm² por cada picadura, propagándose hacia el interior del metal formando pequeños túneles que normalmente avanzan con bastante rapidez, ya que en la zona afectada, la velocidad de corrosión suele ser alta. Generalmente, este tipo de ataque se produce en metales pasivables, ya que suele iniciarse a consecuencia de la rotura local de la película pasiva. Esta forma de ataque se favorece cuando aparecen heterogeneidades superficiales. La pérdida de material en este tipo de ataque por lo general es pequeña, ya que la zona afectada suele ser reducida, pero también puede afectar de forma importante, (figura 1.21).

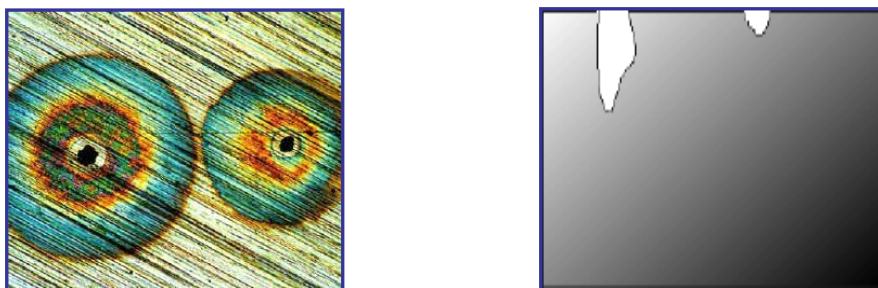


Figura 1.21. Ejemplificación de corrosión por picadura.

d) Corrosión en resquicios.

Este tipo de ataque se da en uniones, intersticios, zonas de solape, zonas roscadas y en general en zonas que suelen estar mal aireadas y de difícil acceso. El ataque en resquicios, muy a menudo se debe a la formación de pilas de aireación diferencial originadas por la presencia de distintas presiones parciales de oxígeno en diferentes zonas de la superficie metálica. El ataque se localiza en las regiones mal aireadas y pobres en oxígeno, (figura 1.22).

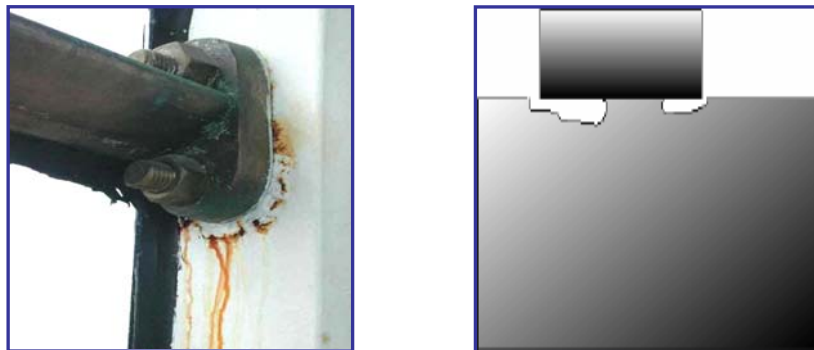


Figura 1.22. Ejemplificación de corrosión en resquicios.

e) Corrosión intergranular o intercrystalina.

Hablaremos de este tipo de corrosión cuando el ataque está localizado en los límites del grano o cristal del metal. Como consecuencia de ello, se va a perder la cohesión entre granos, perdiéndose los valores característicos mecánicos del metal, (figura 1.23). Se produce con bastante frecuencia en aleaciones como los aceros inoxidable, en aleaciones níquel cromo, o aleaciones de aluminio endurecidas por precipitación y fundamentalmente las que llevan cobre como elemento aleante.

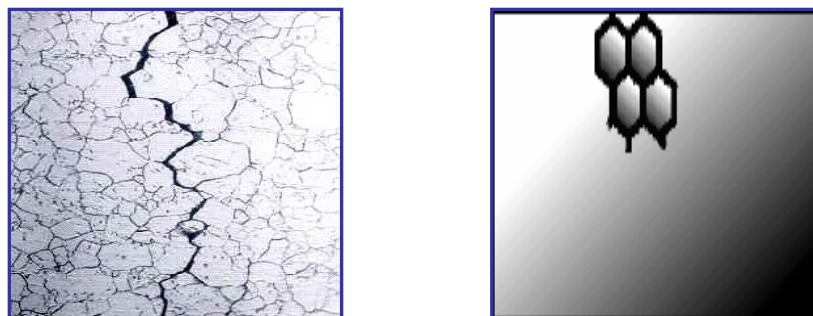


Figura 1.23. Ejemplificación de corrosión intergranular

f) Corrosión bajo tensión o por agrietamiento.

También es conocida como fisurante, y su nombre se debe a que se caracteriza por la aparición de grietas o fisuras en la superficie del metal. Este tipo de corrosión se produce cuando la aleación está sometida a tensión mecánica de tracción, ya sea aplicada o residual y está en contacto con un medio agresivo que suele ser específico para cada material. Este ataque es poco habitual en los metales puros.

Las fisuras o grietas avanzan en dirección normal a la de aplicación de tensión a velocidades de propagación que pueden alcanzar de 2 a 3 mm./hora. La grieta puede desplazarse a través del grano (transgranular) o a lo largo del límite del grano (intergranular). Esto dependerá fundamentalmente de las características metalúrgicas de la aleación, (figura 1.24). (Feliu y Andrade. 1991; Feliu y Morcillo, 1975; Feliu y Morcillo, 1982).

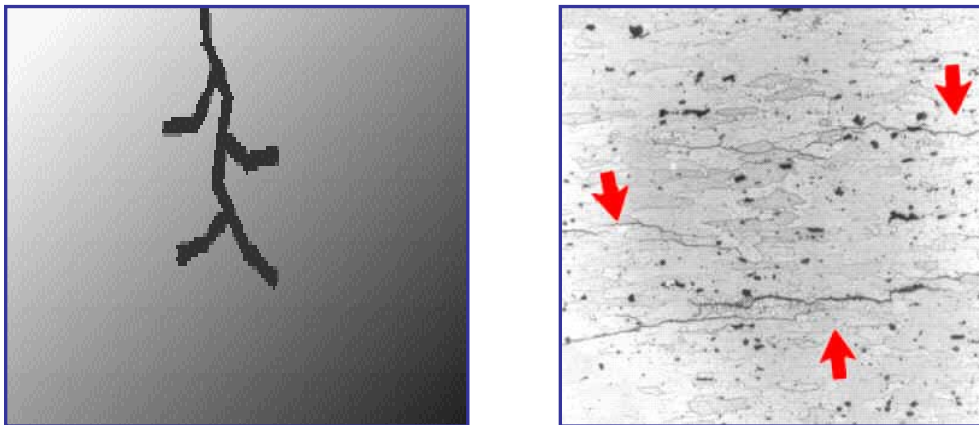


Figura 1.24. Ejemplificación de corrosión bajo tensión o por agrietamiento.

Cuando la tensión que se aplica es cíclica, se conoce como corrosión-fatiga y no necesita de un medio agresivo específico, manifestándose el fenómeno de la misma forma que en el caso anterior, con grietas que podrían originar la ruptura del material en un periodo corto de tiempo. En estos dos procesos descritos, se simultanean factores mecánicos y electroquímicos. (Aldaz Riera, 1992; Alonso Cantalapiedra, 1995; Alonso Cantalapiedra, 2002; Berducou, 1990; Cano Díaz, 2004; ASMs Handbook, 1992; Asociación Española de Normalización y Certificación, 2002; Bastidas, Alonso, Mora, Chico, 1995; Bastidas, Feliu, Morcillo, 1986; Berukshtis, Klark, 1966; Bockris, Reddy, 1977;

Biestek, 1984; Chin, Altura, Nobe, 1973; Corvo et Al., 1999; Desai-Rana; Euskal, 1984; Evans, 1960; Evans, 1987; Feliu, Morcillo, 1975; Feliú, Morcillo, 1982; Fernández, 1984; Fontana, 1988; Fontana, 1978; Fox, Lewis, Boden, 1979; González Fernández, 1989; González González, Santana Rodríguez, Santana Hernández, 2004; Goodwin, 1990; Hamann, Hamnet, and Vielstich, 1998; Hernández, 2002; Kaesche, Helmut, 2003; Klas, 1959; López-Delgado, Cano, Bastidas, López, 1998; Otero, Bastidas, 1996; Otero Huertas, 1997; Otieno-Olego, Huynh, Notoya, Bottle, Schweinsberg, 1999; Peabody, Woody, 1950; Pletcher, Walsh, 1990; Pourbaix, 1969; Pourbaix, 1974; Pourbaix, 1987; Schultze, Wippermann, 1987; Séller, 1951; Tödt, 1959; Uhlig, 1950; Uhlig, Herbert, 1979; Walters, 1991; West, 1986; Durán Suárez, Moreno Pabón, 2003).

b) Corrosión artificial (pátinas y óxidos)

En este capítulo, vamos a exponer una recopilación de recetas que van desde los recetarios industriales más usados y tradicionales, hasta las experiencias actuales de escultores y talleres contemporáneos. Existen hoy día una gran variedad de pátinas, casi todas ellas basadas en el uso de los mismos componentes químicos, con procesos de oxidación acelerados casi siempre por el uso del calor. En realidad, la pátina artificial, no es ni más ni menos que un proceso de corrosión acelerado, provocando en la superficie metálica reacciones químicas y electroquímicas acentuadas por la acción del calor sobre el metal.

Tenemos un ejemplo de esta corrosión artificial, en “El recetario industrial” de Hiscox-Hopkins; aquí concretamente, usa el término de oxidación intensa:

"Oxidación intensa del bronce. El bronce verdadero puede oxidarse muy bien pintándolo con una solución de 4 partes de sal amoníaco y 1 parte de oxalato de potasa en 20 partes de vinagre, esperando que se seque la capa y repitiendo la operación varias veces consecutivas. Los objetos así tratados, resguardados de la lluvia, pierden bien pronto el brillo metálico, tan poco decorativo, adquiriendo en cambio un tinte oscuro como el que se obtiene con varios años de exposición al aire libre.

También puede comunicarse a los objetos de bronce un bonito color permanente de bronce viejo, que resiste al calor, del modo siguiente: se lava primero el objeto en una solución de 1 parte de cardenillo cristalizado y 2 partes de sal amoníaco en 260 partes de agua, y después se seca al fuego hasta que empiece a desaparecer el color verde; se repite la operación de 10 a 20 veces, pero con una solución de 1 parte de cristales de cardenillo y 2 de sal amoníaco en 60 partes de agua. El color del objeto, verde oliva al principio, va oscureciéndose poco a poco, hasta tomar un tinte oscuro, característico del

bronce, que no se altera aun cuando se esponga a un calor intenso." (Hiscox-Hopkins-1994)".

Otro ejemplo de Oxidación artificial del recetario de Hiscox y Hopkins, lo tenemos en un apartado dedicado al cobre; esta receta afirma que es igualmente válida para el cobre y el latón.

"Oxidado: a) se tiene el objeto (de cobre o latón) en una solución de 60 gr. de Nitrato de Hierro y 60 gr. de Hiposulfito Sódico en 1/2 litro de agua, hasta obtener el tono deseado y después se lava, seca y cepilla. b) se disuelve suficiente platino en agua regia, y con cuidado se evapora la solución hasta sequedad. Se disuelve la masa seca que así se obtiene en alcohol, éter o agua, según el efecto que se quiera obtener, que varía algo con el disolvente empleado. Se aplica la solución con un pincel de pelo de camello y se repite la operación cuantas veces sea preciso para aumentar la intensidad del tono. Ordinariamente basta con una sola aplicación. La solución etérea o alcohólica debe conservarse en frascos bien tapados y en sitio fresco. La solución acuosa debe aplicarse caliente." (Hiscox-Hopkins-1994).

Tengo que aclarar, que las recetas que Hiscox y Hopkins han usado en su recetario, son la refundición de otros recetarios, ellos hablan en concreto de dos recetarios industriales estadounidenses: "*Henley's twentieth century formulas, recipes and processes*" y "*The scientific american cyclopedia of formulas*". He observado en este recetario que tiene fórmulas, tomadas al pie de la letra de otros recetarios, como el de Nico Barbieri, quien dedicó veinte años de su vida, para la realización de su libro, recopilando formulas usadas desde la antigüedad y que eran transmitidas, unas por manuscritos y otras por vía oral, de padres a hijos o de maestro a aprendiz. He querido hacer esta aclaración, porque casi todos los libros que he encontrado, en mi investigación bibliográfica sobre terminaciones de metales hacen referencia en su bibliografía al recetario de Hiscox y Hopkins y no al de Barbieri, quizás porque el recetario de Nico Barbieri es más difícil de encontrar.

Preparación de los metales antes de la coloración química.

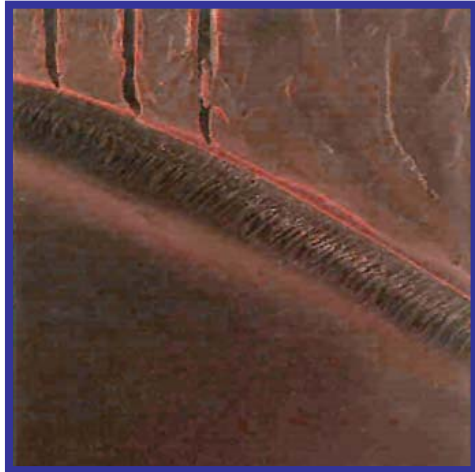
La preparación de la superficie del metal juega aquí, como toda preparación pre-electrolítica, un papel tan importante como los otros tratamientos; salvo en los casos en los que la coloración se efectúe por medio de un electrodeposición, nos encontramos casi siempre, ante una reacción de oxidación. Se comprenderá fácilmente que si la superficie está ya parcialmente oxidada, el resultado obtenido será muy distinto al deseado, siendo, generalmente, de aspecto manchado y mate.

En caso de desengrase insuficiente de una pieza, el resultado será igualmente malo, ya que la preparación de la pieza tiene una importancia semejante a la de la oxidación propiamente dicha. En la mayoría de los casos, la coloración se efectúa inmediatamente después de un depósito electrolítico, debiéndose evitar pasivaciones prematuras y manchas. Es necesario, por lo tanto, acortar al máximo los tiempos de transferencia entre el electrodeposición y la oxidación-coloración, procurando lavar abundantemente entre ambos procesos. Si las piezas tienen que estar algún tiempo dentro de una cuba de espera, el agua deberá ser constantemente renovada y no contener ninguna suspensión susceptible de depósito sobre las piezas. La manipulación deberá efectuarse con guantes, a fin de evitar cualquier impresión digital. Para las piezas que necesitan una oxidación-coloración directamente sobre el metal base y después de un matrizado, embutido o cualquier otro método de conformado, la preparación debe ser, si cabe, más minuciosa. Es absolutamente preciso un desengrase con disolventes o con lejías, después del cual, generalmente, es necesario un decapado para conseguir un metal base "desnudo".

En el caso de piezas de latón o de otro tipo de aleación de cobre, las coloraciones son tanto o más delicadas que la preparación; así, una coloración después de un abrillantado químico o electrolítico tiene menos riesgo de defectos que la misma coloración en una pieza idéntica pero preparada mediante un pulido mecánico y presentando un aspecto especular. En efecto, un pulido especular es resultado de un arranque por medios mecánicos, de la capa superficial, presentando como consecuencia una estructura microgranular completamente uniforme y que amplifica los más mínimos detalles defectuosos; por el contrario, un abrillantado, químico o electrolítico, no hace más que nivelar más o menos una estructura macrogranular, teniendo como ventaja una menor tendencia a las manchas debido a la orientación de sus cristales.

En el caso de piezas de latón, y después de un abrillantado, la preparación se limitará simplemente a unas operaciones minuciosas de lavado, mientras que después de una operación de pulido mecánico especular, se procederá a un desengrase lo más perfecto posible. El desengrase electrolítico es obligado que sea en fase cianurada, puesto que las soluciones exentas de cianuro son muy sensibles y favorecen la aparición de manchas antes de la oxidación. (Castells, 1992; Euskal, 1984; Fernández-Braso, Ullán, 1977; Hernández, 2002; Griñan, 1978; Houldroft, 1990; Hughes, Rowe, 1991; Jones, 1992; José Morales M., et Al., 2001; Larru, 1968; Maillard, 1970; Mazza, 1972; Mills, 1990; Morales, Fernández y Varela, 2001; Morcillo et Al., 1999; Paine, Srinivasan, 1982; Penny, 1993; Clerin, 1993; Plowman, 1995; Polo, 1999; Rich, 1974; Rivas, 1988; Rosier, 1990; Rudel, 1986; Díaz-Berrio S., Orive O., Zamora F., 1969; Centre National de la Recherche Scientifique, 1978; Normand B., Balland B., Pébère N., Richard C., 2004; González, 1984; Notoya, 1991); National Association of Corrosion Engineers. (1991); Jones D. A., (1992).

El principal objeto de este estudio, es la corrosión producida por fenómenos naturales y espontáneos, la coloración natural, que con el paso del tiempo adquieren las superficies metálicas. Basándonos en estas coloraciones que la naturaleza nos ofrece, realizaremos una investigación, recopilando las recetas que desde el principio de los tiempos ha usado el hombre para imitar estos hermosos tonos y desarrollar su imaginación artística, llegando a la creación de nuevos y luminosos colores, especialmente en el caso del bronce.



CAPÍTULO 2

Materiales y Métodos

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales.

2.1.1 Bronce

Reseña bibliográfica de las distintas aleaciones del bronce utilizadas en la escultura

La selección de los tipos de aleaciones más adecuados para el proceso a realizar (las pátinas artísticas), es uno de los objetivos primordiales de esta investigación. Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos en estas muestras de distintas aleaciones patinadas servirán para la posterior aplicación sobre esculturas de bronce, buscaremos aleaciones lo más apropiadas para la escultura, tanto monumental como de tamaño medio. Diversos autores nos hacen recomendaciones sobre las aleaciones más adecuadas para la escultura.

El cobre es el elemento principal en la manufacturación del bronce y todas las diversas aleaciones de latón. Se trata de grupos de aleaciones no férricas, cuya finalidad es dar dureza al metal y una mayor resistencia contra la corrosión. El cobre como elemento puro es muy flexible, dúctil y maleable, por lo

que su factor de dureza es muy bajo y su flexibilidad excesiva para la realización de esculturas. Sin embargo, mezclado con otros elementos como el estaño, el zinc, aluminio, níquel o plata, el cobre adquiere mayor dureza y su fuerza aumenta. El estaño fue el primer elemento usado históricamente en la creación del bronce, debido a su aportación de dureza al cobre. (Kipper, 1995).

Muchas de las esculturas monumentales o estatuas antiguas estaban realizadas con el llamado “bronce verdadero”, pero en la actualidad, por diversos motivos, (entre ellos el económico), éste ha sido sustituido por diversas mezclas de metales, en las que además del cobre y estaño, (que son los componentes del bronce “auténtico”), se añaden otros metales como el zinc, obteniendo así el llamado latón. Un bronce adecuado para la realización de estatuas o monumentos, debe resultar fluido al fundirse, llenando muy bien todos los resquicios y salientes de los moldes y asimismo debe poderse trabajar con posterioridad fácilmente con la lima. Si nuestro deseo es patinar la escultura, buscaremos obtener el color deseado así como que éste sea duradero, sobre todo si va a estar expuesta al aire libre, ya que con el tiempo adquirirá una pátina natural, a causa del proceso de corrosión y oxidación del medio circundante. Normalmente el bronce suele tomar un color verde característico por oxidación natural, sobre todo cuando el medio es húmedo.

El bronce “auténtico”, aunque se calienta intensamente, no resulta lo suficientemente fluido para su uso escultórico, teniendo además en contra la dificultad para obtener fundiciones homogéneas. Por otro lado el latón es demasiado espeso al fundirse y no se endurece lo necesario para cincelar una vez fundida la escultura. Asimismo, las aleaciones que contienen zinc y estaño además del cobre, se pueden preparar para que resulten muy fluidas, dando terminaciones homogéneas, fáciles de limar y cincelar. Las mejores proporciones en este tipo de aleación especial para las estatuas serían de 10 a 18 por 100 de zinc y de 2 a 4 por 100 de estaño y el resto de cobre. (Barbieri, 1947, Hiscox y Hopkins, 1994). Por su dureza, el bronce que se usa para estatuas o monumentos se encuentra entre el bronce puro y el latón, siendo más duro y resistente el primero aunque también menos rentable.

Con respecto al **aspecto cromático**, la aleación que realicemos va a ser determinante, pues no sólo va a cambiar el color básico de la aleación, sino que también variará con las reacciones químicas que se produzcan y por tanto obtendremos distintos tonos de pátinas en función de la aleación utilizada. Por ejemplo, utilizando la aleación anterior y dentro de los límites descritos, con sólo una ligera variación en el contenido de estaño y zinc, el color de la aleación puede pasar del amarillo pálido al naranja, alterándose, lógicamente también el color de la pátina. Si añadimos demasiado zinc se pierde el tono rojizo y la pátina resultante no suele dar buenos resultados (tabla 2.1). La tabla 2.1. muestra la variedad de color y tonos de la aleación cobre-estaño-zinc, dependiendo de las proporciones empleadas.

Independientemente de esta aleación, que es la más frecuente, se pueden utilizar otras. La primera aleación que se realizó con el cobre fue la del estaño que adquiere un tono rojizo, rosado. Posteriormente surge una gama más amplia de aleaciones con elementos como: níquel, plata, zinc, aluminio, primacia, arsénico, plomo e incluso hierro, creándose así una nueva paleta de colores. Por ejemplo, la primacia añadida al latón da un color rosa suave a la aleación; por otro lado, con el arsénico y la plata obtenemos tonos más grises y azules.

El cobre y sus aleaciones tienden a oxidarse fácilmente, alterando su color original, ofreciendo un nuevo interés cromático a la escultura, pues de esta oxidación surgen colores completamente distintos al original. Tanto el color original de la aleación, como el de la oxidación variarán dependiendo de la proporción de los distintos elementos que componen dicha aleación, por esto los resultados que muchas veces pretendemos obtener con una pátina se alejan de los realmente obtenidos, provocándonos asombro e incomprensión.

Tabla 2.1. (Barbieri, 1947, Hiscox y Hopkins, 1994).

Aleaciones de bronce.

COBRE	ZINC	ESTAÑO	COLOR
84,42	11,28	4,30	Amarillo rojizo
84,00	11,00	5,00	Anaranjado oscuro
83,05	13,03	3,92	Anaranjado oscuro
83,00	12,00	5,00	Anaranjado oscuro
81,05	15,32	3,63	Anaranjado claro
81,00	15,00	4,00	Anaranjado claro
78,09	18,47	3,44	Anaranjado claro
73,58	23,27	3,15	Anaranjado claro
73,00	23,00	4,00	Amarillo algo rojizo
70,36	26,88	2,76	Amarillo claro
70,00	27,00	3,00	Amarillo claro
65,95	31,56	2,49	Amarillo claro

Kipper, en su libro: "Patinas for silicon bronze", nos ofrece las aleaciones más frecuentes para la escultura; según él, serían:

Bronce tradicional 90-10: 90 por 100 cobre y 10 por 100 estaño. Esta aleación acepta bien las pátinas artificiales, alterándose poco con el tiempo.

El estaño es lo que diferencia el bronce del latón, éste le da su color amarillo ambarino, aunque es más quebradizo que el bronce.

Latón rojo 85-5-5-5: 85 por 100 cobre, 5 por 100 estaño, 5 por 100 zinc, 5 por 100 primacia; esta última es la que le proporciona el color rosáceo, aunque su uso es poco frecuente debido a su toxicidad. Acepta bien las pátinas artificiales, cambiando poco con el paso del tiempo.

Latón asiático 90-5-5: 90 por 100 cobre, 5 por 100 estaño, 5 por 100 zinc. Su uso comienza en Asia de ahí su nombre, actualmente dentro de la escultura es de los más usados, con un color amarillo oro. (Kipper, 1995; Corrado, 1985; Hughes, Rowe, 1991; Navarro, 1976; Paine, Srinivasan, 1982; Penny, 1993; Plowman, 1995).

Bronce en lingotes. (APD)

Las aleaciones pueden presentar defectos de color, o no coger bien una pátina, o bien ser difíciles de cincelar, si se emplean metales impuros que contengan óxidos, hierro, plomo, etc. por ello es importante evitar una mala aleación.

Las distintas fórmulas de aleaciones vistas hasta ahora son una selección bibliográfica obtenida de diferentes libros y recetarios, pero las que analizaremos en esta investigación, proceden de talleres de fundición donde preparan distintos tipos de aleaciones, en función de las necesidades del mercado actual. En estos talleres diversos escultores contemporáneos encargan estas aleaciones preparadas de forma industrial y con elevada precisión en sus mediciones para la realización de sus obras, como es el caso de la fábrica APD de Barcelona:

Proceso de selección de las aleaciones de bronce más adecuadas para la escultura y su patinación. La composición de las seis aleaciones de bronce utilizadas en la elaboración de las probetas de ensayo de esta investigación, ha sido cuidadosamente seleccionada, teniendo en cuenta la necesidad del escultor contemporáneo y de los talleres de fundición actuales. Los seis lingotes proceden de la casa APD (Aleaciones Prealeaciones y Desoxidantes, S.L. BARCELONA), y son utilizados habitualmente por los talleres y escultores más prestigiosos. En la Tabla 2.2, se aportan asimismo los nombres de algunos talleres de escultura donde se utilizan estas aleaciones. Asimismo, se han

realizado comprobaciones técnicas muy precisas con todas las probetas de ensayo, tanto antes de aplicarles las distintas pátinas, como después de dárselas, para conseguir así que en toda la investigación experimental se obtengan los resultados más rigurosos.

En la figura 2.1, podemos apreciar con claridad el gráfico representativo de todos los metales que componen, cada uno de los seis tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), usados para la elaboración de las probetas de ensayo y su posterior patinado, como vemos la aleación tipo A, la E y la tipo H, son las que menos cobre tienen, por tanto tienen mayor concentración de otros metales. Por su parte las aleaciones tipo B, C y D, son las que mayor concentración de cobre tienen. En el capítulo de colorimetría (3º), veremos, como cada aleación ha reaccionado de forma diferente, en cada color de pátina y en el transcurso del tiempo.

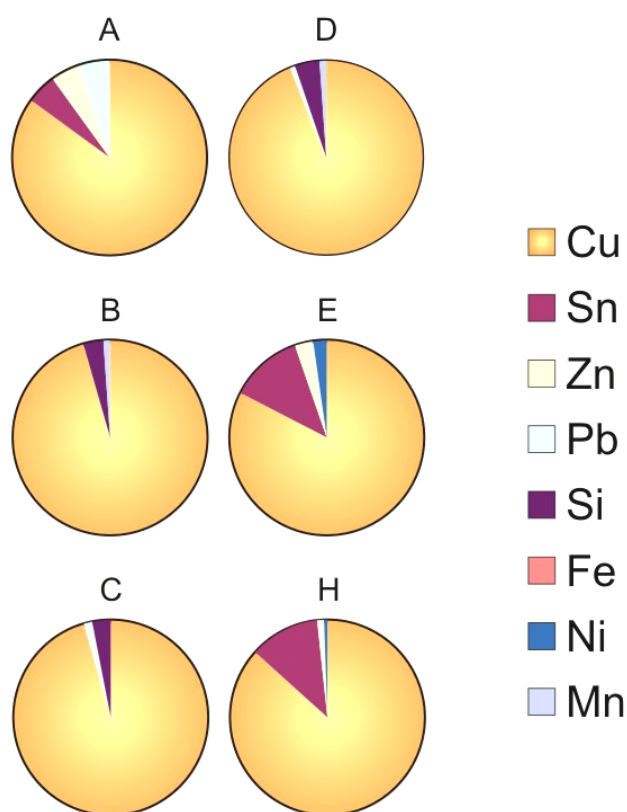


Figura 2.1 Gráfico representativo de los distintos metales que componen los seis tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), usados para la elaboración de las probetas de ensayo.

Para la transformación de estos lingotes (figura 2.2), en muestras o probetas de ensayo válidas para nuestro estudio ha sido necesario seccionarlos, cortarlos y siglarlos, para lo cual se ha utilizado la siguiente maquinaria e instrumental:

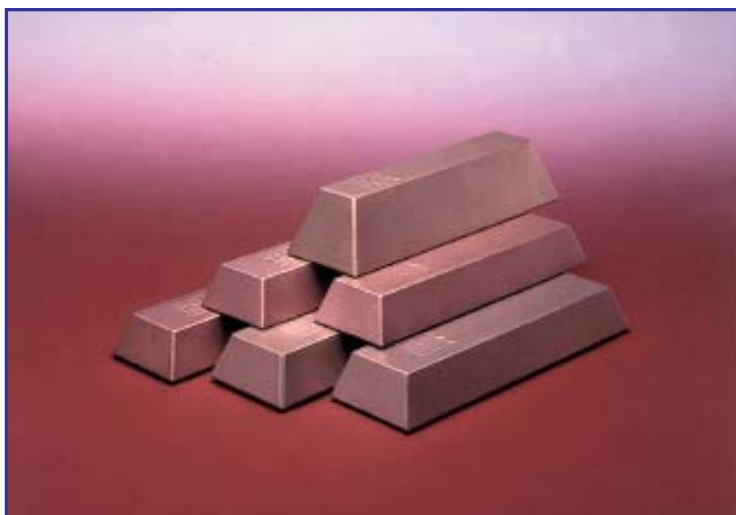


Figura 2.2. Bronce en lingotes: (Tipos A, B, C, D, E y F)

Tabla 2.2. Representación de la composición de de las aleaciones utilizadas de la casa APD (BARCELONA)

Tipos de aleación y talleres que los usan									
NOMBRE	USADO	COMPOSICIÓN ELEMENTAL %.							
		Cu	Sn	Zn	Pb	Si	Fe	Ni	Mn
A, CuSn5Zn5Pb5-B	BARRANCO	85	5	5	5	-	-	-	-
B, CuSiMn APD	T. CODINA	95.5	-	-	-	3.5	-	-	1
C, CuSiMn Pb	T. CAPA	94.5	-	-	1.5	3	-	-	-
D,CuSiMn Pbm.APD	T. ARTE 6	93.71	0.02	0.2	0.89	3.97	0.001	0.002	1.2
E, CuSn12Ni2-B	VARIOS	87	13	0.3	0.2	-	-	2.4	-
H, CuSn12-B (88-12)	T.MORENO	88	11.88	0.38	0.56	-	0.01	0.64	-

a) - Máquina de corte. Sierra en frío.

La máquina usada para el corte de los lingotes de bronce en lonchados, es una sierra de cinta en frío con taladrina, de la marca Thomas, modelo TRAD 260 (figura 2.3). La cinta de corte utilizada es de 2,765 m, con una hoja de diente 10/14, con un corte en redondo macizo de 9 a 14 cm., indicada para el corte de perfiles metálicos y materiales macizos (aceros para la construcción, etc.). La sección de los lingotes se ha realizado en intervalos de 1 cm., pero debido al ancho de la hoja de corte el grosor de las láminas resultantes es 0,85 cm.



Figura 2.3. Máquina de corte Thomas TRAD 260

b) - Marcadores y martillo.

Marcadores. Punzones para marcar Edward Pryor. Para la realización del siglado de las muestras se han usado los marcadores alfanuméricos manuales para realizar las marcas permanentes de identificación de cada muestra. Fabricados en acero, endurecidos y templados para mayor vida útil y máxima seguridad. Son capaces de marcar materiales de hasta 40 Rockwell C de dureza (figura 2.4). El juego alfabético consta de 27 caracteres (A a Z y &), y el juego numérico consta de 10 caracteres (0 a 9).

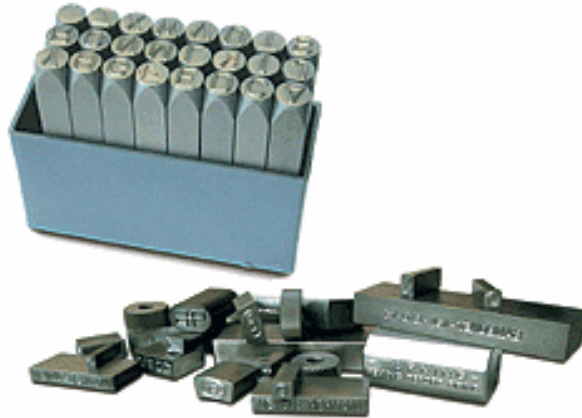


Figura 2.4. Marcadores alfanuméricos Edgard Pryor

Para la punción se ha usado el **Martillo**, maza, BS876, 1.2kg, 2.5lb de mango de madera Clydesdale Whitehouse, fabricado conforme a la norma BS876. Cabeza recubierta de epóxido de color negro con caras convexas pulidas y mango de madera firmemente ajustado, sellados por humedad (figura 2.5).

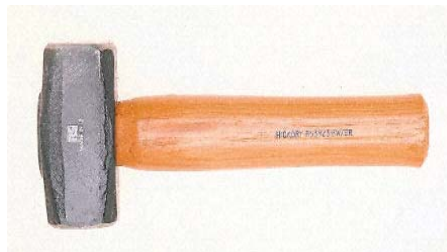


Figura 2.5. Maza BS876

c) - Máquina de corte, sierra circular.

La máquina de corte usada para fraccionar cada una de las láminas en cuatro muestras (figura 2.7), es una sierra de cinta cerrada Kenbill SC-400 (figura 2.6), construida en acero, con mesa en fundición e inclinable a 45°, guía regulable en altura, volantes en fundición, toma de aspiración, paro de emergencia, contador térmico, electrofreno de motor, llave de seguridad y normativa C.E.



Figura 2.6. Sierra de cinta cerrada KENBILL SC-400

Ø de los volantes: 400 mm

Largo de la sierra: 3.185 mm

Potencia del motor: 1,5 HP Trif./2 HP. Monof.

Altura máx.de corte: 210 mm

Ancho de corte: 380 mm

Ancho máx de hoja: 25 mm



Figura 2.7. Proceso de corte de las secciones en cuatro partes

2.1.2. Productos químicos.

Repasando la Historia de la escultura en bronce y tras investigar de manera bibliográfica diferentes recetarios químicos y de manera práctica el uso de estos químicos en la actualidad por diferentes talleres escultóricos, he podido comprobar que los colores más usados a lo largo de la historia para la elaboración de pátinas son: blanco, amarillo, rojo, verde, azul, diferentes tonalidades de pardos y el negro.

Es poca la bibliografía existente que trate de manera científica el uso de productos químicos para la elaboración artística de pátinas en bronce. Entre los libros consultados, los más fidedignos y que más profundizan son los recetarios dados por Barbieri (Hiscox y Hopkins) y Kipper (tabla 2.3):

Tabla 2.3. Reactivos químicos propuestos por Barbieri y Kipper para cada color

Colores							
recetario Barbieri	Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul	Pardos	Negro
Reactivos Químicos	Oropimente Sal sosa cristalizada	Acetato neutro de cobre	Sulfato de Cobre Permanganato potásico Ácido salicílico Ácido sulfúrico Bicromato Ácido potásico Ácido nítrico Nitrato sódico Carbonato de cobre Sosa cáustica Latón	Acetato de cobre Vitriolo Azul Alumbre Ácido acético Ácido sulfúrico Nitrato de cobre Ácido clorhídrico Ácido nítrico Paladio Titanio Cobre Ácido acético Cloruro amónico	Carbonato de cobre Amoniaco	Óxido férrico Nitrato férrico Cloruro férrico Ácido nítrico	Nitrato de plata Nitrato de cobre Sulfuro potásico Ácido clorhídrico Ácido nítrico Ácido sulfúrico Alumbre Sal de amonio Vinagre Nitrocloruro de paladio
recetario Kipper	Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul	Pardos	Negro
Reactivos Químicos	Nitrato de bismuto Óxido de titanio Óxido de estaño	Birchwood casey Nitrato de cobre Nitrato ferroso	Nitrato ferroso Óxido ferroso	Birchwood Casey M20 Nitrato de Cobre Nitrato Ferroso Óxido de Titanio	Birchwood Casey Nitrato de Cobre	Birchwood Casey Nitrato de Cobre Nitrato de hierro Óxido de Hierro	hígado de Sulfuro Nitrato Ferroso

Productos químicos y colores seleccionados para la realización de las pátinas.

La calidad de los productos químicos seleccionados para este estudio, es de tipo medio, siendo ésta la más popular y usada por los escultores, no sólo por los contemporáneos sino a lo largo de la historia de la escultura, con la salvedad de que en la antigüedad los escultores fabricaban sus propias reacciones químicas, mientras que hoy en día el escultor compra estas reacciones ya preparadas. Los reactivos químicos de alta calidad llamados de análisis, resultan excesivamente caros para la escultura y difíciles de encontrar y aunque más fiables para el tratamiento de oxidación o patinación, no serviría de nada esta investigación si usáramos productos que posteriormente no podrían ser usados por los artistas en sus trabajos, máxime cuando esta tesis está dedicada a ellos.

Son muchos los productos químicos de los que nos podríamos valer para conseguir colores parecidos, pero también son muchos los factores que influyen en la arbitrariedad de dichos colores: su uso no está normalizado y es muy difícil conseguir dos pátinas iguales. Es por esto por lo que he decidido emplear los productos químicos más usados en la actualidad y someterlos a diferentes condiciones perfectamente medidas y cuantificables:

- Blanco: Ácido Bórico en una concentración del 20%-30%
- Ocre: Cloruro Férrico en una concentración del 20%
- Rojo: Nitrato Férrico en una concentración del 20%
- Verde: Nitrato Cúprico en una concentración del 20%
- Azul: Nitrato Cúprico en una concentración del 20%
- Pardo: Nitrato Férrico en una concentración del 20%
- Negro: Nitrato Cúprico en una concentración del 20%

Materiales y herramientas usados para la correcta aplicación de los diferentes productos químicos en las muestras de bronce:

- Agua destilada para la dilución de los químicos
- Diferentes tubos y recipientes reglados para la medición de líquidos
- Báscula Philips digital de precisión.
- Telas de algodón para frotar.
- Alcohol, para desengrasar.

- Spray pulverizador de líquidos con capacidad de 750 ml, del que salen 2 ml en cada aplicación.
- Antorcha de boca ancha por combustión a gas butano. Es importante que sea regulable para poder controlar la temperatura que alcanzarán las muestras de bronce. La boca de 10 cm de ancho nos permite calentar de manera homogénea toda la muestra.
- Termómetro digital no-contacto de infrarrojos provisto de puntero láser. Necesario para medir la temperatura de la muestra en cada momento y así tener la certeza de aplicar los productos químicos con la temperatura adecuada.
- Una plancha de hierro galvanizado de 1,5 mm. de grosor y de 30 x 25 cm, como soporte para las muestras a la hora de aplicarles la pátina.

2.2 Métodos.

2.2.1. Elaboración de las probetas de ensayo.

La elaboración de probetas de ensayo de aleación de bronce (figura 2.8), es el siguiente paso a desarrollar en este trabajo. Posteriormente, estas probetas de ensayo son sometidas a la alteración de su superficie mediante la aplicación de diversos compuestos químicos, con objeto de obtener coloraciones artificiales inducidas por la corrosión de la superficie metálica, (las llamadas **pátinas artificiales**).



Figura 2.8. Probetas de ensayo seccionadas y cortadas

Las probetas de ensayo tienen una medida y un tipo de aleación uniforme, para evitar la deformación de resultados, pues la coloración por la inducción de reactivos químicos puede verse alterada si de una probeta a otra existe variación en el tipo de aleación o en el tamaño. Además de estos dos factores existen otros que estudiaremos más adelante, que también pueden alterar el proceso de coloración y que tendremos en cuenta, pues el objetivo final de esta investigación es la obtención de resultados fidedignos y la elaboración de nuevas pátinas que podamos repetir tantas veces como deseemos, sabiendo con plena certeza cuál será la coloración resultante sin que sea el azar el factor predominante en este proceso (tal y como viene siendo habitual en la actualidad). De lo expuesto se deriva, que es imprescindible la unificación de medidas, tiempos, valores, etc.

Las medidas escogidas para las probetas de ensayo son: 3 cm. de alto por 3 cm. de largo y 1 cm. de grosor aproximadamente. La superficie sobre la que se aplicará el compuesto químico para su corrosión, será así de 9 centímetros cuadrados aproximadamente, siendo de gran importancia que todas las probetas de ensayo tengan exactamente el mismo grosor.

Bronce en lingotes: como vimos anteriormente (tabla II) se han seleccionado los 6 tipos de aleaciones de bronce más usadas actualmente en la escultura. Los seis lingotes proceden de la casa APD (Aleaciones Prealeaciones y Desoxidantes, SL. BARCELONA). La rugosidad que presentan estos lingotes en su superficie es debida a los moldes a la arena de silicio empleados en su fabricación.

Encontramos otra singularidad en su forma: el rechupe que encontramos en su base debida a la presión metalostática por la reordenación de los componentes en el bronce.

Seccionado: (figura 2.9) los cortes transversales se hicieron con un espaciado de 1 cm, siendo el ancho final de cada pieza de 0,85 cm debido al grosor de la hoja de corte.

Siglado: antes de cortar en 4 piezas de 3x3 cm cada una de las secciones obtenidas, procedimos a su siglado mediante unos punzones para marcar y una maza, usándose varias combinaciones de letra y número para su siglado. Todas las piezas tienen una letra y dos números. La letra indica el tipo de aleación (tabla 2.4) desde la A hasta la H, evitando las aleaciones F y G por ser menos apropiadas y usadas para la escultura (conviene recordar que la nomenclatura alfabética usada por los distribuidores está determinada por su composición).

El primero de los números representa el color de pátina a dar del 1 al 7 para las pátinas artificiales. El número 8 lo hemos reservado para las piezas que,

sin patinar, hemos dejado durante un año a la intemperie, consiguiendo así una pátina natural en cada una de las aleaciones.

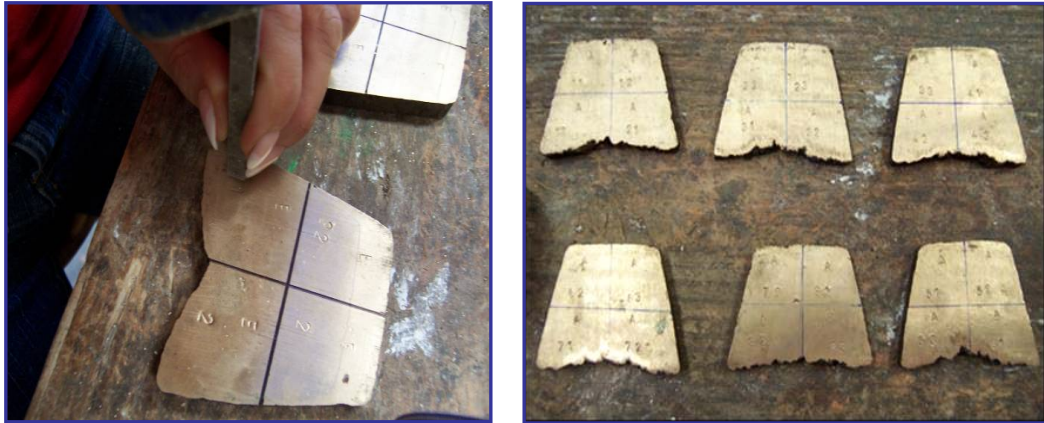


Figura 2.9. Cortes transversales de los diferentes lingotes de bronce

El segundo número sirve para diferenciar cada una de las tres copias realizadas de cada color y aleación, ya que para obtener resultados lo más fidedignos posible, se han realizado tres probetas de ensayo de cada aleación y color de pátina (números del 1 a 3), (figura 2.10, figura 2.11).

Tabla 2.4. Nomenclatura usada en el siglado de las probetas de ensayo

Nº	COLOR	Siglado					
		A	B	C	D	E	H
1	BLANCO	A1	B1	C1	D1	E1	H1
2	AMARILLO	A2	B2	C2	D2	E2	H2
3	ROJO	A3	B3	C3	D3	E3	H3
4	VERDE	A4	B4	C4	D4	E4	H4
5	AZUL	A5	B5	C5	D5	E5	H5
6	PARDOS	A6	B6	C6	D6	E6	H6
7	NEGRO	A7	B7	C7	D7	E7	H7
8	NATURAL	A8	B8	C8	D8	E8	H8



Figuras 2.10 y 2.11. Proceso de siglado de las probetas de ensayo (izquierda). Probetas de ensayo sigladas listas para ser cortadas en 4 trozos (derecha).

Corte: Una vez correctamente sigladas, procedemos a cortar las secciones en 4, obteniendo muestras de 3 x 3 x 0,85 cm mediante una sierra de corte circular (figura 2.12, figura 2.13).

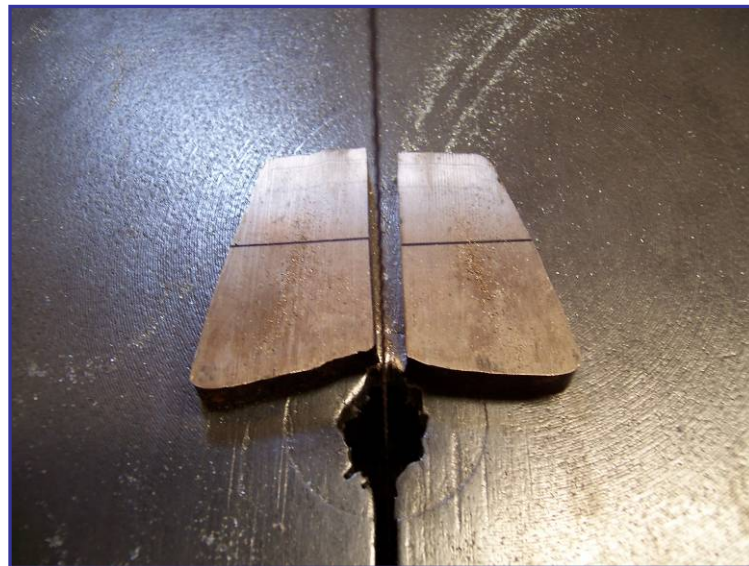


Figura 2.12. Corte de las secciones longitudinales a partir de otras transversales.



Figura 2.13. Proceso de la elaboración de las probetas de ensayo, partiendo de los lingotes de las seis aleaciones seleccionadas (A, B, C, D, E y H), seccionados a 0,85cm., para su posterior fragmentación en cuatro partes.

2.2.2. Proceso de preparación de los químicos para los siete colores.

Las obras artísticas de bronce, presentan diferentes tonos de color dependiendo de la variedad de productos químicos y sus concentraciones, temperatura y diversos factores, así como del gusto y la habilidad del artista.

Basándome en diversos recetarios y formularios ya mencionados, he investigado desde las primeras fórmulas usadas en la antigüedad hasta las más actuales, y he realizado una selección de colores, con el fin de comprobar su veracidad y poder unificar así medidas y criterios.

La paleta de colores utilizada para aplicar las pátinas se ha seleccionado del “Recetario Industrial” de Hiscox y Hopkins, basado en el “Formulario Enciclopédico Industrial” de Nico Barbieri, y otros autores como Kipper. Para algunos colores como el blanco he tomado fórmulas propias de talleres actuales, que me han sido facilitadas por los propios maestros patinadores, como es el caso de Talleres Capa que llevan investigando tres generaciones de escultores sobre la aplicación de pátinas

Los siete colores seleccionados, así como los correspondientes siete elementos químicos utilizados para su obtención, son los referidos anteriormente: blanco, ácido bórico en una concentración del 20% y del 30%; ocre, cloruro férrico en una concentración del 20%; rojo, nitrato férrico en una concentración del 20%; verde, nitrato cúprico en una concentración del 20%; azul, nitrato cúprico en una concentración del 20%; pardo, nitrato férrico en una concentración del 20%; negro, nitrato cúprico en una concentración del 20%

Para controlar todo el proceso de normalización de los siete colores de pátina que se van a estudiar, se han medido minuciosamente los factores o elementos que intervienen a la hora de dar una pátina (la totalidad de las temperaturas de las muestras que alcanzan antes, durante y después del proceso de patinación, temperatura del fuego utilizado, cantidades de químico rociado sobre el metal, concentración de éste, etc.).

La paleta de los siete colores elegidos es la siguiente: 1-blanco, 2-ocre, 3-rojo, 4-verde, 5-azul, 6-pardo y 7-negro; se ha usado también el número 8 para las muestras de pátina natural (igualmente tres por cada aleación) que junto a la muestra nº 3 de cada aleación y color, se han dejado a la intemperie durante un año, aunque bajo techado para que el agua no altere la corrosión y la precipite, pero si la humedad ambiental y así poder estudiar la corrosión del medio ambiente de Granada capital.

2.2.3. Proceso de normalización de los siete colores de pátinas artificiales.

Se ha partido de las probetas de ensayo obtenidas al seccionar los seis lingotes, de los seis tipos distintos de aleación, A, B, C, D, E y H, mostrados en la Tabla 2.2 (página 64).

Para normalizar cada una de las distintas pátinas se ha colocado una probeta de cada una de las seis aleaciones, dispuestas en 2 filas de 3, sobre una plancha de hierro galvanizado, ocupando una superficie aproximada de 48 cm² de ésta. El objeto de esta disposición es medir con exactitud la cantidad de líquido vertido en el total de las pulverizaciones realizadas sobre las 6 muestras. Para conseguir unos datos más fiables, todo el proceso que a continuación se describe se ha realizado tres veces por cada pátina.

Para estas pruebas se han evitado los acabados con cera, para no falsear los colores finales. La terminación ha sido mediante frotado con un paño de algodón. El volumen aplicado por cada pulverización con el spray fue de 0,02 ml/cm².

Conviene recordar que se han obtenido datos antes de patinar las probetas de ensayo y después del citado proceso.

Procesos generales seguidos para la normalización y aplicación de las siete pátinas:

La preparación de las diluciones de los productos químicos, generalmente presentados en polvo (figura 2.14), necesitó de agua destilada y diverso material de medición, tal como: una báscula de precisión y diferentes recipientes reglados para la medición de líquidos (figura 2.14). La rigurosidad de estas mediciones es muy importante, ya que el uso de un compuesto químico u otro variará el color resultante, pero a su vez, un mismo producto químico puede resultar en diferentes colores si alteramos su concentración, cantidad, temperatura y número de manos aplicadas.

Antes de la aplicación de los reactivos, es importante que las muestras de bronce queden limpias de cualquier resto de grasa y suciedad, para ello he utilizado alcohol y paños de algodón (figura 2.15).



Figuras 2.14 y 2.15. Medición de la cantidad de químico para su disolución (izquierda). Limpieza de las muestras (derecha).

Una vez las muestras estuvieron limpias y libres de impurezas, y sobre un soporte adecuado para aplicarles las pátinas (en este caso una plancha de hierro galvanizado de 1,5 mm de grosor y de 30 x 25 cm²), se les ha aplicado calor con una antorcha regulable de boca ancha alimentada mediante gas butano (figura 2.16), con la que conseguimos controlar el calor que reciben las probetas de ensayo y que éste sea homogéneo gracias a la anchura de la antorcha (figura 2.17); así se ha alcanzado la temperatura adecuada para la

aplicación de los diferentes reactivos químicos para cada color de pátina, pues la temperatura variará según el color de pátina que queramos conseguir.

La temperatura se ha controlado con extrema precisión, mediante un termómetro sin contacto de infrarrojos, con el que se han medido la temperatura que expide la antorcha y las diferentes temperaturas que han ido alcanzando las muestras de bronce. Cuando éstas han obtenido la temperatura adecuada para cada color de pátina, se les ha aplicado el producto químico correspondiente (figura 2.18), que, según el caso ha sido mediante pulverización con spray o mediante pincel.

La temperatura de la antorcha ha sido + ó - 250°C, para todas las pátinas, menos la negra que ha necesitado de hasta 300°C. Según el color de la pátina, se ha quemado la superficie de las probetas de ensayo con temperaturas muy elevadas, hasta que éstas han perdido el color que aparece con la primera aplicación y se tornan negras, calentando nuevamente las muestras hasta alcanzar una temperatura en la que el color comienza a aparecer de nuevo (figura 2.19).

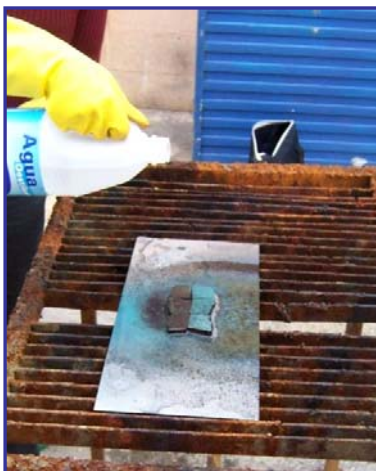


Figuras 2.16 y 2.17. Antorcha de boca ancha alimentada por gas butano (izquierda). Aplicación de calor a las probetas de ensayo mediante la antorcha (derecha)



Figuras 2.18 y 2.19. Aplicación de calor y químico sobre las probetas de ensayo (izquierda). Ennegrecimiento de las probetas de ensayo al quemarse (derecha).

Tras adquirir el color, enfriamos (figura 2.20) y lavamos la muestra, aplicando agua destilada para enfriarla (figura 2.21) y frotando posteriormente con paños de algodón hasta conseguir eliminar el óxido sobrante y que la muestra no manche. Una vez limpia, se ha repetido el proceso de aplicación de calor y del químico las veces necesarias dependiendo del color, hasta conseguir fijar correctamente la pátina.



Figuras 2.20 y 2.21. Enfriamiento de las probetas de ensayo con agua destilada

Tras el último lavado se suele emplear un tratamiento protector, como una capa de cera, que prolongará la inalterabilidad de nuestra pátina, aunque para esta investigación se ha evitado la aplicación de cualquier elemento protector, ya que alteraría los colores resultantes y falsearía los resultados a largo plazo.

Pátina blanca normalizada, N° 1 de las probetas de ensayo.

Para obtener una pátina de color blanco hemos utilizado ácido bórico en una concentración del 20% en agua destilada. El ácido bórico viene presentado en polvo y es difícil de disolver: al intentar preparar la disolución la mayor parte del producto precipita hasta el fondo del recipiente, disolviéndose muy poca cantidad de químico, necesitando entonces entre ocho y diez aplicaciones posteriores para conseguir resultados. Aún aplicando tal cantidad de producto, el resultado final desaparece tras frotar, quedando como una leve veladura.

Si removemos consiguiendo una buena solución, cuatro aplicaciones son suficientes, aunque el último lavado debe ser muy suave, ya que si frotamos mucho perderemos la veladura. Esta pátina es muy superficial y si no se aplica una capa protectora de cera, los cristales no permanecerán mucho tiempo.



Figuras 2.22 y 2.23. Pátina blanca tras ser aplicada (izquierda). Pátina blanca pasado año (derecha).

Aunque pueda parecer que es mejor disolver bien en vez de aplicar solo el líquido saturado por precipitación, con la práctica hemos podido comprobar que si aplicamos el producto bien disuelto, los cristales aparecen antes, pero presentan menor agarre, por lo que la pátina dura menos tiempo y acaba por caerse casi por completo. La aplicación del líquido saturado por precipitación es más lenta, pero sus resultados son más corrosivos y duraderos.

El producto químico lo aplicamos con pincel sobre las probetas de ensayo marcadas con el color nº 1, tres muestras para cada aleación, la temperatura de la antorcha ha alcanzado de 200-250°C. Para la correcta aplicación de la pátina, preparamos las probetas de ensayo a una temperatura de entre 40 y 50°C, temperatura a la que ya estarán listas para recibir el ácido bórico, el color aparece cuando la muestra alcanza los 90°C, aunque aumentamos la temperatura hasta alcanzar entre 140 y 250°C, temperatura a la que conseguimos quemar el químico. Tras enfriar con agua destilada y lavar mediante frotado, repetimos el proceso cuatro veces, llegando hasta 8 o incluso 10 en el caso de aplicar la mezcla disuelta por precipitación. En la última aplicación no llegamos a ennegrecer la superficie y el último lavado lo practicamos más suavemente (figura 2.22). Las dos primeras muestras de cada aleación las guardamos y la tercera la colocamos a la intemperie durante un año (figura 2.23).

Debido a la singular dificultad para asentar esta pátina, se han hecho más pruebas que con el resto de colores: con unas probetas de ensayo de mayor tamaño (seccionada, pero no cortadas en cuatro porciones como las demás), se ha texturizado la mitad de su superficie para intentar fijar mejor el color y comprobar en la misma muestra la diferencia con su aplicación en una superficie lisa. En esta ocasión la concentración de ácido bórico ha sido del 30% y se ha aplicado el líquido saturado del producto precipitado en una probeta (H14) (figura 2.24) y bien disuelto en otra (H15) (figura 2.25).

Pese a que en primera instancia conseguimos más luminosidad en el color, si no aplicamos una capa de cera protectora, con el tiempo se va cayendo la veladura de la misma manera que si no estuviera rayada la superficie, como se puede observar en las figuras, 2.32, 2.34 y 2.25.



Figuras 2.24 y 2.25. Pátina blanca sobre superficie texturada H14 (izquierda). Pátina blanca sobre superficie texturada H15 (derecha).

Todas las muestras tras un año a la intemperie, han perdido casi toda la pátina, quedando una leve veladura (Figuras 2.23, 2.36 y 2.27).



Figuras 2.26 y 2.27. Pátina blanca sobre superficie texturada H14 (izquierda) pasado un año. Pátina blanca sobre superficie texturada H15 (derecha).

Pátina ocre normalizada, N° 2 de las probetas de ensayo.

Cuando la temperatura de la antorcha alcanzó los 250°C, calentamos la superficie de las probetas de ensayo a una temperatura entre 40 y 50°C, para la correcta aplicación de la pátina. Usamos las muestras marcadas con el n° 2 de cada aleación, sobre las que aplicamos con pincel un total de 300 ml de una concentración del 20% de cloruro férrico, cuando las muestras alcanzaron una temperatura de 80°C, comenzó a aparecer el color, aumentando la temperatura hasta 95°C para potenciar el color. Hay que evitar que hierva el líquido cuando se aplica, ya que podría quemarse. Tras enfriar con agua destilada y lavar con un paño de algodón para eliminar la capa más superficial, repetimos el proceso cuatro veces. Durante el proceso suelen aparecer diversos tonos de rojizos, rojo inglés e incluso verdosos. Es una pátina que cuesta fijar (figura 2.28). Observamos como la pátina ha variado, perdiendo color, tras un año a la intemperie (figura 2.29).



Figuras 2.28 y 2.29. Pátina ocre y Pátina ocre pasado un año (derecha)

Pátina roja normalizada, Nº 3 de las probetas de ensayo.

Con una temperatura de la antorcha de 250°C, calentamos la superficie de las probetas de ensayo a una temperatura de 40 a 50°C secándola, para la aplicación de la pátina. Sobre las muestras marcadas con el nº 3, aplicamos, ayudándonos primero de un pincel y después de un pulverizador, un total de 70 ml de una solución al 20% de nitrato férrico, en cuatro fases. El color comienza su aparición cuando las muestras alcanzan una temperatura de 80°C. y se acentúa cuando el metal obtiene una temperatura de entre 110 y 125°C, pero seguimos calentando hasta los 135°C, temperatura a la que empieza a perder el color rojo, se continuó calentando hasta que se quemó el color las probetas de ensayo, a una temperatura de 250°C. Tras enfriar con agua destilada y lavar con un paño de algodón para eliminar la capa más superficial, repetimos otras 3 veces, sin llegar a quemar en la última mano, quedándonos en los 135°C (figura 2.30).

La pátina, tras un año a la intemperie, no ha sufrido a penas variación en el color (figura 2.31).



Figuras 2.30 y 2.31. Pátina roja (izquierda). Pátina roja pasado un año (derecha)

Pátina verde normalizada, Nº 4 de las probetas de ensayo.

Sobre las muestras marcadas con el nº 4 y con una temperatura de la antorcha de 250°C, calentamos la superficie de las probetas de ensayo a una temperatura de 40 a 50°C secándolas y preparándolas para la aplicación del químico de forma correcta.

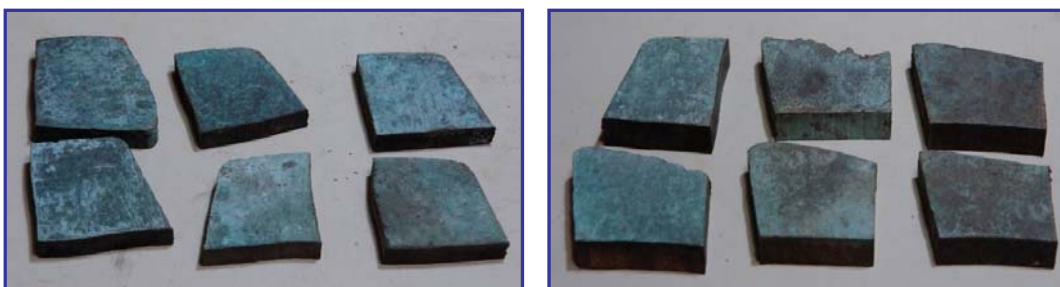


Figuras 2.32 y 2.33. Pátina verde (izquierda). Pátina verde pasado un año (derecha).

Para obtener una pátina de color verde pulverizamos con spray, un total de 100 ml de nitrato cúprico al 20% de disolución sobre las piezas a 70°C. Con cuidado de no quemar la pieza, alcanzamos una temperatura de entre 110 y 125°C, en la que ya vemos el color aparecer, aumentamos la temperatura hasta alcanzar entre 140 y 200°C, temperatura a la que conseguimos oscurecer el químico. Después de enfriar con agua destilada y de frotar con el paño de algodón, repetimos el proceso tres veces más para fijar bien el color. En la última mano no se han superado los 130-150°C, alcanzándolos de forma paulatina, dando el último lavado y frotado con suavidad (figura 2.32). Observamos como esta pátina no ha variado, su color, tras un año a la intemperie (figura 2.33).

Pátina azul normalizada, Nº 5 de las probetas de ensayo.

Cuando la temperatura de la antorcha consiguió 300°C, calentamos la superficie de las probetas de ensayo marcadas con el nº 5, a una temperatura de 40 a 50°C, secándolas y preparándolas para recibir correctamente la pátina.



Figuras 2.34 y 2.35. Pátina azul (izquierda). Pátina azul pasado un año (derecha).

Al igual que para la obtención de la pátina verde, para la azul usamos nitrato cúprico en una concentración del 20%, pero en una cantidad superior: 250 ml repartidos en 4 manos. Una vez calentadas las piezas a 90-100°C aplicamos la solución mediante spray pulverizador y aumentamos la temperatura de las piezas hasta que comienza a aparecer el color azul (110°C). Para fijar mejor la pátina, quemamos cada una de las manos de químico que le damos (a partir de 190°C, pudiendo llegar incluso a 300°C) excepto la última, que se dejó de aplicar calor para no ennegrecer y dejar la pátina azul obtenida.

Después de cada mano de químico, se enfrió con agua destilada y se frotó con el paño de algodón, el último frotado se hizo más suave (figura 2.34). Al igual que la pátina verde observamos como esta pátina no ha variado, su color, tras un año a la intemperie (figura 2.35).

Pátina parda normalizada, Nº 6 de las probetas de ensayo.

Con una temperatura de la antorcha de 250°C, aplicada sobre las muestras marcadas con el nº 6, calentamos la superficie de las probetas de ensayo a una temperatura de 40 a 50°C secándolas y preparándolas para la correcta aplicación del químico.



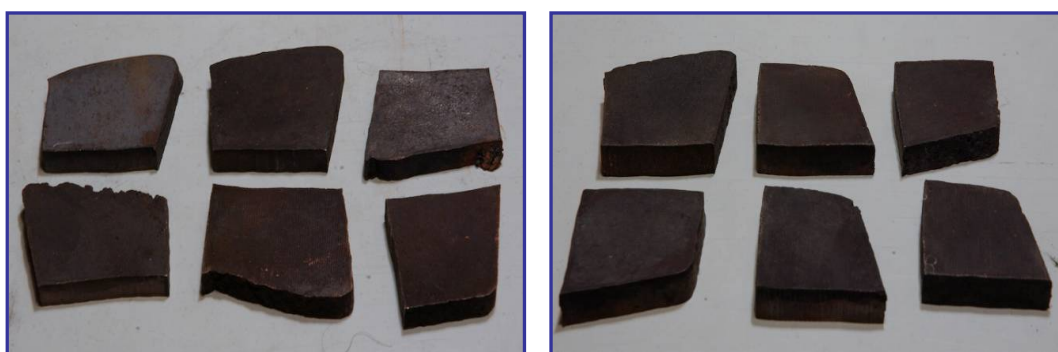
Figuras 2.36 y 2.37. Pátina parda (izquierda). Pátina parda pasado un año (derecha).

Ayudándonos primero con pincel y después con un pulverizador, se ha aplicado un total de 100 ml de nitrato férrico en una concentración del 20% sobre las piezas cuando éstas alcanzan una temperatura de 80-90 °C, llegando a 180-200°C para fijar bien el color, seguimos calentando hasta que se quemó el color las probetas de ensayo, a una temperatura de 250°C. Tras enfriar con agua destilada y frotar con el paño de algodón se repitió el proceso hasta cuatro veces. En la última mano, no se han quemado las muestras, quedándonos en los 180-200°C, aplicando el químico con pincel (figura 2.36). Esta pátina no ha

variado, su color, tras un año a la intemperie (figura 2.37), al igual que las pátinas verde y azul.

Pátina negra normalizada, N° 7 de las probetas de ensayo.

Sobre las muestras marcadas con el n° 7 y con una temperatura máxima de la antorcha de 300°C, calentamos la superficie de las probetas de ensayo a una temperatura de 40 a 50°C secándolas y preparándolas para la aplicación del químico.



Figuras 2.38 y 3.39. Pátina negra (izquierda). Pátina negra pasado un año (derecha).

Para obtener la pátina negra, se ha usado nitrato cúprico en una concentración del 20%, pulverizando un total de 150 ml sobre las probetas de ensayo a 80°C. Alcanzando hasta 200°C para obtener el color adecuado. Las piezas, en los procesos intermedios, se han quemado con una temperatura de 300°C. Durante las distintas manos hemos podido ver tonos azules y violáceos, pero tras enfriar, lavar y repetir el proceso un total de 4 veces obtuvimos un color negro intenso (figura 2.38).

La pátina negra al igual que las pátinas verde, azul y parda, prácticamente no ha variado, su color, tras un año a la intemperie (figura 2.39).

Pátina natural normalizada, N° 8 de las probetas de ensayo.

Para poder comprobar los efectos de la climatología sobre las distintas aleaciones sin patinar, se procedió a dejar durante un año al aire libre, bajo techado, tres muestras de cada aleación, marcadas con el n° 8, consiguiendo así una pátina natural.



Figuras 2.40 y 2.41. De izquierda a derecha: Aleaciones A, B, C, D, E y H tras un año a la intemperie.

La climatología, en especial la humedad, del lugar elegido es crucial para obtener unos resultados u otros. En este caso se ha elegido Granada capital, de cuya climatología hablo extensamente en el capítulo 3.

En las figuras 2.40 y 2.41 podemos observar como cada aleación ha reaccionado de manera diferente.



CAPÍTULO 3

Ensayos Colorimétricos

3. Colorimetría

3.1 Introducción.

Para comprender mejor la técnica aplicada en la medición del color de las probetas de ensayo de bronce, estimo necesario hacer una breve introducción explicativa acerca de la colorimetría y el color, así como de la luz, (pues el color varía en función del tipo de luz que incide sobre los objetos)

Colorimetría:

El color es un fenómeno físico que depende de las características de la luz que ilumina los objetos, de cómo estos reflejan, transmiten o absorben esa luz y obviamente, del observador que contempla el fenómeno. Entonar un color no es tarea fácil; es necesario tener conocimientos y una experiencia previa en esta labor.

¿Cómo se percibe el color?

Hay tres agentes que intervienen en la percepción de un color: el objeto, la luz y el ojo humano



Figura 3.1. Percepción de color y la luz según el ojo humano.

El objeto: la transmisión de la luz es la propagación de la misma a través de los cuerpos transparentes. En este fenómeno los rayos luminosos cambian de dirección, al pasar de un medio a otro de distinta densidad. Los objetos contienen pigmentos de color. Una de las particularidades de estos pigmentos es que sólo reflejan cierta parte de la luz que absorben al ser iluminados. El color de un objeto va a depender así, tanto de la luz que lo ilumine, como de sus propiedades para reflejarla, transmitirla o absorberla.

La luz: es una manifestación de energía en forma de radiación electromagnética. Dentro del espectro de estas radiaciones, la luz sensible al ojo humano, abarca una pequeña porción que va desde radiaciones con una longitud de onda de 380 NM hasta 780 NM. La luz se transmite a través del espacio a una velocidad de 300.000 Km. /seg., por medio de ondas similares a las que se forman en una laguna al arrojar una piedra, con la diferencia de que las ondas luminosas no necesitan ningún medio material, como el agua, para

propagarse. Existen diferentes tipos de luz. La principal fuente de irradiación de la luz son los objetos extremadamente calientes. La principal y más importante fuente natural sería el Sol, pero el hombre ha desarrollado otras como, las velas, las lámparas o los tubos fluorescentes. La luz, por otra parte, puede ser monocromática o policromática. Normalmente las luces bajo las cuales observamos los diferentes objetos, son policromáticas; esto es, están constituidas por diferentes longitudes de onda.

El ojo: es el órgano por medio del cual experimentamos las sensaciones de luz y color, mediante la transmisión de impulsos al cerebro a través del nervio óptico.



Figura 3.2. Colores primarios (cyan, magenta y amarillo), de cuya mezcla surgen el resto de colores.

Solamente podemos percibir el color cuando los rayos de luz llegan a nuestros ojos. Los objetos que no irradian rayos de luz, solo podrán visualizarse después de ser iluminados. Si alguno de los elementos receptores de la retina (conos y bastoncillos) funcionara mal, ello podría provocar ciertas dificultades para distinguir entre uno u otro color. Así, es de gran importancia que se realicen los estudios médicos correspondientes a personas que vayan a realizar trabajos en el área de colorimetría, como por ejemplo, ajustando colores en un taller. Estos tipos de estudios son conocidos con el nombre de "test de daltonismo". El color que percibimos no depende solamente del pigmento del objeto, sino también del tipo de luz con el cual lo estemos iluminando, La luz solar, a su vez, varía de composición a lo largo del día; por la mañana tiene un alto porcentaje de rayos ultravioletas, mientras que por la tarde aumentan los infrarrojos. Esta variación es suficiente para poner de manifiesto el fenómeno del metamerismo (las diferentes tonalidades que puede tomar un objeto, según la luz que incida sobre él).



Figura 3.3. Representación gráfica de las mezclas aditivas y sustractivas dentro del círculo cromático.

Colores aditivos y sustractivos.

Un haz de luz blanca se compone de siete colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo, y violeta). Un objeto negro, absorbe todas las radiaciones, mientras que uno blanco las reflejará todas. A fines del siglo XVIII, un médico y físico inglés llamado Thomas Young, descubrió que los siete colores del espectro luminoso pueden reducirse a tres: azul, verde y rojo. Estos colores son los que se denominan "primarios luz" (figura 3.2). De la mezcla de dos de ellos, se forman los colores "secundarios luz". La suma de luz azul, verde y roja da como resultado, luz blanca. Este tipo de mezcla se denomina "aditiva" (figura 3.3).

Pero a la hora de pintar un objeto, no lo hacemos con luces, sino con pinturas; de forma general podemos decir que una pintura está compuesta por pigmentos, resinas, disolventes y aditivos. Los pigmentos son los encargados de darle color a la pintura y precisamente con ellos tendremos que "jugar" a la hora de entonar un color. Los colores que se usan generalmente, obtenidos con pigmentos, son los secundarios luz, denominándose "colores primarios sustractivos" (figura 3.3); su mezcla, da como resultado el negro. Este tipo de mezcla se denomina "sustractiva", ya que el color primario sustractivo es el que absorbe uno de los colores aditivos y lo refleja o transmite a los restantes.

Mezclando a pares los colores primarios sustractivos, se obtienen nuevamente los colores primarios aditivos.

Sobre la cuestión de la clasificación de los colores, existen diferentes teorías, pero todas se apoyan en el principio de mezclas sustractivas. Esta teoría, fue desarrollada por el alemán Goethe en 1810 y consiste en dividir en seis los colores resultantes de hacer pasar luz blanca a través de un prisma. Estos seis colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta) representados gráficamente, dan origen al "círculo cromático" (figura 3.3), elemento básico y fundamental para el ajuste de colores, ya que nos permite prever con mucha aproximación el resultado de la suma de dos pigmentos diferentes.

Tonalidad.

La tonalidad determina la longitud de onda predominante. Según esta característica, la tonalidad de un color puede ser cualquiera de los colores representados en el círculo cromático (rojo, naranja, amarillo, verde, azul o violeta). Esta característica, sin embargo, no es aplicable a los grises, ya que no poseen una longitud de onda predominante; en ellos se compensan todas las longitudes de onda de luz visible. Se consideran neutros y se obtienen de la mezcla del blanco y el negro o de los colores complementarios.

Una vez que se define la tonalidad de un color, podemos ver que cada uno de ellos tiene dos vecinos en el círculo cromático. Esto implica que determinado color tendrá tendencia a otro que no sea su opuesto en el círculo cromático. A estas posibles tendencias se las denomina subtonos. Por otro lado, la intensidad de un color puede considerarse como una medida de su fuerza o debilidad. El grado de intensidad varía del claro al oscuro. Cuanto más claro más intenso y cuanto más oscuro menos intenso.

Otro factor es la pureza. Ésta nos indica el grado en que un color se acerca al pigmento puro correspondiente. Cuanto más se acerque, decimos que un color es más "puro" o "limpio"; cuanto más se aleje, lo denominamos más "saturado" o "sucio".

Por último tenemos el **cilindro de color**. El cilindro esquematiza en forma clara las tres características que definen a un color. La **tonalidad** queda representada por cada uno de los planos circulares que forman el cilindro. Cada plano corresponde a un círculo cromático. La altura del cilindro determina la **intensidad**; cuanto más alto más intenso será el color. La distancia al eje, determina el grado de "**pureza**" del color; cuanto más alejado del eje estemos más puro será el mismo (figura 3.4).

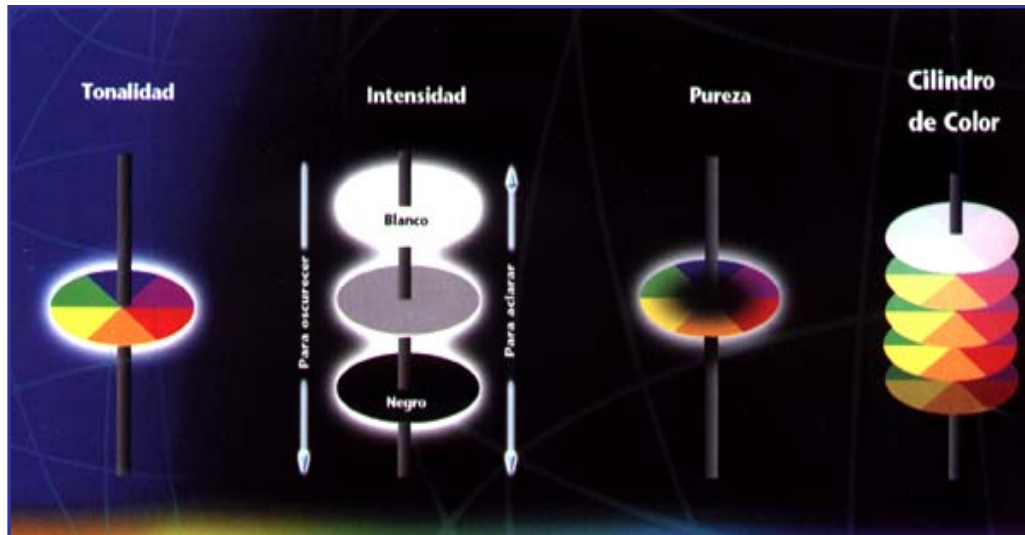


Figura 3.4. Representación gráfica de la tonalidad, pureza, luminosidad e intensidad del color

3.2 Introducción a la técnica.

La **colorimetría**, es el método científico a través del cual podemos medir con absoluta precisión el color y la intensidad lumínica de cualquier objeto, ubicándolo con exactitud dentro del espacio en un determinado punto, bajo las coordenadas de una matriz. Con este método, podemos hablar de la utilización del color de forma cuantitativa, es decir, dentro de la matriz podremos saber cuánto de amarillo-azul o rojo-verde tiene un objeto determinado, así como su cantidad exacta de luz.

Otro aspecto interesante relacionado con este método, es el análisis que podemos realizar sobre la transformación en el tiempo de un determinado color en un objeto puntual.

En la investigación concreta que he venido realizando: “Alteraciones de muestras de bronce por reacciones químicas en su superficie (pátinas)”, el método descrito anteriormente ha sido de gran ayuda para llevar a cabo un exhaustivo análisis del color, tanto de la aleación escogida para las probetas de ensayo, como de la propia probeta de ensayo una vez aplicado el químico reactivo sobre su superficie para obtener el tono deseado.

Las pátinas son el resultado de una reacción química sobre un determinado metal, permaneciendo dicha reacción activa a través del tiempo, (ya

que se trata de un proceso de corrosión, que de forma más o menos activa, sigue alterando la superficie metálica) transformando así el color original de la pátina escogida. Según el producto químico utilizado, obtendremos diversos colores: entre estos, he seleccionado siete colores básicos para analizar su evolución en las muestras de bronce de seis aleaciones diferentes. A través de los métodos de colorimetría, se ha realizado una medición de los colores obtenidos en cada caso, tanto, en el momento de la reacción química inicial (patinación térmica), como pasado un año. De esta forma podemos ver con claridad en los gráficos la evolución de cada pátina y la continuidad de su actividad reactiva, así como los posibles cambios producidos en el color original. Con este método, podemos designar con precisión, de forma cuantitativa, cada uno de los colores resultantes, como un punto en el espacio. Asimismo, podemos analizar las desviaciones que este punto tiene a través de un proceso temporal, ayudando a normalizar de este modo, el estudio del color obtenido en cada pátina. (Gegenfurtner K.R., Sharpe I.T., (1999); Wandell, B.A., (1995) Schwartz S.H., (1999); Spillman N, I. & Werner, J.S., (1990); Romero, J., Garcia, J.A. & Garcia, A., (1996); Karatzani A., Rehren T., (1990).

3.3 Materiales y métodos.

3.3.1 Materiales

Probetas de ensayo.

-Mediciones iniciales.

Partimos de un total de 144 probetas de ensayo de bronce, correspondientes a seis tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) y ocho colores, siete para las patinas artificiales inducidas (blanco, ocre, rojo, verde, azul, pardo y negro) y el octavo para la pátina de color natural. De cada uno de los 48 tipos de muestra diferentes, se han realizado tres probetas de ensayo; resultando un total de 144 ($6 \times 8 \times 3 = 144$).

Por otro lado, con el colorímetro, se han realizado un total de 720 mediciones de color sobre las 144 probetas de ensayo (5 mediciones por cada una de las probetas de ensayo de metal), antes de dar las patinas, así como otras 720 después de patinarlas.

-Mediciones tras un año a la intemperie.

Hemos seleccionado la probeta de ensayo número 3 de los seis tipos de aleaciones diferentes (de la A la H) y patinas de color inducidas artificialmente (1al 7), resultando en total 42 muestras. Igualmente, se han seleccionado las 18

probetas de ensayo que no van a sufrir alteraciones corrosivas artificiales (color número 8). Con el fin de comprobar los resultados y alteraciones en las patinas de estas muestras (total 60), todas ellas se han dejado durante un año a la intemperie y bajo techo para evitar que las agresiones ambientales directas, como el agua o nieve alteren el resultado. El lugar escogido ha sido Granada capital.

En esta línea, se presentan a continuación, de modo ilustrativo, los valores medios termohigrométricos, lumínicos y contaminantes, que afectan al proceso de corrosión de la pátina. Los datos referidos al año 2000, se han obtenido del Instituto Nacional de Meteorología. La ubicación geográfica de Granada, situada entre las regiones climáticas atlántica y mediterránea, favorece la aparición de situaciones de frío y humedad frente a situaciones cálidas y secas. Asimismo, su altitud media, 670 metros, produce descensos en el gradiente térmico. Se producen por tanto, frecuentes heladas bien en forma de rocío o de escarcha.

Precipitaciones. Al no ser una zona demasiado lluviosa, los problemas derivados de un exceso de humedad no se presentan de forma habitual. Muy al contrario, esta zona se caracteriza por un ambiente predominantemente seco durante el verano y moderadamente húmedo durante el invierno, (Tabla 3.2).

Temperatura. Los inviernos son bastante fríos y los veranos calurosos, tal y como indican los 7,9 °C de temperatura media en invierno y 25,3 °C en verano. La oscilación de temperaturas en verano, 16,4 °C, es moderadamente alta. (Tabla 3.1), (Tabla 3.2), (figura 3.5).

Tabla 3.1. Temperaturas medias en Granada capital. Fuente INM. (año 2000).

TEMPERATURAS			
Temperatura de proyecto (°C)	INVIERNO (diciembre)	VERANO (julio)	ANUAL
Media diaria	7,9	25,3	15,2
Máxima diaria	13,1	33,5	21,7
Mínima diaria	2,8	17,1	8,7
Oscilación	10,3	16,4	13,0

Horas de sol. El número máximo de horas de sol diarias en Granada, varía entre 14,5 en verano (junio) y 9,5 en invierno (diciembre), con un promedio anual de 12,03 horas de sol al día. Las horas efectivas de sol alcanzan el 62,7% de la media total anual, con el máximo, en el mes de Julio, del 78,6%, y el mínimo, en diciembre, del 39,4%,(Tabla 3.2), (figura 3.5).

Humedad relativa. Con respecto a la humedad relativa, el valor medio anual para la zona es de un 60%. Si representamos gráficamente la variación de humedad relativa, observamos que se dan grandes variaciones y que los valores extremos están muy distanciados. Así, la humedad relativa máxima es de 76 % en diciembre, mientras que la humedad mínima es de sólo un 41% en el mes de julio. (Tabla 3.2), (figura 3.5).

Tabla 3.2. Valores climatológicos normales.

GRANADA (BASE AÉREA)												
Periodo: 1971-2000 Altitud (m): 685 Latitud: 37 08 10 Longitud: 3 37 52												
MES	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
ENE	6.8	12.2	1.3	44	74	6	0	0	3	13	9	161
FEB	8.4	14.1	2.6	36	69	6	0	0	2	6	7	161
MAR	10.7	17.0	4.3	37	62	6	0	1	1	2	7	207
ABR	12.6	18.8	6.4	40	59	7	0	1	1	0	5	215
MAY	16.5	23.1	9.8	30	55	5	0	2	1	0	5	268
JUN	21.3	28.8	13.9	16	48	2	0	2	0	0	11	314
JUL	25.3	33.5	17.1	3	41	0	0	1	0	0	22	348
AGO	25.1	33.2	17.1	3	42	1	0	1	0	0	18	320
SEP	21.2	28.5	14.0	17	52	2	0	2	0	0	10	243
OCT	15.7	21.9	9.5	40	64	5	0	1	1	0	7	203
NOV	10.6	16.2	5.1	46	73	6	0	1	2	3	8	164
DIC	7.9	13.1	2.8	49	76	7	0	0	3	8	7	147
AÑO	15.2	21.7	8.7	361	60	54	2	11	13	31	115	2751

- T*: Temperatura media mensual/anual (°C),
- TM*: Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C),
- Tm*: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C),
- R*: Precipitación mensual/anual media (mm),
- H*: Humedad relativa media (%),
- DR*: Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm,
- DN*: Número medio mensual/anual de días de nieve,
- DT*: Número medio mensual/anual de días de tormenta,
- DF*: Número medio mensual/anual de días de niebla,
- DH*: Número medio mensual/anual de días de helada,
- DD*: Número medio mensual/anual de días despejados,
- I*: Número medio mensual/anual de horas de sol.

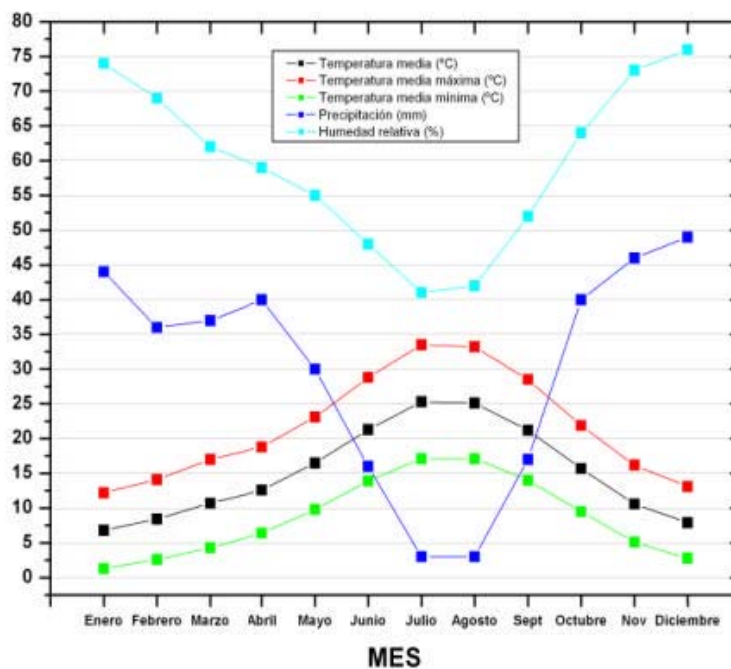


Figura 3.5. Gráfico: evolución conjunta de temperaturas, humedad y precipitación para Granada – Base Aérea, año 2000.

Contaminación atmosférica. Se puede decir que el aire de Granada no es de una calidad buena, todo lo contrario, se dan superaciones importantes de los valores límite y guía en la mayor parte de los contaminantes medidos (es necesario recordar también que existen sustancias de las cuáles se desconocen sus valores de inmisión) y de forma preocupante en el caso del dióxido de nitrógeno y las partículas en suspensión, (Tabla 3.3). (Cano Díaz, 2004; Corvo et

Al., 1999; Feliú, Morcillo, 1982; Fernández, 1984; Morcillo, et Al., 1999; Rozenfeld, 1972; Morcillo M. Programa CYTED, 1998; ISO 9223: 91, 1991; UNE 112-017:92, 1992; Zoccola, et. Al.1978)

Tabla 3.3. Emisiones totales (mg/l) en la provincia de Granada (2000) (Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NOX), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), Metano (CH₄) Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Óxido Nitroso (N₂O), Partículas (PART), Amoníaco (NH₃), Flúor (FL), Plomo (Pb)).

EMISIONES TOTALES											
	SO ₂	NOX	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	PART	NH ₃	FL	Pb
Transporte	1500	10473	5726	215	37193	1046	54	218	570		52
Industria	4647	2.470	79	17	1323	374	10	3544	46	20	
Doméstico	407	302	299	207	4417	412	48	325			

Teniendo en cuenta todos los factores anteriormente descritos, se ha observado el comportamiento y evolución de los diferentes reactivos químicos en cada patina. Así, se han realizado nuevamente las mediciones de estas 60 muestras transcurrido un año, para comparar los resultados y ver la evolución de la corrosión; se han hecho en total 300 mediciones (5 por cada probeta).



Figura 3.6. Colorímetro “DR LANGE colorpen, con los que se han realizado las mediciones colorimétricas CIELAB 1976 de los valores medios del color de las probetas de ensayo de bronce natural y patinadas.

El **colorímetro** es el instrumental científico específico para realizar las mediciones colorimétricas. El utilizado para este estudio es el: DR LANGE COLOR-PEN (figura 3.6). Este colorímetro basa su medición en tres puntos muy sensibles ubicados en una superficie circular de 4 mm. de diámetro que bascula levemente, para adaptarse mejor a las distintas superficies. A través de estos tres puntos extremadamente sensibles adaptados a la superficie del objeto y completamente equilibrados, el colorímetro da una lectura digital con tres valores numéricos, según el sistema CIELAB 1976.

3.3.2 Métodos

En todo control de materiales y métodos donde se emplean pátinas se hace imprescindible evaluar el impacto o incidencia cromática. En general, este es un tema que se suele controlar de manera visual, con lo cual tanto los resultados como la interpretación de los mismos están sujetos a las limitaciones y subjetividad del ojo humano en la captación e interpretación del color. Se hace necesario pues, un método objetivo de medida del color, tanto de los metales sin pátina inducida, como de la pátina resultante en sí misma.

Con este motivo han ido desarrollándose métodos más o menos objetivos de evaluación colorimétrica como es el empleo de cartas de color normalizadas (Cartas Munsell), hasta los más recientes métodos totalmente instrumentales o cuantitativos, basados en la medición de las diversas coordenadas cromáticas mediante instrumentación específica. Como trabajos que ejemplifican lo expuesto, podemos citar el uso de cartas de color por Esbert et al., (1989), o las medidas con espectrofotómetro realizadas por Durán (1996). Evidentemente, este último método debe proporcionar a priori unos resultados más satisfactorios que una simple elección o comparación visual.

Esta medición del color, a pesar de que no requiere una instrumentación y metodología excesivamente complejas, no está lo suficientemente extendida en nuestro entorno, ni en la tipificación de materiales, ni en la evaluación de tratamientos técnico-escultóricos.

En nuestro trabajo, en aras al desarrollo de un método cuantitativo, así como a la extensión de este tipo de metodologías, hemos procedido a la catalogación colorimétrica de los diferentes metales, objeto de estudio en esta Tesis. Asimismo, en cuanto a la evaluación del efecto en las diversas pátinas, nos hemos basado en la medición de la reflectancia del material a lo largo de todo el espectro visible, producida por un haz de luz continuo emitido por el espectrofotómetro, el cual emula diferentes situaciones lumínicas.

Dada la ya comentada escasa difusión de métodos basados en medidas de cromaticidad, consideramos oportuno una breve exposición de los principios del método aplicado. Para una mayor profundización recomendamos entre otras obras específicas, las de Wright, (1964); Judd y Wyszecki, (1975); Billmeyer y Saltzman, (1981) y Wyszecki y Stiles, (1982).

En la determinación de un color intervienen tres factores importantes: el iluminante o tipo de iluminación, el objeto y el observador. Cuando un haz de luz incide sobre un objeto pueden darse simultáneamente diversos fenómenos: transmisión, dispersión, absorción, reflexión, etc., dependiendo de las características tanto del objeto como de la radiación lumínica incidente. En el método seguido, se determina el efecto denominado remisión o reflectancia, consistente en la relación entre la energía lumínica recibida y la reflejada por el objeto, expresada en tanto por ciento. De esta manera, el color del objeto se define por la reflectancia del mismo a lo largo de todo el espectro visible (400-700 nm.), y consecuentemente la longitud de onda de dicho color sería aquella en la que se produce el máximo de reflectancia.

En la determinación de un color, convergen dos conceptos fundamentales: cromaticidad y luminosidad. En el primero se engloban el tono, definido como la longitud de onda dominante y la saturación o pureza espectral del color. En segundo lugar, el factor luminosidad termina de cuantificar el color.

Todos los sistemas de medición del color se basan, como es lógico, en las características del ojo humano; en el mismo existen células sensibles a la luz, de las cuales unas de ellas son responsables de la percepción de luminosidad en este caso acromática, y otras son las encargadas de la percepción cromática, con tres capacidades de absorción espectral, mezclándose en el cerebro estas percepciones para obtener la sensación de color. Por ello, la Comisión Internacional de l'Éclairage (CIE), normalizó el observador con los llamados componentes tricromáticos X, Y, Z, que definen la sensibilidad del ojo humano al rojo, verde y azul y luminosidad a lo largo del espectro visible (Wright, 1964).

El sistema de medición de color CIE 1976 L*a*b* (DIN 6174), utiliza coordenadas rectangulares y cilíndricas que determinan el espacio CIELAB (figura 3.1), estas se definen a partir de los valores triestímulo X, Y, Z de un objeto, y los valores X_n , Y_n , Z_n del iluminante, según las ecuaciones (Wyszecki et al., 1982):

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 \quad (3.1)$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right] \quad (3.2)$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right] \quad (3.3)$$

Por color en términos cuantitativos o colorimétricos, se entiende el vector resultante de tres componentes o coordenadas según un sistema de tres ejes trirectángulo. Mediante convenio, y según el sistema CIE 1976 L*a*b*, en el eje vertical se representan los valores de luminosidad (L*), expresados en tantos por ciento, de manera que en el punto de origen o intersección de ejes se sitúa el 50%, siendo el extremo negativo del eje el 0%, y el positivo el 100%; en términos visuales estos extremos corresponderían al blanco (100%) y al negro (0%), mientras que, lógicamente, el origen de coordenadas (50%) correspondería al gris.

En los ejes contenidos en el plano horizontal se posicionan los valores o coordenadas cromáticas (a* y b*). El eje a* corresponde al sistema rojo-verde, de manera que en el origen de coordenadas se sitúa el cero, valores positivos de a* indican componente cromática roja, y negativos componente verde. De manera análoga, el eje b* representa el sistema amarillo-azul, los valores positivos representan componente amarilla y los valores negativos azul. Los valores numéricos de los dos ejes dan una idea de la cantidad de componente cromática que presenta cada muestra, entendiéndose como saturación máxima para ambos el valor 50. Estas dos coordenadas a* y b* determinan en el plano horizontal el vector C, vector cromaticidad o "croma", que indica la relación de componentes cromáticas del color. La caracterización total del color de la muestra corresponde al vector E, que como dijimos anteriormente es el resultante de a* y b* (vector C), y de la luminosidad L* (figura 3.7).

Del análisis o consideración del vector C (módulo y dirección), se derivan otros parámetros o factores que pueden ser de interés como es la cantidad de componentes cromáticos o saturación, y el tono dominante.

En cualquier caso la determinación o clasificación colorimétrica de una muestra ha de estar sujeta a la presentación de sus tres coordenadas (L*, a* y b*), dado que la consideración exclusiva de sus módulos C y E, aporta una idea imprecisa de la posición exacta de los mismos. Sirva como ejemplo la figura 3.7. En esta aparecen representados los valores de un color cuyas características

cromáticas (a^* y b^*) corresponden a un tono violáceo con saturación media, además, posee esta muestra unos valores de luminosidad (L^*) localizados muy por encima del cincuenta por ciento. Correspondería este color a un tono violáceo medianamente saturado con gran luminosidad, o lo que es lo mismo, a un violeta muy claro. La obtención del módulo del vector C y cuyo valor determina la saturación del color (S) se calcula mediante la ecuación:

$$|C| = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.4)$$

donde: a^* sería la cantidad de componente roja o verde (positiva o negativa) y b^* la cantidad de componente amarilla o azul (positiva o negativa).

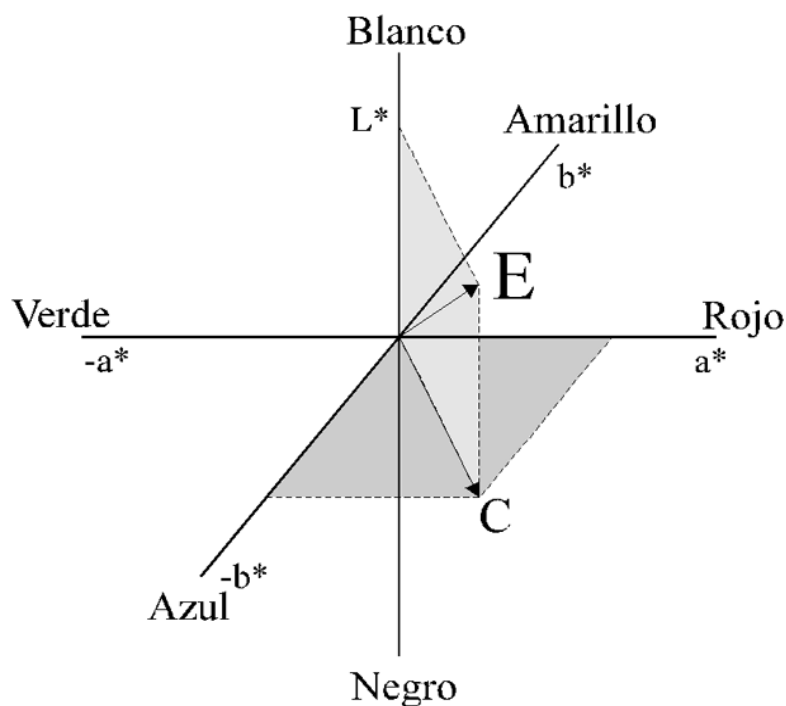


Figura 3.7. Representación del espacio cromático CIELAB 1976. C , vector cromaticidad (plano a^* , b^*), E , vector color total (plano L^* , a^* y b^*)

De forma similar se obtiene el valor del vector E, cuyo módulo se determina mediante la siguiente ecuación:

$$|E| = \sqrt{(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.5)$$

donde: a^* y b^* representan los valores ya descritos y L^* corresponde a la cantidad de luminosidad de la muestra (negro-blanco).

Sin embargo, si observamos cualquier otro cuadrante de los contenidos en la figura 3.7, podemos imaginar la posición de un color diferente cuya proporción de sus componentes (L^* , a^* b^*) sean exactamente iguales al anteriormente mencionado, y por tanto el valor de sus módulos también lo sea. Es por ello que el valor de éstos no tiene sentido, si no se aportan las correspondientes coordenadas cromáticas.

Otro valor interesante en toda consideración colorimétrica sería el referente al tono de la muestra, que está determinado por el ángulo en grados que forma el vector cromaticidad (C) contenido en el plano a^* , b^* , y el eje de coordenadas (a^* en nuestro caso). Este valor indica la composición espectral del color (figura 3.8). La cuantificación del mismo responde a la fórmula:

$$h_{ab} = \arctan(b^*/a^*) \quad (3.6)$$

Las diferencias de tono (Δh) entre muestra y el estándar se obtienen por la siguiente ecuación: donde (h_{ab}^s) ángulo del estándar y (h_{ab}^m) ángulo de la muestra.

$$\Delta h = h_{ab}^s - h_{ab}^m \quad (3.7)$$

Las diferencias de saturación (ΔS) de una muestra en relación al estándar se obtienen por la ecuación:

$$\Delta S = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.8)$$

Donde: Δa^* y Δb^* constituyen las diferencias de componentes roja/verde, y amarilla/azul entre la muestra y el estándar. Finalmente, las diferencias de color total (ΔE) de una muestra respecto de su referencia se cuantifican por la siguiente ecuación:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3.9)$$

Donde: ΔL^* , Δa^* y Δb^* constituyen las diferencias de cada una de las coordenadas cromáticas de la muestra y el estándar. (Gegenfurtner K.R., Sharpe I.T., (1999); Wandell, B.A., (1995) Schwartz S.H., (1999); Splanman N, I. & Werner, J.S., (1990); Romero, J., Garcia, J.A. & Garcia, A., (1996).

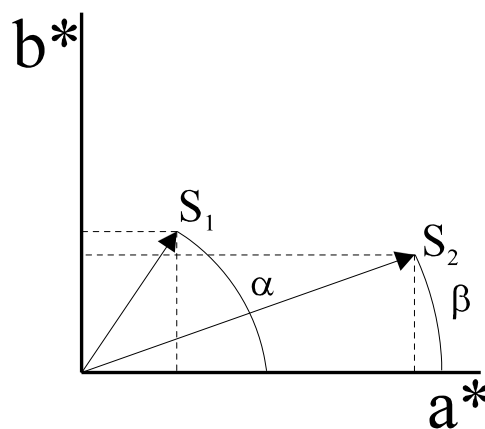


Figura 3.8. Representación del espacio cromático (a^* , b^*), y la posición de dos muestras con características diferentes. Los segmentos S_1 y S_2 expresan sus valores de saturación y los ángulos (en grados sexagesimales) α y β sus tonos respectivos.

3.4 Resultados colorimétricos por colores y aleaciones.

3.4.1 Resultados

Los datos absolutos de los gráficos, no se incluyen de forma completa en este apartado por dos razones:

1- Están incluidos en los anexos.

2- Se van a analizar pormenorizadamente en su apartado correspondiente.

En la figura 3.9, podemos apreciar, todo el proceso de las probetas de ensayo, desde el lingote al que pertenecía según su aleación.



Figura 3.9 La aleaciones de bronce en los lingotes y proceso de fragmentado. Arriba, lingotes de bronce en su color natural, en todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H). Abajo, proceso desde el lingote hasta las probetas de ensayo.

Color de las probetas de ensayo sin patinar.

Los resultados representados en la figura 3.10, muestran los 144 valores medios de un total de 720 mediciones de color, realizadas sobre las 144 probetas de ensayo (5 mediciones por probeta de ensayo de metal).

Respecto al gráfico de cromaticidad, la cuestión más reseñable, es la heterogeneidad de las diversas muestras. Casi dos tercios de las probetas de ensayo se encuentran en el cuadrante de los tonos anaranjados, con una saturación de color que oscila entre los valores de referencia del 10 al 25. La mayor parte de estos dos tercios, tienden al eje de los amarillos, con lo que la tonalidad del anaranjado resultante, es más amarilla que roja. El otro tercio de las probetas de ensayo está situado en el cuadrante que se encuentra entre el eje del amarillo y el eje del verde, por lo tanto, el color es un amarillo verdoso, aunque con mayor tendencia en estas muestras al amarillo.

Un número elevado de las probetas de ensayo quedan posicionadas sobre el eje del amarillo, por lo que su color será, con mayor o menor saturación, tonalmente amarillo puro (cuanto más se acercan las muestras al centro de los ejes, menor será la saturación del color).

Dentro de la ausencia de similitud de las probetas de ensayo, como se observa en el gráfico, existe una mayor diferenciación en varias muestras, en concreto una de ellas que, con una elevada saturación, tiene una tonalidad prácticamente de color rojo. Esto es debido a que el bronce, (así como sus distintos tipos de aleaciones), sigue un proceso activo de corrosión y de este modo, en función de los diferentes factores que intervienen en el proceso (humedad relativa, temperatura, etc.) surgirán los distintos tipos de colores, tal y como vimos en el capítulo anterior.

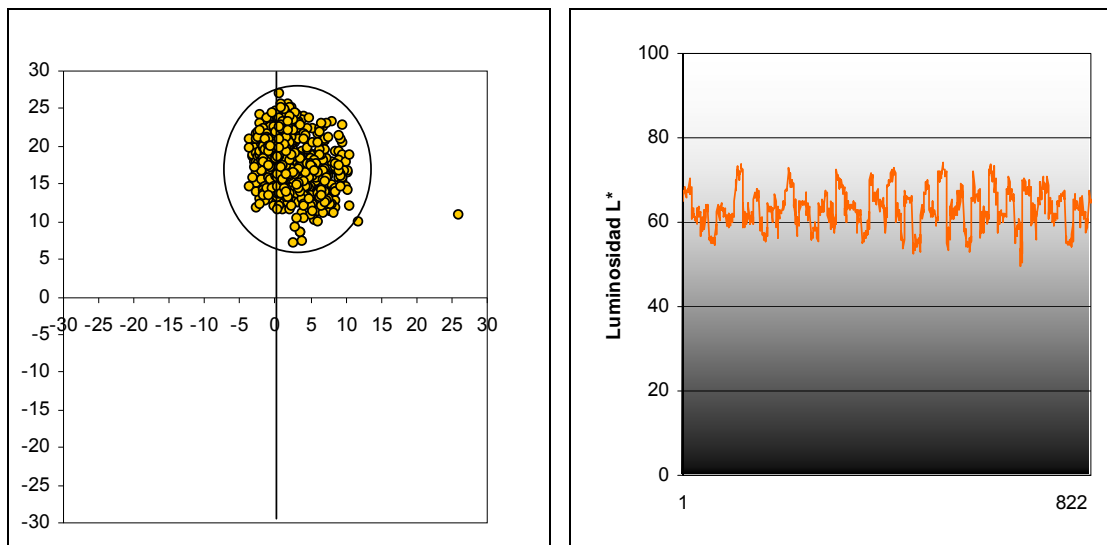


Figura 3.10. Representación CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce en su color natural, en todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico correspondiente a luminosidad muestra resultados igualmente heterogéneos, oscilando entre los valores del 55 % al 75%, siendo en concreto la media exacta del 63,23%. Sabiendo que 100 sería el valor más luminoso y cero el más oscuro, podemos decir que el conjunto de las probetas de ensayo sin patinar tienen una luminosidad relativa bastante alta. Dentro de esta heterogeneidad, comprobamos sin embargo que existe alguna muestra aún con mayor irregularidad, en la que su luminosidad se encuentra un poco por debajo del 50%. Todo ello entra dentro de la normalidad, ya que la luminosidad, al igual que el color, varía de una probeta de ensayo a otra e incluso dentro de la misma probeta, debido tanto a la heterogeneidad del propio metal, como a los factores que intervienen en el proceso de fundición.

Color y luminosidad de las probetas de ensayo de los 6 tipos de aleaciones

Analizamos aquí el color de los 6 tipos diferentes de aleaciones, sin patinar, con su color natural, realizando cinco mediciones sobre un total de 24 muestras por cada aleación; resultando así un total de 720 mediciones.

La cuestión más destacable del gráfico de cromaticidad es la heterogeneidad de las muestras, pues parece lógico que todas las mediciones estuvieran más concentradas alrededor de un solo punto. Sin embargo estos resultados entran dentro de lo previsible, teniendo en cuenta que el bronce es una aleación y a la hora de fundirlo es difícil que todos los puntos del lingote tengan exactamente las mismas proporciones de los metales fundidos, más aún cuando cada metal utilizado para realizar la aleación tiene un color completamente distinto.

Color y luminosidad de las probetas de ensayo tipo A

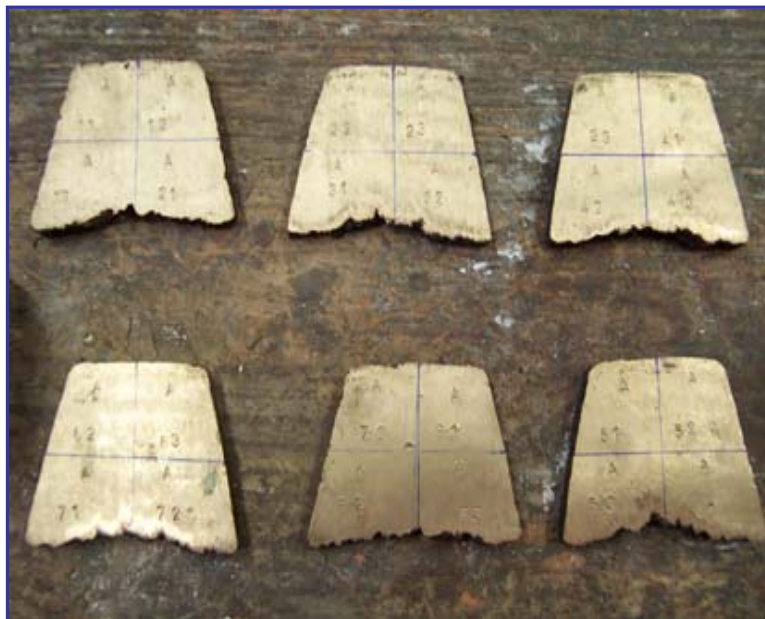


Figura 3.11 Probetas de ensayo tipo A. Partiendo del lingote de la aleación A, éste es seccionado a 1 cm. de grosor, para su posterior fragmentación en cuatro partes y la grabación de su numeración, con el fin de diferenciar cada muestra.

Se observa que dentro de la heterogeneidad apreciada, la nube de puntos se sitúa entre los valores 11 y 27,5, con una gran concentración en el eje de los amarillos y una muy alta saturación del amarillo puro. Las probetas de ensayo se van distribuyendo de la siguiente forma:

Un 80% es un amarillo anaranjado, emplazándose en el cuadrante de los naranjas, obteniendo un valor máximo de 12 del eje de color rojo. El restante 20% se emplaza en el cuadrante de los tonos verdosos, aunque en este caso, es menos perceptible que el rojo, pues sólo alcanza un valor en el eje del verde de hasta -3.

Otro dato reseñable, es la mayor heterogeneidad en las probetas de ensayo del cuadrante de los anaranjados, donde apreciamos cómo la nube de puntos se dispersa y la saturación de color disminuye.

El gráfico derecho, nos muestra con cierta claridad que la luminosidad de las muestras de aleación de tipo A es muy homogénea, oscilando entre los valores del 61,5% al 73% y siendo la media exactamente del 69,78%. Podemos deducir al observarlo, que las probetas de ensayo tipo A sin pátina tienen una luminosidad relativamente alta.

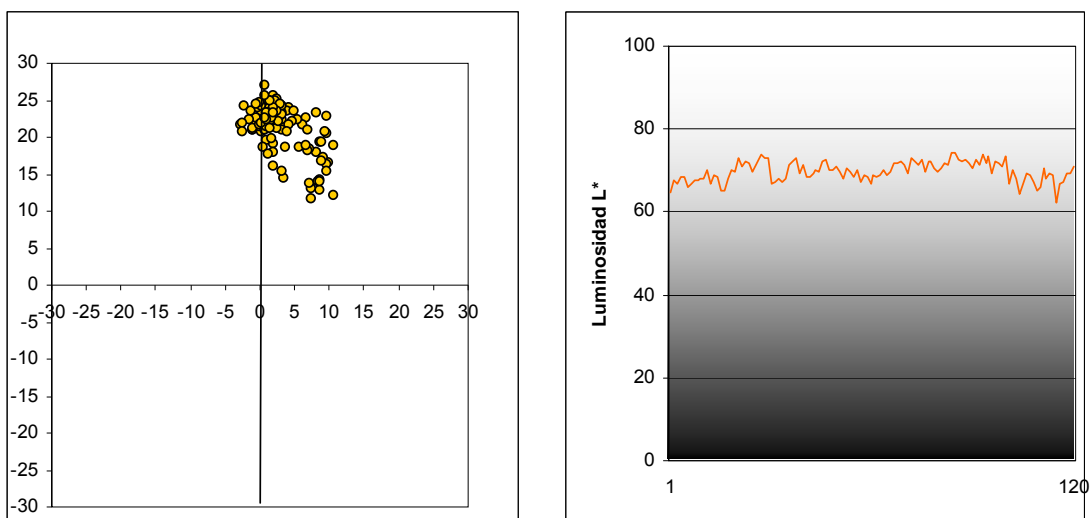


Figura 3.12. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con aleación tipo A Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Color y luminosidad de las probetas de ensayo tipo B.



Figura 3.13. Probetas de ensayo tipo B. Partiendo del lingote de la aleación B, éste es seccionado a 1 cm. de grosor, para su posterior fragmentación en cuatro partes y la grabación de su numeración, con el fin de diferenciar cada muestra.

Lo más destacable del gráfico de la cromaticidad (figura 3.14), es la heterogeneidad de las muestras; aunque se observa que, dentro de la heterogeneidad apreciada, la nube de puntos se sitúa entre los valores del 12,5 aproximadamente y del 23. Se encuentran centrados en el eje de los amarillos puros, con dos tercios que tienden un poco al anaranjado, emplazándose en el cuadrante de los naranjas, obteniendo un valor de hasta 10 de color rojo. El otro tercio se emplaza en el cuadrante de los verdosos, aunque en el verde es menos perceptible que el rojo pues solo alcanza un valor de hasta -5. Otro dato reseñable, son las tres muestras que se separan del grupo, que siendo levemente anaranjadas, tienen una saturación de color menor que el resto de la nube de puntos.

El gráfico de la derecha nos muestra con cierta claridad que la luminosidad de las muestras de aleación de tipo B es muy homogénea, oscilando entre los valores del 52% al 67%, siendo la media exactamente del 61,4%. Podemos deducir al observarlo, que las probetas de ensayo tipo B sin pátina tienen una luminosidad relativamente media alta; únicamente existe un 20% de muestras de menor luminosidad situándose por debajo del 60%, bajando su luminosidad concretamente hasta el 52%.

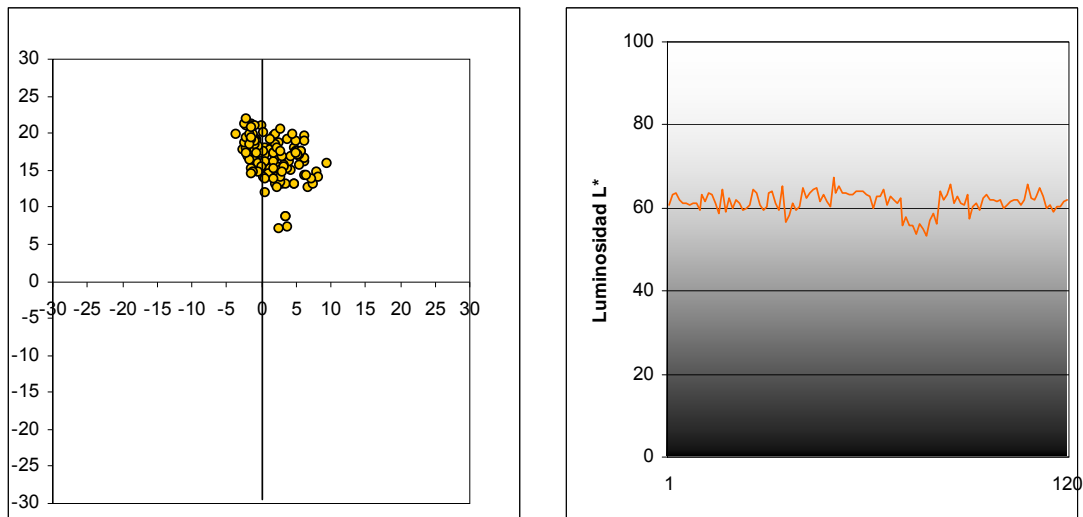


Figura 3.14. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con aleación tipo B Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Color y luminosidad de las probetas de ensayo tipo C.



Figura 3.15. Probetas de ensayo tipo C. Partiendo del lingote de la aleación C, éste es seccionado a 1 cm. de grosor, para su posterior fragmentación en cuatro partes y la grabación de su numeración, con el fin de diferenciar cada muestra.

Lo más destacado del gráfico de cromaticidad, es la heterogeneidad de los resultados obtenidos de las muestras; aunque se observa que dentro de la heterogeneidad apreciada, la nube de puntos se sitúa entre los valores del 10 y del 25 aprox., centrándose en el eje de los amarillos. La distribución de las muestras se produce en el cuadrante de los anaranjados y el cuadrante de los verdes con el 50% de probetas de ensayo en cada uno, obteniendo un valor de hasta 8 de color rojo. El otro tercio se emplaza en el cuadrante de los verdosos aunque en el caso del verde, es menos apreciable que el rojo, pues sólo alcanza un valor de verde de hasta -5. Esta aleación tiene en general una saturación del amarillo menos elevado que las aleaciones ya vistas de tipo A y B.

Otro dato destacable, es la disparidad de algunas muestras que se separan del grupo, siendo levemente anaranjadas y con una saturación de color menor que el resto de la nube de puntos.

El gráfico de luminosidad, nos muestra que lumínicamente, las muestras de aleación de tipo C son bastante homogéneas, oscilando entre los valores del 58% al 71,5%, siendo la media exactamente del 64,34%. Podemos deducir al observar este gráfico, que las probetas de ensayo tipo C sin pátina, tienen una luminosidad relativamente media alta, ya que no llegan al 5% las muestras con luminosidad menor del 60%. Esta aleación presenta una mayor luminosidad que la aleación tipo B, pero menor que la aleación tipo A.

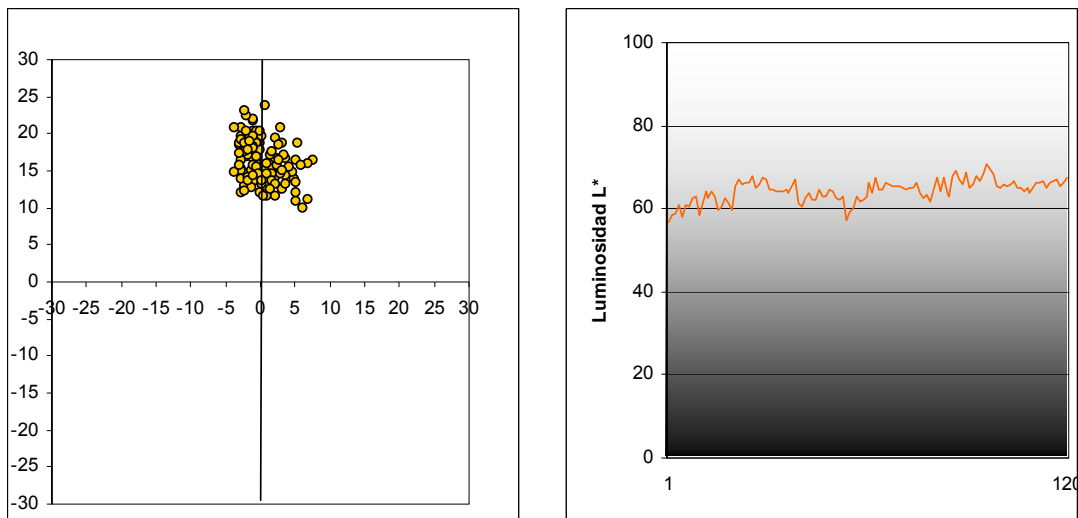


Figura 3.16. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con aleación tipo C Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Color y luminosidad de las probetas de ensayo tipo D.

Figura 3.17. Probetas de ensayo tipo D. Partiendo del lingote de la aleación D, éste es seccionado a 1 cm. de grosor, para su posterior fragmentación en cuatro partes y la grabación de su numeración, con el fin de diferenciar cada muestra.

Lo más destacable del gráfico de cromaticidad, es que la heterogeneidad de los resultados obtenidos de las muestras es mucho menor que en anteriores resultados, pues se observa que la nube de puntos está mucho más concentrada y los valores en los que se sitúa acortan las distancias; así los valores mínimos son de 12 y de 22 aprox., en el eje de los amarillos puros. La distribución de las muestras se reparte entre el cuadrante de los anaranjados con un 60% y el cuadrante de los verdes con el 40% de probetas de ensayo; obteniendo un valor de hasta 6 de color rojo. Es por tanto el color de este cuadrante el amarillo, con un poco anaranjado. El otro tercio se ubica en el cuadrante de los verdosos en una proporción menor de verde (con un valor de -3), aunque este color es menos apreciado, debido a que el porcentaje de muestras de rojo es mayor. Esta aleación tiene en general una saturación media del color amarillo. Comparada con las otras aleaciones, la saturación es menos elevada que en las aleaciones de tipo A y B, pero es similar, aunque más concentrada, a la aleación de tipo C.

Otro dato a destacar, son las cuatro muestras que se separan del grupo. Dos de ellas, levemente anaranjadas, tienen una saturación de color menor que

el resto de la nube de puntos; las otras dos son amarillas puras por estar situadas en el eje de dicho color, y tienen asimismo una mayor saturación.

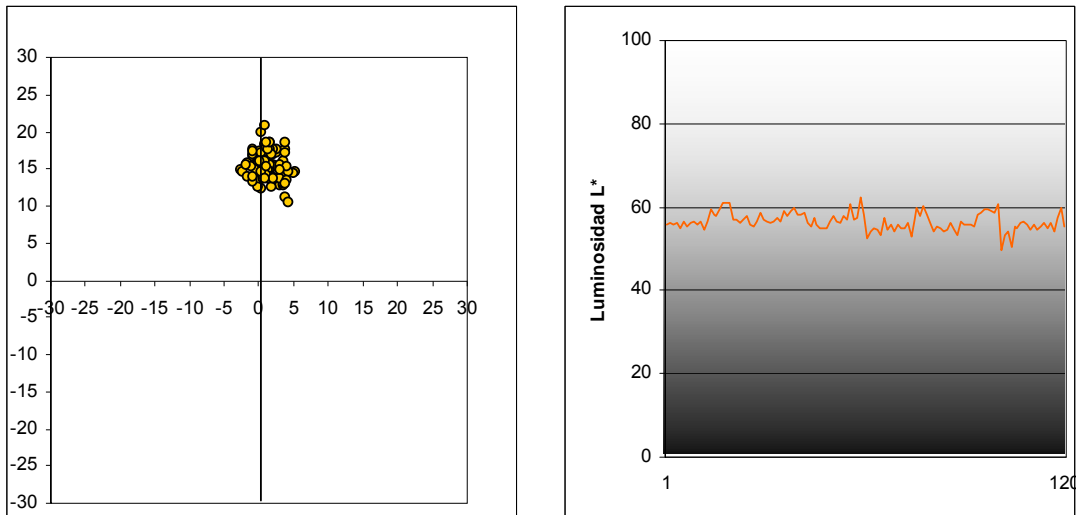


Figura 3.18. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con aleación tipo D Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico de luminosidad nos muestra que lumínicamente las muestras de aleación de tipo D tienen un mayor grado de homogeneidad. Los valores oscilan aquí entre el 53,3% y el 61,2%, siendo la media exactamente del 56,48%. Podemos deducir al observar este gráfico, que las probetas de ensayo tipo D sin pátina, tienen una luminosidad relativa media dentro de la escala. Esta aleación es la de menor luminosidad de las distintas aleaciones vistas hasta ahora, como podemos observar fácilmente al comparar este gráfico con los anteriores referidos a la luminosidad.

Color y luminosidad de las probetas de ensayo tipo E.

Lo que más se puede destacar de este gráfico, es que la nube de puntos tiene una gran dispersión, pudiendo deducirse que esta aleación es muy heterogénea en su coloración. Se observa que dentro de la heterogeneidad general, existe mayor concentración de la nube de puntos en el cuadrante de los colores verdes; aquí tenemos un 35% de las muestras, con un valor máximo de verde de -4.



Figura 3.19. Probetas de ensayo tipo E. Partiendo del lingote de la aleación E, éste es seccionado a 1 cm. de grosor, para su posterior fragmentación en cuatro partes y la grabación de su numeración, con el fin de diferenciar cada muestra.

Por otro lado, la nube de puntos se sitúa, en el eje de los amarillos puros, entre los valores del 13 aproximadamente y del 24,5, totalmente centrados. También se observa una mayor concentración alrededor del eje del amarillo, (entorno a un 20% de las muestras), alcanzándose un valor de 3 de rojo, es decir con un poco de anaranjado, emplazándose dentro del cuadrante de los tonos naranjas. También en el cuadrante de los naranjas, pero con mayor cantidad de rojo, (con un valor de hasta 12), tenemos el 45% restante de las muestras, aunque aquí con mucha más dispersión. Quizás el dato más destacable sea la muestra que se separa más del grupo, alcanzando un valor de rojo de 26, con una saturación de color por tanto muy alta, siendo prácticamente roja.

El gráfico de la derecha nos muestra una luminosidad de las muestras de aleación de tipo E, que tiene igualmente un alto grado de homogeneidad, oscilando entre los valores del 60% al 72%, siendo la media exactamente del 65,45%. Únicamente una de las mediciones de forma aislada baja hasta el 58,6% de luminosidad. Podemos deducir pues, al observar el gráfico, que las probetas de ensayo tipo E sin patinar, tienen una luminosidad relativamente alta. Esta aleación es la segunda más alta en luminosidad después de la aleación tipo A.

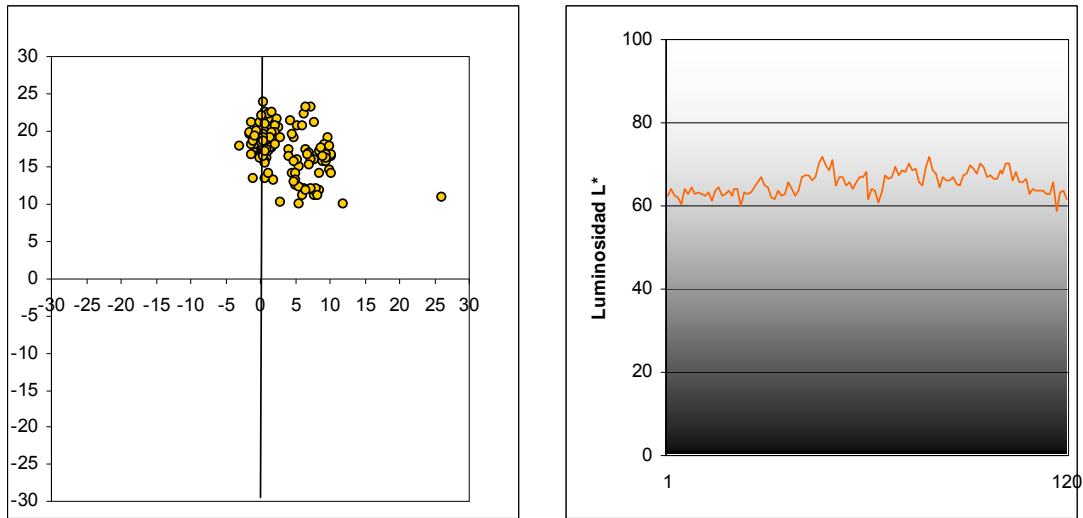


Figura 3.20. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con aleación tipo E Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Color y luminosidad de las probetas de ensayo tipo H.

Lo más destacable del gráfico de cromaticidad, es que la heterogeneidad de los resultados obtenidos de las muestras es mucho menor, pudiendo hablar incluso de un acercamiento a la homogeneidad. Observamos una gran concentración en la nube de puntos, donde los valores en los que se sitúa acortan las distancias, ubicándose entre el 11,5 y el 21,5 aproximadamente en el eje de los amarillos puros. Aproximadamente un 70% de las muestras se distribuye en el cuadrante de los anaranjados, con un valor de hasta 7,5 de color rojo, resultando por tanto un amarillo anaranjado. En el cuadrante de los verdes se ubican el restante 30% de probetas de ensayo, con mayor concentración en la nube de puntos incluso que las del cuadrante de los tonos naranjas; la mayor proporción de color verde sería den un valor de -2,5. Esta aleación tiene en general una saturación media del amarillo, comparando con las otras aleaciones, menos elevada que el resto; es similar a la D, aunque un poco más saturada. Otro dato a destacar, son las seis muestras que se separan del grupo; dos de ellas, que siendo levemente anaranjadas, tienen una saturación de color menor que el resto de la nube de puntos. Las otras cuatro son las que alcanzan un valor más alto y mayor saturación de rojo, aunque siguen estando por encima de la diagonal del naranja puro.



Figura 3.21. Probetas de ensayo tipo H. Partiendo del lingote de la aleación H, éste es seccionado a 1 cm. de grosor, para su posterior fragmentación en cuatro partes y la grabación de su numeración, con el fin de diferenciar cada muestra.

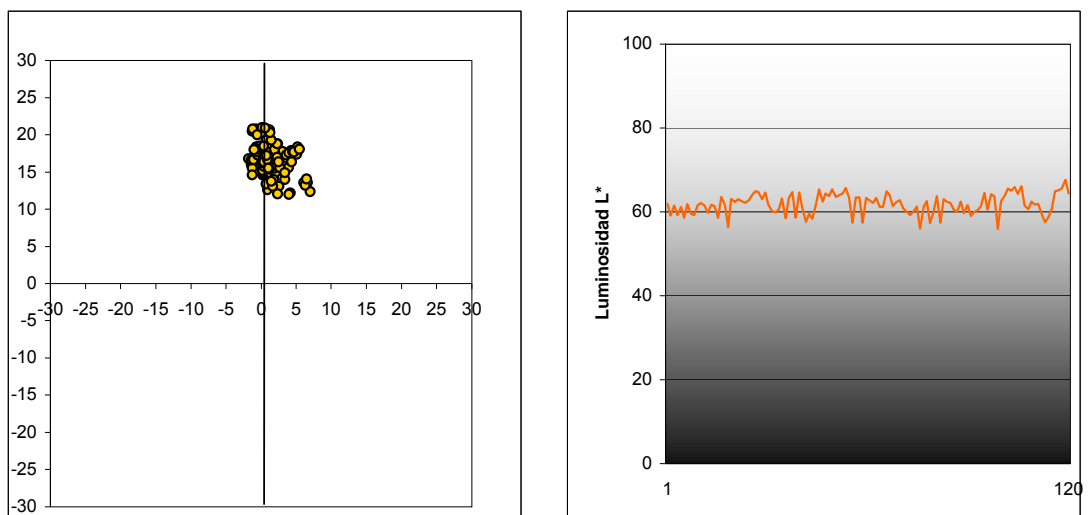


Figura 3.22. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con aleación tipo H Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Sobre el gráfico de luminosidad de las muestras de aleación de tipo H, podemos decir que dentro del elevado grado de homogeneidad, que oscila entre los valores del 57,5% y el 67,7%,(media exacta del 61,9%), apreciamos que el primer 10% de las probetas de ensayo es mucho más homogéneo, centrándose su iluminación en el 60%, sin apenas oscilación. Podemos deducir pues al observar este gráfico, que las probetas de ensayo tipo H sin patinar, tienen una luminosidad media alta, con un porcentaje similar a la aleación tipo B.

Muestras patinadas con los 7 colores (blanco, ocre, rojo, verde, azul, pardo y negro) y con pátina natural.

Hasta ahora, he analizado los resultados de las mediciones de color y luminosidad, realizadas sobre los seis tipos diferentes de aleaciones, todas ellas en su color natural. Han sido analizados en su conjunto, los resultados obtenidos de las 24 muestras existentes (tres por cada uno de los ocho colores), por cada tipo distinto de aleación.

A continuación procederé a examinar las mediciones realizadas en las mismas probetas de ensayo, tras tratarlas con los reactivos químicos, que al interactuar con la superficie de las muestras en sus distintas aleaciones, han producido los colores que en principio se pretendían obtener. Ahora estudiaré los resultados obtenidos clasificados por colores, desde el blanco hasta el negro, realizando una comparación dentro del mismo gráfico de la muestra sin patinar, así como con la pátina ya realizada.



Figura 3.23. Color de las probetas de ensayo tratadas con las siete pátinas artificiales más la natural a la intemperie.

Los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 144 muestras patinadas sobre las que se han realizado, un total de 720 mediciones de color (5 mediciones por probeta de ensayo de metal) y hallado los valores medios.

La cuestión más destacable en este gráfico, es la heterogeneidad de los resultados obtenidos con las muestras. Estos resultados, sin embargo, son los previstos, teniendo en cuenta que todas las probetas de ensayo de bronce están tratadas con diferentes químicos con objeto de poder obtener los siete colores de las distintas pátinas que son el objeto de estudio de esta investigación

Al igual que en el gráfico de las probetas de ensayo sin tratar, casi dos tercios de las probetas de ensayo se encuentran en el cuadrante de los tonos anaranjados, aunque aquí la saturación del color tiene un margen mucho más variado, que oscila entre los valores de referencia del 0 al 30. Gran parte de estos dos tercios tienden hacia la diagonal de los naranjas puros, con lo que la tonalidad resultante es la del anaranjado, aunque la mayoría sería más amarilla que roja; la saturación en este caso es mayor, llegando hasta los más altos valores.

El otro tercio de de las probetas de ensayo está situado a partes prácticamente iguales, entre los cuadrantes amarillo verdoso y azul verdoso; observamos que la saturación del color de estos dos cuadrantes es mucho más baja. Cuanto más se acercan las muestras al centro, los colores serán más neutros y menor la saturación del color.

Dentro de la heterogeneidad de las probetas de ensayo que se observa en el gráfico, existe sin embargo cierta homogeneidad; recordamos que son siete los colores seleccionados para la investigación (blanco, ocre, rojo, verde, azul, pardo y negro).

Lo más reseñable de los resultados estudiados, que se reflejan en el gráfico, es la diferencia de la pátina blanca con respecto a las demás pátinas; el bronce muestra esta pátina como una veladura, más que como una pátina consistente y saturada en color, en la que se pueda apreciar perfectamente el color de fondo de la probeta. El color blanco siendo puro estaría representado en el centro de los ejes, pero esto lo veremos con mayor exactitud en el gráfico representativo del color blanco.

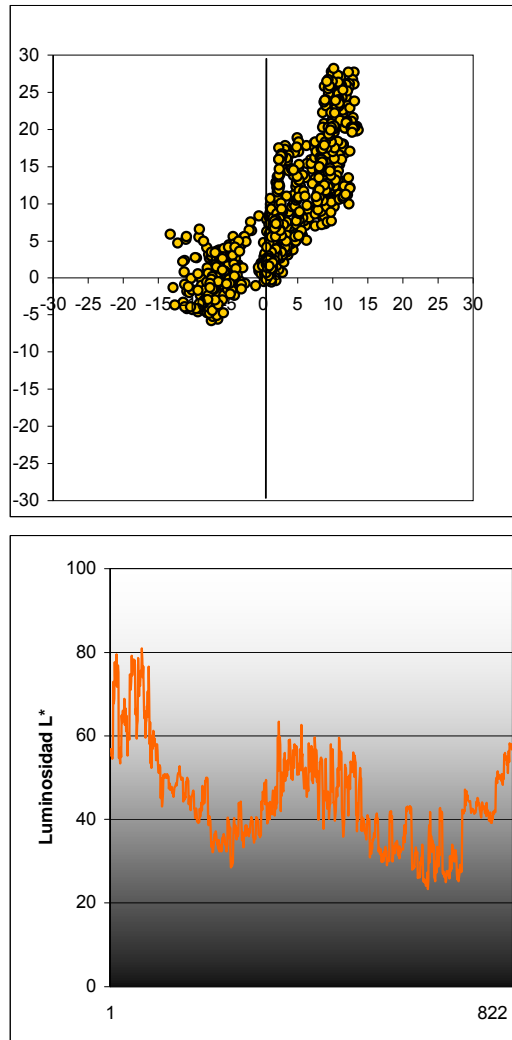


Figura 3.24. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce patinadas con los siete colores, en todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

La luminosidad que nos muestra el gráfico de la derecha es claramente heterogénea, oscilando entre los valores del 23 % al 81%, siendo la media exactamente del 44,44%. Recordamos que el 100, sería el valor más luminoso y el cero el más oscuro. Es lógico por otra parte, que exista tanta variación en los valores lumínicos, pues este gráfico muestra todas las probetas de ensayo ya

patinadas, incluidas las del grupo 8, que tienen una pátina natural a la intemperie de un año. Podemos deducir que las probetas de ensayo ya patinadas tienen una luminosidad relativa que no es alta, pues ni siquiera el color blanco supera la luz por encima del 81%. Otro dato interesante obtenido de este gráfico, es que a pesar de que el color negro debería situarse entorno a valores rozando el 0 de la luminosidad y los blancos, mucho más cerca del 100, esto no sucede así. Es preciso recordar que las pátinas no son pinturas y que el metal interactúa con los químicos dejando entrever el color propio del bronce en este caso, por lo que la saturación del color casi nunca será del 100%. Por todo ello, estos resultados entran dentro de la normalidad, ya que la luminosidad al igual que el color, varían de una probeta de ensayo a otra, así como dentro de la misma probeta, debido por un lado a la heterogeneidad del propio metal, así como a los factores que intervienen en el proceso de la fundición.

Pátinas sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H).

Los resultados que se expresan corresponden a un total de 90 mediciones colorimétricas efectuadas, 5 por cada una de las 18 probetas de ensayo (3 probetas de ensayo por cada una de las 6 aleaciones). Los datos se representan gráficamente y en forma de tabla; esta última precisa los valores de luminosidad, cromaticidad media y desviación estándar

Pátina blanca, sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H).



Figura 3.25. Probetas de ensayo de bronce con pátina blanca sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H)

Cabe señalar del gráfico de cromaticidad, en primer lugar, que aquí ya no nos encontramos ante una nube de puntos, como en las anteriores ocasiones, sino que estaríamos ante una sucesión de puntos alineados todos ellos dentro del cuadrante del naranja amarillento. La alineación de estos puntos, se bifurca formando dos ramas. Asimismo, es destacable que muchas probetas de ensayo se encuentran en el punto cero de los ejes, mostrando por tanto un color blanco puro.

Por otra parte, el valor máximo del eje de los rojos, sería de 10, tratándose por tanto de un color con poca saturación; una leve veladura, prácticamente.

Alrededor del 90% de las muestras se encuentran por encima de la diagonal del naranja puro, con valores comprendidos entre el 10 del eje del amarillo y el 8 del rojo. El restante 10%, de las probetas de ensayo, tiene una mayor heterogeneidad, oscilando entre el punto 15 del eje del amarillo y el 10 del eje del rojo. En todos los casos, se trataría de tonos poco saturados, poco intensos, dado su bajo valor relativo dentro de la escala.

De todo esto, cabe deducir que la pátina blanca no llega a cubrir totalmente las muestras, sino que la mayoría de los puntos dejan ver su color amarillo anaranjado de fondo, con tan solo una veladura blanca.

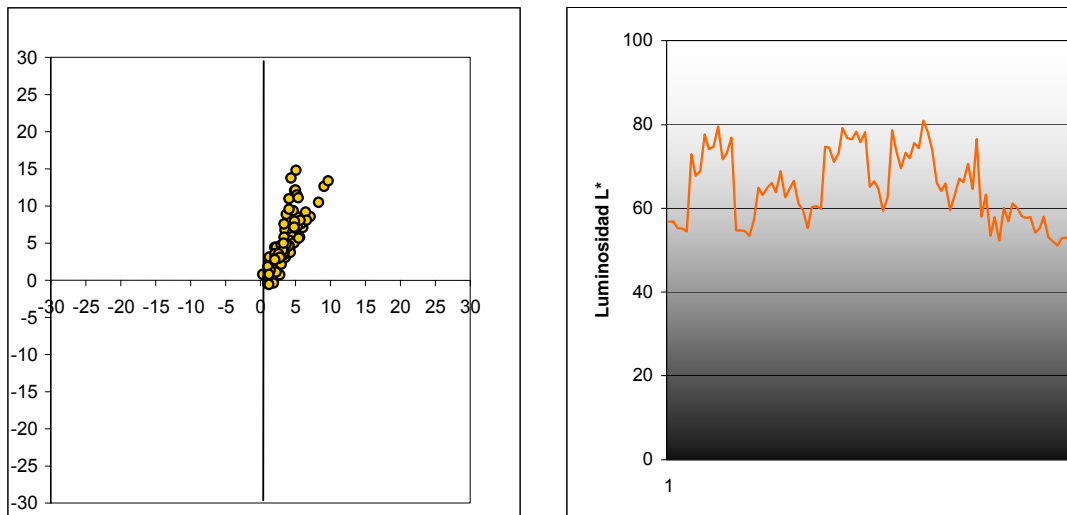


Figura 3.26. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con pátina blanca sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho nos enseña que la luminosidad de las muestras de patinación de color blanco sobre las seis aleaciones diferentes, es muy heterogénea, teniendo en cuenta que se trata de una misma pátina. Así los valores de luminosidad oscilan entre un mínimo del 52% y un 82% de máximo, siendo la media exactamente del 65,03%. Podemos deducir al observar este gráfico, que las probetas de ensayo con pátina blanca, tienen una luminosidad muy alta, estando la mayoría de ellas por encima del 60%, alcanzando varias el 80% y muy pocas muestras por debajo del 57% de luminosidad. Otro punto a destacar de la observación del gráfico, sería que la pátina blanca no es absorbida del mismo modo por las distintas aleaciones, ya que pueden verse claramente seis grupos de valores diferenciados, correspondientes cada uno a una aleación distinta.

Pátina blanca, aleación tipo A.

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.27, representan el color natural de un número total de 3 muestras (A11, A12 y A13) sin patinar: es decir, con el color de la propia aleación tipo A; (todas las muestras sin patinar se representan con puntos rojos). Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color blanco, (todas las muestras ya patinadas se representan con puntos blancos), estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos, lo que nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

De este gráfico podemos deducir, que la pátina blanca, no es una pátina totalmente cubriente, pues no llega a alcanzar el valor 0 en ninguna de las muestras. Dos de estas muestras sí se acercan mucho a este valor, pero tienen una clara tendencia hacia el amarillo anaranjado, aunque sea con muy poca saturación.

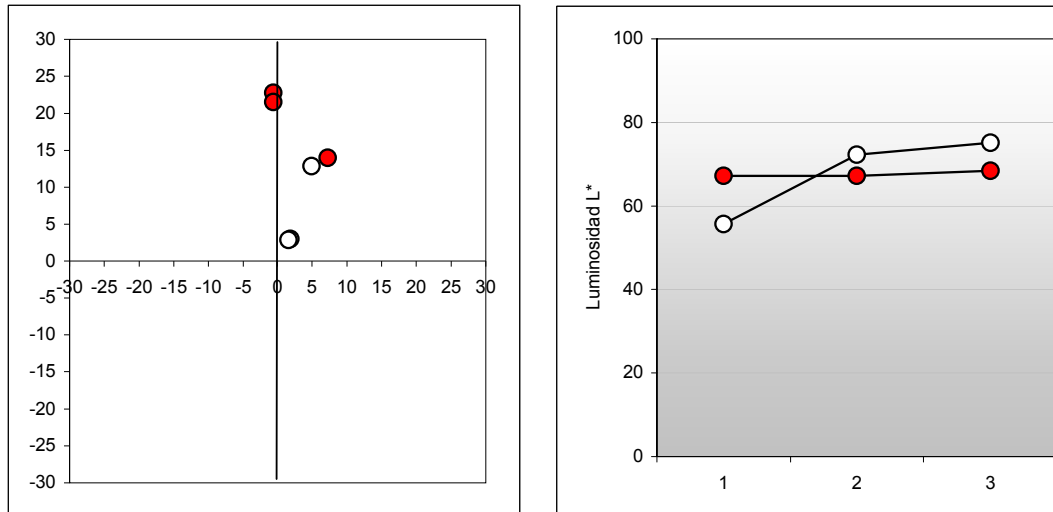


Figura 3.27. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo A (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina blanca (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

En la tercera muestra ya patinada, (A13), observamos que el blanco es muy poco cubriente, tratándose más bien de una veladura, ya que nos permite reconocer perfectamente el color inicial de la aleación. Observamos también que existe una mínima variación entre la muestra sin patinar y aquella con la pátina blanca. Concretamente, el color exacto obtenido en esta probeta de ensayo después de aplicarle la pátina es 14,8 de amarillo y 5,2 de rojo.

El gráfico derecho de la figura 3.27 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo A (A11, A12 y A13), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color blanco. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas probetas de ensayo ya patinadas. Lo más destacable de este gráfico, es la disminución de la luminosidad de la muestra A11 al ser patinada, pese a que lo lógico sería que la luminosidad aumentara, como ocurre con las muestras A12 y A13, ya que el color blanco tiene una luminosidad muy alta, (la más alta de todos los colores y que en su saturación máxima alcanza el 100% de luminosidad.)

La tabla 3.4 nos muestra las cinco mediciones realizadas en cinco puntos de cada probeta de ensayo (en las cuatro esquinas y en el centro) Asimismo, nos señala el valor medio de estos cinco puntos de cada muestra, la media aritmética, (MEDIA) tanto en lo referente a la luminosidad (L^*), como al color (a^* ,

b*). Por último, nos muestra la desviación media/estándar (STD) existente entre las cinco mediciones de cada una de las tres probetas de ensayo (A11, A12 y A13). Todo ello se realiza tanto antes como después de aplicarles la pátina. Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla de valores resultantes, después de aplicar la pátina, son:

Con respecto a la luminosidad, la media de la probeta de ensayo A11 (55,72), es menor que la propia luminosidad de la probeta de ensayo antes de patinar, es decir que su luminosidad ha descendido. Esto iría en contra del resultado previsible, ya que lo esperable es que hubiera aumentado, como así ha sucedido con las muestras A12 y A13, cuya luminosidad media es 72,32 y 75,2 respectivamente. Recordamos que el color blanco es el que alcanza mayor luminosidad dentro de la escala de colores. Otro dato de interés de la probeta de ensayo A11, es que la desviación estándar en los tres valores: (L^* a^* b^*), es la menor, por lo que las cinco mediciones hechas en esta muestra son prácticamente iguales, de lo que se deduce que es la más homogénea de las tres. Por el contrario, A12, es la muestra de mayor heterogeneidad, tal y como refleja su mayor desviación.

Con respecto al color, las conclusiones son muy similares a las de la luminosidad. A11 es la muestra más homogénea respecto al color adquirido después de la pátina, pero es la menos saturada. Esto nos indica que esta pátina es una mera veladura, como demuestra la observación de su media y desviación. MEDIA; 55,72; 4,92; 12,88 y STD; 1,033; 0,3114; 1,37

Las probetas de ensayo A12 Y A13, actúan de forma parecida en cuanto al color adquirido y al igual que en la luminosidad, son muestras más heterogéneas, aunque su color sí es más saturado y de un blanco más puro.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.4, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.4. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo A, sin pátina y tras la aplicación de la pátina blanca. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
A11	64,9	-0,7	22	A11	56,8	4,9	12,1
A11	67,6	0,3	20,9	A11	56,8	5	12,2

A11	66,9	0,3	22,9	A11	55,3	5,2	11,5
A11	68,4	-0,6	23,9	A11	55,2	4,4	13,8
A11	68,3	-2,2	24,2	A11	54,5	5,1	14,8
MEDIA	67,22	-0,58	22,78	MEDIA	55,72	4,92	12,88
STD	1,4307	1,0232	1,3627	STD	1,033	0,3114	1,37
A12	66	0,4	21,8	A12	73	1,8	3,1
A12	66,7	-0,8	21,9	A12	67,8	2,3	2,9
A12	67,6	-1	20,9	A12	68,9	3,5	6,8
A12	67,8	-1,1	20,9	A12	77,7	0,3	0,8
A12	67,9	-0,4	22	A12	74,2	1,3	1,5
MEDIA	67,2	-0,58	21,5	MEDIA	72,32	1,84	3,02
STD	0,8216	0,6099	0,5523	STD	4,0332	1,1866	2,321
A13	68,1	5,6	18,7	A13	74,7	2,1	4,5
A13	70,3	8,6	12,7	A13	79,5	1,3	2,4
A13	66,6	7,4	13,1	A13	71,7	2,2	3,3
A13	68,9	7,4	11,6	A13	73,2	1,2	2,6
A13	68,3	7,1	13,8	A13	76,9	1,1	1,8
MEDIA	68,44	7,22	13,98	MEDIA	75,2	1,58	2,92
STD	1,3409	1,0733	2,7563	STD	3,0773	0,5263	1,033

Pátina blanca, aleación tipo B.

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.28 representan por un lado, el color natural de un número total de 3 muestras (B11, B12 y B13) sin patinar; es decir, con el color de la propia aleación tipo B. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color blanco, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos, lo que nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Al igual que ocurría con la aleación tipo A, observando el gráfico, podemos deducir que la pátina blanca, no es una pátina totalmente cubriente, pues ninguna de estas muestras alcanza tampoco el valor 0. Dos de estas muestras se desvían más del valor 0, mostrando un color anaranjado, que dentro del cuadrante de los anaranjados, se ubican dentro de la diagonal del naranja puro.

La muestra (B13) se puede decir que sí es prácticamente blanca; únicamente podemos apreciar un punto de rojo puro. Se puede afirmar, que en general las pátinas blancas que han tomado estas tres muestras de la aleación tipo B, tienen una alta cobertura.

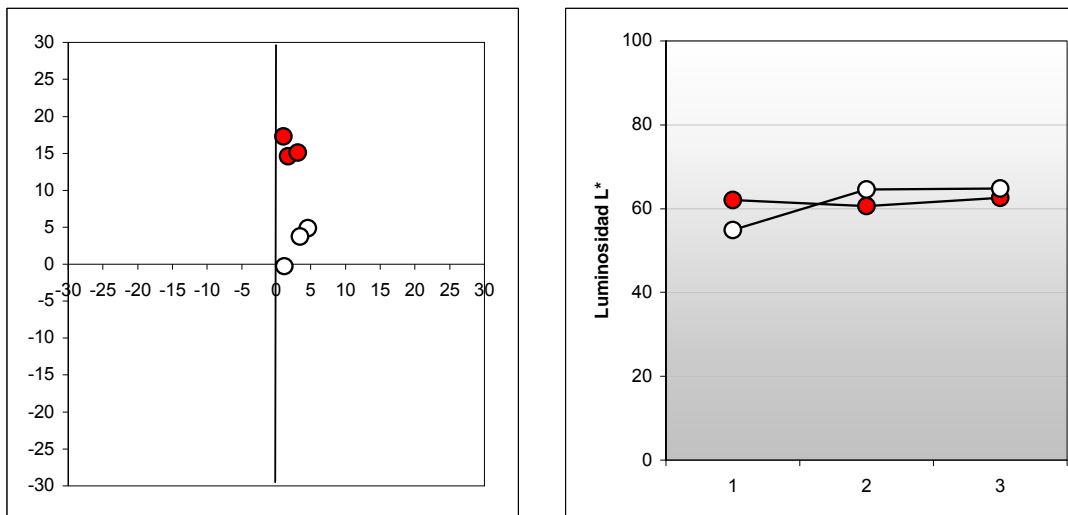


Figura 3.28. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo B (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina blanca (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.28 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo B (B11, B12 y B13), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color blanco. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas probetas de ensayo ya patinadas.

Lo más reseñable en este gráfico, es la disminución de la luminosidad de la muestra B11 al ser patinada. Ya hemos visto anteriormente que lo lógico sería que la luminosidad aumentara, como ocurre con las muestras B12 y B13, (aunque en un mínimo porcentaje, de apenas un 4,7 %). La conclusión sería que la luminosidad de estas muestras, tras aplicárseles la pátina blanca, es una luminosidad media; prácticamente igual que la de las mismas probetas de ensayo antes de patinarlas.

La tabla 3.5 nos muestra las cinco mediciones realizadas en cinco puntos de cada probeta de ensayo (en las cuatro esquinas y en el centro) Así mismo, nos señala el valor medio de estos cinco puntos de cada muestra, tanto en lo referente a la luminosidad (L^*), como al color (a^* , b^*). Por último, nos muestra la desviación media/estándar existente entre las cinco mediciones de cada una de las tres probetas de ensayo (B11, B12 y B13). Todo ello se realiza tanto antes como después de aplicarles la pátina de color blanco. Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la media de la probeta de ensayo B11 (55), es menor que la propia luminosidad de la probeta de ensayo antes de patinar (60,7), es decir que su luminosidad ha descendido. Esto iría en contra del resultado previsible, ya que lo esperable es que hubiera aumentado, como así ha sucedido con las muestras B12 y B13, cuya luminosidad media es 64,7 y 64,8 respectivamente y los valores medios sin pátina eran 60,7 y 62,6.

Otro dato que llama la atención es la heterogeneidad de las tres muestras; esto lo podemos comprobar en la desviación estándar de los tres valores: L* a* b*, de las tres muestras. B13 es la muestra de mayor heterogeneidad, como refleja su desviación.

Con respecto al color, las conclusiones son distintas a las de la luminosidad. B11 es la muestra más heterogénea y la menos blanca, según reflejan los datos de los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación en la tabla 3-5 de la probeta de ensayo B11). La probeta de ensayo B12 es la más homogénea, blanca y saturada. Estos datos se reflejan con absoluta claridad en la tabla, en los valores medios y en las desviaciones de estas muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3-5, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.5 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo B, sin pátina y tras la aplicación de la pátina blanca. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
B11	60,7	1,2	14,7	B11	54,8	5,9	7,7
B11	63,2	1,6	14,5	B11	54,8	6,1	7,1
B11	63,5	2	13,2	B11	54,7	4,3	4,6
B11	62	2,3	15,4	B11	53,5	3,8	4,2
B11	61,2	1,4	15,2	B11	57,2	2,8	0,7
MEDIA	62,12	1,7	14,6	MEDIA	55	4,58	4,86
STD	1,2194	0,4472	0,8631	STD	1,3472	1,4061	2,779
B12	61	-0,5	16	B12	64,9	1	0,3
B12	60,6	0,5	18	B12	63,2	1,9	-0,4
B12	61,1	2	16,5	B12	64,9	1	-0,3
B12	61,3	1,8	18,4	B12	66,1	1	-0,5
B12	59,5	1,4	17,7	B12	63,9	1,2	-0,6

MEDIA	60,7	1,04	17,32	MEDIA	64,6	1,22	-0,3
STD	0,7176	1,0359	1,0232	STD	1,1045	0,3899	0,3536
B13	63,3	3	15	B13	68,9	2,7	3,1
B13	61,7	4,4	14,9	B13	62,7	3,6	3,1
B13	63,7	2,6	14,5	B13	64,7	2,7	4,1
B13	63,2	1,8	16	B13	66,6	3,6	3,6
B13	61,1	3,9	15,2	B13	61,1	4,7	5,1
MEDIA	62,6	3,14	15,12	MEDIA	64,8	3,46	3,8
STD	1,1314	1,0334	0,5541	STD	3,0887	0,8264	0,8367

Pátina blanca, aleación tipo C.

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.29 representan el color natural de 3 muestras (C11, C12 y C13) sin patinar, es decir el color de la propia aleación tipo C. Sobre estas muestras, se han realizado, un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color blanco, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Observando el gráfico podemos deducir que la aleación tipo C, después de aplicársele la pátina blanca, no es una pátina cubriente, pues ninguna de estas muestras alcanzan el valor 0. Las 3 muestras se desvían bastante del valor 0, teniendo un color anaranjado, pues estando dentro del cuadrante de los anaranjados, se ubican dentro de la diagonal del naranja puro. Dentro de estas probetas de ensayo, la que más se aleja del blanco es la C11, que tiene un valor de 10,5 de amarillo y 9 de rojo.

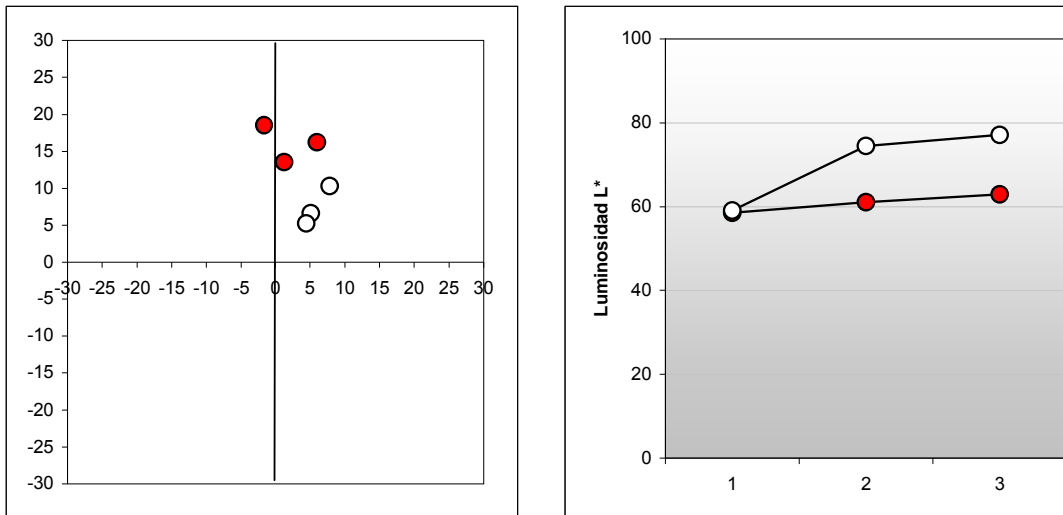


Figura 3.29. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo C (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina blanca (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

En general las pátinas blancas que han adquirido estas tres muestras de la aleación tipo C, tienen una baja cobertura, pareciendo simples veladuras.

El gráfico derecho de la figura 3.29 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo C (C11, C12 y C13), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color blanco. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

De este gráfico lo más destacable, es que la luminosidad de la muestra C11 no tiene apenas variación al ser patinada, pues antes de su patinación, su luminosidad era 58,56 y una vez dada la pátina 59,14. Lo lógico sería que el aumento de la luminosidad hubiera sido mayor, como ocurre con las muestras C12 y C13, que han aumentado su luminosidad un 13,4% la C12 y un 14,1% la C13. De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras de tipo C, una vez aplicada la pátina blanca, es relativamente elevada.

La tabla 3.6 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (C11, C12 y C13). En esta tabla muestro las mediciones de las probetas de ensayo de la aleación tipo C tanto sin patinar, como después de aplicarles la pátina de color blanco. Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Tabla 3.6 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo C, sin pátina y tras la aplicación de la pátina blanca. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
C11	56,6	7,6	16,3	C11	59,5	9,1	12,7
C11	58,3	4,9	13,8	C11	55,3	7,1	8,6
C11	58,8	7	15,9	C11	60,4	9,7	13,4
C11	61,1	5,1	16,5	C11	60,6	8,3	10,5
C11	58	5,3	18,7	C11	59,9	5	6,4
MEDIA	58,56	5,98	16,24	MEDIA	59,14	7,84	10,32
STD	1,638	1,2317	1,7459	STD	2,1893	1,8623	2,8943
C12	60,9	1	11,6	C12	74,7	4,6	6,4
C12	60,6	3,2	12,5	C12	74,5	5,2	5,6
C12	62,7	1,2	14,6	C12	71,1	5,9	7,7
C12	63	-0,7	13,9	C12	73,1	6,5	9,2
C12	58,4	1,7	15,3	C12	79,2	3,4	4,3
MEDIA	61,12	1,28	13,58	MEDIA	74,52	5,12	6,64
STD	1,8539	1,4025	1,5156	STD	2,9853	1,1987	1,8902
C13	61,2	-1,6	19	C13	76,8	4	5,3
C13	64,1	-1,9	16,9	C13	76,5	5	5,8
C13	62,6	-1,5	19,4	C13	78,3	4,3	3,8
C13	64	-0,6	17,8	C13	75,8	4,6	5,9
C13	63	-2,8	19,7	C13	78,2	4,2	5,4
MEDIA	62,98	-1,68	18,56	MEDIA	77,12	4,42	5,24
STD	1,1841	0,7918	1,176	STD	1,0941	0,3899	0,8444

Con respecto a la luminosidad, la media de la probeta de ensayo C11 tras su paginación (59,14), muestra que es la que menor luminosidad ha adquirido, pues su media antes de la patinación era de 58,56. Es decir, que su luminosidad prácticamente no ha variado y que apenas ha adquirido la pátina blanca, siendo ésta una mera veladura. Por el contrario las muestras C12 y C13, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 61,12 y 62,98 respectivamente, han aumentado considerablemente los valores medios después de aplicarles la pátina (74,52 y 77,12).

Otro dato que llama la atención es la heterogeneidad de las tres muestras; esto lo podemos comprobar en la desviación estándar de los tres

valores: L^* a^* b^* de las tres muestras. C12 es la muestra de mayor heterogeneidad, como refleja su desviación en L^* .

Con respecto al color, las conclusiones son distintas a las de la luminosidad; C11 es la muestra más heterogénea y la menos blanca, según reflejan los datos de los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación en la tabla 3.6 de la probeta de ensayo C11). La probeta de ensayo C13 es la más homogénea, blanca y saturada.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3-6, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina blanca, aleación tipo D.

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.30, representan el color natural de 3 muestras (D11, D12 y D13) sin patinar, es decir el color de la propia aleación tipo D. Sobre estas muestras, se han realizado, un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color blanco, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Al igual que ocurría con la aleaciones anteriores (A, B y C), al observar el gráfico, podemos deducir que la pátina blanca de la aleación tipo D, no es una pátina totalmente cubriente ya que después de aplicársele la pátina blanca, vemos que ninguna de estas muestras alcanzan el valor 0. Aunque las 3 muestras se desvían del valor 0, la muestra D11 es la que más se acerca, con un mínimo de amarillo (1,62) y 1,89 de rojo. Las 3 probetas de ensayo, están dentro del cuadrante de los anaranjados y se ubican en la diagonal del naranja puro. Dentro de estas probetas de ensayo, la que más se aleja del blanco es la D12, que tiene un valor de 5,18 de amarillo y 5,64 de rojo.

.En general las pátinas blancas que han adquirido estas tres muestras de la aleación tipo D, son las que mayor saturación de blanco tienen junto con las probetas de ensayo de la aleación tipo B. Otro dato interesante es que dentro de la heterogeneidad de las 3 muestras, no existe una excesiva diferencia de color entre ellas.

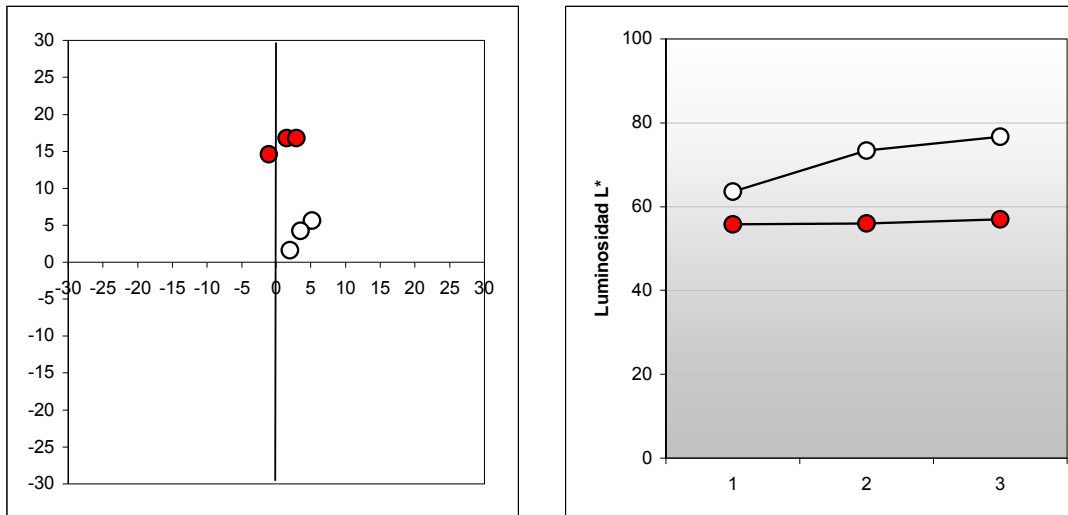


Figura 3.30. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo D (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina blanca (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.30 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo D (D11, D12 y D13), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color blanco. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Lo más perceptible en este gráfico, es la variación de forma gradual de la luminosidad. La muestra D11 es la que menos varía al ser patinada, pues antes de su patinación, su luminosidad era 55,84, alcanzando una vez patinada el valor 63,68. Este aumento de la luminosidad debería haber sido mayor, como ocurre con las muestras D12 y D13, que han aumentado su luminosidad un 17,42% la D12 y un 19,62% la D13. Esta última muestra sí ha tenido un aumento considerable. De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras de tipo D, una vez aplicada la pátina blanca, es elevada.

La tabla 3-7 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (D11, D12 y D13). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la media de la probeta de ensayo D11 (63,68), es la que menor luminosidad ha adquirido tras su patinación (55,84), es decir que su luminosidad ha variado escasamente y que apenas ha cogido la pátina blanca, siendo más una veladura que una pátina cubriente.

Por el contrario las muestras D12 y D13, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 56,02 y 57,04 respectivamente, han aumentado considerablemente los valores medios después de aplicarles la pátina (73,44 y 76,66).

Tabla 3.7 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo D, sin pátina y tras la aplicación de la pátina blanca. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
D11	55,9	1,1	15,8	D11	65,2	2,2	1,5
D11	56,2	2,2	17,6	D11	66,5	1,5	1
D11	55,9	1,1	17,1	D11	64,7	1,1	1,2
D11	56,3	1,3	16,5	D11	59,4	2,8	3,3
D11	54,9	2	17	D11	62,6	2,3	1,1
MEDIA	55,84	1,54	16,8	MEDIA	63,68	1,98	1,62
STD	0,555	0,5225	0,6819	STD	2,7743	0,676	0,9576
D12	56,7	3,8	17,5	D12	78,6	3,4	3,5
D12	55,2	3,6	16	D12	73,7	4,8	5,1
D12	56	2,6	17,1	D12	69,6	6,6	8,1
D12	56,4	2,6	17,7	D12	73,3	5,6	5,8
D12	55,8	2	15,6	D12	72	5,5	5,7
MEDIA	56,02	2,92	16,78	MEDIA	73,44	5,18	5,64
STD	0,5762	0,7563	0,9311	STD	3,2989	1,1841	1,6547
D13	56,4	-1,6	15,8	D13	75,6	4	4,6
D13	54,5	-0,3	14,9	D13	74,4	4,1	4,7
D13	56,7	0,3	12,4	D13	80,9	2,5	3,3
D13	59,6	-1,1	15,2	D13	78,4	3,4	3,8
D13	58	-2,5	14,8	D13	74	3,7	4,9
MEDIA	57,04	-1,04	14,62	MEDIA	76,66	3,54	4,26
STD	1,9008	1,0945	1,3008	STD	2,9288	0,6427	0,6804

Llama la atención, la heterogeneidad de las tres muestras; esto lo podemos observar en la desviación estándar de los tres valores: L* a* b*, de las tres muestras. D12 es la muestra de mayor heterogeneidad, como refleja su desviación en L*.

Con respecto al color las conclusiones son similares a las de la luminosidad, D12 es la muestra más heterogénea y la menos blanca, según reflejan los datos de los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación en la tabla 3-7 de la probeta de ensayo D12).

La probeta de ensayo D12 es la más homogénea con respecto a los tres valores (L^* , a^* , b^*). La más blanca es D11, pero la menos luminosa, lo que resulta un poco contradictorio pues cuanto más blanco es el color mayor luminosidad tiene si el color es limpio, lo que nos hace pensar que esta pátina tiene una tonalidad grisácea.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3-7, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina blanca, aleación tipo E.

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.31 representan el color natural de 3 muestras (E11, E12 y E13) sin patinar, es decir el color de la propia aleación tipo E. Sobre estas muestras, se han realizado, un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color blanco, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Al igual que ocurría con la aleaciones anteriores (A, B, C y D), al observar el gráfico, podemos deducir que la pátina blanca de la aleación tipo E, no es una pátina totalmente cubriente; después de aplicársele la pátina blanca, vemos como ninguna de estas muestras alcanzan el valor 0. Aunque las 3 muestras se desvían del valor 0, la muestra E12 es la que más se acerca al blanco, teniendo un mínimo de amarillo 1,64 y 2,54 de rojo. La probeta de ensayo E13 tiene unos valores muy similares, tanto que prácticamente coinciden en el espacio de la gráfica, una sobre la otra, pero la probeta de ensayo E13 es levemente más amarilla, donde radica la diferencia entre las dos.

Las 3 probetas de ensayo, están dentro del cuadrante de los anaranjados y se ubican dentro de la diagonal del naranja puro. Dentro de estas probetas de ensayo, la que más se aleja del blanco es la E11, que tiene un valor de 2,94 de amarillo y 5,24 de rojo, por lo que esta muestra es la más roja de las tres.

En general, las pátinas blancas que han adquirido estas tres muestras de la aleación tipo E, son las que mayor saturación de blanco tienen. Otro dato a destacar, es que dentro de la heterogeneidad de las 3 muestras, son las más homogéneas de todas las aleaciones, pues no existen apenas diferencias de color entre ellas.

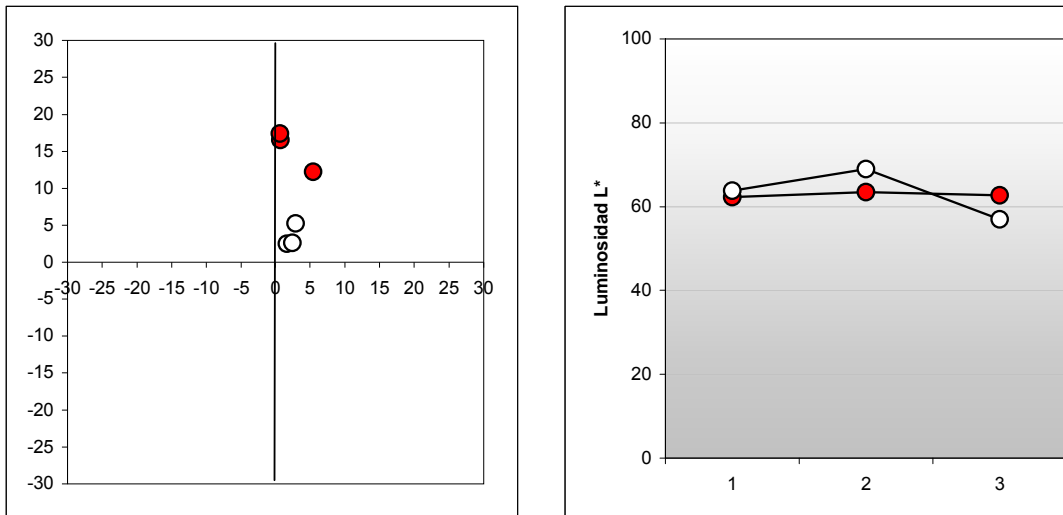


Figura 3.31 Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo E (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina blanca (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.31 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (E11, E12 y E13) sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color blanco. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

En este gráfico, lo que más llama la atención, es la escasa variación de la luminosidad de las probetas de ensayo después de darles la pátina. La muestra E11 es la que menos varía; aumentando escasamente su luminosidad al ser patinada, pues antes de su patinación, su luminosidad era 62,26, alcanzando una vez patinada el valor 63,8.

Este aumento de la luminosidad debería haber sido mayor, como ocurre con las muestras E12, que ha aumentado su luminosidad un 15,54%, a pesar de no ser un incremento excesivo.

La muestra que más destaca es la E13; esta muestra sí ha tenido un comportamiento bastante anormal, disminuyendo considerablemente su luminosidad tras la pátina, hasta en un 15,68%. De todo ello deducimos que la luminosidad de estas muestras de tipo E, una vez aplicada la pátina blanca, es relativamente baja.

La tabla 3-8 nos muestra las mediciones realizadas en cinco puntos, la media de cada muestra, así como la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (E11, E12 y E13). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la media de la probeta de ensayo E13 (62,72), no solamente es la que menos luminosidad ha adquirido tras su patinación (57,04), sino que ha descendido en un alto porcentaje. Por el contrario la muestra E12, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 63,52, ha aumentado considerablemente su valor medio después de aplicarle la pátina (69,06). La probeta de ensayo E11, es la que menos variación ha tenido, pasando de 62,26 a un valor de 63,8.

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD), indica que la diferencia lumínica entre estas tres muestras es elevada. La E12 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (4,77), La muestra E11 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (2,64), siendo por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones contrastan con las de luminosidad. E12 es la muestra más homogénea y la más blanca, según reflejan los datos de los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación en la tabla 3-8 de la probeta de ensayo E12).

Las probeta de ensayo E13 y E11 son un poco más heterogéneas, pero siguen siendo teniendo unos valores (a^* y b^*) más homogéneos que las probetas de ensayo vistas en otras aleaciones. La probeta de ensayo E13 es bastante blanca, pero es la menos luminosa, perdiendo incluso luminosidad tras su patinación. Esto resulta bastante contradictorio, pues cuanto más blanco es el color, mayor luminosidad tiene, (siempre que el color sea limpio). De ello se deduce por tanto, que esta pátina tiene una tonalidad grisácea. Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3-8, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.8 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo E, sin pátina y tras la aplicación de la pátina blanca. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
E11	62,3	0,9	16,2	E11	66,1	2,3	4,5

E11	64	0,2	16,6	E11	64,2	3,4	7,6
E11	62,5	0,7	15,9	E11	65,9	2,6	3,5
E11	61,9	1,8	17,6	E11	59,6	3,4	5,8
E11	60,6	-0,1	16,4	E11	63,2	3	4,8
MEDIA	62,26	0,7	16,54	MEDIA	63,8	2,94	5,24
STD	1,2219	0,7314	0,6465	STD	2,6391	0,4879	1,5534
E12	63,9	1,1	17,2	E12	67,1	1,3	3,2
E12	62,9	0,8	17,5	E12	66,3	2,4	2,7
E12	64,5	-0,5	17,7	E12	70,7	1,4	1,3
E12	63	1,4	17,7	E12	64,6	2,1	3,6
E12	63,3	0,5	17,1	E12	76,6	1	1,9
MEDIA	63,52	0,66	17,44	MEDIA	69,06	1,64	2,54
STD	0,6723	0,7301	0,2793	STD	4,7669	0,5857	0,9397
E13	62,9	5,6	10,1	E13	58,1	2,1	3
E13	62,6	5,1	12,5	E13	63,3	1,2	0,8
E13	63,3	6,3	12,2	E13	53,5	2,9	3,2
E13	61,3	4,6	14,1	E13	57,9	3	2,1
E13	63,5	5,7	12,4	E13	52,4	3,2	4,1
MEDIA	62,72	5,46	12,26	MEDIA	57,04	2,48	2,64
STD	0,8672	0,6427	1,4258	STD	4,3334	0,8289	1,2502

.Pátina blanca, aleación tipo H

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.32 representan el color natural de 3 muestras (H11, H12 y H13) sin patinar, es decir el color de la propia aleación tipo H. Sobre estas muestras, se han realizado, un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color blanco, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Al igual que ocurría con la aleaciones anteriores (A, B, C, D y E), al observar el gráfico podemos deducir que la pátina blanca de la aleación tipo E, no es una pátina totalmente cubriente. Después de aplicársele la pátina blanca, vemos cómo ninguna de estas muestras alcanzan el valor 0. Las tres probetas de ensayo de esta aleación están entre las que menos color blanco han adquirido al ser patinadas. La muestra H11 es la que más se acerca al blanco, teniendo un mínimo de amarillo (2,68) y 3,5 de rojo. Las probetas de ensayo H12 y la H13 tienen unos valores más similares, aunque la probeta de ensayo H12 es levemente más amarilla y la probeta de ensayo H13 es más rojiza. Las 3 probetas de ensayo, están dentro del cuadrante de los anaranjados, ubicándose

por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que son amarillas-anaranjadas.

En general la pátina blanca, que han tomado estas tres muestras de la aleación tipo H, son junto con las probetas de ensayo de la aleación C, las que menor saturación de blanco tienen. Otro dato interesante es la heterogeneidad de las 3 muestras.

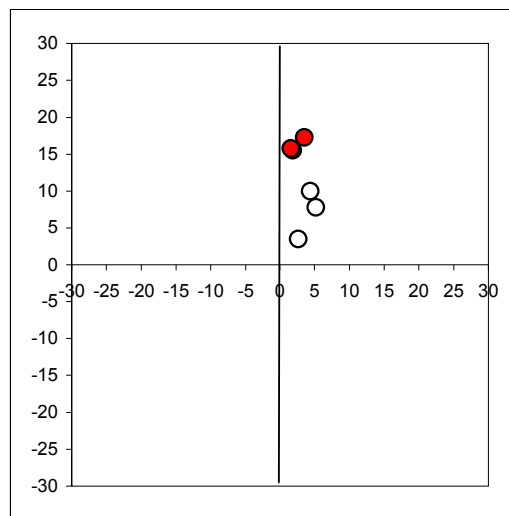


Figura 3.32. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina blanca (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.32, representa la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo H (H11, H12 y H13), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color blanco. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

En este gráfico, llama especialmente la atención, que la luminosidad de las tres probetas de ensayo después de aplicarles la pátina ha descendido. La muestra H11 es la que menos varía, disminuyendo escasamente su luminosidad al ser patinada, pues de 60,66 ha bajado su valor lumínico tras la patinación a 59,32. La muestra H12, ha disminuido aún más su luminosidad, bajando hasta un 13,62.

Tabla 3.9 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo H, sin pátina y tras la aplicación de la pátina blanca. L(Luminosidad);*

a(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
H11	62	2	16	H11	60,1	2,6	3,6
H11	59,2	1,9	15,1	H11	57	3,3	5
H11	61,6	1,7	16	H11	61,2	2,6	3
H11	59,3	1,8	14,3	H11	60,1	2,8	3,1
H11	61,2	2	16,3	H11	58,2	2,1	2,8
MEDIA	60,66	1,88	15,54	MEDIA	59,32	2,68	3,5
STD	1,3183	0,1304	0,8264	STD	1,6873	0,4324	0,8888
H12	58,7	4,3	17,9	H12	57,7	5,3	7,3
H12	61,9	2,2	18,3	H12	57,9	5,2	8,6
H12	59,6	4,3	17,1	H12	54,2	5,7	8,1
H12	59,3	3,3	17	H12	55,3	4,9	8
H12	61,7	3,4	16,3	H12	58	4,8	7,2
MEDIA	60,24	3,5	17,32	MEDIA	56,62	5,18	7,84
STD	1,4622	0,8689	0,7887	STD	1,7541	0,3564	0,5857
H13	62,2	2,4	18,8	H13	53,1	4,7	9,4
H13	61,6	1,4	15,1	H13	52,1	4,1	11
H13	59,8	0,2	14,6	H13	51,1	3,7	8,9
H13	61,8	3,1	17,8	H13	52,9	5,4	11,1
H13	61,4	0,9	12,6	H13	53	4,1	9,6
MEDIA	61,36	1,6	15,78	MEDIA	52,44	4,4	10
STD	0,9209	1,1597	2,5084	STD	0,8473	0,6633	0,9925

Pero la muestra que más resalta es la H13; esta muestra sí ha tenido un comportamiento completamente anormal, la disminución de su valor lumínico en el color blanco tras la pátina, ha disminuido hasta un 18,92%; es la muestra con pátina blanca de menor luminosidad de todas las aleaciones. De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras de tipo H, una vez aplicada la pátina blanca, es muy baja, con el agravante de que lo natural sería que la pátina blanca aumentara los valores lumínicos, no que los disminuya.

La tabla 3-9 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (H11, H12 y H13). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la media de la probeta de ensayo H13 (61,36), no solamente es la que menos luminosidad ha adquirido tras su patinación (52,44), sino que ha descendido con el más alto porcentaje (18,92), del total de las 18 muestras patinadas en color blanco. También la muestra H12,

cuya luminosidad media antes de la patinación era de 60,24, ha disminuido considerablemente su valor medio después de aplicarle la pátina hasta un 56,62. La que menos variación ha tenido es la probeta de ensayo H11, aunque su valor lumínico también ha descendido de 60,66 a 59,32. La desviación estándar del valor L^* , de las tres probetas de ensayo, muestra la heterogeneidad lumínica de las mismas. H12 es la muestra de mayor heterogeneidad, como refleja su desviación. Por otro lado, H13 es la que menos desviación del valor L^* tiene (0,84).

Con respecto al color, la conclusión más destacada es que existe mayor homogeneidad en las muestras, contrastando con lo que sucede con la luminosidad. H12 es la muestra más homogénea, a la vez que la más blanca. Menos homogénea es la H11; siendo por su parte H13 la de menor blancura y la más heterogénea, según reflejan los datos de los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación de las tres probetas de ensayo en la tabla 8). Las probetas de ensayo H11, H12 y H13, dentro de que siguen siendo heterogéneas, son las más homogéneas de todas las probetas de ensayo vistas en el conjunto de las aleaciones, en lo que concierne a los valores a^* y b^* .

Lo más destacado de esta tabla es que a pesar de la pérdida lumínica de las muestras, las probetas de ensayo H11 y H13 son bastante blancas, de lo que se deduce que estas pátinas no tienen un color blanco limpio sino tonalidades grisáceas. Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3-9, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina blanca, muestras con superficie lisa y rugosa.

Sobre las probetas de ensayo H14 y H15, se ha aplicado una pátina blanca, hecha con ácido bórico en una concentración del 30%, disuelto en agua. Dado que el compuesto de boro es poco soluble y denso, al preparar la disolución se produjo una precipitación en la mezcla. La aplicación en la muestra H14 se realizó con la parte de disolución de la mezcla, es decir con la no precipitada, mientras que en el caso de la H15 la aplicación se realizó agitando toda la mezcla, es decir el producto precipitado y el no precipitado. En este último caso se aplicó sobre la probeta de ensayo una suspensión saturada de ácido bórico en agua. Sobre estas muestras, se han realizado, un total de 20 mediciones colorimétricos (5 mediciones en las 4 mitades de las dos muestras).

A simple vista se puede apreciar la diferencia de color y luz entre ellas, en la figura 3.33.



Figura 3.33. Izquierda: probeta de ensayo (H14) de bronce de aleación tipo H, con pátina blanca de ácido bórico en saturación al 30%. Derecha: probeta de ensayo (H15) de bronce de aleación tipo H, con pátina blanca, de ácido bórico en mezcla al 30%.

La tabla 3-10 nos muestra las cinco mediciones, la media aritmética y la desviación estándar, correspondientes a cada una de las mitades (lisa y rugosa) de la muestra H14. Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la media de la probeta de ensayo H14 en su parte lisa (64,64), es inferior a de la parte rugosa de esta misma probeta de ensayo (68,4), habiéndose patinado ambas partes al mismo tiempo y por igual (pátina en color blanco, con ácido bórico al 30% de concentración, aplicando el líquido saturado de la suspensión).

La variación de la desviación estándar del valor L^* entre las dos partes, es pequeña. Aunque ninguna de las dos partes es homogénea, la parte rugosa sería la de mayor heterogeneidad (1,97).

Con respecto al color, la conclusión más destacada es que existe mayor homogeneidad en la parte rugosa de la muestra, a diferencia de lo que ocurría con la luminosidad. Esta parte es a su vez la más blanca y saturada, según reflejan los datos de los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de la superficie de las dos mitades.

Lo más destacado de los datos de esta tabla, es que la mitad rugosa de la muestra H14 adquiere mejor la pátina, tanto en saturación como en

luminosidad. Aunque la pátina no sea totalmente blanca, ésta se incrusta entre los resquicios de la superficie, por lo que se fija mejor que en la mitad lisa.

Tabla 3.10 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de la muestra H14, de aleación tipo H y con pátina blanca, con el ácido bórico en saturación al 30%. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

BLANCO LÍQUIDO SATURADO PARTE RUGOSA				BLANCO LÍQUIDO SATURADO PARTE LISA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
H14	67,8	4,7	9,5	H14	65,6	3,5	10,7
H14	66,4	5,6	14	H14	64,9	4,1	11
H14	71,7	5,1	11,3	H14	62,3	5,3	17
H14	67,9	5,9	12,3	H14	66,1	4,5	13,9
H14	68,2	5,7	13,6	H14	64,3	4,8	13,9
MEDIA	68,4	5,4	12,14	MEDIA	64,64	4,44	13,3
STD	1,97	0,49	1,82	STD	1,48	0,68	2,57

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.34 representan el color de la pátina blanca, de las dos mitades de la muestra H14. Sobre esta muestra, se han realizado, un total de 10 mediciones de color (5 mediciones por cada mitad), representándose en el gráfico con puntos blancos la mitad rugosa y con puntos rojos, la mitad lisa.

Al observar este gráfico, podemos deducir que la pátina blanca no es totalmente cubriente. Después de aplicársele la pátina blanca, vemos cómo ninguna de estas partes alcanzan el valor 0. Las dos mitades, están dentro del cuadrante de los anaranjados, ubicándose por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que son amarillas-anaranjadas.

El gráfico derecho de la figura 3.34 representa la luminosidad de la pátina blanca, de las dos mitades de la muestra H14. Sobre esta muestra, se han realizado, un total de 10 mediciones (5 mediciones por cada mitad), representándose, con puntos rojos la mitad rugosa y con puntos blancos la mitad lisa. La diferencia de luminosidad de las dos mitades no es significativa, equilibrándose según el punto de medición.

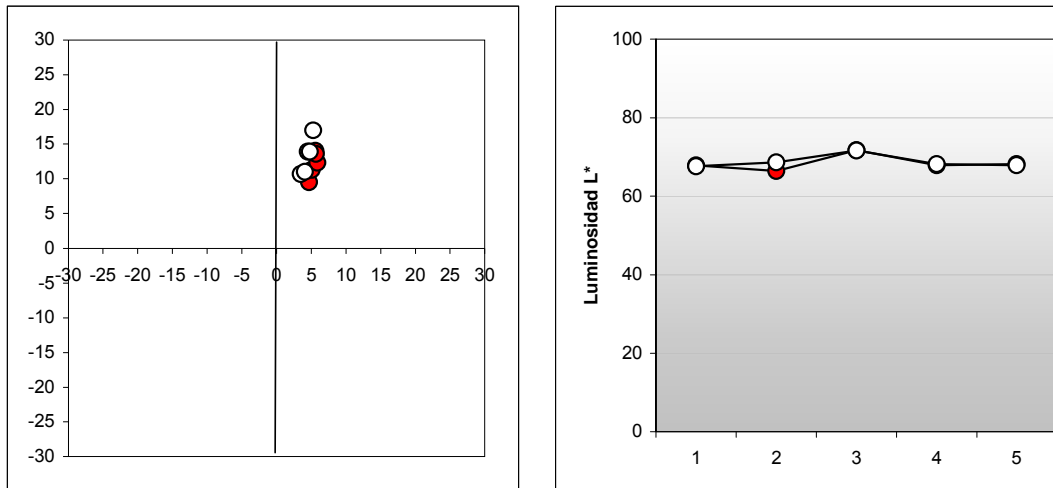


Figura 3.34. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la probeta de ensayo (H14) de bronce de aleación tipo H y con pátina blanca, con el ácido bórico en saturación al 30%. Parte lisa (puntos blancos) y la misma probeta de ensayo en la parte rugosa (puntos rojos) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

La tabla 3.11 nos muestra las cinco mediciones, la media aritmética y la desviación estándar, correspondientes a cada una de las mitades (lisa y rugosa) de la muestra H15. Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Al igual que ocurría con la probeta de ensayo H14, la luminosidad media de la probeta de ensayo H15 en su parte lisa (68,78), es menor que la parte rugosa (72,86), habiéndose patinado las dos partes al mismo tiempo y por igual; (patinada en color blanco, con ácido bórico al 30% de concentración, aplicando esta concentración mezclada). La variación de la desviación estándar del valor L^* entre las dos partes, es mayor, que la de la muestra H14. Ninguna de las dos partes es homogénea, pero la parte rugosa es la de mayor homogeneidad (0,96).

Con respecto al color, destaca también la homogeneidad en la parte rugosa de la muestra. Esta parte es la más blanca y saturada, según reflejan los datos de los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de la superficie de las dos mitades.

Destacamos, observando los datos de esta tabla, que en la mitad rugosa de la muestra H15, se agarra mejor la pátina, filtrándose por los arañazos provocados en su superficie, fijándose así mejor. Aunque la pátina de esta mitad,

no sea totalmente blanca, sí es la que más se acerca en saturación y en luminosidad.

Tabla 3.11 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de la muestra H15, de aleación tipo H y con pátina blanca, con el ácido bórico en mezcla o disolución al 30%. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

BLANCO MEZCLA RUGOSO				BLANCO MEZCLA LISO			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
H15	72,7	3	6,7	H15	67,6	4,9	11,2
H15	71,6	3,2	6,7	H15	68,6	4,5	12,3
H15	72,9	3,6	6,9	H15	71,6	3	8,4
H15	72,8	3,3	7,3	H15	68,2	4,1	10,8
H15	74,3	3,9	7	H15	67,9	3,8	11,7
MEDIA	72,86	3,4	6,92	MEDIA	68,78	4,06	10,88
STD	0,96	0,35	0,25	STD	1,62	0,72	1,50

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.35 representan el color de la pátina blanca, de las dos mitades de la muestra H15. Sobre esta muestra, se han realizado, un total de 10 mediciones de color (5 mediciones por cada mitad), representándose en el gráfico con puntos rojos, la mitad rugosa y con puntos blancos, la mitad lisa.

Aunque más cubriente que en la muestra H14, observando este gráfico podemos decir que la pátina blanca no es totalmente cubriente en esta probeta. Después de aplicársele la pátina, ninguna de estas partes alcanzan el valor 0. Las dos mitades, están dentro del cuadrante de los anaranjados, ubicándose por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que son amarillas-anaranjadas, siendo la mitad rugosa más blanca y homogénea.

El gráfico derecho de la figura 3.35 representa la luminosidad de la pátina blanca en las dos mitades de la muestra H15. Sobre esta muestra, se han realizado, un total de 10 mediciones (5 mediciones por cada mitad), representándose, con puntos rojos la mitad rugosa y con puntos blancos la mitad lisa.

La diferencia de luminosidad de las dos mitades es bastante significativa, siendo en todos los puntos, mayor en la mitad rugosa que en la lisa.

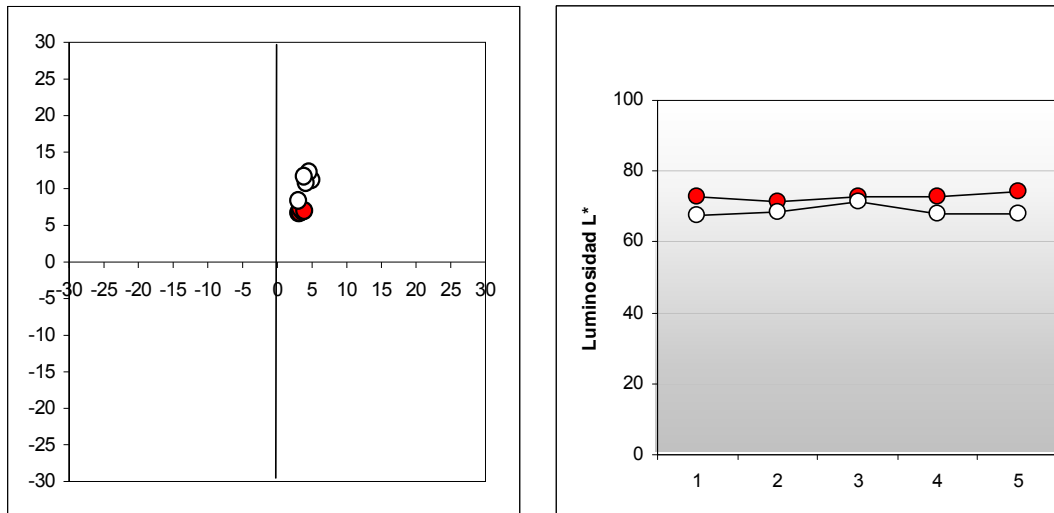


Figura 3.35. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la probeta(H15) de bronce de aleación tipo H, con pátina blanca de ácido bórico en mezcla al 30%. Parte lisa (puntos rojos) y la misma probeta de ensayo en la parte rugosa (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Al comparar la pátina blanca de las muestras H14 y H15, realizada con ácido bórico en una concentración del 30% y aplicada en la muestra H14 en suspensión, con la parte líquida saturada y en la muestra H15 con el reactivo mezclado, podemos concluir que la parte rugosa de las dos muestras, es la que retiene mejor la pátina, desprendiéndose con bastante facilidad de la parte lisa. Además, la aplicación de la pátina con brocha y el reactivo mezclado, es la más efectiva. Así mismo, si la pátina no se fija con cera al frotar, las dos muestras, en su parte lisa, la pierden, quedando una veladura.

Pátina ocre, sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H).

Lo que más destaca en este gráfico de la figura 3.36 (pátina ocre sobre todas las aleaciones), es que no nos encontramos ante una nube de puntos, como en las anteriores ocasiones, sino que aquí estamos ante una alineación de puntos todos ellos dentro del cuadrante de color naranja amarillento, por encima de la diagonal del naranja puro. La alineación de estos puntos, tiene una elevada concentración en la parte superior, donde se ubican el 60% de los puntos, con

una coloración de elevada proporción de amarillo. Existe gran heterogeneidad entre todos los puntos del gráfico, pero este grupo es levemente más homogéneo. El otro 40% está mucho más disperso y alineado, teniendo un color amarillo anaranjado, con menor concentración de color y mayor heterogeneidad entre los puntos. Por otra parte, el valor máximo del eje de los rojos, sería 14 y el valor máximo del eje de los amarillo prácticamente 30, tratándose por tanto de un color con alto contenido en amarillo, con tendencia al naranja y con muy alta saturación. De todo esto, cabe deducir que la pátina ocre en la mayoría de las muestras es muy cubriente, llegando a ser en el resto de muestras, totalmente cubriente. Por tanto se puede decir que con esta pátina sí se han logrado los objetivos previstos.

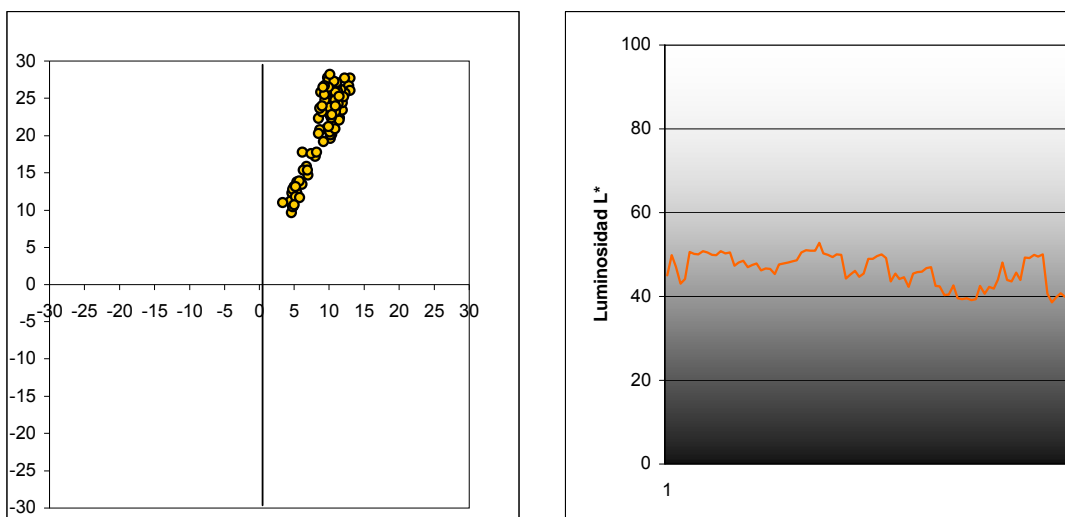


Figura 3.36, Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con pátina ocre sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.36 nos enseña que la luminosidad de las muestras de patinación de color ocre sobre las seis aleaciones diferentes, es muy heterogénea, teniendo en cuenta que se trata de una misma pátina. Así los valores de luminosidad oscilan entre un mínimo del 38% y un 52% de máximo, siendo la media exactamente del 46,26%. Podemos deducir al observar este gráfico, que las probetas de ensayo con pátina ocre, tienen una luminosidad intermedia, estando la mayoría de ellas por debajo del 50%. Otro punto a destacar de la observación del gráfico, sería que la pátina ocre no es absorbida del mismo modo tanto en color, como lumínicamente, por las distintas

aleaciones; pueden verse claramente varios grupos de valores diferenciados, muy heterogéneos, dentro de cada una de las distintas aleaciones.

Pátina ocre, aleación tipo A

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.37 representan el color natural de un número total de 3 muestras (A21, A22 y A23) sin patinar; es decir, con el color de la propia aleación tipo A; (todas las muestras sin patinar se representan con puntos rojos). Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color ocre, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos, lo que nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

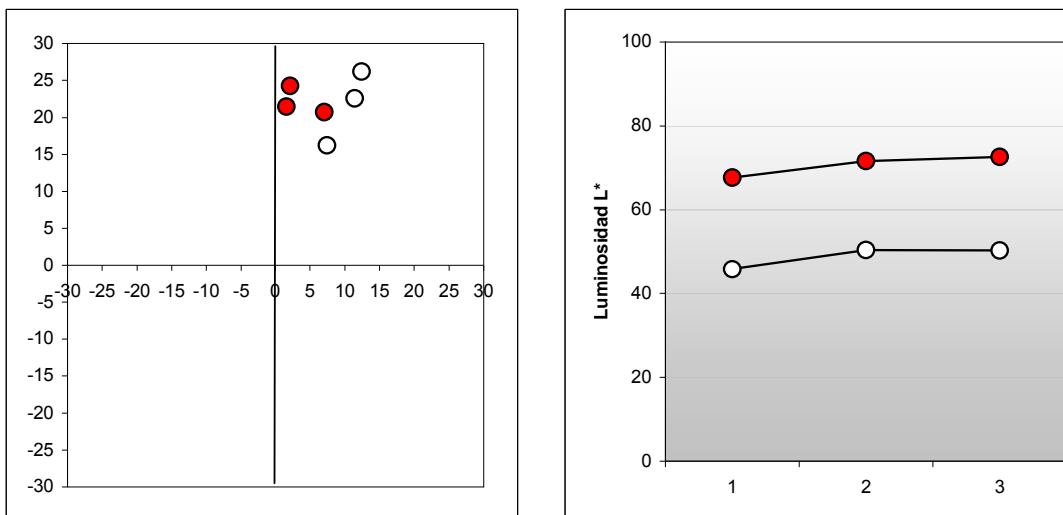


Figura 3.37. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo A (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina ocre (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

De este gráfico podemos deducir, que la pátina ocre en esta aleación, es una pátina muy cubriente, pues llega a alcanzar un valor en el eje de los amarillos de 27,5 y un mínimo en este eje de 16. Esto nos indica que el porcentaje de amarillo es muy alto, aunque las tres muestras están en el cuadrante de los naranjas por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que podemos pensar en ocre, pero hablamos de amarillos anaranjados, porque en

el eje de los rojos el valor medio máximo de las tres probetas de ensayo alcanzado es de 12,38.

En cuanto al color, la muestra A22 es la de mayor saturación de las tres, así como la más amarilla. Las otras dos muestras se acercan a este valor, pero tienen una mayor tendencia hacia el amarillo anaranjado, disminuyendo también su saturación, sobre todo en el caso de la A21.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son satisfactorios, pues las tres probetas de ensayo son de color ocre con mayor o menor saturación, aunque entre las tres existe bastante heterogeneidad en el tono de ocre.

El gráfico derecho de la figura 3.37, representa la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo A (A21, A22 y A23), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color ocre. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

De este gráfico lo más reseñable, es que la luminosidad de las tres muestras ha descendido después de aplicarles la pátina ocre. A21 es la que menos luminosidad tiene (50,48), aunque la que más ha disminuido en porcentaje es la A23, cuyo descenso alcanza un 22,34%. La más luminosa es A22, siendo también la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (el 21,20%). De todo ello deducimos que la luminosidad de estas muestras de tipo A, una vez aplicada la pátina ocre, es bastante homogénea y de una intensidad media, con poca desviación en porcentaje entre las tres probetas de ensayo.

La tabla 3.12 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (A21, A22 y A23). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo A21 con una media de 67,64, no sólo es la que menos luminosidad ha adquirido tras su patinación (45,84), sino que ha descendido con el porcentaje más alto (21,8). También la muestra A22, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 71,68, ha disminuido considerablemente su valor medio después de aplicarle la pátina (50,48), aunque es la que menos ha variado su valor lumínico.

La desviación estándar del valor L^* , de las tres probetas de ensayo, muestra la heterogeneidad lumínica de estas tres muestras. A21 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (2,74). Por su parte, la que menos desviación del valor L^* tiene es la A23 (0,59) y por tanto la más homogénea.

Con respecto al color, la conclusión más destacada es que la heterogeneidad existente en la desviación entre las muestras, es menor que la desviación existente dentro de cada muestra. A23 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la A21, según su desviación colorimétrica. La menos saturada y menos ocre es la A21, mientras que la A22, por su parte, es la más ocre y saturada. Las probetas de ensayo A21, A22 y A23, son las más heterogéneas, de todas las probetas de ensayo en todas las aleaciones patinadas en color ocre, como podremos comprobar.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.12, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.12 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo A, sin pátina y tras la aplicación de la pátina ocre. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
A21	65,1	0,8	20,9	A21	45	7	14,7
A21	65,2	1,9	19,1	A21	49,9	10,2	19,6
A21	68,2	1,5	21,5	A21	47,2	6,8	15,9
A21	70,1	2,2	22,5	A21	43	6,3	15,4
A21	69,6	1,7	23,2	A21	44,1	6,9	15,4
MEDIA	67,64	1,62	21,44	MEDIA	45,84	7,44	16,2
STD	2,3776	0,5263	1,5805	STD	2,7446	1,5662	1,9481
A22	73,2	8,1	17,9	A22	50,7	13	27,7
A22	71,1	6,8	22,5	A22	50,2	12,8	26,7
A22	72,3	6,2	21,6	A22	50,1	13	26,1
A22	71,9	5,4	22,3	A22	50,9	11,8	24,9
A22	69,9	8,6	19,3	A22	50,5	11,3	25,5
MEDIA	71,68	7,02	20,72	MEDIA	50,48	12,38	26,18
STD	1,2498	1,3236	2,0253	STD	0,3347	0,7823	1,0826
A23	71,2	2,5	23,1	A23	50	10,4	20,2
A23	72,1	2,6	22,7	A23	49,9	11,5	22,4
A23	73,9	1,2	24,8	A23	50,9	11,9	23,4
A23	73,2	1,9	25,6	A23	50,3	11,4	22,1
A23	72,9	2,4	25,1	A23	50,5	11,8	24,9
MEDIA	72,66	2,12	24,26	MEDIA	50,32	11,4	22,6
STD	1,0407	0,5805	1,2818	STD	0,4025	0,5958	1,7306

Pátina ocre, aleación tipo B

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.38 representan el color natural de un número total de 3 muestras (B21, B22 y B23) sin patinar; es decir, con el color de la propia aleación tipo B; (todas las muestras sin patinar se representan con puntos rojos). Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color ocre, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos, lo que nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Al observar este gráfico lo más destacado, es que la pátina ocre en esta aleación, es una pátina altamente cubriente, aún más que esta misma pátina en la aleación tipo A. Se llega a alcanzar un valor en el eje de los amarillos máximo de 26,6 y un mínimo de 20,76, lo que nos indica que el porcentaje de amarillo es muy alto. Las tres muestras están en el cuadrante de los naranjas por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que podemos hablar de ocres amarillos con matices rojos. En el eje de los rojos, el valor medio máximo de las tres probetas de ensayo alcanzado es de 10,22

En cuanto al color, la muestra B21 es la de mayor saturación de las tres, así como la más amarilla. Las otras dos muestras se acercan a este valor, pero tienen una mayor tendencia hacia el amarillo anaranjado, disminuyendo también su saturación, aunque no demasiado, ya que la menos saturada es la B22 y su valor en amarillo es 20,76.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son satisfactorios, pues las tres probetas de ensayo son de color ocre con una saturación entre las tres probetas de ensayo que aunque es heterogénea no lo es en un alto grado.

El gráfico derecho de la figura 3.38 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo B (B21, B22 y B23), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color ocre. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

En este gráfico lo que podemos destacar, es el apreciable descenso que la luminosidad de las tres muestras ha sufrido después de aplicarles la pátina ocre. B22 es la que más luminosidad ha perdido, siendo su valor ahora de 46,5 y resultando también la que más ha disminuido en porcentaje lumínico, con un descenso del 14,18%. La más luminosa es B23, mientras que la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, es la B21 con el 13,20%.

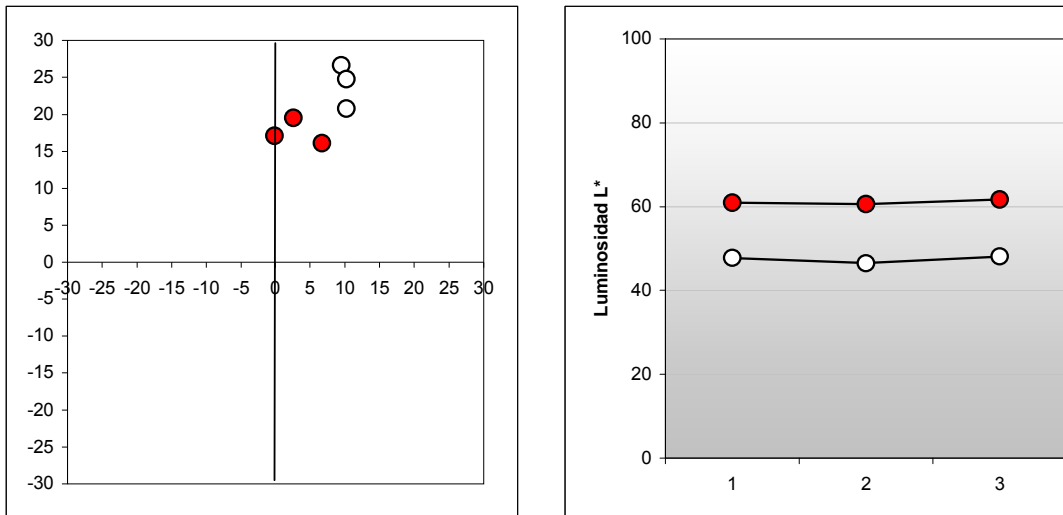


Figura 3.38. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo B (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina ocre (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

De todo ello deducimos que la luminosidad de estas muestras de tipo B, una vez aplicada la pátina ocre, es altamente homogénea y de una intensidad media, aunque menor que la aleación tipo A y por otro lado, que la desviación entre las tres probetas de ensayo es realmente baja.

La tabla 3.13 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (B21, B22 y B23). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la muestra B21, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 60.96, ha disminuido considerablemente su valor medio después de aplicarle la pátina ocre, que ahora es 47,76, pero es la que menos variación ha tenido en su valor lumínico (el 13,2%). La probeta de ensayo B22 (60,68), es la que menos luminosidad ha adquirido tras su patinación (46,5) y también la que ha descendido con el más alto porcentaje (14,18). La desviación estándar del valor L^* , de las tres probetas de ensayo, muestra la heterogeneidad lumínica de estas tres muestras. B22 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (0,93), siendo la que menos desviación de dicho valor tiene la B23 (0,41) y por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color; las conclusiones más destacables son la mayor homogeneidad existente en cuanto a la desviación entre las diversas muestras,

similar a la desviación existente dentro de cada muestra. B22 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la B23, aunque la desviación del valor a^* de esta muestra es la menor de las tres probetas de ensayo (0,37), según observamos en su desviación colorimétrica. La menos saturada y menos ocre es la B22 y por el contrario la más ocre y saturada es la B21. Las probetas de ensayo B21, B22 y B23, son menos heterogéneas que las probetas de ensayo de tipo A, aunque siguen siendo heterogéneas en comparación con todos los tipos de aleaciones patinadas en color ocre.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.13, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.13 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo B, sin pátina y tras la aplicación de la pátina ocre. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
B21	58,8	-0,5	19,1	B21	47,4	9,6	26,2
B21	64,5	-1,7	16,7	B21	48,1	9,7	26,5
B21	58,9	1,8	17,2	B21	48,6	9,7	26,9
B21	62,5	-0,6	15,4	B21	47,1	9,8	27,8
B21	60,1	0,5	17	B21	47,6	8,8	25,8
MEDIA	60,96	-0,1	17,08	MEDIA	47,76	9,52	26,64
STD	2,4775	1,3172	1,3293	STD	0,5941	0,4087	0,7635
B22	62,1	4,8	17,9	B22	47,9	9,6	20,9
B22	61,3	5,8	17,5	B22	46,2	10,2	20,1
B22	59,5	6,4	16,1	B22	46,6	10,1	20,5
B22	59,8	8,1	14,8	B22	46,5	10,4	21,4
B22	60,7	8,3	14,1	B22	45,3	10,8	20,9
MEDIA	60,68	6,68	16,08	MEDIA	46,5	10,22	20,76
STD	1,0686	1,5023	1,6498	STD	0,9354	0,4382	0,4879
B23	64,4	1,8	19,5	B23	47,7	9,8	24,8
B23	63,6	2	19,9	B23	47,9	10,3	22,4
B23	60,9	2,6	18,6	B23	48,1	9,9	27,4
B23	59,6	3,9	19,2	B23	48,5	10,4	25,9
B23	60,5	2,8	20,4	B23	48,7	10,7	23,4
MEDIA	61,8	2,62	19,52	MEDIA	48,18	10,22	24,78
STD	2,0821	0,8258	0,6834	STD	0,4147	0,3701	1,9804

Pátina ocre, aleación tipo C

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.39 representan el color natural de un número total de 3 muestras (C21, C22 y C23) sin patinar; es decir, con el color de la propia aleación tipo C; (todas las muestras sin patinar se representan con puntos rojos). Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color ocre, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos, lo que nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Estudiando este gráfico, lo más reseñable es que la pátina ocre en esta aleación es altamente cubriente, aún más que esta misma pátina en la aleación tipo A, aunque un 0,6 menos cubriente que el tipo B. Se llega a alcanzar un valor en el eje de los amarillos máximo de 26,02 y un mínimo en este eje de 23,46, lo que nos indica que el porcentaje de amarillo es muy alto y que existe menos diferencia entre la saturación de las tres probetas de ensayo. Las tres muestras están en el cuadrante de los naranjas por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que podemos hablar de ocre amarillos con matices rojos; en el eje de los rojos, el valor medio máximo de las tres probetas de ensayo alcanzado es de 11,8.

En cuanto al color, la muestra C21 es la de mayor saturación de las tres y la más amarilla. La C23 es menos saturada, pero más amarilla. C22 tiene una mayor tendencia hacia el amarillo anaranjado, disminuyendo también su saturación, por lo que es la más anaranjada.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son bastante satisfactorios, pues las tres probetas de ensayo patinadas son de color ocre con una alta saturación en las tres probetas de ensayo que aunque son heterogéneas, no lo son en un alto grado.

El gráfico derecho de la figura 3.39 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo C (C21, C22 y C23), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color ocre. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Lo que podemos destacar de este gráfico, es el apreciable descenso en la luminosidad que las tres muestras han sufrido después de aplicarles la pátina ocre, aunque lo han hecho de forma desigual. La probeta de ensayo C23 es la que más luminosidad ha perdido; su valor es ahora de 45,12 y es la que más ha disminuido en porcentaje lumínico con un descenso de un 21,52%. La más luminosa es C21 y también la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, siendo el descenso tan solo del 9,46%.

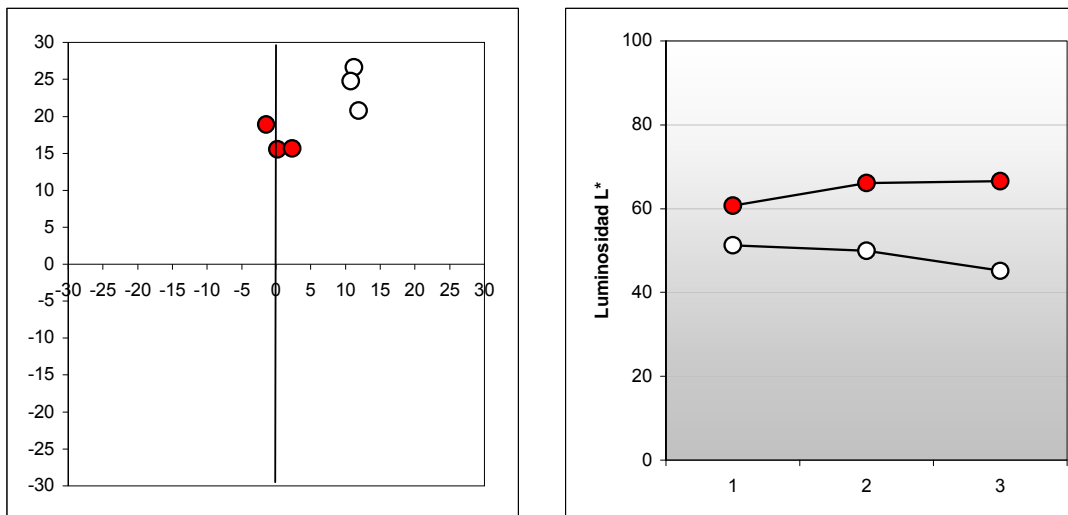


Figura 3.39. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo C (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina ocre (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras de tipo C, una vez aplicada la pátina ocre, es heterogénea y de una intensidad media. Por otro lado, la desviación entre las tres probetas de ensayo es realmente baja.

La tabla 3.14 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (C21, C22 y C23). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de la tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo C23 con un valor anterior a su patinación de 66,16, es la que menos luminosidad ha adquirido tras patinarla (45,12), siendo así la que ha reducido más su porcentaje (21,52%). La muestra C22, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 66,16, ha disminuido también su valor medio después de aplicarle la pátina ocre, siendo ahora del 49,98, con una variación en su valor lumínico del 16,18%. La C21 es la de menor variación con tan solo un descenso del 9,46%.

La desviación estándar del valor L^* , de las tres probetas de ensayo, indica la heterogeneidad lumínica de estas tres muestras. C21 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (0,86), siendo la que tiene menos desviación en el valor L^* , C22 (0,295) y por tanto es la más homogénea de las tres. Con respecto al color, las conclusiones más relevantes son:

Por un lado, se observa la heterogeneidad existente en la desviación de las muestras entre sí, aunque es algo menor que la desviación existente dentro de cada una de las muestras individuales. C23 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la C21, según su desviación colorimétrica. La menos saturada y menos ocre es la C23 y por el contrario, la C21 es la más ocre y saturada. Las probetas de ensayo C21, C22 y C23, son las más heterogéneas de todas las probetas de ensayo dentro del conjunto de todas las aleaciones patinadas en color ocre, como podremos comprobar posteriormente.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.14, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.14 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo C, sin pátina y tras la aplicación de la pátina ocre. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
C21	59,8	-0,4	16,5	C21	50,6	12,3	25,7
C21	60,5	-0,5	17,6	C21	51,1	11,3	26,1
C21	62,5	2,5	15,6	C21	51	12,2	27,7
C21	61,3	-0,3	14,2	C21	51	11,9	24,4
C21	59,7	-0,3	14,5	C21	52,8	11,7	26,2
MEDIA	60,76	0,2	15,68	MEDIA	51,3	11,88	26,02
STD	1,1653	1,2884	1,4096	STD	0,8602	0,4025	1,1819
C22	65,4	-2,6	20,8	C22	50,3	11,1	26,7
C22	67	-3	18,5	C22	50	12,1	25,2
C22	66	-0,2	18,3	C22	49,5	11,2	25,9
C22	66,1	-0,3	18,5	C22	50,1	10,9	25,8
C22	66,3	-1,1	18,4	C22	50	10,8	24,6
MEDIA	66,16	-1,44	18,9	MEDIA	49,98	11,22	25,64
STD	0,5771	1,2973	1,0654	STD	0,295	0,5167	0,7893
C23	67,9	1,1	13,7	C23	44,2	10,1	22,8
C23	65,1	2,4	16,7	C23	45,2	11	23,8
C23	65,9	2,3	16,7	C23	46,1	10,8	23,1
C23	67,3	3,6	16,6	C23	44,7	11	24,4
C23	67	2,2	14	C23	45,4	10,9	23,2
MEDIA	66,64	2,32	15,54	MEDIA	45,12	10,76	23,46
STD	1,1261	0,8871	1,5469	STD	0,719	0,3782	0,6387

Pátina ocre, aleación tipo D

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.40 representan el color natural de un número total de 3 muestras (D21, D22 y D23) sin patinar; es decir, con el color de la propia aleación tipo D; (todas las muestras sin patinar se representan con puntos rojos). Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color ocre, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos, lo que nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

De este gráfico lo más reseñable, es que la pátina ocre en esta aleación, es la más cubriente de todas las aleaciones, llegando a alcanzar un valor máximo en el eje de los amarillos de 26,34 y un mínimo de 23,92. El porcentaje de amarillo es muy alto y la variación de la saturación entre las tres probetas de ensayo es prácticamente inexistente. Las tres muestras están en el cuadrante de los naranjas, por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que podemos hablar de ocres amarillos con matices rojos, ya que en el eje de los rojos, el valor medio máximo de las tres probetas de ensayo alcanzado es de 10,8.

Estas muestras son muy similares en color y saturación. En color la muestra D21 es la de mayor saturación de las tres, aunque la D23 tiene prácticamente la misma saturación; de estas dos muestras, la D21 es con ligera diferencia, algo más anaranjada. La D22 es menos saturada, pero prácticamente no hay diferencia con las otras dos.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son bastante satisfactorios, pues las tres probetas de ensayo patinadas son de color ocre con una alta saturación y homogeneidad entre sí. De hechos estas tres muestras antes de la patinación ya eran altamente homogéneas, confundándose casi en un solo punto.

El gráfico derecho de la figura 3.40, representa la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo D (D21, D22 y D23), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color ocre. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Lo más reseñable de este gráfico, al igual que las anteriores aleaciones patinadas en ocre, es el apreciable descenso de la luminosidad. Aunque lo han hecho de forma desigual, la probeta de ensayo D22 es la que más luminosidad ha perdido; su valor es ahora de 43,96, y la que más ha disminuido lumínico con un descenso del 12,92%. La más luminosa es D21 siendo la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina es D23, siendo tan solo el descenso del 10,6%.

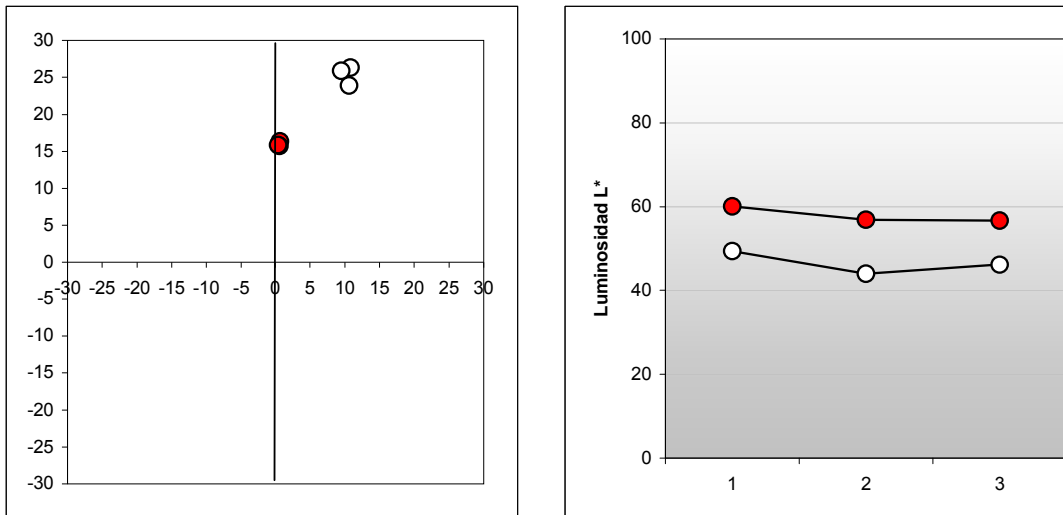


Figura 3.40. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo D (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina ocre (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras de tipo D, una vez aplicada la pátina ocre, es heterogénea y de una intensidad media. Por otro lado, la desviación en el porcentaje entre las tres probetas de ensayo es realmente baja. La tabla 3.15 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (D21, D22 y D23).

Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son: Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo D22 con un valor anterior a su patinación de 56,88, es la que menos luminosidad ha adquirido tras patinarla (43,96), siendo la que ha reducido más su porcentaje (12,92). La muestra D21, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 60,1, ha disminuido también su valor medio después de aplicarle la pátina ocre, que ahora es 49,4, descendido por tanto su valor lumínico el 10,7%. La D23 es la de menor variación con un descenso del 10,6%.

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica la heterogeneidad lumínica de estas tres muestras. D22 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (1,18), siendo la que menos desviación del valor L^* tiene la D21 (0,48) y por tanto la más homogénea de las tres.

Tabla 3.15 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo D, sin pátina y tras la aplicación de la pátina ocre. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	B*
D21	57,8	1	17,1	D21	49	11,1	27,1
D21	59,5	0,8	15,1	D21	49	11,3	24,3
D21	61	0,4	16,5	D21	49,7	10,7	27,3
D21	61	1,4	15,8	D21	50,1	10,1	28,2
D21	61,2	-0,4	17,2	D21	49,2	10,8	24,8
MEDIA	60,1	0,64	16,34	MEDIA	49,4	10,8	26,34
STD	1,456	0,6841	0,8905	STD	0,4848	0,4583	1,695
D22	57	-0,8	16,7	D22	43,6	10,5	23,7
D22	56,8	0,9	14,3	D22	45,4	10	23,8
D22	56	0,7	15,6	D22	44,1	10,9	24
D22	56,9	0,8	15,1	D22	44,5	11,4	25,3
D22	57,7	1,3	16,9	D22	42,2	10,4	22,8
MEDIA	56,88	0,58	15,72	MEDIA	43,96	10,64	23,92
STD	0,6058	0,8044	1,0918	STD	1,1845	0,532	0,8983
D23	55,9	0,6	16,9	D23	45,4	9,4	24,8
D23	55,5	0,3	16	D23	45,7	9,6	25,8
D23	56,4	0,6	14,5	D23	45,9	9,9	26,5
D23	58,8	0,6	15,8	D23	46,7	9,3	25,5
D23	57,1	0	16	D23	47	9,3	26,7
MEDIA	56,74	0,42	15,84	MEDIA	46,14	9,5	25,86
STD	1,2973	0,2683	0,862	STD	0,6804	0,255	0,7701

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son: D23 es la muestra más homogénea, siendo D21 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color ocre tomado en la pátina, existe una escasa variación entre las tres probetas de ensayo. Las probetas de ensayo D21, D22 y D23, son las más homogéneas de todas las probetas de ensayo en todas las aleaciones patinadas en color ocre, como podremos comprobar.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.15, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina ocre, aleación tipo E

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.41 representan el color natural de un número total de 3 muestras (E21, E22 y E23) sin patinar; es decir, con el color de la propia aleación tipo E; (todas las muestras sin patinar se representan con puntos rojos). Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color ocre, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos, lo que nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

De este gráfico lo más reseñable es la escasa cobertura que la pátina ocre muestra en esta aleación; es la menos cubriente de todas las aleaciones, llegando a alcanzar un valor máximo en el eje de los amarillos de tan solo 13,2 y un mínimo en este eje de 10,88, el porcentaje de amarillo es un tanto bajo y con una diferencia de saturación entre las tres probetas de ensayo muy pequeña. Las tres muestras están en el cuadrante de los naranjas, por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que podemos hablar de ocres amarillos con un leve matiz de rojo; es curioso que el valor de los rojos en las tres muestras es el mismo (5). Estas muestras son similares en color y saturación. En color la muestra E22 es la de mayor saturación de las tres y la más amarilla. E21 disminuye un poco la saturación del amarillo, siendo más anaranjada. La E23 es la menos saturada, disminuyendo en amarillo, siendo por tanto la más naranja.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos no son tan satisfactorios, pues las tres probetas de ensayo patinadas, aunque son de color ocre tienen poca saturación. La homogeneidad entre las tres probetas de ensayo no es tan elevada como en la aleación D, pero podemos considerar que tienen homogeneidad, sobre todo en el eje rojo.

El gráfico derecho de la figura 3.41 representa la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (E21, E22 y E23), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color ocre. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas muestras ya patinadas.

Lo más reseñable de este gráfico, es el apreciable descenso de la luminosidad, siendo de todas de todas las aleaciones la que más ha disminuido, llegando a alcanzar la probeta de ensayo E22 el mínimo valor lumínico de todas las muestras (39,34). E22, es además la que más ha disminuido con un descenso de un 23,44%. La muestra más luminosa es E23, siendo la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina. Por otra parte E21, ha descendido un 21,6%.

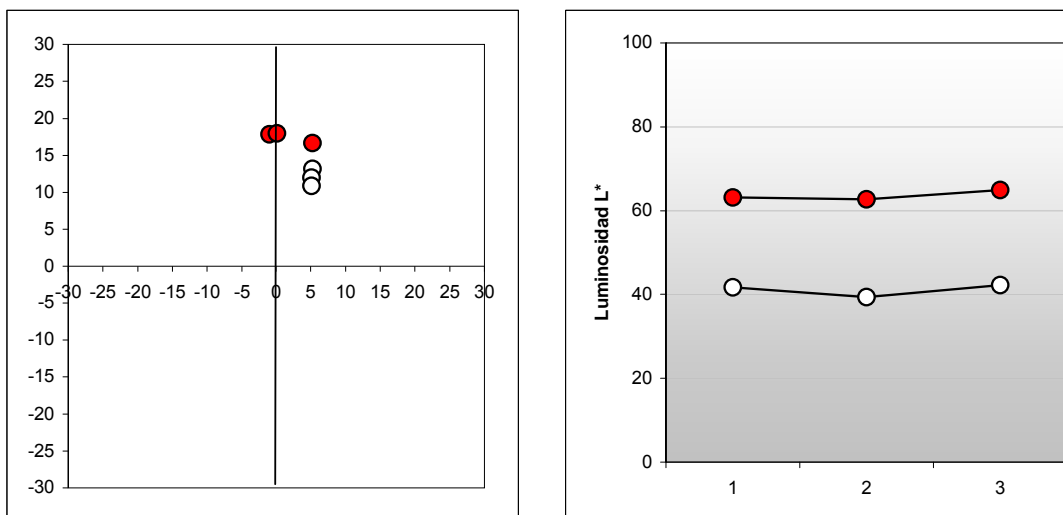


Figura 3.41. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo E (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina ocre (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo E, una vez aplicada la pátina ocre, tiene menor grado de heterogeneidad que en las demás aleaciones. Asimismo, la intensidad de luz para el color ocre es muy baja. Por otra parte, la desviación entre las tres probetas de ensayo es baja y en la E22, es prácticamente inexistente.

La tabla 3.16 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (E21, E22 y E23). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo E22 con un valor anterior a su patinación de (62,78), es la que menos luminosidad ha adquirido tras patinarla (39,34), siendo la que ha reducido más su porcentaje (23,44). La muestra E23, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 65, ha disminuido también su valor medio después de aplicarle la pátina ocre, que ahora es 42,24; por lo tanto, ha descendido su valor lumínico un 22,76%. La E21 es la de menor variación con un descenso del 21,60%. La desviación estándar del valor L^* , de las tres probetas de ensayo, indica menor heterogeneidad lumínica en estas tres muestras. E23 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (1,23), siendo la que menos desviación del valor L^* tiene, la muestra E22, con tan solo un 0,16; es por tanto la más homogénea de las tres.

Tabla 3.16 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo E, sin pátina y tras la aplicación de la pátina ocre. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
E21	64,4	-1,4	19,4	E21	42,5	5,3	12,4
E21	62,4	-2,9	17,9	E21	42,4	4,5	11,2
E21	63	-1,1	16,7	E21	40,3	5,4	12,3
E21	63,8	0,3	17,8	E21	40,4	4,8	10,5
E21	62,6	0,2	17,4	E21	42,6	6,1	13,5
MEDIA	63,24	-0,98	17,84	MEDIA	41,64	5,22	11,98
STD	0,8414	1,3142	0,9915	STD	1,1803	0,614	1,1606
E22	63,9	1,1	18,7	E22	39,5	5,4	13,8
E22	63,9	0,4	17,3	E22	39,3	5	13,2
E22	59,9	0,1	16,3	E22	39,5	5,7	13,9
E22	63,4	-0,4	19,5	E22	39,1	4,7	12,3
E22	62,8	-0,7	18,1	E22	39,3	4,8	12,8
MEDIA	62,78	0,1	17,98	MEDIA	39,34	5,12	13,2
STD	1,6724	0,7036	1,2377	STD	0,1673	0,4207	0,6745
E23	63,3	6,7	17,5	E23	42,5	4,6	9,7
E23	64,5	4,8	18,9	E23	40,6	5,2	11,8
E23	65,6	5,6	15,2	E23	42,3	5,8	11,7
E23	66,8	4,1	17,4	E23	41,8	4,8	10,5
E23	64,8	5	14,2	E23	44	5	10,7
MEDIA	65	5,24	16,64	MEDIA	42,24	5,08	10,88
STD	1,3019	0,9762	1,9008	STD	1,23	0,4604	0,8786

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son: E22 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la E21, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color ocre tomado en la pátina, existe una escasa variación entre las tres probetas de ensayo. Las probetas de ensayo E21, E22 y E23, son las segundas más homogéneas de todas las probetas de ensayo en todas las aleaciones patinadas en color ocre, después de las probetas de ensayo tipo D, como podremos comprobar.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.16, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina ocre, aleación tipo H

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.42 representan el color natural de un número total de 3 muestras (H21, H22 y H23) sin patinar; es decir, con el color de la propia aleación tipo H; (todas las muestras sin patinar se representan con puntos rojos). Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color ocre, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos, lo que nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

En este gráfico observamos, cómo aumenta la cobertura de la pátina ocre con respecto a la aleación tipo E, aunque su saturación de color en general no es alta. El valor en el eje de los amarillos máximo es de 23,94 y el mínimo en este eje es de 17, el porcentaje de amarillo en dos de las muestras es bajo y con una diferencia de saturación entre las dos probetas de ensayo muy pequeña. Las tres muestras están en el cuadrante de los naranjas por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que podemos hablar de ocres amarillos anaranjados; el valor de los rojos en las tres muestras oscila entre 8,86 y 7,34, por lo que la variación de rojo es muy pequeña. Dos de las muestras son similares en color y saturación (H21 y H23). En color la muestra H22 es la de mayor saturación de las tres y la más amarilla. H21 disminuye la saturación del amarillo, siendo más anaranjada. La H23 es la menos saturada, disminuyendo en amarillo por lo que es la más naranja.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son relativamente satisfactorios, pues de las tres probetas de ensayo patinadas, sólo una tiene mayor saturación en ocre. Entre las tres probetas de ensayo no existe homogeneidad, pero podemos considerar que en el eje rojo, la homogeneidad es mayor.

El gráfico derecho de la figura 3.42 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo H (H21, H22 y H23), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color ocre. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Lo más reseñable de este gráfico, es el apreciable descenso de la luminosidad, siendo de todas las aleaciones patinadas en ocre, la segunda más baja después de la E, con muy poca diferencia. La probeta de ensayo H23 llega a alcanzar el mínimo valor lumínico de todas las muestras (39,9) y es además la que más ha disminuido en porcentaje, con un descenso del 24,38%. La más luminosa es H22, siendo la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina. Por otra parte, la muestra H21 ha descendido un 15,68%.

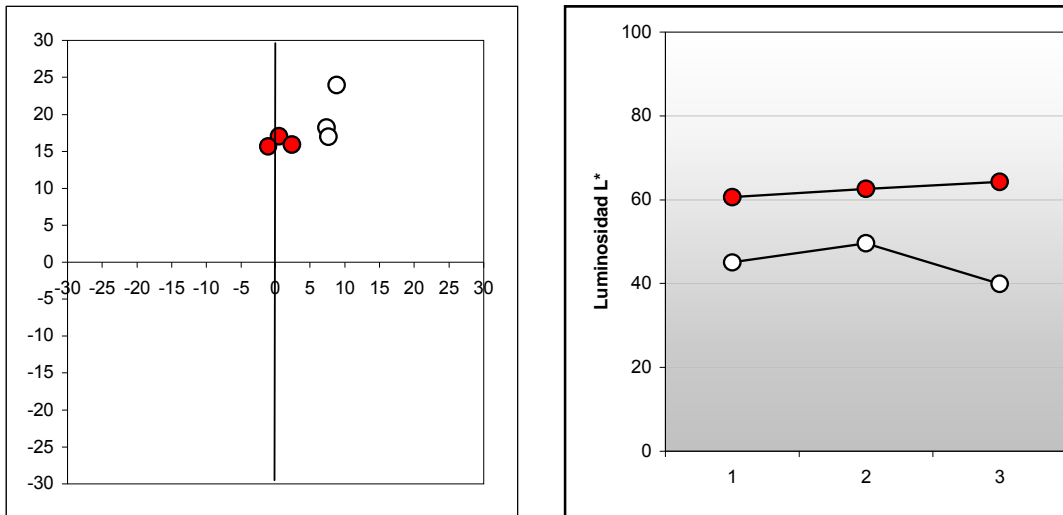


Figura 3.42. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina ocre (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

De todo ello deducimos que en cuanto a la luminosidad, las muestras tipo H, una vez aplicada la pátina ocre, son heterogéneas y su intensidad de luz para el color ocre es muy baja. Por otra parte, la desviación entre las tres probetas de ensayo es baja, exceptuando la H21, cuya desviación aumenta.

La tabla 3.17 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (H21, H22 y H23). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo H23 con un valor anterior a su patinación de 64,28, es la que más luminosidad ha perdido tras patinarla (39,9), siendo la que ha reducido más su porcentaje (24,38). La muestra H22, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 62,6, ha disminuido también su valor medio después de aplicarle la pátina ocre, que ahora es 49,64, con un descenso en su valor lumínico del 22,56%. La H21 es la de menor variación, con un descenso del 15,68%.

La desviación estándar del valor L^* , de las tres probetas de ensayo, indica una heterogeneidad lumínica de estas tres muestras. H21 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (1,89), siendo H22 la que menos desviación del valor L^* tiene, con 0,40, siendo por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son: H22 es la muestra más homogénea, siendo H21 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color ocre tomado en la pátina, existe variación entre las tres probetas de ensayo.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.17, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.17 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo H, sin pátina y tras la aplicación de la pátina ocre. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
H21	58,6	-1,4	16	H21	48,1	9,9	21,2
H21	63,6	0,9	18,4	H21	43,9	8,7	20,8
H21	61,7	0,6	17,2	H21	43,6	3,4	11
H21	56,4	1,9	15,8	H21	45,6	6,2	17,8
H21	63,2	0,7	17,8	H21	43,9	8,5	20,3
MEDIA	60,7	0,54	17,04	MEDIA	45,02	7,34	18,22
STD	3,1048	1,2012	1,1261	STD	1,8939	2,5774	4,2476
H22	62,4	2	17,5	H22	49,3	8,5	22,3
H22	63,1	1,1	16,7	H22	49,2	9,1	26,5
H22	62,6	2,2	15,5	H22	50	9	23,2
H22	62,2	3,4	15,1	H22	49,6	8,7	23,7
H22	62,7	3,3	14,9	H22	50,1	9	24
MEDIA	62,6	2,4	15,94	MEDIA	49,64	8,86	23,94
STD	0,3391	0,9618	1,1171	STD	0,4037	0,251	1,5694
H23	63,9	-1,3	15,5	H23	40,6	9,2	19,2
H23	65	-1,8	16,8	H23	38,5	8	17,2
H23	64,8	-1,3	14,6	H23	39,8	7,4	17,6
H23	63	0,4	14,8	H23	40,7	8,2	17,8
H23	64,7	-1,4	16,6	H23	39,9	5,2	13,2
MEDIA	64,28	-1,08	15,66	MEDIA	39,9	7,6	17
STD	0,8289	0,8526	1,009	STD	0,8803	1,49	2,2539

Pátina roja, sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H)

Lo que más destaca del gráfico de la izquierda de la figura 3.43, es que estamos ante una alineación de puntos, todos ellos dentro del cuadrante de los naranjas. La mayoría se encuentra por encima de la diagonal del naranja puro, con mayor tendencia al amarillo; únicamente cuatro muestras están por debajo de dicha diagonal, por lo que tienden más hacia el rojo. Observamos asimismo, cómo los puntos pasan de encontrarse en la parte inferior más agrupados y alineados, a conforme ascendemos, irse dispersando. En torno al 80% de las probetas de ensayo, se muestran más agrupadas y homogéneas en la parte inferior, mientras que el 20% restante de las muestras se dispersa más, apareciendo casi como una nube de puntos.

Otro dato interesante en esta alineación de puntos, es que cuanto más ascendemos, más tienden al eje amarillo, alejándose del rojo. Se alcanzan en la parte más elevada de la línea, valores del 25 de amarillo y 13,5 de rojo. El color resultante, es un anaranjado amarillo saturado. Por otro lado, en el extremo inferior de la línea, tenemos muestras mucho más rojas, pero con escasa saturación.

De todo esto, cabe deducir que la pátina roja como tal, aquí no existe, sino que se trata de un ocre naranja. Este gráfico se asemeja bastante al de los ocre (ver Figura 3.36), aunque el que estudiamos ahora tiene mayor tendencia al color rojo, pese a no ser totalmente la esperable. Como conclusión, se puede decir que con esta pátina no se han logrado en su totalidad los objetivos previstos en el conjunto de las aleaciones, sino tan solo en un grupo limitado de ellas.

El gráfico derecho de la figura 3.43 nos muestra que la luminosidad de las probetas de ensayo tras la patinación del color rojo sobre las seis aleaciones diferentes, es muy heterogénea. Los valores de luminosidad oscilan entre un mínimo del 28% y un 42% de máximo, siendo la media exactamente del 36,18%.

Podemos deducir al observar este gráfico, que las probetas de ensayo con pátina roja, tienen una luminosidad baja, estando la mayoría de ellas por debajo del 40%. Otro punto a destacar de la observación del gráfico, es que la pátina roja no es absorbida del mismo modo, tanto en lo referente al color como lumínicamente, por las distintas aleaciones. De este modo, pueden verse claramente tres grupos de valores diferenciados y muy heterogéneos. El primer grupo corresponde al de las aleaciones A y B, el menos luminoso; el segundo correspondiente a las aleaciones C y D, con mucha más variación en sus valores y el tercero, el más luminoso, de las aleaciones E y H.

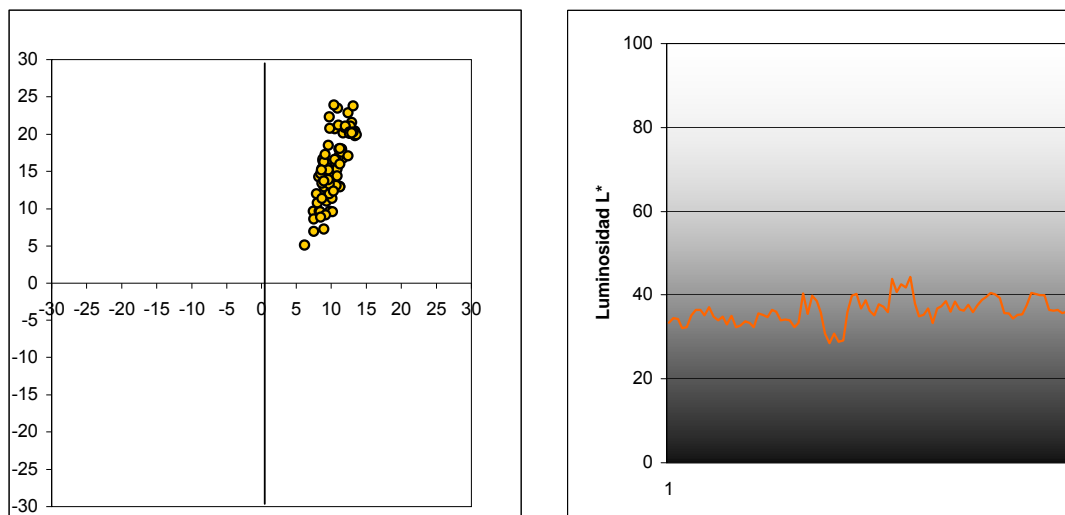


Figura 3.43, Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con pátina roja sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Pátina roja, aleación tipo A

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.44, representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (A31, A32 y A33) es decir, con el color de la propia aleación tipo A. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color rojo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Observamos en primer lugar, cómo después de aplicársele la pátina, dos de las muestras han tomado un tono naranja más oscuro (tienden más hacia el punto cero) y la tercera muestra adquiere un color naranja más saturado. El valor en el eje de los amarillos máximo es de 22 y el mínimo en este eje es de 12,5.

Las tres muestras se encuentran en el cuadrante de los naranjas por encima de la diagonal del naranja puro, aunque muy cerca de ella, por lo que podemos hablar de tonos naranjas. El valor de los colores rojos en las tres muestras, oscila entre 9,5 y 13,5, por lo que la variación en este caso es menor que en los tonos amarillos.

En lo referente al color, la muestra A32 es la de mayor saturación de las tres, así como la menos naranja. La probeta de ensayo A33 disminuye la saturación, siendo la más naranja, mientras que la A31 es la menos saturada de las tres.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son relativamente satisfactorios, pues el color de las tres probetas de ensayo patinadas es naranja y no rojo. También es destacable por último la gran heterogeneidad existente entre las tres probetas de ensayo, después de aplicarles la pátina.

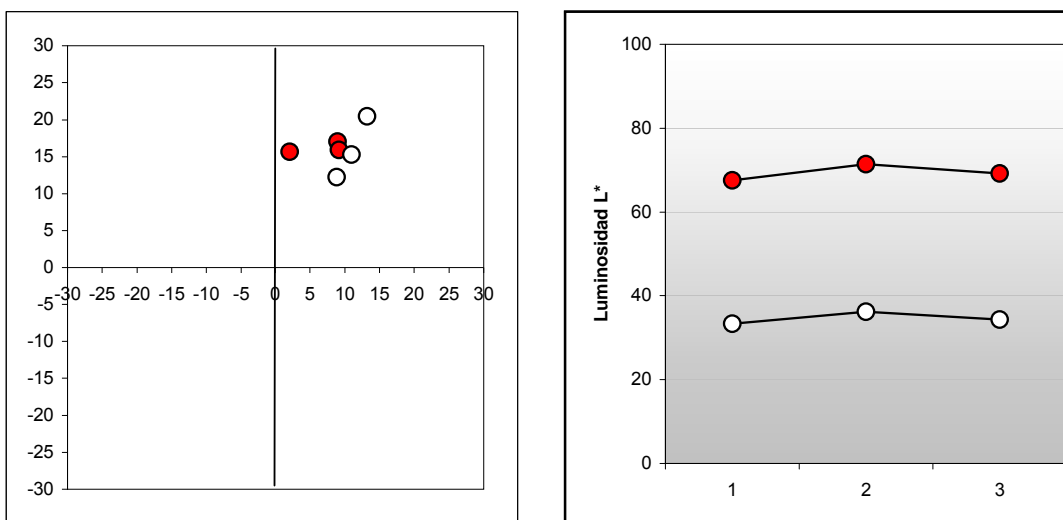


Figura 3.44. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo A (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina roja (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.44, representa la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo A (A31, A32 y A33), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color roja. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Lo más reseñable de este gráfico, es el apreciable descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina roja. La probeta de ensayo A31 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (33,32), siendo asimismo la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, con un descenso de un 34,24%. Por el contrario, la que más ha disminuido en

porcentaje es A32, cuyo descenso alcanza un 35,38%, siendo también la más luminosa de las tres (36,10).

De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo A, una vez aplicada la pátina roja, es bastante homogénea y baja. Por otra parte, la desviación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es baja.

La tabla 3.18 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (A31, A32 y A33). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Tabla 3.18. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo A, sin pátina y tras la aplicación de la pátina roja. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
A31	67	9,9	16,6	A31	33,4	9	13
A31	67,4	9,2	17,1	A31	34,5	10	14,4
A31	68	9,6	16,3	A31	34,3	9,6	14,3
A31	67,4	7,3	18,3	A31	32,1	7,4	9,7
A31	68	8,9	16,7	A31	32,3	8,3	9,7
MEDIA	67,56	8,98	17	MEDIA	33,32	8,86	12,22
STD	0,4336	1,0134	0,781	STD	1,1054	1,0383	2,3658
A32	71,5	9	19,2	A32	35,2	13,4	19,8
A32	72,1	9,7	20,5	A32	36,5	12,8	20,5
A32	73,1	9,3	20,8	A32	36,5	13,4	20,4
A32	69,3	9,6	22,8	A32	35,2	13,6	19,9
A32	71,4	8,1	23,2	A32	37,1	12,9	21,6
MEDIA	71,48	9,14	21,3	MEDIA	36,1	13,22	20,44
STD	1,3936	0,6427	1,6703	STD	0,8573	0,3493	0,7162
A33	68,3	1,4	22,8	A33	34,8	11,7	17,1
A33	68,3	2,3	22,7	A33	34	10,2	14,4
A33	69,5	0,6	22,4	A33	34,8	10	15,2
A33	70,1	1,9	22,9	A33	33	11,2	13
A33	69,7	4,1	24	A33	35	11,7	16,8
MEDIA	69,18	2,06	22,96	MEDIA	34,32	10,96	15,3
STD	0,8319	1,305	0,6107	STD	0,8319	0,8142	1,7029

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo A31 con un valor de 67,56 antes de su patinación, es la que más luminosidad ha perdido tras ser patinada, pasando ahora a un valor de 33,32 y siendo por tanto la que más ha reducido su porcentaje (34,24%). La muestra A32, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 71,48, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 36,1; por tanto, su valor lumínico ha descendido el 35,38%. La probeta de ensayo A33, por otra parte, ha tenido un descenso del 34,86%.

La desviación estándar (STD), del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que la diferencia lumínica entre estas tres muestras es mínima. La A31 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,1), mientras que A33 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,83), siendo por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

A32 es la muestra más homogénea, siendo por el contrario la menos homogénea la A31, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color rojo tomado en la pátina, existe mayor variación entre las tres probetas de ensayo que respecto a la luminosidad.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.18, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina roja, aleación tipo B

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.45 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (B31, B32 y B33) es decir, con el color de la propia aleación tipo B. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color rojo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado. Los datos obtenidos después de la patinación, se representan en el gráfico con puntos blancos.

Observamos en primer lugar, cómo después de aplicársele la pátina, dos de las muestras han tomado un color naranja más oscuro y similar, mientras que la tercera muestra adquiere un color naranja más amarillo y saturado. El valor máximo del eje de los amarillos es de 16,68 y el mínimo en este eje es de 11,82.

Las tres muestras se encuentran en el cuadrante de los naranjas por encima de la diagonal del naranja puro, aunque muy cerca de ella, por lo que podemos hablar de tonos naranjas. El valor de los colores rojos en las tres muestras, oscila entre 9,88 y 10,56, por lo que la variación del tono rojo es menor que la de los tonos amarillos.

En lo referente al color, la muestra B32 es la de mayor saturación de las tres, así como la menos naranja. La probeta de ensayo B33 disminuye la saturación, mientras que la B31 es la menos saturada de las tres y la más naranja.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos, al igual que en la aleación tipo A, no son totalmente satisfactorios, pues el color de las tres probetas de ensayo patinadas resulta ser naranja y no rojo. También es destacable que existe bastante homogeneidad entre las tres probetas de ensayo, después de aplicarles la pátina.

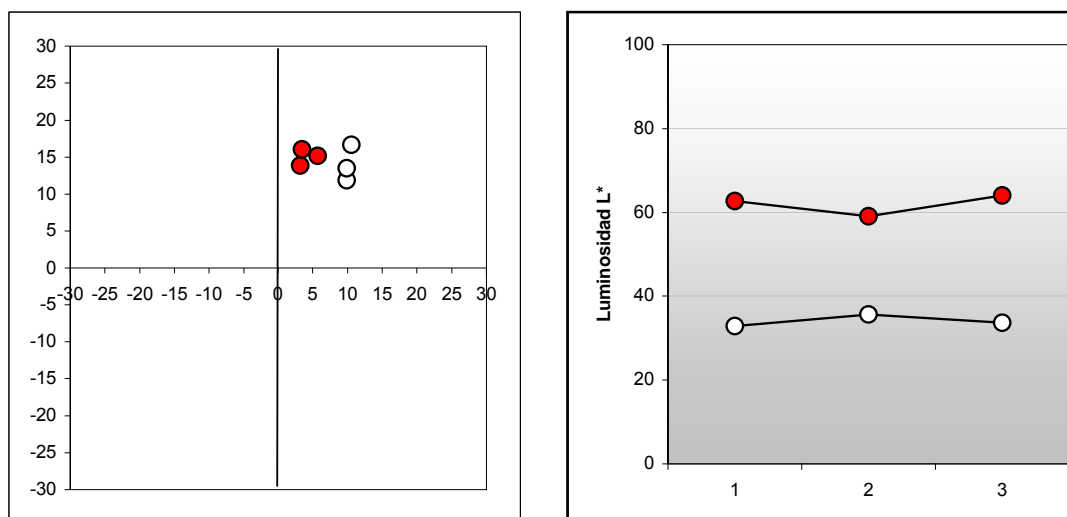


Figura 3.45. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo B (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina roja (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.45, representa la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo B (B31, B32 y B33), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color roja. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Lo más reseñable de este gráfico, es el apreciable descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina roja. La probeta de ensayo B31 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (32,86), siendo también la que más ha disminuido en porcentaje, con un descenso del 29,94%. Por otra parte, B32 es la muestra que mantiene una mayor luminosidad después de aplicársele la pátina y es también la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, pues ha descendido tan solo un 23,54%. De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo B, una vez aplicada la pátina roja, es muy homogénea y baja. Por otra parte, la desviación en la diferencia de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es muy baja.

La tabla 3.19 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (B31, B32 y B33). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo B31 con un valor anterior a su patinación de 62,8, es la menos luminosa de las tres después de ser patinadas (32,86), siendo también la que más ha reducido el porcentaje lumínico (29,94%). La muestra B32, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 59,16, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora 35,62; por tanto, ha descendido su valor lumínico el 23,54%. La probeta de ensayo B33, por otra parte, ha tenido un descenso del 28,48%. La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que existe bastante homogeneidad lumínica entre estas tres muestras. Con respecto a la desviación estándar del valor L^* de cada muestra, B33 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (0,77). La probeta de ensayo B31, con un valor de 0,622, es la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son: B33 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la B31, debido a su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y al color rojo adquirido con la pátina, existe mayor variación entre las tres probetas de ensayo que sobre su luminosidad.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.19, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.19 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo B, sin pátina y tras la aplicación de la pátina roja. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
B31	63,6	2,4	13,9	B31	32,3	10,6	13
B31	64,1	3,1	13,1	B31	32,7	9,3	11,7
B31	61,3	3,6	13	B31	33,7	10,5	13,9
B31	59,7	4,1	16	B31	33,3	9,3	11
B31	65,3	2,8	13,3	B31	32,3	9,8	9,7
MEDIA	62,8	3,2	13,86	MEDIA	32,86	9,9	11,86
STD	2,2605	0,6671	1,2462	STD	0,6229	0,6285	1,6502
B32	56,6	6,9	12,7	B32	35,6	11,2	17,3
B32	58,1	6,3	14,2	B32	35,3	11	16,9
B32	61,3	5,5	15,6	B32	34,7	10,8	15,8
B32	59,5	5,6	16,8	B32	36,5	11,1	18
B32	60,3	4,4	16,7	B32	36	8,7	15,4
MEDIA	59,16	5,74	15,2	MEDIA	35,62	10,56	16,68
STD	1,8488	0,9397	1,7479	STD	0,6834	1,0502	1,071
B33	64,9	2,8	14,9	B33	34	10	14,5
B33	62,6	2,8	13,9	B33	34,2	10,2	15,1
B33	63,6	3,3	15,7	B33	34	9	12,9
B33	64,3	5,1	18,9	B33	32,3	10,1	11,4
B33	64,9	3,2	16,7	B33	33,4	10,1	13,5
MEDIA	64,06	3,44	16,02	MEDIA	33,58	9,88	13,48
STD	0,9762	0,9555	1,911	STD	0,7759	0,497	1,4429

Pátina roja, aleación tipo C

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.46 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (C31, C32 y C33) es decir, con el color de la propia aleación tipo C. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color rojo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado. Los datos obtenidos después de la patinación, se representan en el gráfico con puntos blancos.

El valor máximo del eje de los amarillos es de 20,18 y el mínimo en este eje es de 8,2. El valor de los colores rojos en las tres muestras, oscila entre 8,5 y 11,88, por lo que la variación del tono rojo tras la patinación, es menor que la de los tonos amarillos. Las tres muestras se encuentran en el cuadrante de los naranjas, dos de ellas por encima de la diagonal del naranja puro, muy cerca de ella y la tercera está justo en la diagonal, por lo que podemos hablar de tonos naranjas.

En lo referente al color, la muestra C31 es la de mayor saturación de las tres, así como la menos naranja. La probeta de ensayo C33 disminuye la saturación, mientras que la C32 es la menos saturada de las tres y la más naranja. Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos, al igual que en las aleaciones tipos A y B, no son totalmente satisfactorios, pues el color de las tres probetas de ensayo patinadas es naranja y no rojo. También es destacable que existe gran heterogeneidad entre las tres probetas de ensayo, después de haberseles aplicado la pátina.

El gráfico derecho de la figura 3.46 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo C (C31, C32 y C33), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color roja. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

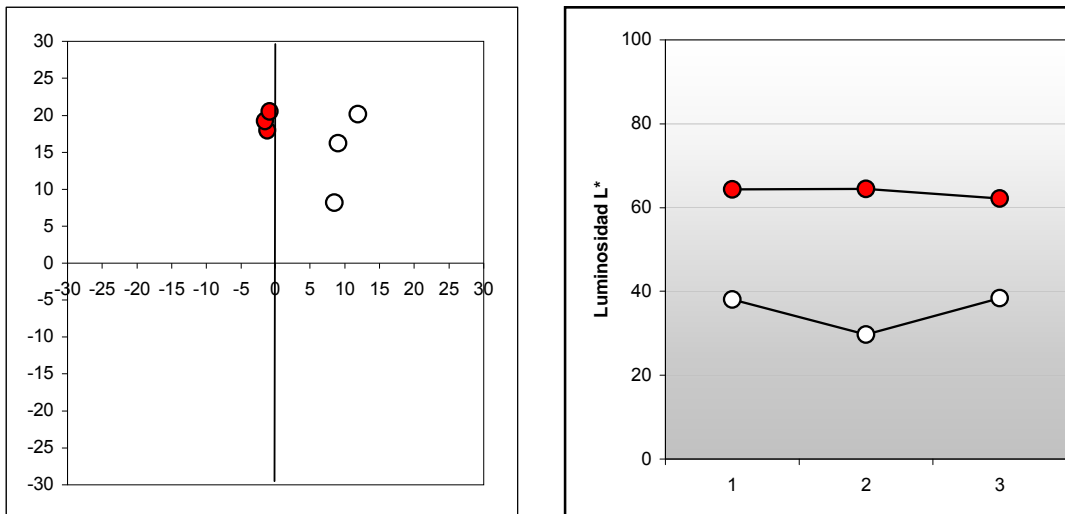


Figura 3.46. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo C (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina roja (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Lo más reseñable de este gráfico, es el apreciable descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina roja. La probeta de ensayo C32 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (29,62), siendo también la que más ha disminuido porcentualmente, con un descenso del 34,86%. Por su parte, C33 es la muestra que mantiene una mayor luminosidad después de aplicársele la pátina. Por último, la muestra que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina es C31, que ha descendido tan solo un 26,44%.

De todo lo dicho anteriormente, deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo C, una vez aplicada la pátina roja, es muy heterogénea y baja. Por otra parte, la desviación en la diferencia de luminosidad tras la patinación, entre las tres probetas de ensayo, es alta.

La tabla 3.20 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (C31, C32 y C33). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo C32 con un valor anterior a su patinación de 64,48, es la menos luminosa de las tres tras ser patinada (29,62), siendo la que más ha reducido el porcentaje lumínico (34,86%). La muestra C31, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 64,44, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora 38; por tanto, ha descendido su valor lumínico el 26,44%. La probeta de ensayo C33, por otra parte, ha tenido un descenso del 23,94%.

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que existe heterogeneidad en los resultados de luminosidad entre estas tres muestras. Con respecto a la desviación estándar del valor L^* de cada muestra, C31 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (2,25). La probeta de ensayo C32, con un valor de 1,10, es la que tiene una luminosidad más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

C33 es la muestra más homogénea en su color, siendo C31, por contra, la menos homogénea, debido a su desviación colorimétrica. Sobre la saturación y el color rojo adquirido con la pátina, existe mayor variación entre las tres probetas de ensayo que respecto su luminosidad.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.20, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.20 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo C, sin pátina y tras la aplicación de la pátina roja. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
C31	64,8	-1	18,8	C31	40,4	12,4	22,9
C31	64,8	-3	18,7	C31	35,5	10,4	15,6
C31	64,3	-1,2	18,9	C31	39,8	13,1	23,8
C31	64	1,8	14,5	C31	38,5	12	20,7
C31	64,3	-2,6	19,1	C31	35,8	11,5	17,9
MEDIA	64,44	-1,2	18	MEDIA	38	11,88	20,18
STD	0,3507	1,8868	1,9621	STD	2,255	1,0134	3,4259
C32	64,8	-1	20,4	C32	30,8	9,7	12
C32	63,8	-0,7	19,6	C32	28,5	6,2	5,1
C32	65,3	-1,4	18,7	C32	30,8	10,2	9,6
C32	67	-3,7	20,8	C32	28,8	8,9	7,3
C32	61,5	-0,9	16,7	C32	29,2	7,5	7
MEDIA	64,48	-1,54	19,24	MEDIA	29,62	8,5	8,2
STD	2,029	1,2341	1,6319	STD	1,1054	1,6416	2,658
C33	60,4	-1	21,7	C33	35,9	8,2	14,3
C33	62,6	0,1	18,6	C33	39,8	8,8	16,4
C33	63,7	-1	22	C33	40,3	9,6	18,5
C33	62,3	-0,6	20,2	C33	36,8	9,5	15,5
C33	62,2	-1,9	20,3	C33	38,7	9	16,5
MEDIA	62,24	-0,88	20,56	MEDIA	38,3	9,02	16,24
STD	1,1887	0,7259	1,3612	STD	1,8987	0,5675	1,5421

Pátina roja, aleación tipo D

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.47 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (D31, D32 y D33) es decir, con el color de la propia aleación tipo D. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color rojo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado. Los datos obtenidos después de la patinación, se representan en el gráfico con puntos blancos.

El valor máximo del eje de los amarillos es de 22,24 y el mínimo en este eje es de 15,18. El valor de los colores rojos en las tres muestras, oscila entre 10,26 y 10,92, por lo que la variación del color rojo tras la patinación es inapreciable.

Las tres muestras se sitúan en el cuadrante de los naranjas, por encima de la diagonal del naranja puro, dos de ellas muy cerca de esta, por lo que podemos hablar de tonos naranjas; la tercera está es más amarilla.

En lo referente al color, la muestra D32 es la de mayor saturación de las tres, así como la menos naranja. La probeta de ensayo D31 disminuye la saturación, mientras que la D33 es la menos saturada de las tres y la más naranja.

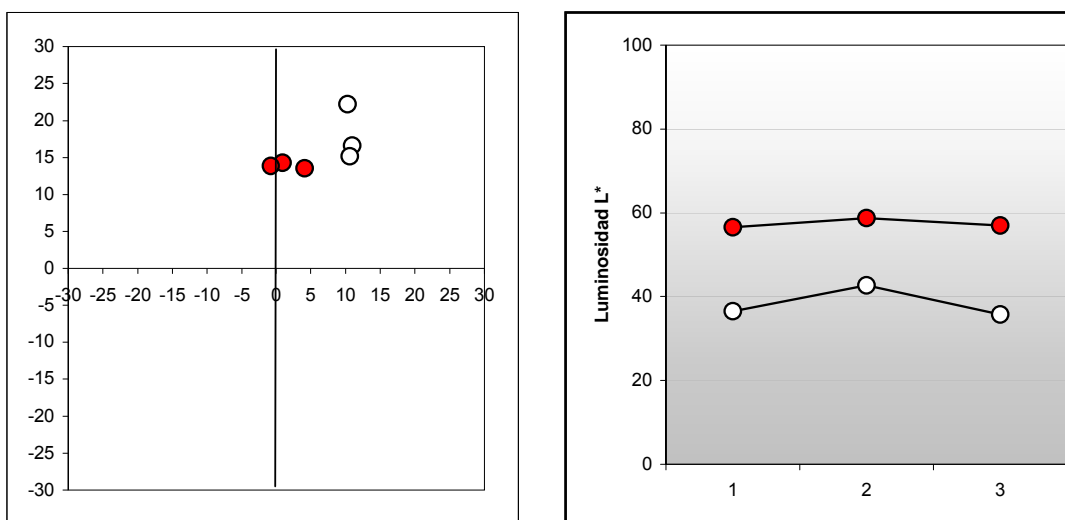


Figura 3.47. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo D (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina roja (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos, al igual que en las aleaciones tipos A, B y C, no son totalmente satisfactorios, pues el color de las tres probetas de ensayo patinadas es naranja y no rojo. También es destacable que existe heterogeneidad entre las tres probetas de ensayo, después de haberseles aplicado la pátina.

El gráfico derecho de la figura 3.47 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo D (D31, D32 y D33) sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color rojo. Los puntos rojos representan la

luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Lo más reseñable de este gráfico, es el apreciable descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina roja. La probeta de ensayo D33 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (35,66), siendo también la que más ha disminuido porcentualmente, con un descenso del 21,38%. D32 es la pátina que mantiene una mayor luminosidad después de aplicársele la pátina. La muestra que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, es D32, que ha descendido tan solo un 16,16%.

De todo lo dicho anteriormente, deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo D, una vez aplicada la pátina roja, es heterogénea y baja. Por otra parte, la desviación en la diferencia de luminosidad tras la patinación entre las tres probetas de ensayo, es de un 7%.

La tabla 3.21 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (D31, D32 y D33). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad: La muestra de menor luminosidad es D33, cuya luminosidad media antes de la patinación era del 57,04%, disminuyendo su valor medio después de aplicarle la pátina hasta el 35,66%, con lo que ha descendido el 21,38%. D31, ha descendido por su parte su valor lumínico el 20,10%. La probeta de ensayo D32, sería la más luminosa de las tres, con un 42,62% de luminosidad, habiendo tenido un descenso del 16,16%, siendo el menor de las tres.

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que existe heterogeneidad en los resultados de luminosidad entre estas tres muestras. Con respecto a la desviación estándar del valor L^* de cada muestra, D33 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (1,8). Por el contrario, la probeta de ensayo D31, con un valor de 1,03, es la que tiene una luminosidad más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

D32 es la muestra más homogénea en su color, siendo D33, por el contrario, la menos homogénea debido a su desviación colorimétrica.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.21, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.21 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo D, sin pátina y tras la aplicación de la pátina roja. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
D31	56,5	5,2	14,7	D31	36,2	10,6	16,6
D31	56	4,9	14,4	D31	35,2	10,5	14,3
D31	56,6	3,2	13,5	D31	37,8	11,5	18
D31	57,3	3,5	14	D31	37,2	10,5	16,6
D31	56,4	3,9	11,2	D31	35,9	11,5	17,6
MEDIA	56,56	4,14	13,56	MEDIA	36,46	10,92	16,62
STD	0,4722	0,8735	1,3939	STD	1,0383	0,531	1,436
D32	58,9	0,1	15,9	D32	43,9	9,7	22,3
D32	57,9	1,2	14,3	D32	40,7	10,5	20,7
D32	59,1	2,1	13,6	D32	42,6	10,9	23,5
D32	59,8	1	14,1	D32	41,8	9,8	20,8
D32	58,2	0,2	13,5	D32	44,3	10,4	23,9
MEDIA	58,78	0,92	14,28	MEDIA	42,66	10,26	22,24
STD	0,753	0,8167	0,9654	STD	1,4843	0,503	1,4826
D33	58	-2,3	14,6	D33	38	11,2	18,1
D33	58,5	0	12,5	D33	34,9	10,3	14,4
D33	56,1	-1,7	13,8	D33	35,3	10,8	15,3
D33	55,4	-0,9	13,3	D33	36,8	9,6	15,2
D33	57,2	0,9	15,1	D33	33,3	11,2	12,9
MEDIA	57,04	-0,8	13,86	MEDIA	35,66	10,62	15,18
STD	1,2896	1,2845	1,031	STD	1,8064	0,6797	1,8939

Pátina roja, aleación tipo E

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.48 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (E31, E32 y E33) es decir, con el color de la propia aleación tipo E. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color rojo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado. Los datos obtenidos después de la patinación, se representan en el gráfico con puntos blancos.

El valor máximo del eje de los amarillos es de 20,9 y el mínimo en este eje es de 13,84. El valor de los colores rojos en las tres muestras, oscila entre 8,78 y 11,86, por lo que la variación del color rojo tras la patinación es menor que en el caso del amarillo. Las tres muestras se sitúan en el cuadrante de los naranjas, por encima de la diagonal del naranja puro, por lo que podemos hablar de tonos naranjas.

En lo referente al color, la muestra E33 es la de mayor saturación de las tres, así como la menos naranja. La probeta de ensayo E32 disminuye la saturación, mientras que la E31 es la menos saturada de las tres y la más naranja.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos, al igual que en las aleaciones tipos A, B, C y D no son totalmente satisfactorios, pues el color de las tres probetas de ensayo patinadas es naranja y no rojo. También es destacable que existe bastante heterogeneidad entre las tres probetas de ensayo, después de haberseles aplicado la pátina.

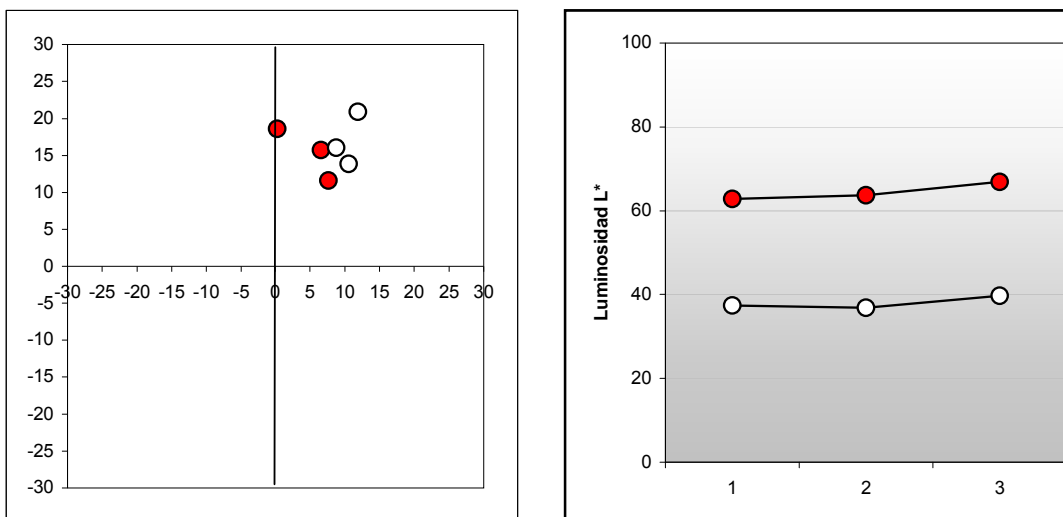


Figura 3.48. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo E (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina roja (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.48 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (E31, E32 y E33), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color roja. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Lo más reseñable de este gráfico, es el apreciable descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina roja. La probeta de ensayo E32 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (36,78), siendo E33 la que más ha disminuido porcentualmente, con un descenso del 27,32% y también la que tiene mayor luminosidad después de aplicársele la pátina. La muestra que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, es E31, descendiendo tan solo un 25,5%. De todo lo dicho anteriormente, deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras del tipo E, una vez aplicada la pátina roja, es un poco heterogénea y baja. Por otra parte, la desviación en la diferencia de luminosidad tras la patinación, entre las tres probetas de ensayo, es tan solo de un 2,24%.

La tabla 3.22 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (E31, E32 y E33). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo E32 con un valor anterior a su patinación de 63,7, es la menos luminosa de las tres tras ser patinada (36,78). La muestra E33 es la más luminosa, ya que su luminosidad media antes de la patinación era de 66,96% (la más alta de las tres), disminuyendo su valor medio tras la pátina, hasta un 39,64%, lo que supone un 27,32%. La muestra E31 por su parte, ha descendido su valor lumínico el 25,5%. La probeta de ensayo E32, por último, con un 42,62% de luminosidad tras la patinación, ha tenido un descenso del 26,92%.

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que existe heterogeneidad en los resultados de luminosidad entre estas tres muestras. Con respecto a la desviación estándar del valor L^* de cada muestra, E31 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (1,06). La probeta de ensayo E33, con un valor de 0,66, es la que tiene una luminosidad más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

E33 es la muestra más homogénea en su color, siendo E31, por contra, la menos homogénea, debido a su desviación colorimétrica. Sobre la saturación y el color rojo adquirido con la pátina, existe mayor variación entre las tres probetas de ensayo que respecto a su luminosidad.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.22, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.22. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo E, sin pátina y tras la aplicación de la pátina roja. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
E31	64,5	0,5	17,6	E31	36,8	10,7	13,1
E31	62	-1,2	18,1	E31	37,3	9,7	13,3
E31	61,8	0,5	17,6	E31	38,5	10,8	14,4
E31	63,8	1,6	20,1	E31	36	10,3	12,4
E31	62,4	-0,1	19,5	E31	38,4	11,2	16
MEDIA	62,9	0,26	18,58	MEDIA	37,4	10,54	13,84
STD	1,1874	1,0213	1,152	STD	1,0654	0,5683	1,4046
E32	62,7	5,1	13,3	E32	36,6	8,8	16,7
E32	65,6	4,2	16,6	E32	36,2	8,9	16,3
E32	64	7	16,9	E32	37,7	9,1	17,3
E32	62,5	7,7	16	E32	35,9	8,5	14,7
E32	63,7	9	15,8	E32	37,5	8,6	15,2
MEDIA	63,7	6,6	15,72	MEDIA	36,78	8,78	16,04
STD	1,239	1,9455	1,4237	STD	0,7918	0,2387	1,0714
E33	66,9	7,9	11,3	E33	38,8	11,7	20,2
E33	67,4	8,5	11,8	E33	39,5	11,9	20,9
E33	67,3	7,8	11,9	E33	40,5	11	21,2
E33	66,3	6,2	11,3	E33	40,1	12,7	21,1
E33	66,9	7,7	11,8	E33	39,3	12	21,1
MEDIA	66,96	7,62	11,62	MEDIA	39,64	11,86	20,9
STD	0,4336	0,8526	0,295	STD	0,6693	0,6107	0,4062

Pátina roja, aleación tipo H

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.49 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (H31, H32 y H33) es decir, con el color de la propia aleación tipo H. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color rojo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado. Los datos obtenidos después de la patinación, se representan en el gráfico con puntos blancos.

El valor máximo del eje de los amarillos es de 19,6 y el mínimo en este eje es de 9,54. El valor de los colores rojos en las tres muestras, oscila entre 8,46 y 12,7, por lo que la variación del color rojo tras la patinación es menor que en el caso del amarillo. Las tres muestras se sitúan en el cuadrante de los naranjas, por encima de la diagonal del naranja puro, aunque muy cerca de ella, por lo que se pueden considerar de color naranja.

En lo referente al color, la muestra H32 es la de mayor saturación de las tres. La probeta de ensayo H31 disminuye la saturación, mientras que la H32 es la menos saturada de las tres, pero es la de color naranja más puro.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos, como ya ocurría con las aleaciones anteriormente patinadas en rojo, no son totalmente satisfactorios, pues el color de las tres probetas de ensayo patinadas es naranja y no rojo. También es destacable la heterogeneidad existente entre las tres probetas de ensayo, después de haberlas patinado.

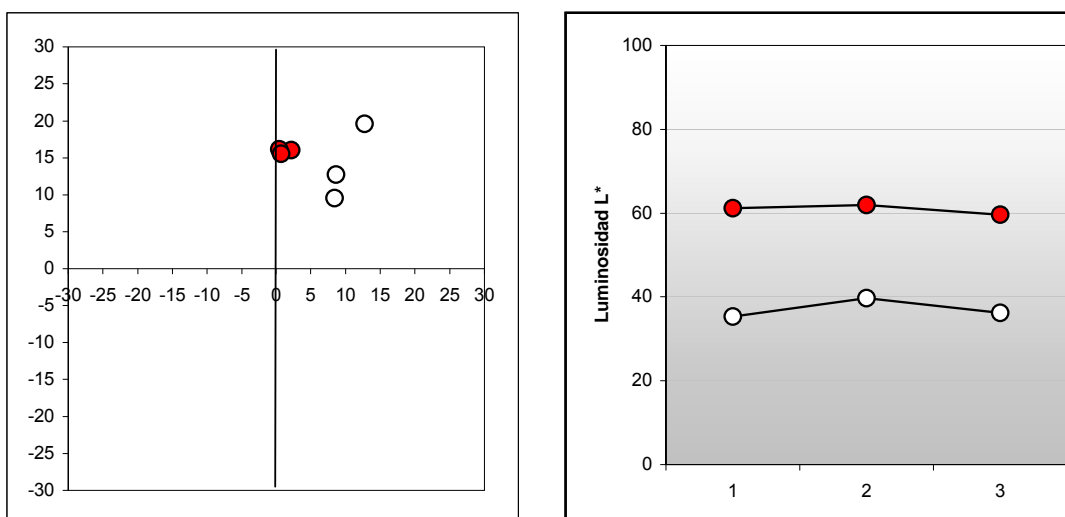


Figura 3.49. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina roja (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.49 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo H (H31, H32 y H33), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color roja. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

De este gráfico, lo más destacado, es el apreciable descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina roja.

La tabla 3.23 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (H31, H32 y H33). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo H31 con un valor anterior a su patinación de 61,18, es la menos luminosa de las tres tras ser patinada (35,28), siendo la que más ha reducido el porcentaje lumínico (25,9%). La muestra H32 es la más luminosa; su luminosidad media antes de la patinación era de 62%, disminuyendo su valor medio tras la pátina, hasta un 39,62%, descendiendo por tanto su valor de luz el 22,38%. La probeta de ensayo H33, ha descendido por su parte en su valor lumínico el 23,54%.

Tabla 3.23. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo H, sin pátina y tras la aplicación de la pátina roja. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
H31	61,8	0,3	18	H31	35,7	7,9	12
H31	60,3	2,2	15,9	H31	35,6	9,6	13,9
H31	59,9	3,1	15,3	H31	34,4	8	10,8
H31	60,6	2,3	15,9	H31	35,3	8,7	13,4
H31	63,3	3,2	15,2	H31	35,4	8,9	13,7
MEDIA	61,18	2,22	16,06	MEDIA	35,28	8,62	12,76
STD	1,3809	1,1649	1,1327	STD	0,5167	0,6979	1,324
H32	58,5	-1,1	16,7	H32	37,5	12,4	17,1
H32	63,4	0,2	16,9	H32	40,5	12,6	20,3
H32	64,8	0,2	15,6	H32	40,3	12,6	20,1
H32	58,6	1,2	13,7	H32	39,9	13,1	20,3
H32	64,7	1,9	18	H32	39,9	12,9	20,2
MEDIA	62	0,48	16,18	MEDIA	39,62	12,72	19,6
STD	3,1977	1,1389	1,627	STD	1,2133	0,2775	1,4
H33	60,9	0,2	15,3	H33	36,4	7,5	8,6
H33	57,7	1,7	15,1	H33	36,2	8,7	11,4
H33	59,6	0,7	14,9	H33	36,4	8,4	9,6
H33	58,4	0,2	16,1	H33	35,7	9,2	9,2
H33	61,8	0,9	16,2	H33	36	8,5	8,9
MEDIA	59,68	0,74	15,52	MEDIA	36,14	8,46	9,54
STD	1,6991	0,6189	0,5933	STD	0,2966	0,6189	1,1036

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que existe heterogeneidad en los resultados de luminosidad entre estas tres muestras. Con respecto a la desviación estándar del valor L^* de cada muestra, H32 es la más heterogénea, como refleja su desviación estándar (1,21). La probeta de ensayo H33, con un valor de STD de 0,29, es la que tiene una luminosidad más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

H32 es la muestra más homogénea en su color, siendo H31, por contra, la menos homogénea, debido a su desviación colorimétrica. Sobre la saturación y el color rojo adquirido con la pátina, no existe demasiada variación entre las tres probetas de ensayo.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.23, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras con respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina verde, sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H)

Lo más reseñable del gráfico izquierdo de la figura 3.50, es la formación de una nube de puntos, aunque en la parte derecha del mismo, existe cierta tendencia a la alineación. Por otro lado, todas las muestras se ubican dentro del cuadrante amarillo-verdoso; casi el 85% de los puntos, se concentra en la parte inferior del cuadrante, muy cerca del eje del color verde. Por encima de este eje, se ubican varias probetas de ensayo, resultando de color verde puro. El 15% restante de las muestras son más amarillas que verdes, sobrepasando la diagonal verde-amarilla, encontrándose tres de estas probetas de ensayo prácticamente en el eje del color amarillo.

Existe gran heterogeneidad entre todos los puntos del gráfico, aunque en la zona donde hay mayor concentración de puntos, las muestras son más homogéneas.

Por otra parte, el valor máximo del eje de los verdes, sería de -14 y el valor máximo del eje de los amarillo no llega a 10, tratándose por tanto de un color con alto contenido en verde.

De todo esto, cabe deducir que la pátina de color verde en la mayoría de las muestras, es muy cubriente. Por tanto se puede decir que esta pátina ha alcanzado satisfactoriamente los objetivos previstos.

El gráfico derecho de la figura 3.50 nos muestra que la luminosidad de las probetas de ensayo de las seis aleaciones diferentes, después de su patinación en color verde, es extremadamente heterogénea. Los valores de luminosidad oscilan entre un mínimo del 39% y un 63% de máximo, siendo la media exactamente del 49,85%. Esta media lumínica es superior a la que resultaba en la pátina roja (gráfico de la figura 3.43).

Podemos deducir al observar este gráfico, que las probetas de ensayo con pátina verde, tienen una luminosidad media. Otro punto a destacar de la observación del gráfico, es que la pátina verde no es absorbida del mismo modo, tanto en lo referente al color, como lumínicamente, por las distintas aleaciones.

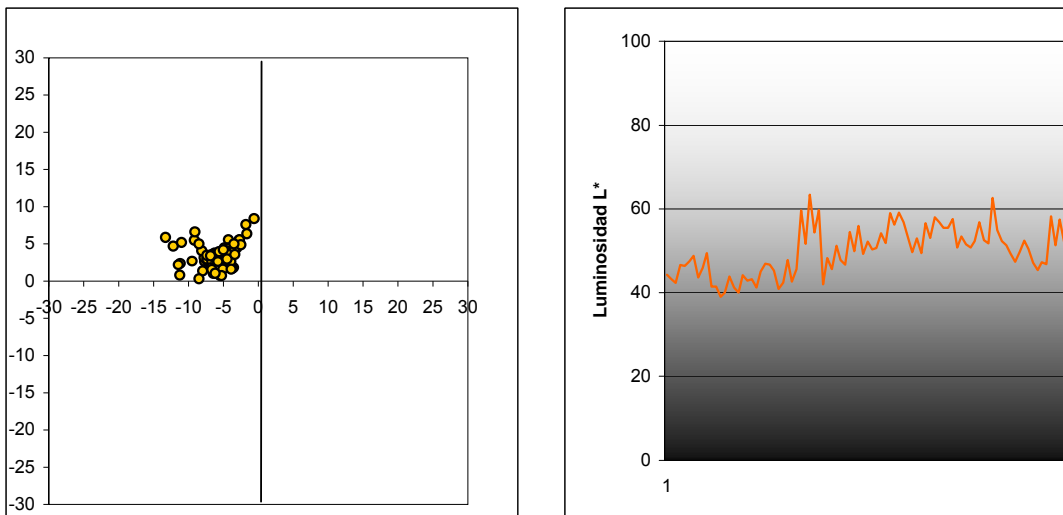


Figura 3.50. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con pátina verde sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

De este modo, pueden verse claramente cuatro grupos de valores diferenciados y muy heterogéneos. El primer grupo corresponde al de las aleaciones A y B, menos luminoso; el segundo correspondiente a la aleación tipo C, aumenta visiblemente su luminosidad, siendo el más luminoso de todos. El tercer grupo, formado por las aleaciones D y E, tiene menor variación en sus valores lumínicos aumentando la luminosidad con respecto al primer grupo, aunque siendo de menor luminosidad que el segundo. El cuarto grupo corresponde a la aleación H, desciende en su valor de luz y se vuelve más heterogéneo

Pátina verde, aleación tipo A

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.51 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (A41, A42 y A43) es decir, con el color de la propia aleación tipo A. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color verde, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Observamos en primer lugar, cómo después de aplicársele la pátina, las tres muestras se han homogeneizado. Es interesante destacar que el valor en el eje de los amarillos se ha situado prácticamente en el mínimo y en el mismo punto, 2,5. El valor del color verde en las tres muestras, oscila entre -3 y -8, por lo que la variación del color verde es un poco mayor que la de los tonos amarillos.

Las tres muestras se encuentran en el cuadrante amarillo-verdoso por debajo de la diagonal del verde-amarillo, muy cerca del eje verde puro, por lo que podemos hablar de tonos verdes.

En lo referente al color, las muestras tienen la saturación y el color verde que estaban en los objetivos de esta pátina. Podemos concluir de este modo diciendo que los resultados obtenidos son satisfactorios, pues el color de las tres probetas de ensayo patinadas es verde. También es destacable por último la homogeneidad existente entre las tres probetas de ensayo después de aplicarles la pátina.

El gráfico derecho de la figura 3.51 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo A (A41, A42 y A43), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color verde. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Lo más reseñable de este gráfico, es el apreciable descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina verde, aunque la pátina verde en general es más luminosa que la roja. La probeta de ensayo A43 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (41,12) y la que más ha disminuido en porcentaje con un valor de 34,24%. La que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina es A42, descendiendo un 22,26% y siendo la más luminosa de todas.

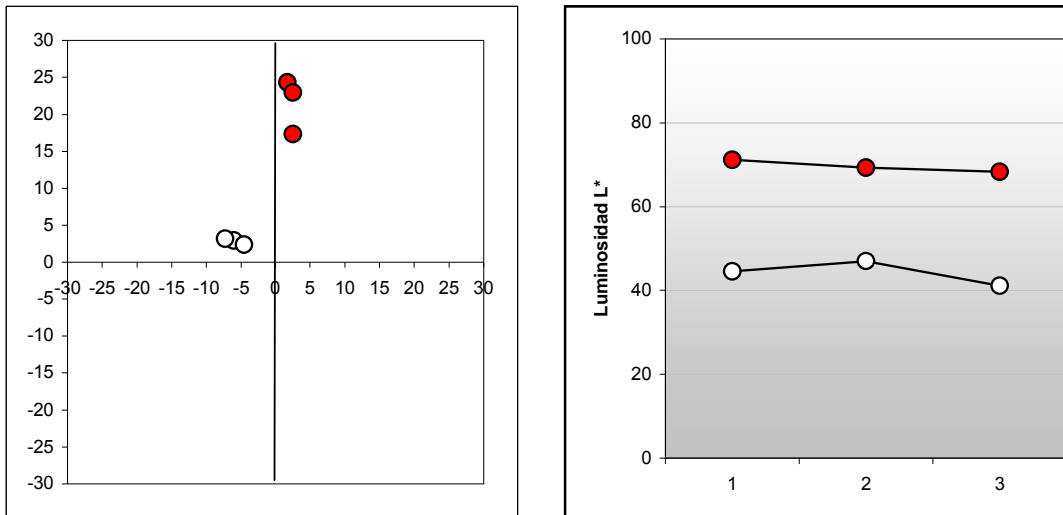


Figura 3.51. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo A (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina verde (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

De todo ello deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo A, una vez aplicada la pátina verde, es heterogénea y baja. Por otra parte, la desviación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es 5,94, según se aprecia en el gráfico.

La tabla 3.24 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (A41, A42 y A43). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo A43 con un valor de 68,3 antes de su patinación, es la que más luminosidad ha perdido tras ser patinada, pasando a un valor de 41,12 y siendo por tanto la que más ha disminuido en porcentaje (27,18%). La muestra A42, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 69,32, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 47,06, siendo su valor lumínico el de menor descenso, siendo sólo el 22,26%. La probeta de ensayo A41, por otra parte, ha tenido un descenso del 26,48%. La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD), indica que la diferencia lumínica entre estas tres muestras es mínima. La A42 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (2,37), mientras que A43 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (1,8), siendo por tanto la más homogénea de las tres.

Tabla 3.24 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo A, sin pátina y tras la aplicación de la pátina verde. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
A41	72,1	0,2	20,7	A41	44,2	-5,4	2,8
A41	72,5	2,1	17,8	A41	43,2	-5,9	3,3
A41	70,3	3,5	14,5	A41	42,3	-4,7	2,9
A41	70,1	3,1	15,3	A41	46,5	-6,4	3,3
A41	70,9	3,7	18,5	A41	46,3	-7,7	2,6
MEDIA	71,18	2,52	17,36	MEDIA	44,5	-6,02	2,98
STD	1,0733	1,436	2,5036	STD	1,8615	1,13	0,3114
A42	69,6	1,3	23,8	A42	47,5	-7,8	3,2
A42	68,1	2,2	23,4	A42	48,8	-7	3,1
A42	70,6	1,5	24,9	A42	43,6	-6,3	2,9
A42	69,8	1,5	24,4	A42	45,9	-7,3	2,7
A42	68,5	2,2	25	A42	49,5	-8,1	4,1
MEDIA	69,32	1,74	24,3	MEDIA	47,06	-7,3	3,2
STD	1,0134	0,4278	0,6928	STD	2,3713	0,7036	0,5385
A43	70,1	2,5	23,8	A43	41,4	-5	1,8
A43	67,3	3,9	23,4	A43	41,4	-4,8	2,7
A43	68,7	3,2	21,8	A43	39	-3,6	1,8
A43	68,6	3,2	22,4	A43	40	-4	3,1
A43	66,8	3,3	23,3	A43	43,8	-5,4	2,7
MEDIA	68,3	3,22	22,94	MEDIA	41,12	-4,56	2,42
STD	1,2981	0,497	0,8173	STD	1,8089	0,7403	0,5891

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

A42 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la A41, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color verde tomado en la pátina, existe menor variación entre las tres probetas de ensayo que respecto a la luminosidad.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.24, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina verde, aleación tipo B

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.52 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (B41, B42 y B43) es decir, con el color de la propia aleación tipo B. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color verde, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Observamos en el gráfico cómo después de aplicársele la pátina roja a las probetas de ensayo, las tres muestras son extremadamente homogéneas, superponiéndose los tres puntos. El valor en el eje de los amarillos de las tres probetas de ensayo ha disminuido prácticamente al mínimo y al mismo valor (2,5). El valor en el eje del color verde en las tres muestras, tiene una mínima oscilación entre el valor -6 y -7.

Las tres muestras se encuentran en el cuadrante de amarillo-verdoso por debajo de la diagonal del verde-amarillo, muy cerca del eje verde puro, por lo que podemos hablar de tonos verdes.

En lo referente al color, las muestras tienen la saturación y el color verde que eran el objetivo de esta pátina. Podemos concluir pues diciendo que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

El gráfico derecho de la figura 3.52 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo B (B41, B42 y B43), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color verde. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

En este gráfico observamos el apreciable descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina verde, La probeta de ensayo B41 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (42,26) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 20,5%. La que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina es B42, descendiendo un 18,84% y siendo la más luminosa.

De todo esto deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo B, una vez aplicada la pátina verde, es heterogénea y baja. Por otra parte, la desviación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es tan solo de 0,68, de lo que se deduce la homogeneidad lumínica entre las tres muestras.

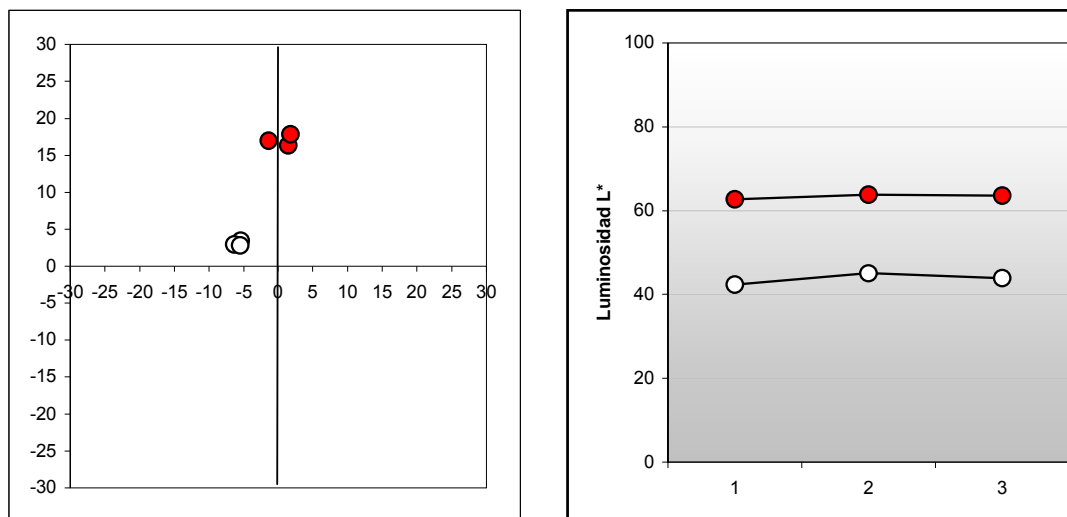


Figura 3.52. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo B (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina verde (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

La tabla 3.25 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (B41, B42 y B43). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo B41 con un valor de 62,76 antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 42,26 y siendo también la que más ha reducido en porcentaje (20,5%). La muestra B42, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 63,86, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 45,02; por tanto, su valor lumínico es el de menor descenso, con sólo el 18,84%. La probeta de ensayo B43, por otra parte, ha tenido un descenso del 19,82%. La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD), indica que existe poca diferencia lumínica entre estas tres muestras. La B43 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (2,84). La muestra B41 por su parte, es la que menos desviación del valor L^* tiene, (1,64), siendo por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

B41 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea B43, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color verde tomado en la pátina, no existe casi variación entre las tres probetas de ensayo.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.25, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.25 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo B, sin pátina y tras la aplicación de la pátina verde. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
B41	61,7	-0,1	17,3	B41	41,2	-5,4	2,8
B41	63,2	4,9	13,1	B41	40	-4,8	3,2
B41	61,5	2	18,5	B41	44,1	-6,3	3,8
B41	60,2	-0,7	18,3	B41	42,8	-5,3	4
B41	67,2	1,2	14,5	B41	43,2	-5,5	3,6
MEDIA	62,76	1,46	16,34	MEDIA	42,26	-5,46	3,48
STD	2,7006	2,1961	2,4141	STD	1,6426	0,5413	0,4817
B42	63,6	1,9	17,2	B42	41,2	-4,5	2,7
B42	65,1	1,3	19,1	B42	45	-6,7	3,6
B42	63,7	0,4	17,5	B42	47	-7,4	3
B42	63,8	2,4	17,9	B42	46,7	-6,6	3
B42	63,1	2,8	17,5	B42	45,2	-6,7	2,6
MEDIA	63,86	1,76	17,84	MEDIA	45,02	-6,38	2,98
STD	0,7436	0,945	0,747	STD	2,3113	1,098	0,3899
B43	63,2	-1,1	17,7	B43	40,8	-4,2	2,7
B43	64	-1	16,6	B43	42,4	-5	2,1
B43	64	-0,4	15,9	B43	47,9	-7,4	3,5
B43	64	-2,6	17,8	B43	42,6	-4,9	2,7
B43	63,2	-1,9	16,9	B43	45,6	-5,9	3,1
MEDIA	63,68	-1,4	16,98	MEDIA	43,86	-5,48	2,82
STD	0,4382	0,8573	0,7918	STD	2,8475	1,2317	0,5215

Pátina verde, aleación tipo C

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.53 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (C41, C42 y C43) es decir, con el color de la propia aleación tipo C. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una

vez patinadas en color verde, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más reseñable del gráfico con respecto a las muestras ya patinadas en verde, es que estas son entre sí las de mayor heterogeneidad de las aleaciones vistas (A y B) con pátina verde. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras ha disminuido, oscilando entre 6,46 y 3,5. El valor en el eje del color verde por su parte, tiene una oscilación entre el valor -1,98 y -5,4.

Las tres muestras se encuentran en el cuadrante de amarillo-verdoso, por lo que podemos hablar de tonos verdes.

En lo referente al color, las muestras tienen la saturación y el color verde que eran el objetivo de esta pátina. Podemos concluir pues diciendo que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

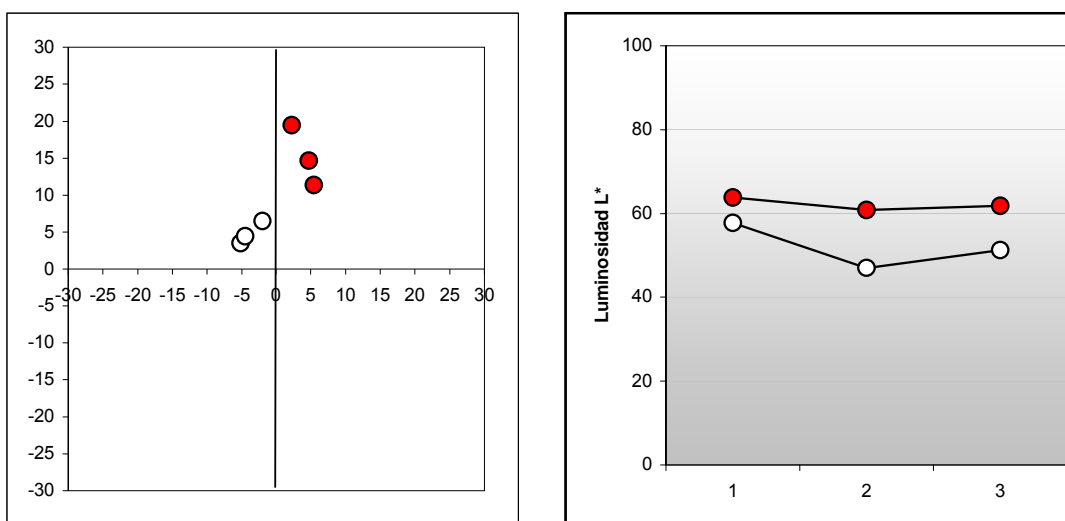


Figura 3.53. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo C (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina verde (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.53 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo C (C41, C42 y C43), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color verde. Los puntos rojos representan la

luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

En este gráfico observamos que el descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina verde es muy heterogéneo. La probeta de ensayo C42 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (47,02) y la que más ha disminuido en porcentaje, con un valor de 13,84%. La que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina es C41, descendiendo un 6,88%, siendo la más luminosa.

De todo esto deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo C, una vez aplicada la pátina verde, es heterogénea. Por otra parte, la desviación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es tan solo 16,96, de lo que se deduce la alta heterogeneidad lumínica entre las tres.

La tabla 3.26 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (C41, C42 y C43). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo C41 con un valor del 63,9% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 57,8% y siendo también la que menos ha reducido su porcentaje (6,88%). La muestra C42, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 60,86, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 47,02%; su valor lumínico es así el de mayor descenso, con el 18,84%. La probeta de ensayo C43, por otra parte, ha tenido un descenso del 10,58%.

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD), indica que existe poca diferencia lumínica entre estas tres muestras. La C43 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (4,68). La muestra C41 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (3,46), siendo por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

C41 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la C43, según su desviación colorimétrica. Con respecto al color verde tomado en la pátina, la muestra C41 es la más verde.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.26, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.26 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo C, sin pátina y tras la aplicación de la pátina verde. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
C41	64,8	2,2	19,5	C41	59,7	-5,9	3,6
C41	62,9	3,1	18,8	C41	51,7	-4,6	2,8
C41	62,8	2,6	18,5	C41	63,4	-6,5	3,3
C41	64,7	3	20,8	C41	54,4	-3,9	4,5
C41	64,3	0,3	19,6	C41	59,8	-5	3,3
MEDIA	63,9	2,24	19,44	MEDIA	57,8	-5,18	3,5
STD	0,9772	1,1415	0,8905	STD	4,6835	1,033	0,6285
C42	62,5	4,7	14,7	C42	42	-4,7	3,6
C42	62,2	5,1	13,4	C42	48,3	-5,8	3,6
C42	63,1	3,8	14,2	C42	45,6	-3,3	4,9
C42	57,4	4,1	15,5	C42	51,3	-4,3	5,6
C42	59,1	5,8	15,7	C42	47,9	-4,4	4,5
MEDIA	60,86	4,7	14,7	MEDIA	47,02	-4,5	4,44
STD	2,4785	0,7969	0,946	STD	3,4622	0,8972	0,862
C43	60,1	6,8	11	C43	46,8	-0,6	8,4
C43	62,8	6,2	10	C43	54,5	-1,8	7,6
C43	61,6	3,7	13,1	C43	49,9	-2,7	5,5
C43	62,1	5,2	10,8	C43	56	-3,1	4,5
C43	62,8	5,2	12,1	C43	49,3	-1,7	6,4
MEDIA	61,88	5,42	11,4	MEDIA	51,3	-1,98	6,48
STD	1,1167	1,1798	1,2104	STD	3,8256	0,9731	1,5675

Pátina verde, aleación tipo D

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.54 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (D41, D42 y D43) es decir, con el color de la propia aleación tipo D. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color verde, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

De este gráfico lo que más destaca de las muestras ya patinadas en verde, es su heterogeneidad, similar a la de las probetas de ensayo patinadas en verde de la aleación C. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras es muy reducido, oscilando entre 4,6 y 3,04. El valor en el eje del color verde en las tres probetas de ensayo, tiene una oscilación entre el valor -4,02 y -6,12.

Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante del amarillo-verdoso, por lo que podemos hablar de tonos verdes. De las tres, destaca una muestra que situándose en el eje verde, podemos concluir que su color es verde puro.

En lo referente al color, las muestras tienen la saturación y el color verde que eran el objetivo de esta pátina. Podemos pues concluir diciendo que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

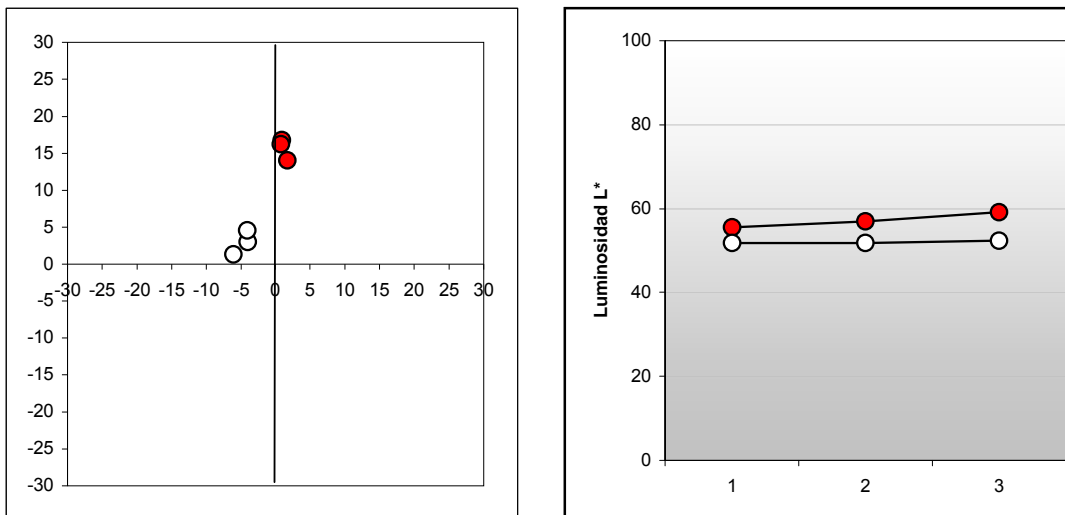


Figura 3.54. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo D (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina verde (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.54 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo D (D41, D42 y D43), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color verde. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

En este gráfico observamos el escaso descenso de la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina verde. Las probetas de ensayo D41 y

D42, coinciden en sus valores y son las de menor valor lumínico de las tres muestras (51,9). La que más ha disminuido en porcentaje es D43 con un 6,76%, siendo la más luminosa. La que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina es D41, descendiendo tan solo un 3,66%. De todo esto deducimos que la luminosidad de cada una de las muestras tipo D, una vez aplicada la pátina verde, es homogénea y alta para su color. Por otra parte, la desviación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es solamente 3,10%, de lo que se deduce la homogeneidad lumínica entre las tres.

La tabla 3.27 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (D41, D42 y D43). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo D43 con un valor de 59,14% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 52,38%; siendo por otro lado la que más ha reducido su porcentaje (6,76%).

La muestra D41, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 55,56, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 51,9; por tanto, su valor lumínico es el de menor descenso, con tan solo el 3,66%. La probeta de ensayo D42, por otra parte, ha tenido un descenso del 5,14%.

La desviación estándar (STD), del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que existe poca diferencia lumínica entre estas tres muestras. La D43 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (2,92). La muestra D41, por el contrario, es la que menos desviación del valor L^* tiene, (1,51), siendo por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

D42 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la D41, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color verde tomado en la pátina, existe poca variación entre las tres probetas de ensayo.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.27, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.27 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo D, sin pátina y tras la aplicación de la pátina verde. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
D41	55,9	0,2	16,1	D41	52,3	-2,8	5,5
D41	55,1	1,1	16,4	D41	50,4	-3,7	1,7
D41	55,1	1	18,2	D41	50,7	-4,7	2,9
D41	55,1	1,4	16,7	D41	54,2	-4,8	2,5
D41	56,6	1	16,7	D41	51,9	-4,1	2,6
MEDIA	55,56	0,94	16,82	MEDIA	51,9	-4,02	3,04
STD	0,6768	0,445	0,8106	STD	1,5116	0,8167	1,445
D42	57,7	2,5	13,7	D42	59	-6,5	1
D42	56,6	1,3	13,8	D42	56,3	-6,8	1,8
D42	56,2	1,8	13,4	D42	59,1	-6,7	1,5
D42	57,9	1,2	14,2	D42	56,9	-5,5	0,7
D42	56,8	1,8	15,3	D42	53,6	-5,1	1,6
MEDIA	57,04	1,72	14,08	MEDIA	56,98	-6,12	1,32
STD	0,7301	0,5167	0,7396	STD	2,2621	0,7694	0,455
D43	60,6	-0,9	17,5	D43	49,7	-4,1	4,4
D43	57	0,7	16	D43	53	-4,9	4,5
D43	57,4	0,9	16,6	D43	49,5	-2,7	5,6
D43	62,3	1,2	15,5	D43	56,6	-4,4	4,4
D43	58,4	2,1	15,4	D43	53,1	-4,6	4,1
MEDIA	59,14	0,8	16,2	MEDIA	52,38	-4,14	4,6
STD	2,2512	1,0909	0,8689	STD	2,9235	0,8562	0,5788

Pátina verde, aleación tipo E

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.55 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (E41, E42 y E43) es decir, con el color de la propia aleación tipo E. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color verde, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

De este gráfico lo que más destaca de las muestras ya patinadas en verde, es la heterogeneidad existente entre las tres; de hecho esta aleación es la de mayor heterogeneidad entre sus probetas de ensayo. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras es muy reducido, oscilando entre 2,72 y 5,58. El valor en el eje del color verde en las tres es más elevado, oscilando entre los valores -5,7 y -10,96.

Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante del amarillo-verdoso, por debajo de la diagonal amarilla-verde, por lo que podemos hablar de pátinas con más intensidad de verde que de amarillo.

En lo referente al color, las muestras tienen la saturación y el color verde que eran el objetivo de esta pátina. Podemos pues concluir diciendo que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

El gráfico derecho de la figura 3.55 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (E41, E42 y E43), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color verde. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

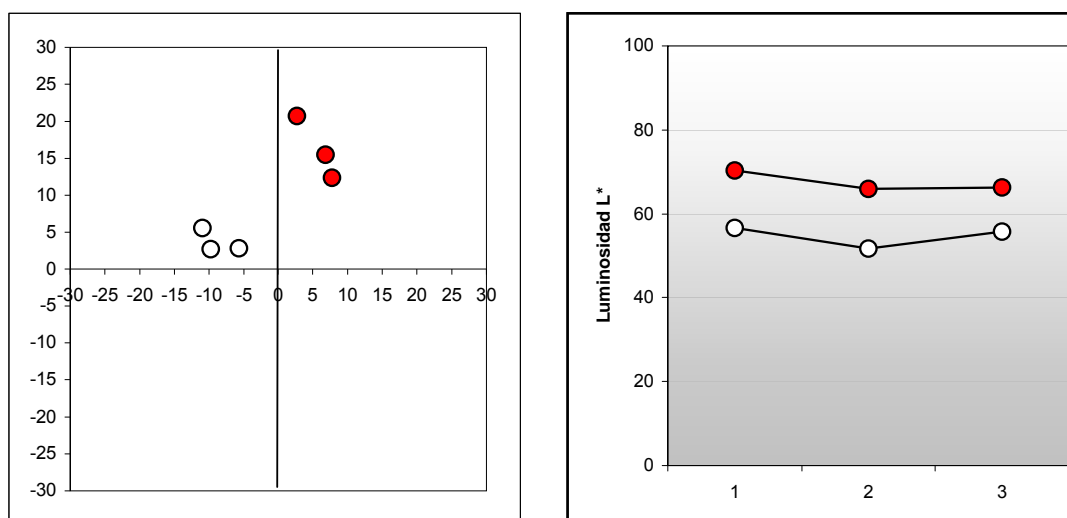


Figura 3.55. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo E (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina verde (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Observamos que la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina verde ha descendido. La probeta de ensayo E42 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (51,8%) y la que más ha disminuido en porcentaje, con un 14,12%. La más luminosa es E41, con un valor de luz de un 56,7%. La que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina es E43, descendiendo un 10,52%.

De todo esto deducimos que la luminosidad de las muestras tipo E, una vez aplicada la pátina verde, es homogénea y alta para su color. Por otra parte, la desviación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es solamente 3,60%, de lo que se deduce la homogeneidad lumínica entre las tres.

La tabla 3.28 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (E41, E42 y E43). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo E41 con un valor de 70,36% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 56,7%, reduciendo su luminosidad un porcentaje del 13,66%.

La muestra E43, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 66,3, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 55,78; su valor lumínico es el de menor descenso, con tan solo un 10,52%. La probeta de ensayo E42, por el contrario, ha tenido el mayor descenso lumínico de las tres, con un 14,12%.

La desviación estándar (STD), del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que existe poca diferencia lumínica entre estas tres muestras. La E43 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (4,34), siendo la muestra E42 la de menor desviación del valor L^* (1,11) y por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

E41 es la muestra más homogénea, siendo E43 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color verde tomado en la pátina, existe poca variación entre las tres probetas de ensayo, siendo E42 la más verde de todas.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.28, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.28 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo E, sin pátina y tras la aplicación de la pátina verde. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
E41	70,2	11,9	10	E41	58,1	-5,3	0,7
E41	71,7	5,4	16,1	E41	56,8	-6,9	3,4
E41	70	7,4	16	E41	55,5	-4,9	3,5
E41	68,7	4,7	19,5	E41	55,5	-5,6	4
E41	71,2	4,9	15,8	E41	57,6	-5,8	2,7
MEDIA	70,36	6,86	15,48	MEDIA	56,7	-5,7	2,86
STD	1,1632	3,0138	3,4259	STD	1,1895	0,7517	1,2934
E42	65	6,9	16,8	E42	50,8	-9,2	5,5
E42	66,8	0,8	22,4	E42	53,4	-13,3	5,9
E42	67,1	0,8	22,5	E42	51,6	-12,2	4,7
E42	65,1	2,6	20,4	E42	50,8	-11	5,2
E42	65,6	2,4	21,5	E42	52,4	-9,1	6,6
MEDIA	65,92	2,7	20,72	MEDIA	51,8	-10,96	5,58
STD	0,9731	2,498	2,3488	STD	1,1136	1,842	0,719
E43	64,2	8,6	14,2	E43	56,8	-11,2	2,4
E43	65,6	8	12,2	E43	52,6	-8	1,3
E43	66,8	7,4	12,2	E43	51,8	-8,5	5
E43	66,9	6,5	12	E43	62,7	-11,5	2,2
E43	68	8,4	11,2	E43	55	-9,5	2,7
MEDIA	66,3	7,78	12,36	MEDIA	55,78	-9,74	2,72
STD	1,4491	0,8497	1,1082	STD	4,3442	1,5694	1,3773

Pátina verde, aleación tipo H

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.56, representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (H41, H42 y H43) es decir, con el color de la propia aleación tipo H. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color verde, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Del gráfico lo más reseñable de las muestras ya patinadas en verde, es que la heterogeneidad existente entre las tres no es demasiado importante. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras es muy reducido, oscilando entre 1,46 y 4,2. El valor en el eje del color verde, es un poco más elevado en las tres, teniendo una oscilación entre -4,04 y -6,66.

Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante del amarillo-verdoso, una por debajo de la diagonal amarilla-verde y dos encima de ella. Por todo ello podemos decir que nos encontramos con dos probetas de ensayo con pátina verde, de igual intensidad entre el color verde y el amarillo y una tercera con mayor intensidad de verde que de amarillo.

Las muestras tienen la saturación y el color verde que eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

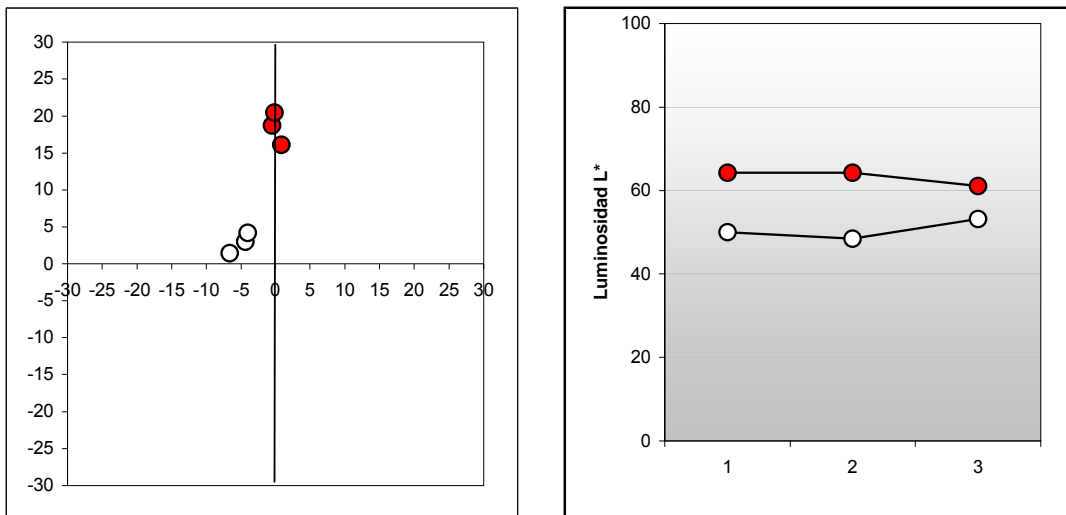


Figura 3.56. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina verde (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.56 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo H (H41, H42 y H43), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color verde. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Observamos que la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina verde ha descendido. La probeta de ensayo H42 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (48,56%) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 15,7%. La más luminosa es H43, con un valor de luz de un 53,2%, siendo también la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina (sólo un 7,88%).

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo H, una vez aplicada la pátina verde, es media. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es alto 16,36%, lo que nos muestra la heterogeneidad lumínica entre las tres.

La tabla 3.29 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviaciones estándar correspondientes a las tres probetas de ensayo (H41, H42 y H43). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo H43 con un valor de 61,08% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 53,2%, siendo la que menos ha reducido su porcentaje (7,88%).

La muestra H41, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 64,32, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 50,08, descendiendo su valor lumínico el 10,52%. La probeta de ensayo H42, por otra parte, es la de menor luminosidad (48,56%) y la que ha tenido el mayor descenso, (un 15,702%).

La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo, indica que existe mayor diferencia lumínica entre estas tres muestras que en otras aleaciones. La H43 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (4,72), mientras que H41 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (1,9), siendo por tanto la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

H41 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la H43, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color verde tomado en la pátina, existe poca variación entre las tres probetas de ensayo, siendo H43 la más verde.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.29, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.29 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo H, sin pátina y tras la aplicación de la pátina verde. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
H41	65,4	-0,8	20,8	H41	52,4	-4,7	3
H41	62,5	-0,7	18,4	H41	51,4	-4,5	3,7
H41	64,5	0	17,6	H41	49,4	-4,2	2,9
H41	63,8	-0,5	18,3	H41	47,4	-4	2,6
H41	65,4	-0,2	18,5	H41	49,8	-4,5	3
MEDIA	64,32	-0,44	18,72	MEDIA	50,08	-4,38	3,04
STD	1,2194	0,3362	1,2153	STD	1,9267	0,2775	0,4037
H42	63,6	0,1	21	H42	52,5	-5,8	2,6
H42	64	-1,3	20,5	H42	50,5	-5	4,2
H42	64,5	1,2	20,7	H42	47,2	-3,4	4,3
H42	65,7	-1,2	20,8	H42	45,3	-2,5	4,9
H42	63,5	0,7	19,3	H42	47,3	-3,5	5
MEDIA	64,26	-0,1	20,46	MEDIA	48,56	-4,04	4,2
STD	0,8961	1,1203	0,6731	STD	2,8876	1,3315	0,9618
H43	57,5	0,4	14,9	H43	46,9	-3,4	3,6
H43	63,5	2,6	16,6	H43	58,3	-11,3	0,8
H43	63,5	0	17	H43	51,4	-3,9	1,6
H43	57,5	0,2	15,2	H43	57,5	-8,5	0,3
H43	63,4	1,2	16,9	H43	51,9	-6,2	1
MEDIA	61,08	0,88	16,12	MEDIA	53,2	-6,66	1,46
STD	3,2683	1,064	0,9935	STD	4,7202	3,2929	1,2837

Pátina azul, sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H).

En el gráfico izquierdo de la figura 3.57, nos encontramos ante la formación de una nube de puntos. El 90% de las muestras se ubican dentro del cuadrante verde-azul y un 10% en el cuadrante amarillo-verde. De este 10%, sólo tres muestras se despegan levemente del eje verde; el resto se sitúan en el eje o pegado a él, por lo que estas muestras son verdes puras. El 90% de las probetas de ensayo son azules- verdosas, (ya que están en el cuadrante verde-azul) y se abren en abanico desde el eje verde hasta la diagonal verde-azul, por lo que, salvo las muestras que están en la diagonal, el resto tienen más color verde que azul.

Las muestras en general son heterogéneas, según se deduce al observar la nube de puntos del gráfico, aunque es en la zona central donde existe mayor concentración de puntos, por lo que estas muestras son más homogéneas. Por otra parte, el valor máximo del eje de los verdes, sería de -14 y el valor máximo del eje de los azules -10, tratándose por tanto de un color con más contenido en color verde que de azul, como ya hemos visto.

De todo esto, cabe deducir que la pátina azul en la mayoría de las muestras es cubriente, aunque el 90% de las muestras sean azul verdosas y un 10% verdes. Se puede decir que esta pátina ha alcanzado satisfactoriamente los objetivos previstos, porque posiblemente estos tonos sean los únicos que se puedan obtener con los químicos existentes actualmente, sin utilizar pigmentos. De todo ello podemos concluir que los resultados obtenidos, en general son satisfactorios.

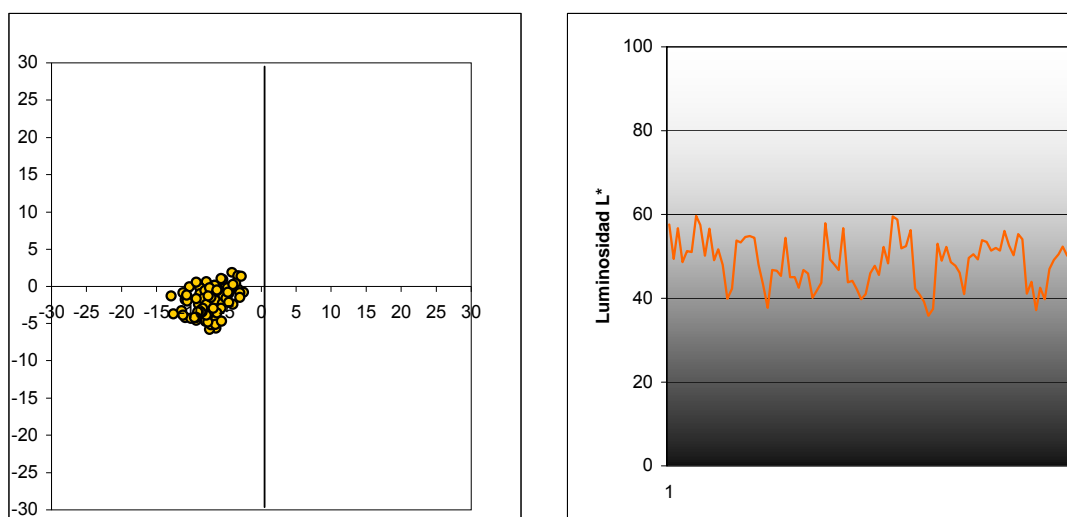


Figura 3.57, Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con pátina azul sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.57, nos muestra que la luminosidad de las probetas de ensayo tras la patinación de color azul sobre las seis aleaciones diferentes, es extremadamente heterogénea, siendo de hecho la más heterogénea, en cuanto a luminosidad, de todos los colores. Los valores de luminosidad oscilan entre un mínimo del 37% y un máximo del 60%, siendo la media exactamente del 48,55%. Esta media lumínica es mayor que la de la pátina roja (36,18%) y prácticamente igual que la de la verde (49,85%). Estos datos son realmente interesantes, pues teóricamente el rojo y verde siendo

puros, tienen la misma luminosidad y el color azul disminuye su intensidad lumínica. Podemos concluir diciendo, que las probetas de ensayo con pátina azul, tienen una luminosidad media y que no es absorbida del mismo modo, tanto en lo referente al color, como lumínicamente, por las distintas aleaciones. En esta pátina, no podemos hablar de grupos de valores con grandes diferencias y únicamente el grupo de probetas de ensayo de la aleación A, es más homogénea y luminosa, diferenciándose del resto de aleaciones, cuya heterogeneidad es mucho mayor y muy similaro; (obsérvese la gran oscilación existente entre las probetas de ensayo de las aleaciones B, C, D, E Y H).

Pátina azul, aleación tipo A

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.58, representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (A51, A52 y A53) es decir, con el color de la propia aleación tipo A. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color azul, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más destacable del gráfico con respecto a las muestras ya patinadas en color azul, es que la heterogeneidad existente entre las tres es pequeña. El valor en el eje de los azules de las tres muestras es muy reducido, oscilando entre -1,48 y -0,72. El valor en el eje del color verde, es más elevado en las tres, teniendo una oscilación entre -5,08 y -9,02. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante verde-azul, por encima de la diagonal (donde se encuentran los verdes y azules a partes iguales), por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color verde-azulado, con un mayor grado de color verde. Las muestras no tienen la saturación y el color azul exacto que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, pero sí que tienen un azul-verdoso, que posiblemente es el único que se pueda obtener actualmente con productos químicos, sin usar pigmentos. Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son satisfactorios.

El gráfico derecho de la figura 3.58 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo A (A51, A52 y A53), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color azul. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Destacamos en el gráfico, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina azul ha descendido. La probeta de ensayo A53 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (46,18%) así como la que más ha disminuido en porcentaje, con un 25,6%. La

más luminosa es A52, con un valor de luz de un 55,04%, siendo A51 la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina, descendiendo sólo un 16,32%.

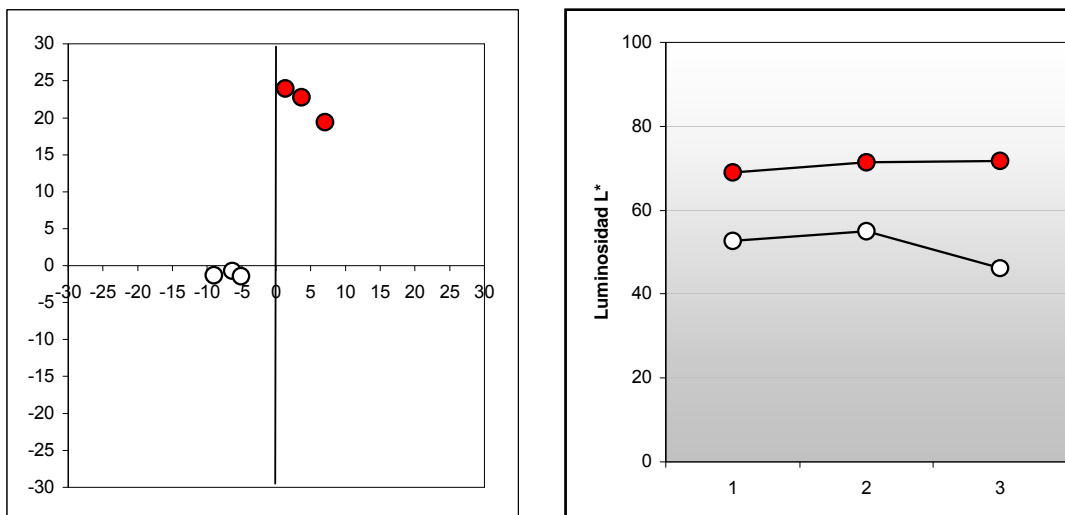


Figura 3.58. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo A (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina azul (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo A, una vez aplicada la pátina azul, es media. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo no es muy alto (8,86%), pero sí indica la existencia de heterogeneidad lumínica entre las tres muestras.

La tabla 3.30 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (A51, A52 y A53). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son: Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo A52 con un valor de 71,4% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 55,04%. La muestra A51, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 69,08, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 52,76, descendiendo su valor lumínico el 16,32%. La probeta de ensayo A53, por otra parte, es la de menor luminosidad (46,18%) y la que ha tenido el mayor descenso con un 25,6%. La desviación estándar del valor L* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica que existe poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La A53 es la

muestra que mayor desviación tiene de las tres (4,93), mientras que A51 es la que menos desviación del valor L* tiene, (4,17), siendo la más homogénea de las tres, pero con muy poca diferencia.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son: A53 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la A52, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color azul tomado en la pátina, existe poca variación entre las tres probetas de ensayo. La probeta de ensayo A53 es la más azul, mientras que A51 es la menos azul de las tres.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.30, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a*, b* y L*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.30 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo A, sin pátina y tras la aplicación de la pátina azul. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
A51	68,9	4,7	22,2	A51	57,6	-7,9	0,6
A51	68,5	4,2	21,7	A51	49,4	-4,6	-0,6
A51	68,9	2,9	22,8	A51	56,8	-8,1	-0,6
A51	70,2	3,1	24,2	A51	48,7	-5,4	-1,9
A51	68,9	3,3	23	A51	51,3	-5,8	-1,1
MEDIA	69,08	3,64	22,78	MEDIA	52,76	-6,36	-0,72
STD	0,6496	0,7733	0,9445	STD	4,1729	1,5598	0,9094
A52	69,7	9,6	15,3	A52	51,1	-6,8	-2,7
A52	71,8	4,9	23,6	A52	59,7	-10,3	-0,1
A52	71,6	6,9	18,1	A52	57,5	-10,9	-1,8
A52	72,4	6,7	18,9	A52	50,2	-8,8	-0,2
A52	71,5	7	21	A52	56,7	-8,3	-1,8
MEDIA	71,4	7,02	19,38	MEDIA	55,04	-9,02	-1,32
STD	1,0124	1,6784	3,1204	STD	4,1675	1,6331	1,13
A53	69,4	2,9	24,5	A53	49,1	-6,5	-1,9
A53	73,1	0,2	23,6	A53	51,7	-6,6	-1,9
A53	72,4	-0,3	23,9	A53	48	-5	-1,8
A53	71,3	2,6	23,5	A53	39,9	-2,6	-0,8
A53	72,7	1,4	24,3	A53	42,2	-4,7	-1
MEDIA	71,78	1,36	23,96	MEDIA	46,18	-5,08	-1,48
STD	1,489	1,4153	0,4336	STD	4,9393	1,63	0,5357

Pátina azul, aleación tipo B

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.59 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (B51, B52 y B53) es decir, con el color de la propia aleación tipo B. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color azul, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más reseñable del gráfico con respecto a las muestras ya patinadas en color azul, es la heterogeneidad existente entre las tres, aunque dos de ellas son más homogéneas. El valor en el eje de los azules-amarillos de las tres muestras, oscila entre -4,06 y 0,1. El valor en el eje del color verde, es más elevado en las tres, teniendo una oscilación entre -4,64 y -9,14. Dos de las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante verde-azul, por encima de la diagonal donde se encuentran los verdes y azules a partes iguales, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color verde-azulado, con mayor grado de color verde; una de estas dos es verde casi puro, pues solo tiene -1 de azul. La tercera muestra se sitúa encima del eje verde, por lo que verde pura.

Las muestras no tienen la saturación y el color azul que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, sólo una de ellas tiene más intensidad de azul. Por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos no son totalmente satisfactorios.

El gráfico derecho de la figura 3.59 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo B (B51, B52 y B53), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color azul. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. En el gráfico destacamos, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina azul ha descendido. La probeta de ensayo B52 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (44,42%) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 17,28%. La más luminosa es B51, con un valor de luz de un 54,26% siendo la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, descendiendo sólo un 8,4%.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo B, una vez aplicada la pátina azul, es media. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo no es muy alto (9,84%), pero sí indica la existencia de heterogeneidad lumínica entre las tres muestras.

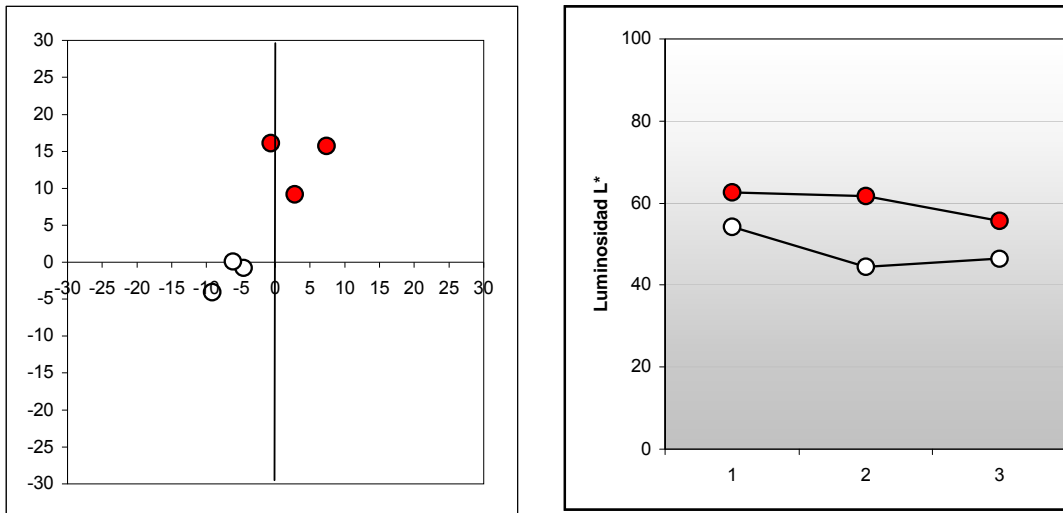


Figura 3.59. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo B (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina azul (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

La tabla 3.31 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (B51, B52 y B53).

Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son: Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo B51 con un valor de 62,66% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 54,26%. La muestra B53, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 55,74, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 46,46, descendiendo su valor lumínico el 9,28%. La probeta de ensayo B52, es la de menor luminosidad (44,42%) y la que ha tenido el mayor descenso con un 17,28%. La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica la existencia de heterogeneidad en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La B53 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (4,63), La muestra B51 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,63), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son: B51 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la B52, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color azul tomado en la pátina, existe poca variación entre las tres probetas de ensayo. La probeta de ensayo B51 es la más azul y la muestra B53, es verde.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.31, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.31 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo B, sin pátina y tras la aplicación de la pátina azul. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
B51	62,9	0,4	14,1	B51	53,8	-8,2	-4,2
B51	60	3,8	7,4	B51	53,4	-8,4	-3,9
B51	63	3,7	8,6	B51	54,7	-9,3	-4,6
B51	63	3,5	8,6	B51	54,9	-10,9	-4,2
B51	64,4	2,6	7,1	B51	54,5	-8,9	-3,4
MEDIA	62,66	2,8	9,16	MEDIA	54,26	-9,14	-4,06
STD	1,6118	1,423	2,8448	STD	0,6348	1,0738	0,445
B52	60,6	7,6	13	B52	48	-6,8	0,1
B52	62,8	6,3	19,5	B52	43,2	-3,4	-0,4
B52	61,8	9,5	15,8	B52	37,7	-3,1	-0,9
B52	61,1	6,2	16,5	B52	46,7	-5	-1,6
B52	62,2	7,2	13,8	B52	46,5	-4,9	-1
MEDIA	61,7	7,36	15,72	MEDIA	44,42	-4,64	-0,76
STD	0,8718	1,3353	2,5489	STD	4,153	1,4809	0,6427
B53	55,8	0,5	16,1	B53	45,3	-5,7	0,6
B53	57,9	-1,3	15,2	B53	54,5	-8,8	-0,2
B53	55,6	-1,6	16,3	B53	45	-5,9	0,1
B53	55,7	-0,9	17,7	B53	45	-5,8	0,3
B53	53,7	0	15,3	B53	42,5	-4,6	-0,3
MEDIA	55,74	-0,66	16,12	MEDIA	46,46	-6,16	0,1
STD	1,4876	0,8849	1,006	STD	4,635	1,5662	0,3674

Pátina azul, aleación tipo C

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.60 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (C51, C52 y C53) es decir, con el color de la propia aleación tipo C. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color azul, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente

con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo que más destaca del gráfico con respecto a las muestras ya patinadas en color azul, es la heterogeneidad existente entre las tres. Otros datos reseñables son los valores de los ejes: El valor en el eje de los azules-amarillos de las tres muestras oscila entre -4,34 y 1,18. El valor en el eje del color verde, es más elevado en las tres, teniendo una oscilación entre -3,94 y -8,52.

Dos de las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante verde-azul, por encima de la diagonal donde se encuentran los verdes y azules a partes iguales, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color verde-azulado, con mayor grado de color verde. Una de estas dos muestras es de un verde casi puro, pues sólo tiene -1,5 de azul. La tercera muestra se sitúa por encima del eje verde, con un 1,18 de color amarillo, por lo que esta probeta de ensayo es verde con un ligero tono amarillo.

Las muestras no tienen la saturación y el color azul que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina. Sólo una de ellas tiene más intensidad de azul, mientras que otra tiene aún más verde que azul y la tercera sería verde. Ante esto, podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son parcialmente satisfactorios.

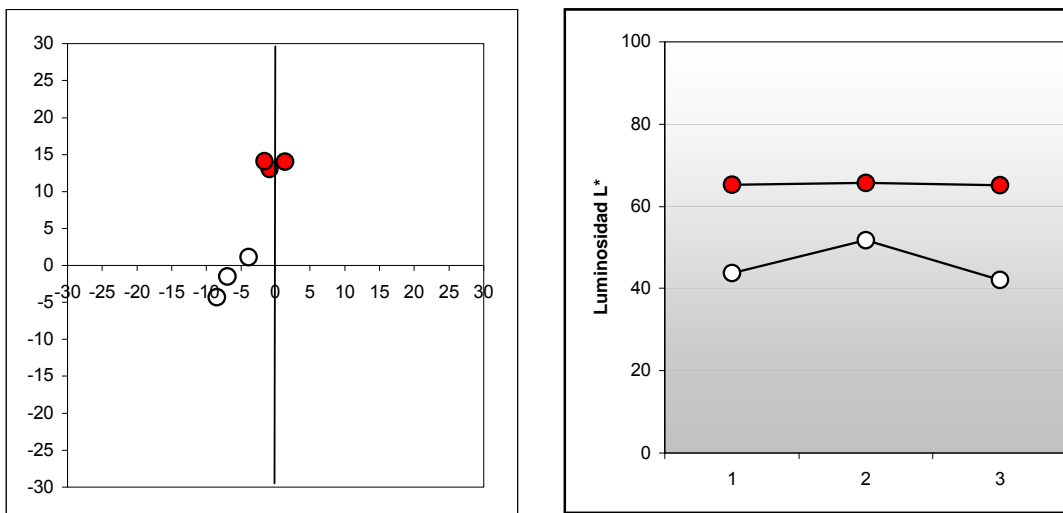


Figura 3.60. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo C (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina azul (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.60 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo C (C51, C52 y C53), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color azul. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

En el gráfico destacamos cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina azul, ha descendido y resulta más heterogénea que antes de la patinación. La probeta de ensayo C53 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (42,1%) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 23,08%. La más luminosa es C52, con un valor de luz de un 51,78% siendo la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, con un descenso de un 13,98%.

Tabla 3.32 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo C, sin pátina y tras la aplicación de la pátina azul. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
C51	66,2	-1,6	13,4	C51	46,7	-11,4	-3,3
C51	63,6	2,1	11,6	C51	45,9	-10,1	-4,3
C51	67,3	-2,7	15,3	C51	40,1	-6,5	-4,4
C51	64,6	-2,1	12,9	C51	41,9	-6,5	-5,6
C51	64,6	-0,1	12	C51	43,7	-8,1	-4,1
MEDIA	65,26	-0,88	13,04	MEDIA	43,66	-8,52	-4,34
STD	1,4724	1,9241	1,4502	STD	2,7401	2,1868	0,8264
C52	66,4	-2,6	15,1	C52	58	-9	-2,4
C52	66	-2,7	11,9	C52	49,3	-5,6	-2,3
C52	65,4	-1,3	14,1	C52	48	-5,9	-0,7
C52	65,6	-0,7	15	C52	46,8	-5,5	-1,2
C52	65,4	-0,7	14,4	C52	56,8	-8,8	-1
MEDIA	65,76	-1,6	14,1	MEDIA	51,78	-6,96	-1,52
STD	0,4336	0,9899	1,2981	STD	5,2232	1,7785	0,7791
C53	65,1	-0,4	16	C53	43,8	-5,5	0,9
C53	64,5	2,9	14,5	C53	44,1	-4,2	1,9
C53	65	0,8	12,9	C53	42	-3,4	1,4
C53	64,9	1,7	13,7	C53	39,7	-3,7	0,4
C53	66,4	2,1	13,1	C53	40,9	-2,9	1,3
MEDIA	65,18	1,42	14,04	MEDIA	42,1	-3,94	1,18
STD	0,719	1,2677	1,2602	STD	1,8775	0,9915	0,563

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo C, una vez aplicada la pátina azul, es media, aunque inferior a la de las aleaciones A y B. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es (9,68%), lo que indica la existencia de bastante heterogeneidad lumínica entre las tres muestras. La tabla 3.32 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (C51, C52 y C53).

Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son: Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo C52 con un valor de 65,76% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 51,78%, siendo la de menor descenso en luz (13,98). La muestra C51, cuya luminosidad media antes de la patinación era de 65,26, ha disminuido también su valor medio tras la pátina, siendo ahora de 43,66, descendiendo su valor lumínico el 21,6%. La probeta de ensayo C53, es la de menor luminosidad (42,1%) y la que ha tenido el mayor descenso con un 23,08%. La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica la existencia de heterogeneidad en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La C52 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (5,22), mientras que C53 es la que menos desviación del valor L^* tiene (1,87), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

C53 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la C51, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color azul tomado en la pátina, existe variación entre las tres probetas de ensayo, siendo bastante heterogéneas. La probeta de ensayo C51 es la más azul, mientras que la muestra C53, es verde.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 28, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Pátina azul, aleación tipo D

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.61, representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (D51, D52 y D53) es decir, con el color de la propia aleación tipo D. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una

vez patinadas en color azul, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más reseñable del gráfico con respecto a las muestras ya patinadas en color azul, es la heterogeneidad existente entre las tres. Otros datos a destacar serían los valores de los ejes: el valor en el eje de los azules-amarillos de las tres muestras tiene poca oscilación, (-1,72 y 0,18) mientras que el valor en el eje del color verde, es más elevado en las tres, teniendo una oscilación mayor (-4,48 y -10,2). Dos de las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante verde-azul, por encima de la diagonal donde se encuentran los verdes y azules a partes iguales, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color verde-azulado, aunque con mayor grado de color verde. Las dos tienen -1,7 de azul, pero difieren en la cantidad de verde, ya que una de ellas es verde casi puro, pues alcanza hasta -10,2 de verde. La tercera muestra se sitúa encima del eje verde y tiene un 0,18 de color amarillo, por lo que se trata de una probeta de ensayo verde puro.

Las muestras no tienen la saturación y el color azul que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina; sólo una de ellas tiene más intensidad de azul; otra tiene aún más verde que azul y la tercera es verde. Por todo ello podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son parcialmente satisfactorios.

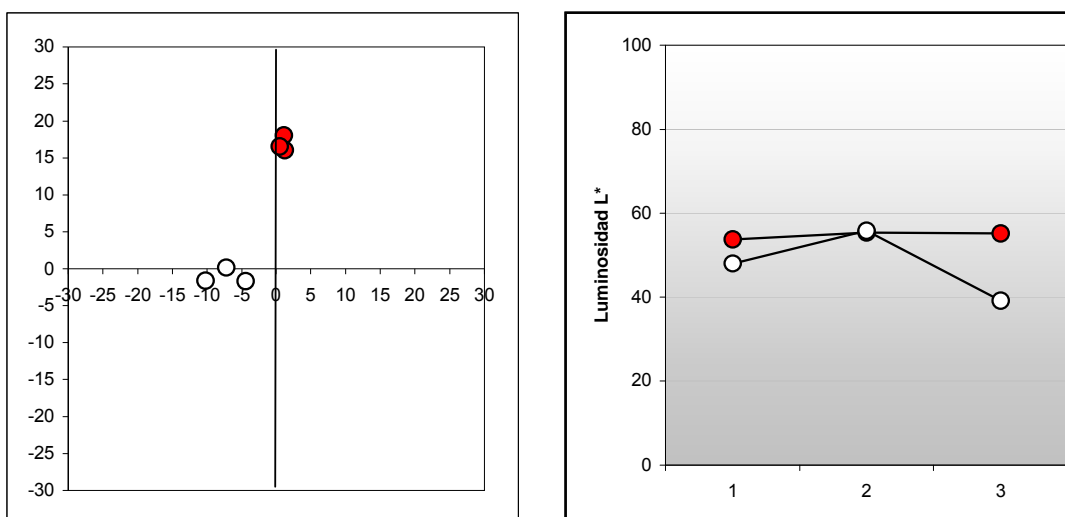


Figura 3.61. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo D (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina azul (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.61 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo D (D51, D52 y D53), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color azul. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. En este gráfico, es especialmente destacable la extrema heterogeneidad luminosa entre las muestras después de aplicarles la pátina azul. Lo más reseñable por anormal, es lo ocurrido con la muestra D52, cuya luminosidad ha aumentado, obteniendo un valor de un 51,78% y siendo la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina (aumenta un 0,34%). La probeta de ensayo D53 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (39,12%) y la que más ha disminuido también en porcentaje con un 16,06%.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo D, una vez aplicada la pátina azul, es media. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo, es alta (16,69%), lo que indica la existencia de heterogeneidad lumínica entre las tres muestras (siendo la más elevada entre las aleaciones con patina azul vistas hasta ahora).

La tabla 3.33 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (D51, D52 y D53). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo D52 con un valor de 55,5% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 55,84%, aumentando su luz un 0,34%. La muestra D51, cuya luminosidad media antes de la patinación era del 53,78%, ha disminuido su valor tras la pátina, siendo ahora del 48%, descendiendo por tanto su valor lumínico el 5,78%. La probeta de ensayo D53, es la de menor luminosidad (39,12%) y la que ha tenido el mayor descenso con un 16,06%. La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica la existencia de heterogeneidad en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La D52 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (3,5), mientras que D53 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (2,56), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

D51 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la D52, según su desviación colorimétrica, aunque no existe mucha diferencia entre las tres. Con respecto a la saturación y el color azul tomado con la pátina, existe variación entre las tres probetas de ensayo, siendo bastante heterogéneas. La probeta de ensayo D53 es la más azul, la D52 es casi verde y la muestra D51, es verde.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.33, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.33 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo D, sin pátina y tras la aplicación de la pátina azul. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
D51	52,3	0,4	19,8	D51	46	-6,4	-0,1
D51	53,9	0,1	17,3	D51	47,8	-8,1	-0,6
D51	55	1,8	17,1	D51	45,5	-5,8	1
D51	54,4	1,5	18,4	D51	52,3	-9,3	0,5
D51	53,3	2	17,5	D51	48,4	-6,7	0,1
MEDIA	53,78	1,16	18,02	MEDIA	48	-7,26	0,18
STD	1,0378	0,8562	1,1122	STD	2,6898	1,4188	0,6058
D52	57,2	1,1	17,3	D52	59,6	-12,9	-1,3
D52	54,4	1,4	15,5	D52	58,8	-11,2	-0,9
D52	55,8	1,5	17,7	D52	52	-8,4	-1,7
D52	54,3	0,9	14,6	D52	52,5	-7,9	-2,4
D52	55,8	1,5	15	D52	56,3	-10,6	-2
MEDIA	55,5	1,28	16,02	MEDIA	55,84	-10,2	-1,66
STD	1,1958	0,2683	1,3953	STD	3,5004	2,0603	0,5857
D53	54,8	1,9	16,8	D53	42,2	-5,8	-3
D53	55,1	0,7	16,3	D53	40,9	-5,1	-1,6
D53	56,2	0,3	15,8	D53	39,2	-4,3	-0,1
D53	52,9	0,4	17,1	D53	35,8	-3,1	-1,5
D53	56,9	-0,8	16,8	D53	37,5	-4,1	-2,4
MEDIA	55,18	0,5	16,56	MEDIA	39,12	-4,48	-1,72
STD	1,5287	0,967	0,5128	STD	2,5646	1,0257	1,0941

Pátina azul, aleación tipo E

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.62 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (E51, E52 y E53) es decir, con el color de la propia aleación tipo E. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color azul, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente

con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Con respecto a las muestras ya patinadas en color azul, reseñamos del gráfico la homogeneidad existente entre las tres. Otros datos a destacar, son los valores de los ejes: en este gráfico, no nos encontramos valores amarillos, mientras que el valor en el eje de los azules de las tres muestras tiene poca oscilación, (-2,96 y -4,62) y el valor en el eje del color verde, es más elevado en las tres, teniendo una oscilación menor (-7,94 y -7,28). Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante verde-azul, por encima de la diagonal donde se encuentran los verdes y azules a partes iguales, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color verde-azulado, con muy poca diferencia de tono.

Las muestras tienen la saturación y el color azul que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina. Las tres tienen una intensidad de azul importante, teniendo en cuenta los resultados obtenidos con el químico en las otras aleaciones. Aunque tienen más verde que azul, podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

El gráfico derecho de la figura 3.62 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (E51, E52 y E53), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color azul. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. En este gráfico es destacable que la diferencia lumínica entre las tres muestras después de aplicarles la pátina azul, no es demasiado importante. La muestra E53 ha disminuido su luz, siendo la más luminosa, con un valor de luz de un 52,4%. La que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina es E51, disminuyendo un 12,5%. Por último, la probeta de ensayo E52 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (47,32%).

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo E, una vez aplicada la pátina azul, es media. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo no es alta (7,48%), lo que indica la existencia de mayor homogeneidad lumínica entre las tres muestras, con respecto a las demás aleaciones vistas en la patina azul.

La tabla 3.34 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (E51, E52 y E53).

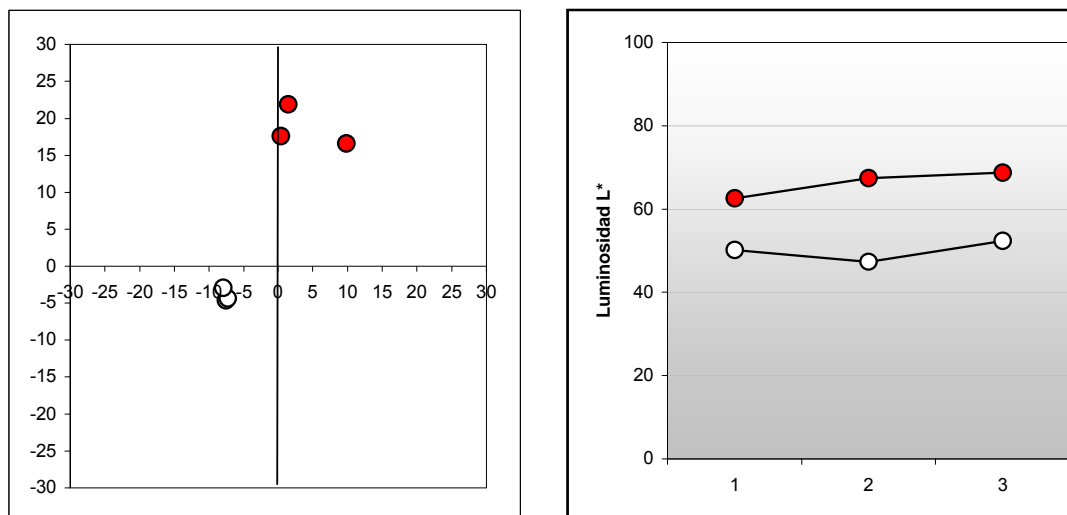


Figura 3.62. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo E (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina azul (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo E53, con un valor de 68,84% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 52,46%, disminuyendo por tanto su luz un 16,38%. La muestra E52, cuya luminosidad media antes de la patinación era del 62,4%, ha disminuido su valor después de aplicarle la pátina al 47,32%, por lo que es la de menor luminosidad, descendiendo su valor el 20,08%. La probeta de ensayo E51, es la de menor descenso en luz con un 12,5%. La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica la existencia de heterogeneidad en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La E52 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (3,9), mientras que la muestra E53 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (1,17), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

E51 es la muestra más homogénea, siendo la menos homogénea la E53, según su desviación colorimétrica, aunque no hay mucha diferencia entre las tres. Con respecto a la saturación y el color azul tomado en la pátina, no existe demasiada variación entre las tres probetas de ensayo, son bastante homogéneas.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.34, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.34 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo E, sin pátina y tras la aplicación de la pátina azul. L^* (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
E51	61,6	0,7	13,5	E51	53,1	-7,4	-5,8
E51	64,1	0,2	18,5	E51	49	-6,9	-3,5
E51	63,6	0,5	19,4	E51	52,3	-8,3	-3,9
E51	61	0,7	15,5	E51	48,7	-7,2	-5,2
E51	63,1	-0,1	21	E51	47,8	-8	-4,7
MEDIA	62,68	0,4	17,58	MEDIA	50,18	-7,56	-4,62
STD	1,3255	0,3464	3,0343	STD	2,3594	0,5771	0,9365
E52	67,2	10,3	16,4	E52	46,1	-6,6	-5,1
E52	66,5	9,5	17,3	E52	40,9	-5,7	-4,7
E52	66,8	9,6	15,7	E52	49,7	-7,7	-4,8
E52	69,5	10,3	16,7	E52	50,6	-7,9	-3,9
E52	67,3	9,5	16,8	E52	49,3	-8,5	-3,5
MEDIA	67,46	9,84	16,58	MEDIA	47,32	-7,28	-4,4
STD	1,1845	0,4219	0,5891	STD	3,9701	1,1189	0,6708
E53	68,7	1,3	21,6	E53	53,9	-8,4	-3
E53	68	0,6	21,8	E53	53,5	-9,3	-1,7
E53	70,1	0,4	23,8	E53	51,4	-8,7	-3,5
E53	68,6	0,7	20,8	E53	52,1	-6,4	-3,6
E53	68,8	4,4	21,4	E53	51,4	-6,9	-3
MEDIA	68,84	1,48	21,88	MEDIA	52,46	-7,94	-2,96
STD	0,7701	1,6664	1,1367	STD	1,176	1,2341	0,757

Pátina azul, aleación tipo H

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.63 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (H51, H52 y H53) es decir, con el color de la propia aleación tipo H. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color azul, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente

con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado. Lo más reseñable del gráfico con respecto a las muestras ya patinadas en color azul, es la heterogeneidad existente entre las tres. Otros datos a destacar son los valores de los ejes: El valor en el eje de los azules-amarillos de las tres muestras tiene poca oscilación (-0,8 y -3,9) y aunque no tenga valores positivos (es decir color amarillo), está muy cerca del valor cero. El valor en el eje del color verde, es más elevado en las tres y presenta mayor oscilación que en el otro eje (-5,22 y -10,36).

Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante verde-azul, por encima de la diagonal donde se encuentran los verdes y azules a partes iguales, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color verde-azulado, con mayor grado de color verde. Dos de las muestras son verdes puras, teniendo la misma cantidad de azul (-0,8, muy escasa), pero difieren en la cantidad de verde, una de estas es verde más saturada, pues alcanza hasta -10,36 de verde.

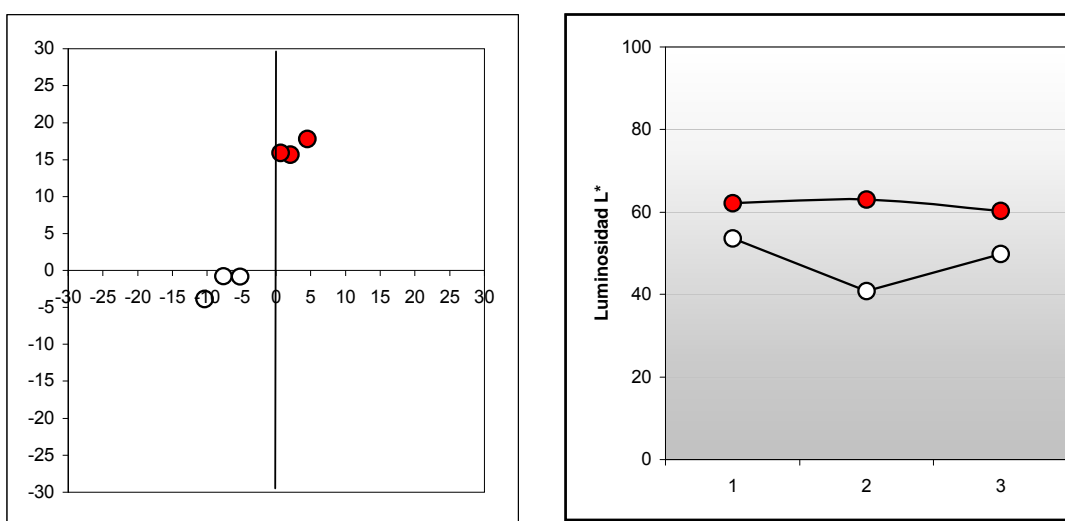


Figura 3.63. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina azul (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Las muestras no tienen la saturación y el color azul que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina; sólo una de ellas tiene más intensidad de azul, mientras que las otras dos tienen más verde que azul. Por todo esto podemos

concluir diciendo que los resultados obtenidos, teniendo en cuenta el reactivo usado, son satisfactorios.

El gráfico derecho de la figura 3.63 representa, la luminosidad de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo H (H51, H52 y H53), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color azul. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. En este gráfico es especialmente destacable, la extremada heterogeneidad entre las muestras después de aplicarles la pátina azul. La muestra H51 ha aumentado su luz, siendo la más luminosa, con un valor de 53,68% siendo la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, (disminuyendo un -8,48%). La probeta de ensayo H52 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (40,84%) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 22,28%.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo H, una vez aplicada la pátina azul, es media. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es alta (13,8%), lo que indica la existencia de heterogeneidad lumínica entre las tres muestras.

La tabla 3.35 nos muestra las cinco mediciones, la media de cada muestra y la desviación estándar correspondiente a las tres probetas de ensayo (H51, H52 y H53). Las conclusiones más relevantes derivadas de la observación de esta tabla son:

Con respecto a la luminosidad, la probeta de ensayo H51, con un valor de 62,16% antes de su patinación, es la más luminosa tras ser patinada, pasando a tener un valor de 53,68%, siendo así la que menos ha disminuido su luz (un 8,48%). La muestra H53, cuya luminosidad media antes de la patinación era del 60,32%, ha disminuido su valor tras la pátina, siendo su luz ahora del 49,88%, descendiendo por tanto su valor lumínico el 10,44%. La probeta de ensayo H52 es la de menor luminosidad, teniendo también el mayor descenso en luz, (un 22,28%).

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica la existencia de heterogeneidad en la desviación lumínica entre estas tres muestras, aunque hay que añadir que esta aleación es la de menor desviación de la pátina azul. La H52 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (2,62); por el contrario la muestra H53 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (1,98), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto al color, las conclusiones más destacables son:

H53 es la muestra más homogénea, siendo H52 por el contrario la menos homogénea según su desviación colorimétrica, aunque no hay mucha diferencia

entre las tres. Con respecto a la saturación y el color azul tomado en la pátina, las muestras son heterogéneas ya que existe variación entre las tres probetas de ensayo. La probeta de ensayo H53 es la más azul, mientras que H52 y H51 son casi verdes.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.35, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores a^* , b^* y L^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.35 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo H, sin pátina y tras la aplicación de la pátina azul. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
H51	62,8	2,1	16,4	H51	56,1	-10,7	-1,2
H51	62,2	3,4	14	H51	52,6	-7,4	-0,2
H51	63,4	2,4	15,7	H51	50,3	-6,3	-0,6
H51	61,2	0,3	16,7	H51	55,3	-7,2	-1,5
H51	61,2	2,1	15,7	H51	54,1	-6,4	-0,5
MEDIA	62,16	2,06	15,7	MEDIA	53,68	-7,6	-0,8
STD	0,9737	1,1194	1,0464	STD	2,3048	1,7986	0,5339
H52	65	-0,5	17,3	H52	41	-4,9	-0,2
H52	64	-0,5	17,7	H52	43,9	-7,6	-1,3
H52	61,4	1,4	14,8	H52	37,1	-4,1	0,2
H52	62,4	2,6	13,1	H52	42,5	-4,7	-2,2
H52	62,8	0,3	16,8	H52	39,7	-4,8	-0,8
MEDIA	63,12	0,66	15,94	MEDIA	40,84	-5,22	-0,86
STD	1,4043	1,3353	1,9398	STD	2,6188	1,3664	0,9423
H53	60,9	5,2	18,2	H53	47	-9,1	-3,5
H53	60,1	3,6	17,3	H53	49,2	-9,3	-4,2
H53	59,3	5,2	17,9	H53	50,6	-11,2	-3,9
H53	60	4	17,6	H53	52,4	-12,6	-3,7
H53	61,3	4,5	17,8	H53	50,2	-9,6	-4,2
MEDIA	60,32	4,5	17,76	MEDIA	49,88	-10,36	-3,9
STD	0,7887	0,7141	0,3362	STD	1,9829	1,501	0,3082

Pátina color pardo, sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H)

Nos encontramos ante una alineación de puntos en el gráfico izquierdo de la figura 3.64, cuya parte inferior presenta mayor dispersión. El 100% de las muestras se ubican dentro del cuadrante amarillo-rojo. De este 100%, el 10% se encuentra por debajo de la diagonal naranja, con lo que estas muestras son más rojas que amarillas y podemos hablar de naranjas rojizos. El otro 90% de muestras se ubican sobre la diagonal naranja, siendo así mayor la cantidad de color amarillo que de rojo, por lo que las muestras son naranjas amarillentas.

Las muestras en general son heterogéneas, según se deduce al observar la nube de puntos del gráfico, aunque es en la zona central donde existe mayor concentración de puntos, por lo que estas muestras son más homogéneas.

Con respecto a los valores de los ejes, el valor máximo del eje de los amarillos, sería 22 y el mínimo 6; el valor máximo del eje de los rojos es 12,5 y el mínimo 4, tratándose por tanto de colores con más contenido de amarillo que de rojo. Deducimos de esto que las muestras pardas son en un 90% amarillentas y en un 10% rojizas. Cabe deducir que la pátina de color pardo, en la mayoría de las muestras es cubriente, pero no es homogénea. Esto es lógico, dado que la forma de absorción del producto químico usado en la pátina, es distinta según el tipo de aleación. Por todo esto podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son satisfactorios.

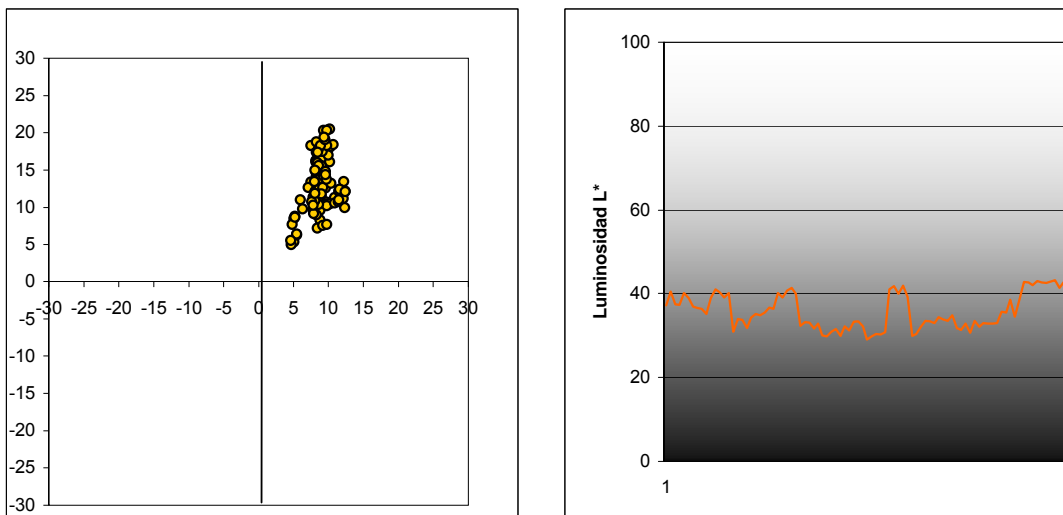


Figura 3.64, Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con pátina parda sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico derecho de la figura 3.64 nos muestra que la luminosidad de las probetas de ensayo tras la patinación del color pardo, sobre las seis aleaciones diferentes, es heterogénea y baja, (de hecho es la más baja en luz de todos los colores hasta ahora vistos). Los valores de luminosidad oscilan entre un mínimo del 29% y un máximo del 43,2%, siendo la media global de todas las mediciones del valor L^* , exactamente del 35,71%. Podemos concluir diciendo, que las probetas de ensayo con pátina color pardo, tienen una luminosidad baja y que no es absorbida del mismo modo, tanto en lo referente al color, como lumínicamente, por las distintas aleaciones. En este gráfico, podemos distinguir seis grupos diferenciados de valores, (correspondientes a las seis aleaciones A, B, C, D, E Y H) con grandes heterogeneidades en algunos, como es el caso de la aleación D.

Pátina parda, aleación tipo A

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.65 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar (A61, A62 y A63) es decir, con el color de la propia aleación tipo A. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color pardo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, (representándose en el gráfico con puntos blancos). Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más destacable del gráfico de color, con respecto a las muestras ya patinadas en color pardo, es que la heterogeneidad existente entre las tres es pequeña, sobre todo en dos de las muestras, en la que es imperceptible. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras es reducido, oscilando entre 14,38 y 17,5. El valor en el eje del color rojo, es más reducido en las tres, teniendo una oscilación entre 8,06 y 10,24. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal donde se encuentran los rojos y amarillos a partes iguales, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina anaranjada con mayor grado de color amarillo. Las muestras tienen la saturación y el color pardo que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico 3.65 son satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.65 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo A (A61, A62 y A63), sin patinar, así como después

de aplicar la pátina de color parda. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina parda ha descendido. La probeta de ensayo A62 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (36,8%) y la que más ha disminuido en porcentaje, con un 35,6%. La más luminosa es A63, con un valor de luz de un 39,9% siendo la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (un 32,1%) La A61, por otra parte, ha descendido un 32,32%. Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo A, una vez aplicada la pátina parda, es baja, como era de esperar. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es muy baja (3,56%), esto indica la existencia de homogeneidad lumínica entre las tres muestras.

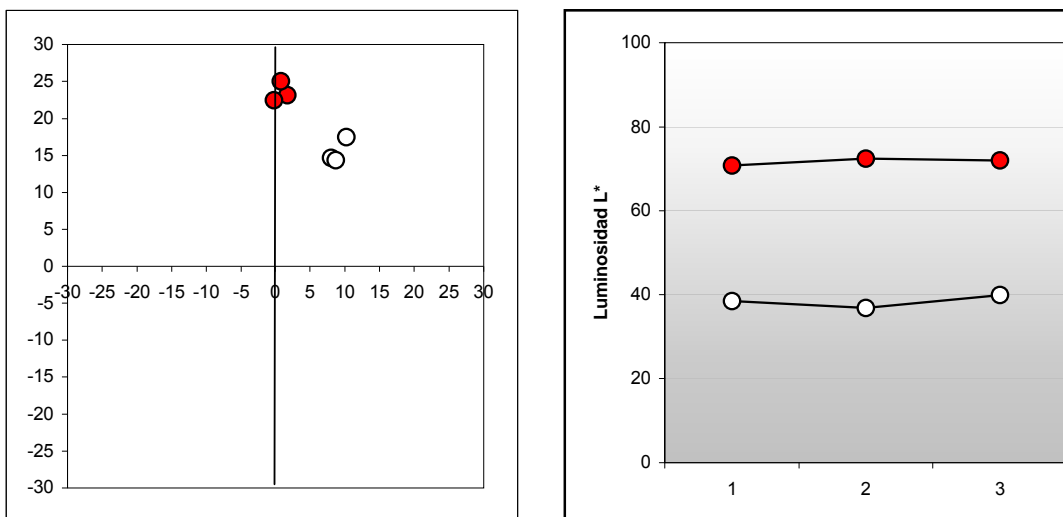


Figura 3.65. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo A (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina parda (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.36, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de

ensayo (STD) patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La A61 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,65), La muestra A63 es la que menos desviación del valor L* tiene, (0,84), siendo la más homogénea de las tres, pero con muy poca diferencia.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a* y b* (color), las conclusiones más destacables son:

A63 es la muestra más homogénea, siendo la A61 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color pardo tomado en la pátina, existe poca variación entre las tres probetas de ensayo. La probeta de ensayo A62 es la más parda y la menos parda es la A63

Tabla 3.36. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo A, sin pátina y tras la aplicación de la pátina parda. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
A61	69,6	3,3	21	A61	37,2	7,5	13,4
A61	72,2	1,5	24	A61	40,5	9,2	16,8
A61	72	0,2	24,1	A61	37,4	8,3	14,2
A61	70,6	1,4	22,5	A61	37,3	7,1	12,7
A61	69,7	2,1	24	A61	40,1	8,2	16,3
MEDIA	70,82	1,7	23,12	MEDIA	38,5	8,06	14,68
STD	1,2337	1,1292	1,359	STD	1,6508	0,8081	1,7964
A62	70,5	2,4	21,1	A62	39	9	16,5
A62	71,9	1,2	23,3	A62	36,9	9	15,1
A62	71,3	-0,6	22,6	A62	36,6	8,5	14,3
A62	74,3	-2,7	21,6	A62	36,3	8,8	13,9
A62	74,3	-1,2	23,6	A62	35,2	8,1	12,1
MEDIA	72,46	-0,18	22,44	MEDIA	36,8	8,68	14,38
STD	1,7516	2,008	1,0738	STD	1,3874	0,3834	1,6162
A63	72,5	0,1	24,6	A63	39	10,2	16,1
A63	72,4	1,4	24,9	A63	41	10	17,9
A63	72,7	0,7	26,9	A63	40,3	10,3	18,1
A63	71,7	0,8	25,5	A63	39,1	10	17
A63	70,7	0,9	23,3	A63	40,1	10,7	18,4
MEDIA	72	0,78	25,04	MEDIA	39,9	10,24	17,5
STD	0,8185	0,4658	1,3145	STD	0,8456	0,2881	0,9407

Pátina parda, aleación tipo B

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.66 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (B61, B62 y B63) es decir, con el color de la propia aleación tipo B. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color pardo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más destacado del gráfico, con respecto a las muestras ya patinadas en color pardo, es la heterogeneidad existente entre las tres muestras. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, oscila entre 11,92 y 15,62. El valor en el eje del color rojo, es más reducido en las tres, teniendo una oscilación entre 5,26 y 9,04. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal donde se encuentran los rojos y amarillos a partes iguales, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color naranja con mayor grado de color amarillo. Las muestras tienen la saturación y el color pardo que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico del color son satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.66 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo B (B61, B62 y B63), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color parda. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina parda ha descendido. La probeta de ensayo B61 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (32,92%), la probeta de ensayo B62 es la que más ha disminuido en porcentaje con un 26,4%. La más luminosa es B63, con un valor de luz de un 40,24% y es la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (20,56%).

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo B, una vez aplicada la pátina parda, es baja, como era de esperar en este color. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es de 7,32%, esto indica la existencia de heterogeneidad lumínica entre las tres muestras.

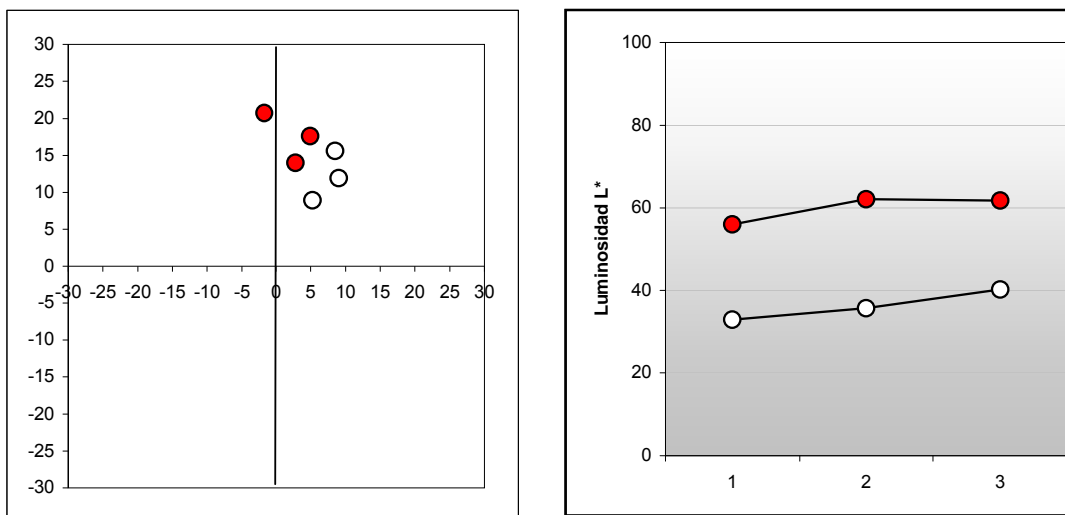


Figura 3.66. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo B (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina parda (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.37 en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica que existe poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La B61 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,48), La muestra B62 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,78), siendo la más homogénea de las tres, pero con muy poca diferencia, sobre todo con la B63 (0,86).

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

B63 es la muestra más homogénea, siendo la B61 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color pardo tomado en la pátina, existe poca variación entre las tres probetas de ensayo. La probeta de ensayo B61 es la más parda y la menos, la B63

Tabla 3.37 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo B, sin pátina y tras la aplicación de la pátina parda. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
B61	56,2	4,7	13,2	B61	30,9	8,8	10,7
B61	54,9	3,3	15,4	B61	33,9	7,8	10,9
B61	53,5	1,9	15,1	B61	33,7	9,6	12,6
B61	57,1	1,8	13,7	B61	31,8	10,4	13,2
B61	58,6	2,3	12,6	B61	34,3	8,6	12,2
MEDIA	56,06	2,8	14	MEDIA	32,92	9,04	11,92
STD	1,9655	1,2166	1,2104	STD	1,4839	0,994	1,0849
B62	56	0	21	B62	35,2	5,1	8,5
B62	63,9	-3,6	19,7	B62	34,8	4,8	7,7
B62	61,8	-1,4	20,7	B62	35,5	5,2	8,8
B62	63,3	-2,1	21	B62	36,7	5,2	8,7
B62	65,5	-1,4	21,2	B62	36,3	6	11
MEDIA	62,1	-1,7	20,72	MEDIA	35,7	5,26	8,94
STD	3,6586	1,3077	0,5975	STD	0,7842	0,445	1,23
B63	61	3,2	14,8	B63	40,1	8,2	16,1
B63	63	4,6	19,7	B63	39,1	9	15,6
B63	61,1	5	17,5	B63	40,7	8,4	16
B63	60,7	5,5	17	B63	41,4	8,6	15,6
B63	63,2	6,4	18,9	B63	39,9	8,2	14,8
MEDIA	61,8	4,94	17,58	MEDIA	40,24	8,48	15,62
STD	1,1979	1,1824	1,8913	STD	0,8649	0,3347	0,5119

Pátina parda, aleación tipo C

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.67 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (C61, C62 y C63) es decir, con el color de la propia aleación tipo C. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color pardo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más destacado del gráfico del color, con respecto a las muestras ya patinadas en color pardo, es la heterogeneidad existente entre las tres muestras, aunque dos de ellas muestran mayor homogeneidad. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, oscila entre 5,74 y 11,18. El valor en el eje del color rojo, es un poco más reducido en las tres, teniendo una oscilación entre 5,08 y 9,06. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal donde se encuentran los rojos y amarillos a partes iguales. Dos de las muestras (C62, C63) están en la diagonal, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color naranja puro; la otra tiene mayor grado de color amarillo. Las muestras tienen la saturación y el color pardo que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico del color, son satisfactorios.

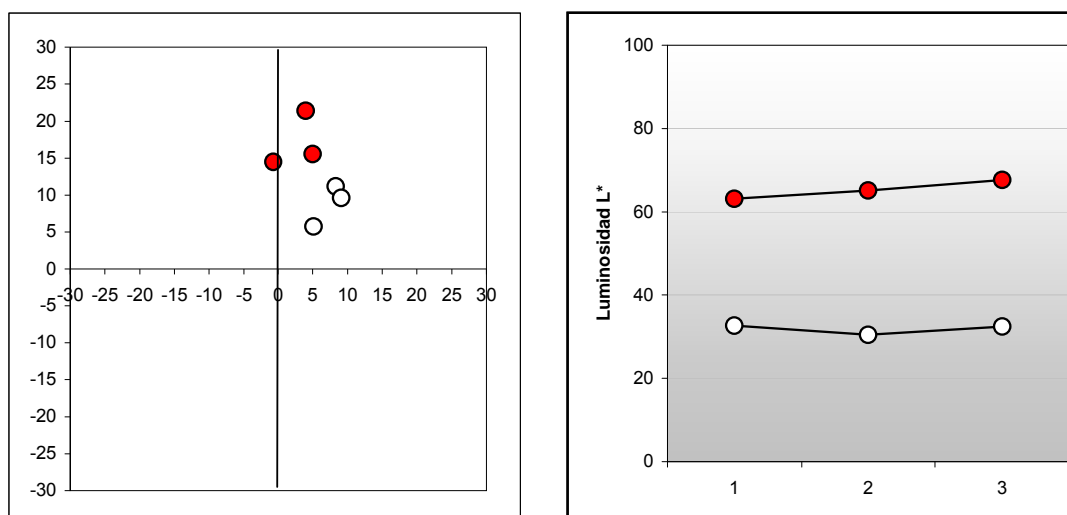


Figura 3.67. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo C (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina parda (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.67 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo C (C61, C62 y C63), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color pardo. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Destacamos del gráfico de la luz, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina parda, ha descendido. La probeta de ensayo C62 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (30,44%), la probeta de ensayo C63 es la que más ha disminuido en porcentaje con un 35,26%. La más luminosa es C61, con un valor de luz de un 32,64% y también es la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (30,54%).

Tabla 3.38. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo C, sin pátina y tras la aplicación de la pátina parda. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
C61	63,9	-1,4	17,3	C61	32,3	7,8	11,4
C61	62,4	-0,4	14	C61	33,2	7,8	9,6
C61	63,3	-0,7	13,6	C61	33,1	8,2	10,9
C61	61,6	-1,3	12,7	C61	31,7	9	11,5
C61	64,7	-1,3	14,9	C61	32,9	8,7	12,5
MEDIA	63,18	-1,02	14,5	MEDIA	32,64	8,3	11,18
STD	1,2194	0,4438	1,7536	STD	0,6309	0,5385	1,0569
C62	67,5	-1,9	22,3	C62	30	8,8	9,6
C62	64,1	-0,1	20,2	C62	29,8	8,8	8,3
C62	67,6	-0,1	17,7	C62	30,9	8,3	9
C62	63,9	-2,1	23	C62	31,6	9,7	10,7
C62	62,8	0,7	23,7	C62	29,9	9,7	10,5
MEDIA	65,18	-0,7	21,38	MEDIA	30,44	9,06	9,62
STD	2,2197	1,2329	2,4386	STD	0,7829	0,6189	1,0085
C63	67,9	-1,7	17	C63	32,2	5,1	5,4
C63	69,2	-2,7	16,5	C63	31,2	4,7	5
C63	66,9	0,8	14,9	C63	33,3	5,5	6,3
C63	65,8	-0,6	16,8	C63	33,4	5,5	6,4
C63	68,8	1,4	12,5	C63	32,2	4,6	5,6
MEDIA	67,72	-0,56	15,54	MEDIA	32,46	5,08	5,74
STD	1,3918	1,7009	1,8902	STD	0,9099	0,4266	0,5983

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo C, una vez aplicada la pátina parda, es baja, como era de esperar en este color. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es tan sólo de 2,20%; esto indica la escasa heterogeneidad lumínica existente entre las tres muestras.

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.38, en los valores medios y en las desviaciones de las

muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. C63 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (0,90). La muestra C61 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,63), siendo la más homogénea de las tres, pero con muy poca diferencia, sobre todo con la C62 (0,78).

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

C63 es la muestra más homogénea, siendo C62 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color pardo tomado en la pátina, existe muy poca variación entre dos de las tres probetas de ensayo. La probeta de ensayo C62 es la más parda y la menos, la C61.

Pátina parda, aleación tipo D

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.68 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (D61, D62 y D63) es decir, con el color de la propia aleación tipo D. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color pardo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más destacado del gráfico del color, con respecto a las muestras ya patinadas en color pardo, es la heterogeneidad existente entre las tres. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, oscila entre 8,86 y 17,48. El valor en el eje del color rojo, tiene menor variación con una oscilación entre 8,38 y 9,7. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal donde se encuentran los rojos y amarillos a partes iguales. Dos de las muestras (D62, D63) están en la diagonal, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color naranja puro, la otra tiene mayor grado de color amarillo. Las muestras tienen la saturación y el color pardo que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico del color son satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.68 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo D (D61, D62 y D63) sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color parda. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina parda, ha descendido y es muy heterogénea. La probeta de ensayo D61 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (30,04%) y es la que más ha disminuido en porcentaje con un 27,46%; curiosamente esta muestra era la más luminosa antes del la patinación. D62, con un valor de luz de un 40,76%, es la muestra con mayor valor lumínico. Por su parte D63, es la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina (13,40%).

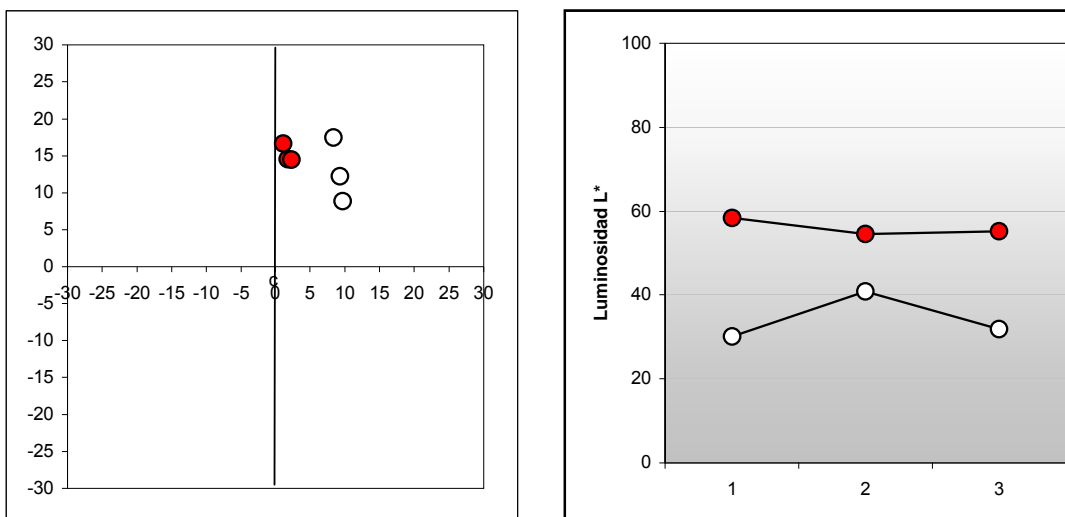


Figura 3.68. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo D (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina parda (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo D, una vez aplicada la pátina parda, es baja. Como era de esperar en este color; sólo una muestra (D62), es más luminosa, diferenciándose de las otras dos, que son más homogéneas entre ellas. La variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es elevada, alcanzando el 10,72%; esto indica la heterogeneidad lumínica existente entre las tres muestras.

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.39, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica en estas tres muestras. D63 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,66). Por su lado, D61 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,68), siendo la más homogénea de las tres. D62 tiene una desviación de 0,78.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

Tabla 3.39. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo D, sin pátina y tras la aplicación de la pátina parda. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
D61	59,7	1,9	14	D61	29	8,4	7,2
D61	57,9	1,4	14,4	D61	29,8	10,9	11,3
D61	60,2	1,1	14,4	D61	30,4	9,2	7,6
D61	58	3	15,1	D61	30,2	9,8	7,7
D61	56,2	1,6	14,7	D61	30,8	10,2	10,5
MEDIA	58,4	1,8	14,52	MEDIA	30,04	9,7	8,86
STD	1,5953	0,7314	0,4087	STD	0,6841	0,9539	1,8929
D62	54,3	1,5	15,6	D62	41	8,9	17,8
D62	55,5	3,3	13,1	D62	41,8	7,5	18,3
D62	54,8	2,6	13,6	D62	39,9	9,1	17,5
D62	54,1	1	14,7	D62	41,9	8,3	18,8
D62	54,5	3,1	15,5	D62	39,2	8,1	15
MEDIA	54,64	2,3	14,5	MEDIA	40,76	8,38	17,48
STD	0,5459	1,0075	1,1203	STD	1,1845	0,6419	1,4721
D63	56,2	3,7	17,1	D63	29,9	9,8	10,2
D63	54,6	3,7	18,4	D63	30,4	8,6	10,4
D63	53,1	0,8	18,2	D63	32,1	9,2	12,7
D63	56,5	-1,8	15,5	D63	33,5	9,3	14,2
D63	55,9	-0,8	14	D63	33,4	9,7	13,8
MEDIA	55,26	1,12	16,64	MEDIA	31,86	9,32	12,26
STD	1,4082	2,5312	1,8716	STD	1,6652	0,4764	1,873

D62 es la muestra más homogénea, siendo D61 la menos homogénea de las tres, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color pardo tomado en la pátina, existe muy poca variación entre las tres probetas de ensayo. La probeta de ensayo D61 es la más parda de las tres, siendo por el contrario D62 la menos parda.

Pátina parda, aleación tipo E.

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.69 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (E61, E62 y E63) es decir, con el color de la propia aleación tipo E. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color pardo, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más destacado del gráfico de color, con respecto a las muestras ya patinadas en color pardo, es la menor heterogeneidad existente entre las tres. De hecho, las muestras E62 y E63 son tan homogéneas que son prácticamente iguales. En estas tres muestras hay muy poca variación de valores en los dos ejes, entre los que se hayan ubicadas. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, oscila solo entre 11,26 y 12,54. El valor en el eje del color rojo, tiene una oscilación entre 8,78 y 11,84. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo. Dos de las muestras (E62, E63) están en la diagonal por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color naranja puro; la otra probeta de ensayo tiene mayor grado de color amarillo. Las muestras tienen la saturación y el color pardo que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico del color son satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad en el gráfico derecho de la figura 3.69, la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (E61, E62 y E63) sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color parda. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina parda ha descendido y tiene gran homogeneidad. La probeta de ensayo E61 es la de mayor valor lumínico de las tres muestras (33,9%) y también es la que más ha disminuido en porcentaje con un 34,3%. La menos luminosa es E62, con un valor de luz de un 32,04%, siendo

la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, (32,04%). Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo E, una vez aplicada la pátina parda, es baja, como era de esperar en este color. Estas muestras son las más homogéneas de todas las aleaciones de esta pátina. La variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es mínima, siendo sólo del 0,58%; esto indica la extremada homogeneidad lumínica existente entre las tres muestras.

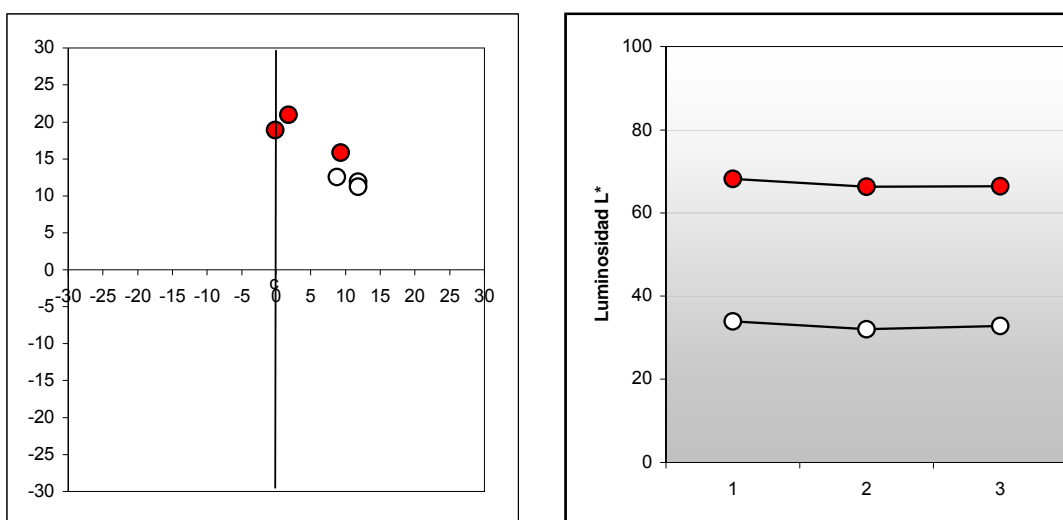


Figura 3.69. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo E (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina parda (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.40, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica en estas tres muestras. E62 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,14). La muestra E63 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,38), siendo la más homogénea de las tres. Por su parte, E61 tiene una desviación de 0,71.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son: E63 es la muestra más homogénea, siendo

la E61 la menos homogénea de las tres, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color pardo tomado en la pátina, existe muy poca variación entre las tres muestras. Las probetas de ensayo E62 y E63 son las más pardas y la menos, la E61, aunque con poca diferencia.

Tabla 3.40. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo E, sin pátina y tras la aplicación de la pátina parda. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
E61	65,9	0,1	18,6	E61	33	8,1	10,9
E61	65,1	1,9	18,9	E61	34,4	9,6	14,8
E61	69,5	-0,4	19	E61	33,8	9	11,8
E61	72	-1,4	19,6	E61	33,5	7,6	10,8
E61	68,5	-1	18,6	E61	34,8	9,6	14,4
MEDIA	68,2	-0,16	18,94	MEDIA	33,9	8,78	12,54
STD	2,7893	1,2857	0,4099	STD	0,7141	0,9011	1,9256
E62	67,7	9,7	18,9	E62	31,8	11,5	12,2
E62	64,6	7,1	15,4	E62	31,3	10,9	10,6
E62	66,8	9,4	16,2	E62	32,9	12,1	11,2
E62	66,1	10	14,7	E62	30,7	12,4	12,2
E62	66,3	10,3	14,2	E62	33,5	12,2	13,5
MEDIA	66,3	9,3	15,88	MEDIA	32,04	11,82	11,94
STD	1,1336	1,2748	1,8485	STD	1,148	0,614	1,1082
E63	66,8	2,1	20,5	E63	32,1	12,3	10
E63	65,5	2,1	19,7	E63	33	11,4	10,8
E63	65	1,8	19,7	E63	32,9	11,6	12,4
E63	67,3	1,2	22,3	E63	32,9	12,4	12,1
E63	67,9	1,8	22,5	E63	33	11,5	11
MEDIA	66,5	1,8	20,94	MEDIA	32,78	11,84	11,26
STD	1,2186	0,3674	1,374	STD	0,3834	0,4722	0,9839

Pátina parda, aleación tipo H

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.70 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (H61, H62 y H63) es decir, con el color de la propia aleación tipo H. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color pardo.

Estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado. Lo más destacado del gráfico del color, con respecto a las muestras ya patinadas en color pardo, es la gran heterogeneidad existente entre las tres. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, es el de mayor oscilación, variando entre 11,26 y 12,54. El valor en el eje del color rojo, tiene menos oscilación, oscilando entre 8,78 y 11,84.

Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal roja-amarilla, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color naranja-amarillo, la muestra E63 tiene mayor grado de color amarillo.

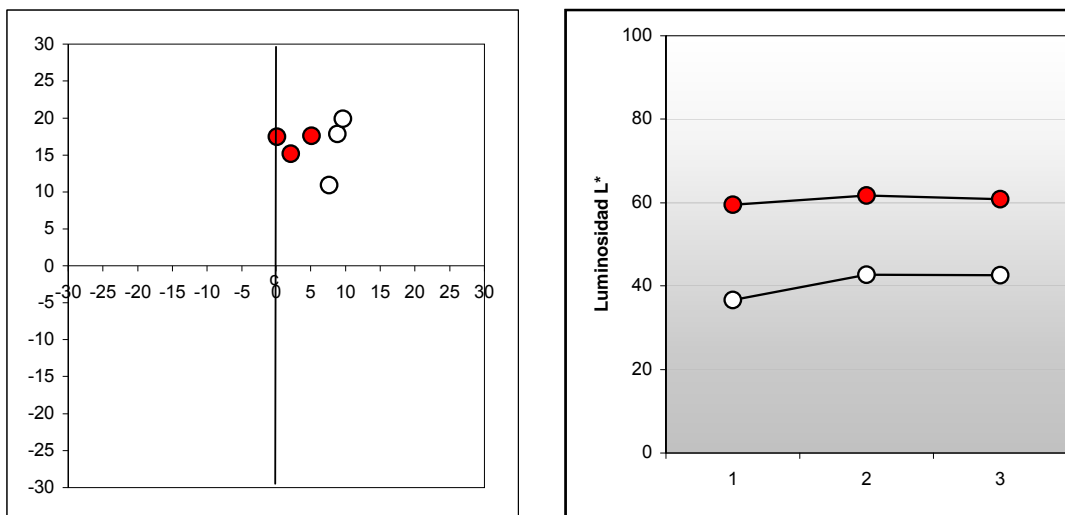


Figura 3.70. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina parda (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Aunque dos de las muestras son más amarillentas, las tres tienen la saturación y el color pardo que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico del color son satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.70 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo H (H61, H62 y H63), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color parda. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina parda ha descendido, siendo dos de ellas muy homogéneas, en cuanto a luz se refiere. La probeta de ensayo H62 es la de mayor valor lumínico de las tres muestras (42,64%), siguiéndole la H63 con un 42,6% siendo ésta la que menos ha disminuido en porcentaje, con un 18,28%. La menos luminosa es H61, con un valor de luz de un 36,56%, siendo la que más ha variado su valor lumínico tras la pátina (22,98%).

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo H, una vez aplicada la pátina parda, es baja, como era de esperar en este color, pero no tanto como la de otras aleaciones. La variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es del 6,08%; esto indica la heterogeneidad lumínica existente entre las tres muestras, aunque entre las muestras H62 y la H63 hay una evidente homogeneidad.

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.41, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica en estas tres muestras. H61 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,87), mientras que H62 es la que menos desviación del valor L^* tiene (0,37), siendo la más homogénea de las tres. Por último, H63 tiene una desviación de 0,70.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

H63 es la muestra más homogénea, siendo la H61 la menos homogénea de las tres, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color pardo tomado en la pátina, existe muy poca variación entre las tres probetas de ensayo. La probeta de ensayo H61 es la más parda, mientras que la menos parda sería H63.

Tabla 3.41. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo H, sin pátina y tras la aplicación de la pátina parda. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
H61	56,1	0,7	13,4	H61	35,7	7,9	9,2
H61	61,3	3,2	15,8	H61	35,5	7,8	10,3
H61	62,6	0,4	15,8	H61	38,5	8,1	11,9
H61	57,4	2,4	15,3	H61	34,5	6,3	9,8
H61	60,3	3,9	15,6	H61	38,6	8	13,5
MEDIA	59,54	2,12	15,18	MEDIA	36,56	7,62	10,94
STD	2,7135	1,532	1,0159	STD	1,873	0,7463	1,7473
H62	63,8	-0,4	18,1	H62	42,8	8,3	17,4
H62	57,5	0,4	16,2	H62	42,7	8,6	17,9
H62	63	0,3	18,1	H62	42	9,8	18,3
H62	62,4	-1	18	H62	43	8,9	18,3
H62	62,2	1,2	17	H62	42,7	8,5	17,4
MEDIA	61,78	0,1	17,48	MEDIA	42,64	8,82	17,86
STD	2,4722	0,8367	0,8526	STD	0,3782	0,5891	0,4506
H63	60,5	5,1	17,4	H63	42,6	9,3	20,3
H63	60	4,4	16,4	H63	42,9	10,2	20,5
H63	62,5	5,2	18,4	H63	43,2	9,8	20,3
H63	59,7	4,7	17,7	H63	41,4	9,5	19,1
H63	61,7	5,5	18,1	H63	42,9	9,4	19,4
MEDIA	60,88	4,98	17,6	MEDIA	42,6	9,64	19,92
STD	1,1841	0,4324	0,7714	STD	0,7036	0,3647	0,6261

Pátina color negro, sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H)

En el gráfico izquierdo de la figura 3.71, nos encontramos ante una nube de puntos de forma oval, en cuyo centro se presenta una mayor concentración de puntos. Esta agrupación de puntos tiende a la cruceta de los ejes, es decir al valor 0, lo que nos indica que realmente nos encontramos ante pátinas negras, más o menos puras, (cuanto más cerca del punto cero se encuentra la muestra, más pura es la pátina negra).

Prácticamente el 100% de las muestras se ubican en torno al eje de los amarillos, alcanzando un valor de color amarillo de 7. De estas muestras el 60% tienen valores mínimos de rojos hasta un 2,5, situándose en el cuadrante amarillo-rojo por encima de la diagonal roja-amarilla, por lo que nos encontramos con pátinas de color negro, con un pequeño grado de color amarillo-naranja. El

40% esta en el cuadrante verde-amarillo, con un valor de -2 en el eje del verde y 7 de amarillo, por lo que podemos hablar de negros ligeramente verdosos-amarillentos. Solamente tres muestras de la pátina negra tienen un ligero tono azulado y están ubicadas en el cuadrante azul-verdoso, con valores de -2 en color verde y -1,5 de color azul. Las muestras en general son bastante homogéneas, según se deduce de la observación de la nube de puntos del gráfico. De todo esto, cabe deducir que la pátina de color negro es cubriente y en general homogénea. Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

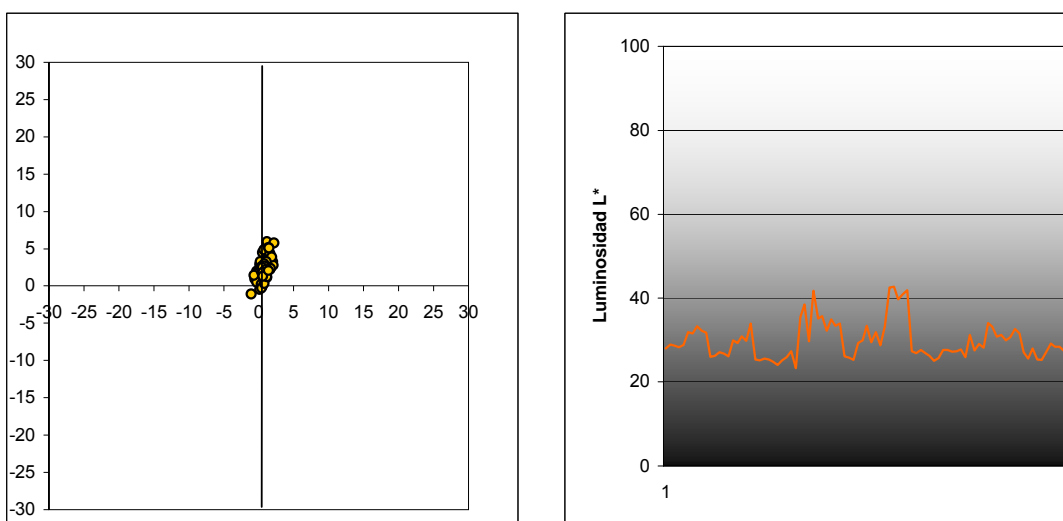


Figura 3.71.-Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con pátina negra sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

El gráfico de la derecha de la figura 3.71, nos muestra que la luminosidad de las probetas de ensayo tras la patinación del color negro, sobre las seis aleaciones diferentes, es heterogénea y lógicamente muy baja. De hecho es la más baja en luz de todos los colores. Los valores de luminosidad oscilan entre un mínimo de 23,3 % y un máximo de 42,7%, siendo la media exactamente del 29,8%.

Podemos concluir diciendo, que las probetas de ensayo con pátina color negro, tienen una luminosidad muy baja y que no es absorbida del mismo modo, por las distintas aleaciones. En este gráfico, podemos distinguir seis grupos diferenciados de valores (correspondientes a las seis aleaciones A, B, C, D, E Y H) con grandes heterogeneidades en algunos casos, como ocurre con las aleaciones C y D.

Pátina negra, aleación tipo A

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.72 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (A71, A72 y A73) es decir, con el color de la propia aleación tipo A. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color negro, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

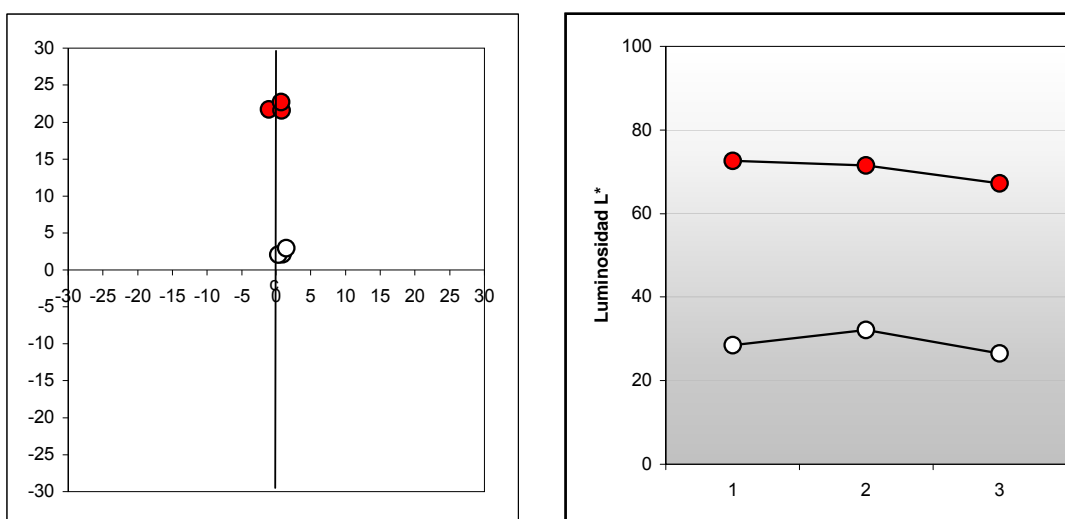


Figura 3.72. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo A (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina negra (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Lo más reseñable del gráfico de cromaticidad, con respecto a las muestras ya patinadas en color negro, es la homogeneidad existente entre las tres, ya que prácticamente coinciden en el mismo punto. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, no tiene apenas oscilación entre sí (de 2,1 a 2,96), al igual que ocurre con los valores del eje del color rojo que tiene una oscilación entre 0,43 y 1,46. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal donde se encuentran los rojos y amarillos a partes iguales, pero los valores de color son mínimos, por lo que

podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color negra, con una ínfima cantidad de color naranja-amarillo. Las muestras tienen la saturación y el color negro que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos, en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico de cromaticidad, son totalmente satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad en el gráfico derecho de la figura 3.72, la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo A (A71, A72 y A73), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color negro. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Destacamos del gráfico de luz, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina negra ha descendido considerablemente. La probeta de ensayo A73 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (26,44%). La que más ha disminuido en porcentaje, es la A71 con un 44,1%. La más luminosa es A72, con un valor de un 32,12%, siendo también la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (39,44). A73, por otra parte, ha descendido un 40,84%.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo A, una vez aplicada la pátina negra, es muy baja, como era de esperar. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es baja (4,66%), lo que indica la existencia de homogeneidad lumínica entre las tres muestras.

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.42, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas (STD), indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. A72 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (0,70), mientras que la muestra A71 es la que menos desviación del valor L^* tiene (0,40), siendo la más homogénea de las tres, aunque con muy poca diferencia.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

A71 es la muestra más homogénea, siendo A72 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color negro tomado en la pátina, existe poquísima variación entre las tres probetas de ensayo; las tres son negras y muy homogéneas.

Tabla 3.42. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo A, sin pátina y tras la aplicación de la pátina negra. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
A71	72,7	-1,5	22,3	A71	27,9	1,2	2
A71	71,3	1,3	22,1	A71	28,9	1,3	2,2
A71	73,7	-2,4	21,9	A71	28,6	0,5	2,2
A71	71,8	-0,1	21,4	A71	28,3	0,8	2,2
A71	73,5	-2,5	20,8	A71	28,8	1	2
MEDIA	72,6	-1,04	21,7	MEDIA	28,5	0,96	2,12
STD	1,044	1,6242	0,6042	STD	0,4062	0,3209	0,1095
A72	69,4	2,7	22	A72	31,9	-0,3	2
A72	72,2	1,4	22	A72	31,5	1	3,5
A72	71,9	-1	21,2	A72	33,3	0,4	0,7
A72	70,9	0,1	21,7	A72	32,2	0,4	2,4
A72	73,4	0,8	20,9	A72	31,7	0,2	1,9
MEDIA	71,56	0,8	21,56	MEDIA	32,12	0,34	2,1
STD	1,501	1,3874	0,493	STD	0,7085	0,4669	1,0075
A73	67	1,8	22,6	A73	26	1,7	2,8
A73	70,3	-0,4	24,4	A73	26,2	1,5	3,2
A73	68	1,1	23,3	A73	27,1	0,9	3,1
A73	64,3	1	21,4	A73	26,8	1,7	3
A73	66,8	0,3	21,8	A73	26,1	1,5	2,7
MEDIA	67,28	0,76	22,7	MEDIA	26,44	1,46	2,96
STD	2,1696	0,8385	1,2	STD	0,4827	0,3286	0,2074

Pátina negra, aleación tipo B

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de cromaticidad (figura 3.73) representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (B71, B72 y B73) es decir, con el color de la propia aleación tipo B. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color negro, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo que podemos destacar del gráfico de cromaticidad, con respecto a las muestras ya patinadas en color negro, es la elevada homogeneidad existente entre las tres, que al igual que en la aleación A, prácticamente coinciden en el mismo punto. El valor en el eje de los amarillos no tiene apenas oscilación entre las muestras (1,82 y 2,98), al igual que ocurre con los valores del eje del color rojo que tiene una pequeña oscilación entre 0,96 y 1,44. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, rozando la diagonal de los rojos-amarillos a partes iguales, pero los valores de color son mínimos, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color negra, con una ínfima cantidad de naranja. Las muestras tienen la saturación y el color negro que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico de cromaticidad, son totalmente satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.73 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo B (B71, B72 y B73), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color negro. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

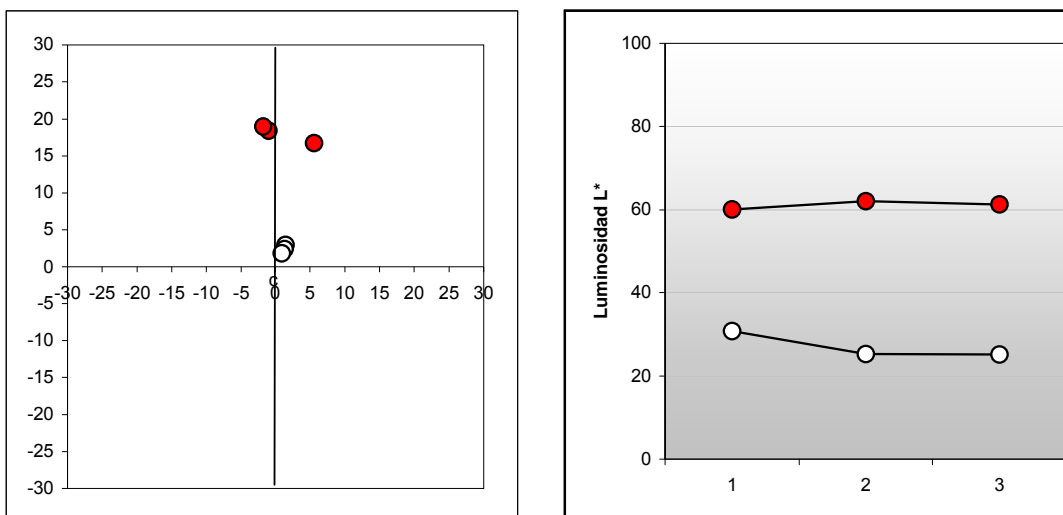


Figura 3.73. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo B (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina negra (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Destacamos del gráfico derecho, cómo la luminosidad de las muestras, después de aplicarles la pátina negra ha descendido considerablemente. La probeta de ensayo B73 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (25,14%). La que más ha disminuido en porcentaje, es la B72 con un 36,9%. Por su lado, la muestra más luminosa es B71, con un valor de luz de un 30,74% siendo la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (29,38).

La muestra B73, ha descendido un 36,14%. Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo B, una vez aplicada la pátina negra, es muy baja, como era de esperar, siendo aún más baja que la aleación tipo A. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es 7,52%, lo que indica la existencia de cierta heterogeneidad lumínica entre las tres muestras patinadas, contrastando con la homogeneidad de la luz entre las probetas de ensayo antes de su patinación.

Tabla 3.43. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo B, sin pátina y tras la aplicación de la pátina negra. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
B71	57,3	-0,7	18,8	B71	57,3	-0,7	18,8
B71	60,2	-0,4	18,1	B71	60,2	-0,4	18,1
B71	61,1	-0,9	18,4	B71	61,1	-0,9	18,4
B71	59,6	-0,8	18,9	B71	59,6	-0,8	18,9
B71	62,4	-2,1	17,9	B71	62,4	-2,1	17,9
MEDIA	60,12	-0,98	18,42	MEDIA	60,12	-0,98	18,42
STD	1,8966	0,6535	0,4324	STD	1,8966	0,6535	0,4324
B72	63,1	-1,4	20,9	B72	63,1	-1,4	20,9
B72	62,1	-2,4	18,6	B72	62,1	-2,4	18,6
B72	61,9	-2,4	21,1	B72	61,9	-2,4	21,1
B72	61,7	-2	17,2	B72	61,7	-2	17,2
B72	61,8	-0,7	17,2	B72	61,8	-0,7	17,2
MEDIA	62,12	-1,78	19	MEDIA	62,12	-1,78	19
STD	0,5675	0,7294	1,9144	STD	0,5675	0,7294	1,9144
B73	60,1	5,4	17,4	B73	60,1	5,4	17,4
B73	60,7	5,8	17,6	B73	60,7	5,8	17,6
B73	61,6	6,5	14,2	B73	61,6	6,5	14,2
B73	61,9	5,3	17,1	B73	61,9	5,3	17,1
B73	62,1	5	17,3	B73	62,1	5	17,3
MEDIA	61,28	5,6	16,72	MEDIA	61,28	5,6	16,72
STD	0,8497	0,5788	1,4202	STD	0,8497	0,5788	1,4202

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.43, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La B71 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,89), La muestra B72 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,56), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son: B71 es la muestra más homogénea, siendo B72 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color negro tomado en la pátina, existe poquísima variación entre las tres probetas de ensayo. Las tres probetas de ensayo son negras y muy homogéneas.

Pátina negra, aleación tipo C

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.74 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (C71, C72 y C73) es decir, con el color de la propia aleación tipo C. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color negro, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo que podemos reseñar del gráfico de cromaticidad, con respecto a las muestras ya patinadas en color negro, es la homogeneidad existente entre dos de las tres muestras. La tercera probeta es más heterogénea con respecto a las otras dos, aunque no con demasiada diferencia. El valor en el eje de los rojos no tiene apenas oscilación entre las muestras (0,14 y 0,72) y los valores del eje del color amarillo tienen una oscilación, un poco mayor, entre 0,96 y 1,44. Dos de las muestras podemos ubicarlas en el valor cero, por lo que nos encontramos con pátinas negras puras. La otra probeta de ensayo se ubica en el eje amarillo, pero el valor de color es mínimo, por lo que podemos decir que nos encontramos con una probeta con pátina de color negra, con una ínfima cantidad de amarillo. Las muestras tienen la saturación y el color negro que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados

obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico de cromaticidad son totalmente satisfactorios.

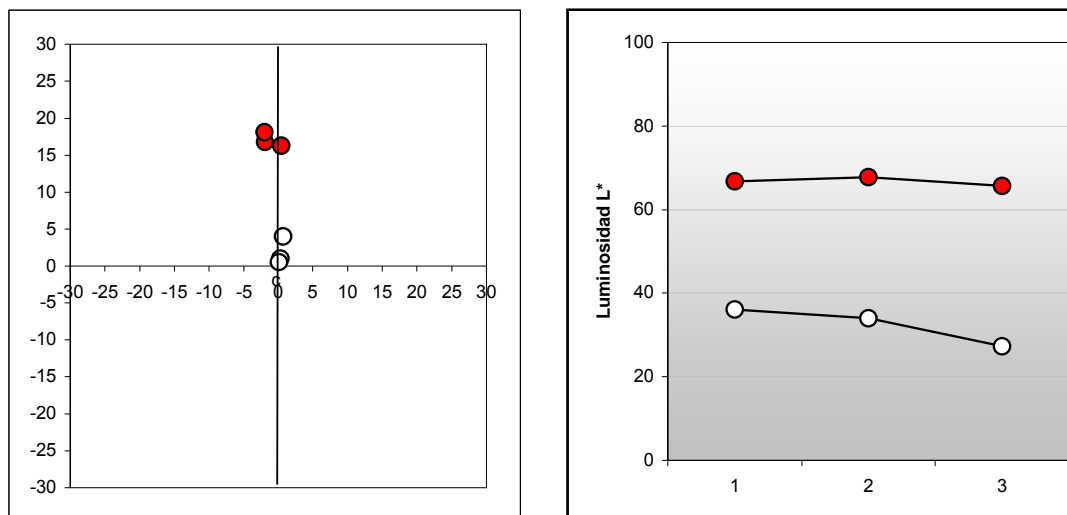


Figura 3.74. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo C (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina negra (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.74 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo C (C71, C72 y C73), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color negro. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Destacamos del gráfico derecho, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina negra ha descendido considerablemente. La probeta de ensayo C73 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (27,26%) y la que más ha disminuido en porcentaje, con un 38,48%. La más luminosa es C71, con un valor de luz de un 36,08% siendo la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (29,72). C72, ha descendido por su parte un 33,82%.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo C, una vez aplicada la pátina negra, es muy baja, como era de esperar, pero es la más alta de los tres tipos de aleaciones vistos hasta ahora de la pátina negra. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es 8,76%, lo que indica la existencia de cierta heterogeneidad lumínica entre las tres muestras patinadas, contrastando con la homogeneidad de la luz entre las probetas de ensayo antes de su patinación.

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.44, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L*, a* y b*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.44. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo C, sin pátina y tras la aplicación de la pátina negra. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
C71	65,1	1,5	17	C71	35,4	0,6	3,3
C71	66	-0,5	18,6	C71	38,5	0,5	4,5
C71	67,8	1	14,5	C71	29,7	1,1	5,2
C71	66,7	1	15,9	C71	41,7	1,3	4,3
C71	68,4	-0,6	15,5	C71	35,1	0,1	2,9
MEDIA	66,8	0,48	16,3	MEDIA	36,08	0,72	4,04
STD	1,3323	0,9628	1,5668	STD	4,46	0,4817	0,9317
C72	70,7	-3,6	14,7	C72	35,6	0,6	1,6
C72	69,5	-3	15,8	C72	32,2	0,6	0,6
C72	68,5	-0,9	15,7	C72	34,9	-0,3	1,8
C72	65,3	-1,1	19,6	C72	33,4	0,4	0,7
C72	65,1	-0,9	18,2	C72	33,9	0,3	0,5
MEDIA	67,82	-1,9	16,8	MEDIA	34	0,32	1,04
STD	2,5163	1,2981	2,0261	STD	1,321	0,3701	0,6107
C73	65,9	-1,1	17,9	C73	26,1	-0,6	0,9
C73	65,4	-2,3	17,6	C73	25,8	0,5	-0,1
C73	65,9	-2,9	17,2	C73	25,2	-0,3	0,5
C73	66,5	-2,2	18,7	C73	29,3	0,6	1,2
C73	65	-1,4	19	C73	29,9	0,5	0,1
MEDIA	65,74	-1,98	18,08	MEDIA	27,26	0,14	0,52
STD	0,5683	0,7259	0,753	STD	2,1709	0,5505	0,5404

La desviación estándar del valor L* de las tres probetas de ensayo patinadas (STD), indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La C71 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (4,46), siendo pues la más heterogénea. Por su parte, C72 es la que menos desviación del valor L* tiene, (1,32), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

C72 es la muestra más homogénea, siendo la C71 la menos homogénea de las tres, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color negro tomado en la pátina, existe muy poca variación entre las tres probetas de ensayo. Las tres muestras son negras y muy homogéneas.

Pátina negra, aleación tipo D

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.75 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (D71, D72 y D73) es decir, con el color de la propia aleación tipo D. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color negro, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más reseñable del gráfico de cromaticidad, con respecto a las muestras ya patinadas en color negro, es la heterogeneidad existente entre las tres muestras, contrastando con la homogeneidad de las anteriores aleaciones de esta pátina. El valor en el eje de los rojos no tiene apenas oscilación entre las muestras (0,52 y 1,42) y los valores del eje del color amarillo tienen una oscilación, algo mayor, oscilando entre 0,62 y 5,26, aunque tampoco es muy alta. Una de las muestras podemos ubicarla en el valor cero, por lo que nos encontramos con una pátina negra pura. Las otras dos probetas de ensayo se ubican en el eje amarillo, pero los valores de color no son altos, por lo que podemos decir que nos encontramos con pátinas de color negro, con un poco de amarillo. Las muestras tienen la saturación y el color negro que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, aun teniendo esta pequeña cantidad de color amarillo, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico de cromaticidad son satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.75, la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo D (D71, D72 y D73), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color negro. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

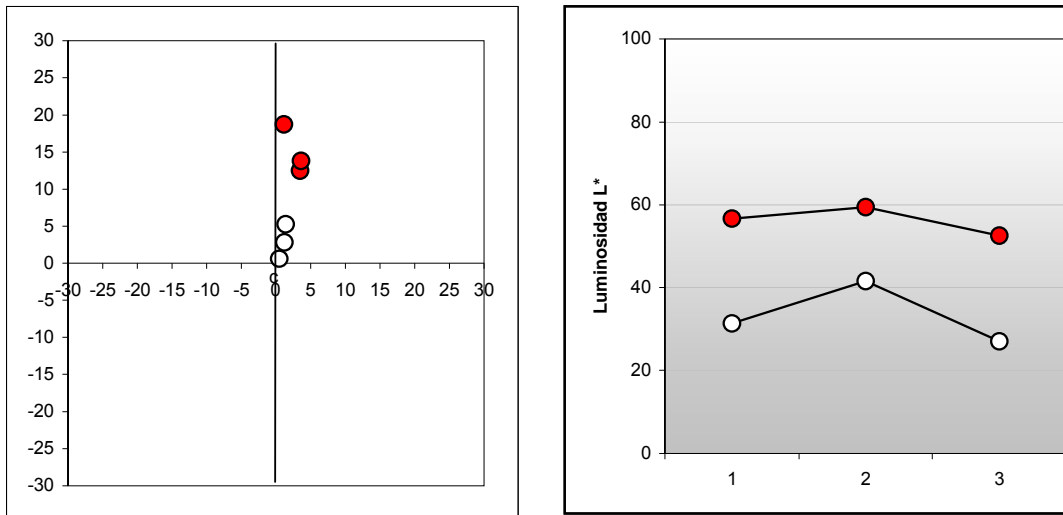


Figura 3.75. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo D (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina negra (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Destacamos del gráfico derecho, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina negra ha descendido considerablemente, sobre todo en dos de las muestras. Contrastando con estas muestras, D72 ha descendido en luminosidad, pero en menor grado, lo que resulta de interés, ya que no es lo habitual con la pátina negra. La probeta de ensayo D73 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (26,98%), mientras que la que más ha disminuido en porcentaje, con un 25,32% es D71. La más luminosa es D72, con un valor de luz de un 41,5% siendo D73 la que menos ha variado su valor lumínico tras la pátina, con un (15,58). Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo D, una vez aplicada la pátina negra, es muy baja, como era de esperar, pero es la más alta y heterogénea de los cuatro tipos de aleaciones vistos hasta ahora de la pátina negra. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es muy alto 14,36%, lo que confirma la heterogeneidad lumínica existente entre las tres muestras patinadas, (aunque ya existía heterogeneidad en la luz de las probetas de ensayo antes de su patinación).

Todos los datos aquí referidos a continuación, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.45, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar del valor L^* de las tres probetas de ensayo (STD) patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. D71 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (2,15), siendo pues la más heterogénea. La muestra D73 es la que menos desviación del valor L^* tiene (0,52), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

D73 es la muestra más homogénea, siendo D72 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color negro tomado en la pátina, existe variación entre las tres probetas de ensayo. Las tres muestras son negras y no tan homogéneas como en las anteriores aleaciones.

Tabla 3.45 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo D, sin pátina y tras la aplicación de la pátina negra. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
D71	55,7	3,1	12,7	D71	33,4	0,7	4,9
D71	55,7	3,5	12,8	D71	29,5	1,6	4,4
D71	55,2	3,6	13	D71	31,8	1,2	6
D71	58	3	13,6	D71	28,7	2,2	5,8
D71	58,7	4,2	10,5	D71	33,3	1,4	5,2
MEDIA	56,66	3,48	12,52	MEDIA	31,34	1,42	5,26
STD	1,5758	0,4764	1,1819	STD	2,1594	0,5495	0,6542
D72	59,3	1,9	12,6	D72	42,5	0,1	-0,5
D72	59,5	4,3	14,7	D72	42,7	0,3	0,2
D72	59	4	13,5	D72	39,7	1	3,4
D72	58,5	3,9	13	D72	40,8	0,4	-0,3
D72	60,8	4,1	15,3	D72	41,8	0,8	0,3
MEDIA	59,42	3,64	13,82	MEDIA	41,5	0,52	0,62
STD	0,8585	0,9839	1,1432	STD	1,251	0,3701	1,5897
D73	49,6	0,8	20,8	D73	27,3	1,4	3,2
D73	53,4	1,2	17,9	D73	26,9	0,8	3,3
D73	53,9	1,4	17,7	D73	27,6	1,2	2,1
D73	50,5	1,5	18,6	D73	26,9	1,2	2,6
D73	55,4	1	18,6	D73	26,2	1,6	2,9
MEDIA	52,56	1,18	18,72	MEDIA	26,98	1,24	2,82
STD	2,4276	0,2864	1,2317	STD	0,5263	0,2966	0,4868

Pátina negra, aleación tipo E

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.76 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (E71, E72 y E73) es decir, con el color de la propia aleación tipo E. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color negro, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado. Lo que podemos destacar del gráfico de cromaticidad, con respecto a las muestras ya patinadas en color negro, es la homogeneidad existente entre dos de las tres muestras, la tercera es más heterogénea con respecto a las otras dos, aunque no con demasiada diferencia. El valor en el eje de los amarillos no tiene apenas oscilación entre las muestras (1,56 y 3,52), al igual que ocurre con los valores del eje del color rojo que tiene una oscilación entre 0,0 y 1,64.

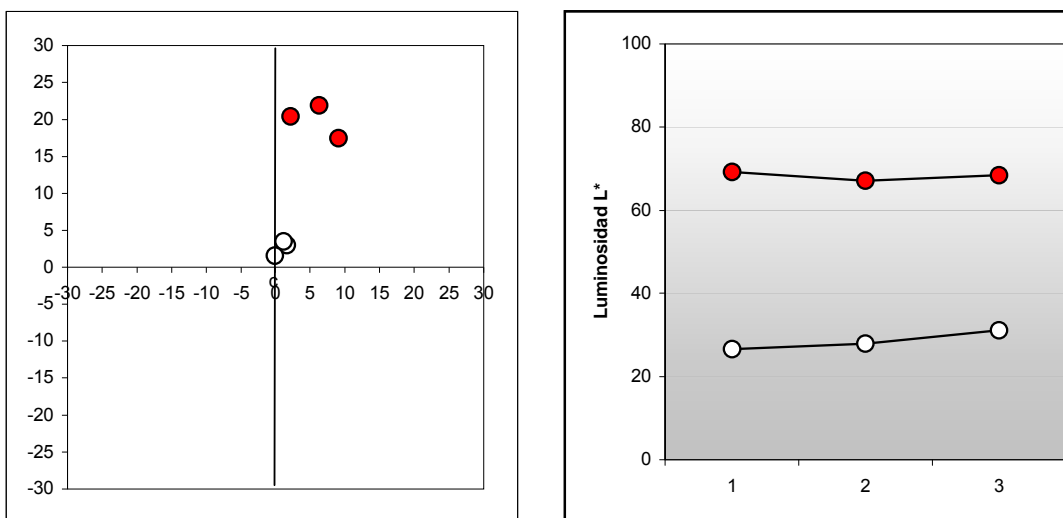


Figura 3.76. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo E (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina negra (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Dos de las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, rozando la diagonal de los rojos-amarillos a partes iguales, pero los valores de color son mínimos, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color negro, con una ínfima cantidad de

naranja. La otra muestra está justo en el eje amarillo, pero con aún menos valor de este color, por lo que podemos decir que es negra prácticamente pura. Las muestras tienen la saturación y el color negro que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico de cromaticidad son totalmente satisfactorios

Tabla 3.46. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo E, sin pátina y tras la aplicación de la pátina negra. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
E71	69,8	6,4	22,3	E71	25	1,7	3,2
E71	69,1	5,4	20,5	E71	25,7	1,3	3,1
E71	67,7	6	20,5	E71	27,6	1,6	3,2
E71	70,3	7,3	23,1	E71	27,6	1,5	2,9
E71	69,4	6,5	23,1	E71	27,2	2,1	2,8
MEDIA	69,26	6,32	21,9	MEDIA	26,62	1,64	3,04
STD	0,9813	0,6979	1,3191	STD	1,1967	0,2966	0,1817
E72	66,8	9,2	18	E72	27,3	1,9	3,9
E72	67,3	8,6	17,2	E72	27,7	0,9	1,9
E72	66,5	8,7	17,7	E72	25,9	1,5	5,1
E72	66,7	9	16,6	E72	31,2	0,7	3,4
E72	68,4	10,1	17,9	E72	27,5	1,1	3,3
MEDIA	67,14	9,12	17,48	MEDIA	27,92	1,22	3,52
STD	0,7635	0,5975	0,5805	STD	1,9652	0,4817	1,1541
E73	67,7	7,7	21,1	E73	29	1,4	2,5
E73	70,2	-1,2	21	E73	28,2	0,2	3,3
E73	70,1	0,2	21,9	E73	34	-1,1	-1,1
E73	66,1	1,4	19	E73	33,2	-0,2	1,7
E73	68	2,9	19,1	E73	30,8	-0,7	1,4
MEDIA	68,42	2,2	20,42	MEDIA	31,04	-0,08	1,56
STD	1,737	3,4256	1,2988	STD	2,5354	0,9628	1,6607

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.76 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (E71, E72 y E73), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color negro. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas. Destacamos del gráfico derecho, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina negra, ha descendido considerablemente; de hecho, la aleación E es la que más ha descendido su

valor lumínico tras ser patinada y la que más alto valor tenía antes de la pátina. La probeta de ensayo E71 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (26,62%) y la que más ha disminuido en porcentaje, con un 42,64%. La más luminosa es la E73, con un valor de luz de un 31,04%, siendo también la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (37,38). La E72, ha descendido un 39,22%. Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo E, una vez aplicada la pátina negra, es muy baja, como era de esperar; siendo la más baja después de la aleación tipo B, con muy poca diferencia con ésta. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo, es 4,42%; esto indica la existencia de cierta heterogeneidad lumínica entre las tres muestras patinadas, contrastando con la homogeneidad de la luz entre las probetas de ensayo antes de su patinación.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan a continuación con absoluta claridad en la tabla 3.46, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. E73 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (2,53), mientras que la muestra E71 es la que menos desviación del valor L^* tiene (1,19), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son: E71 es la muestra más homogénea, siendo la E73 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color negro tomado en la pátina, existe poquísima variación entre las tres muestras. Las tres probetas de ensayo son negras y bastante homogéneas.

Pátina negra, aleación tipo H

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.77 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (H71, H72 y H73) es decir, con el color de la propia aleación tipo H. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, una vez patinadas en color negro, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y después de haberlas patinado.

Lo más destacable del gráfico de cromaticidad, con respecto a las muestras ya patinadas en color negro, es la extrema homogeneidad existente entre las tres, siendo la aleación más homogénea de los seis tipos, coincidiendo en el mismo punto las tres muestras. El valor en el eje de los amarillos, apenas oscila entre las muestras (1,56 y 2,42), igual que ocurre con los valores del eje del color rojo, donde prácticamente no se mueven, oscilando entre 0,72 y 0,96. Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, rozando la diagonal de los rojos-amarillos a partes iguales, pero los valores de color son mínimos, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátina de color negra, con una ínfima cantidad de naranja. Las muestras tienen la saturación y el color negro que se esperaban y eran el objetivo de esta pátina, por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico de cromaticidad son totalmente satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.77 la representación luminica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo H (H71, H72 y H73), sin patinar, así como después de aplicar la pátina de color negro. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, la luminosidad de las mismas muestras ya patinadas.

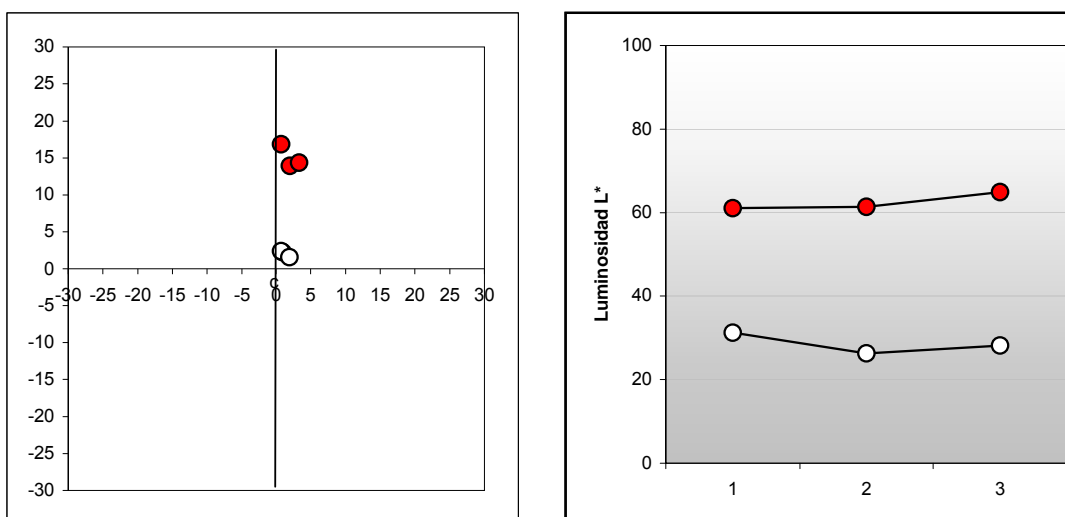


Figura 3.77. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la aplicación de una pátina negra (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Destacamos del gráfico derecho, cómo la luminosidad de las muestras después de aplicarles la pátina negra ha descendido considerablemente. La probeta de ensayo H72 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (26,24%). La que más ha disminuido en porcentaje, es la probeta de ensayo H73, con un 36,88%. Por su parte la más luminosa es H71, con un valor de luz de un 31,18% siendo la que menos ha variado su valor lumínico después de aplicarle la pátina (29,90). La muestra H72, ha descendido un 35,20%.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo H, una vez aplicada la pátina negra, es muy baja, como era de esperar. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es 4,94%, esto indica la existencia de cierta heterogeneidad lumínica entre las tres muestras patinadas, coincidiendo con la heterogeneidad de la luz entre las probetas de ensayo antes de su patinación.

Tabla 3.47. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo H, sin pátina y tras la aplicación de la pátina negra. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
H71	59,1	2,1	15	H71	31,2	0,7	2
H71	59,9	1,9	15,5	H71	29,9	1,7	2,4
H71	60,5	2,4	12,1	H71	30,7	0,4	1,8
H71	61,3	1,7	13,1	H71	32,6	1,2	2,3
H71	64,6	1,8	14	H71	31,5	0,8	3
MEDIA	61,08	1,98	13,94	MEDIA	31,18	0,96	2,3
STD	2,1265	0,2775	1,3831	STD	0,9985	0,503	0,4583
H72	60,6	0,4	16,4	H72	27,1	0,4	2,6
H72	64,2	0,4	18,2	H72	25,6	0,8	2,7
H72	63,8	0,9	16,7	H72	27,9	0,5	2,5
H72	56	1,2	15,4	H72	25,4	0,9	2,1
H72	62,6	0,8	17,7	H72	25,2	1	2,2
MEDIA	61,44	0,74	16,88	MEDIA	26,24	0,72	2,42
STD	3,3478	0,3435	1,1032	STD	1,1929	0,2588	0,2588
H73	63,9	2,3	17	H73	27,2	1,2	1,2
H73	65,6	2,7	15,6	H73	29,1	0,6	1,4
H73	65,1	4,2	12,2	H73	28,4	0,6	1,8
H73	66	4	12	H73	28,4	0,6	1,3
H73	64,3	3,4	14,9	H73	27,4	1,4	2,1
MEDIA	64,98	3,32	14,34	MEDIA	28,1	0,88	1,56
STD	0,8758	0,8167	2,1813	STD	0,7874	0,3899	0,3782

Todos los datos aquí referidos, se reflejan a continuación con absoluta claridad en la tabla 3.47, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La probeta de ensayo H72 es la que mayor desviación tiene de las tres (1,19), mientras que la muestra H73 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,78), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

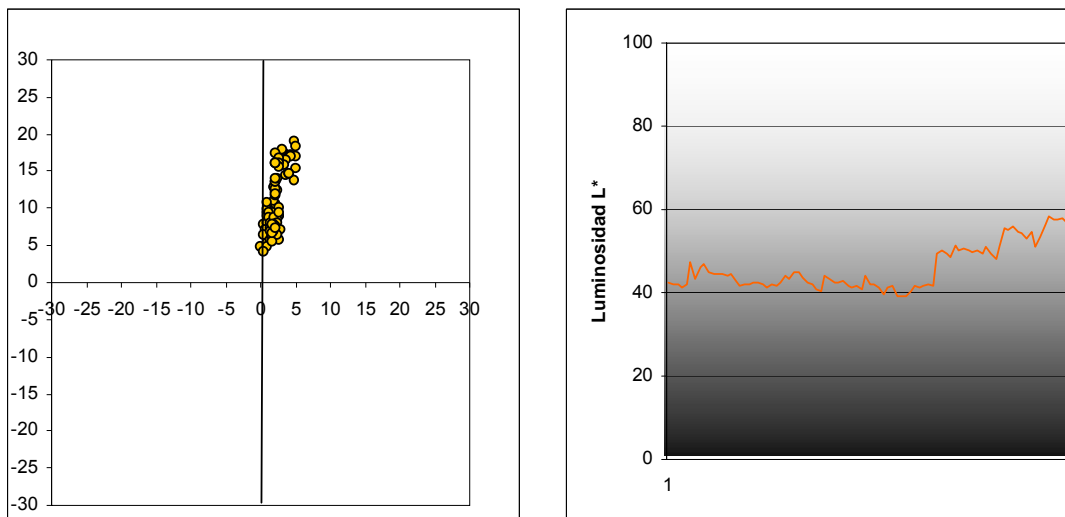
H72 es la muestra más homogénea, siendo H71 la menos homogénea de las tres, según su desviación colorimétrica. Las desviaciones entre las tres muestras son mínimas, con lo que nos encontramos ante las tres muestras más homogéneas en todos los aspectos. Con respecto a la saturación y el color negro tomado en la pátina, la variación es inapreciable entre las tres probetas de ensayo. Las tres muestras son negras y muy homogéneas.

Pátina natural transcurrido un año de corrosión a la intemperie, sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H).

En el gráfico izquierdo de la figura 3.78 nos encontramos ante una alineación de puntos, situados en el cuadrante de los naranjas, por encima de la diagonal de naranjas puros, ubicándose casi el 90% de las muestras en el eje de los amarillos, alcanzando un valor de saturación de color amarillo de hasta el 20. Estas muestras tienen valores mínimos de color rojo, (hasta un 5) y un mínimo de verde (0,5). Podemos hablar pues de amarillos prácticamente puros.

Las muestras en general son bastante heterogéneas, según se deduce al observar la alineación de puntos del gráfico, aunque en la parte inferior del grupo existe mayor homogeneidad. De todo esto, cabe deducir que la pátina natural transcurrido un año, ha evolucionado heterogéneamente, dependiendo de la aleación. Al observar los resultados obtenidos, podemos concluir que la composición de la aleación, es determinante para la obtención de la pátina natural, pues éste es el único factor que ha variado en estas muestras, ya que todas ellas han estado igualmente a la intemperie bajo techado durante el mismo período. Asimismo, podemos predecir que la pátina natural de estas mismas muestras, seguirá evolucionando con el paso del tiempo de forma distinta.

El gráfico derecho de la figura 3.78, nos muestra que la luminosidad de las probetas de ensayo de color natural de las seis aleaciones distintas, tras pasar un año a la intemperie, es muy heterogénea. Los valores de luminosidad oscilan entre un mínimo del 39 % y un máximo del 58%. Podemos concluir diciendo que las probetas de ensayo con pátina natural, tienen una luminosidad media y que no es absorbida del mismo modo por las distintas aleaciones. En este gráfico, podemos distinguir dos grupos diferenciados de valores: el primero corresponde a las aleaciones A, B, C y D, con una luminosidad más homogénea y el segundo, correspondiente a las aleaciones E y H que mantiene grandes diferencias lumínicas entre sí, así como con respecto al primer grupo, produciéndose una acusada elevación en su luminosidad.



Figura_3-78.-Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios del color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce con pátina natural tras un año a la intemperie, sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Pátina natural, aleación tipo A

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.79 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (A81, A82 y A83) es decir, con el color de la propia aleación tipo A. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente,

transcurrido un año, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representándose en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y la pátina adquirida transcurrido un año.

Lo más destacable del gráfico de color con respecto a las muestras de pátina natural, es la homogeneidad existente entre las tres; de hecho dos de ellas se superponen. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras varía poco, oscilando entre 12,54 y 9,66. El valor en el eje del color rojo, es más reducido en las tres, no teniendo apenas oscilación (1,84 y 2,28). Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal donde se encuentran los rojos y amarillos a partes iguales, prácticamente pegadas al eje amarillo, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátinas amarillas con un pequeñísimo grado de color rojo. Las muestras tienen la saturación y el color de pátina natural que con el transcurso del tiempo se esperaba adquiriera. Es lógico que la corrosión natural oscurezca el bronce y le haga perder brillo. Por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico, son satisfactorios.

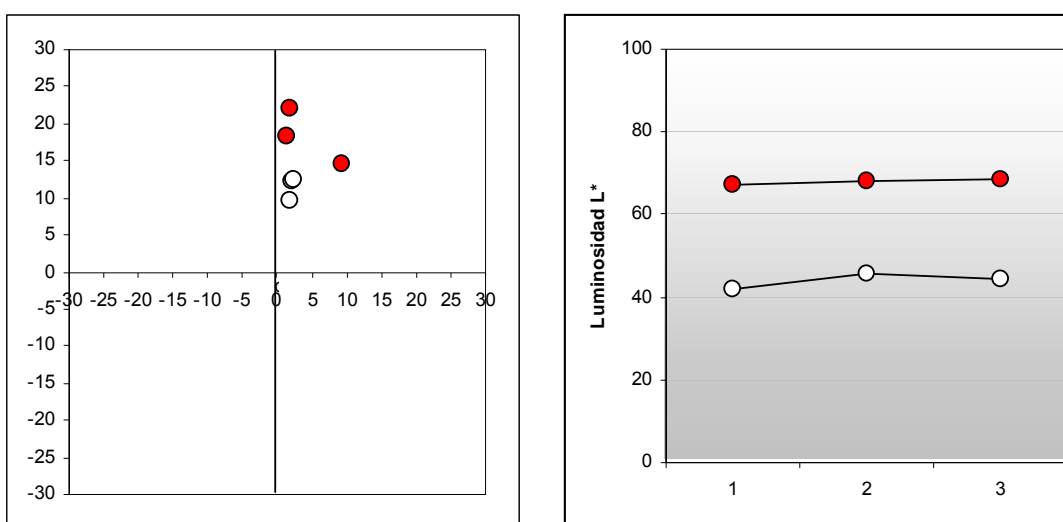


Figura 3.79. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo A (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras un año para la consecución de una pátina natural (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.79, la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo A (A81, A82 y A83), sin patinar y el color de pátina natural que ha tomado transcurrido un año. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas tras un año. Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras transcurrido un año, ha descendido. La probeta de ensayo A81 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (41,96%) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 25,38%. La más luminosa es A82, con un valor de luz de un 45,74% siendo la que menos ha variado su valor lumínico tras el año (22,16%). Por su parte A83, ha descendido un 24,26%.

Tabla 3.48. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo A, sin pátina y las mismas transcurrido un año para la consecución de una pátina natural. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
A81	69,5	0,9	19,5	A81	42,3	1,9	10,1
A81	68,7	0,6	18,7	A81	42	1,8	10,2
A81	67,2	2	16	A81	41,9	1,9	9,3
A81	65,3	1,7	19,8	A81	41,4	1,4	8,2
A81	66	1,3	17,6	A81	42,2	2,2	10,5
MEDIA	67,34	1,3	18,32	MEDIA	41,96	1,84	9,66
STD	1,7672	0,5701	1,5515	STD	0,3507	0,2881	0,929
A82	70,7	10,6	18,9	A82	47,2	1,9	12,9
A82	68,1	8,6	14,3	A82	43,3	2	10,9
A82	69,5	10,6	12,1	A82	46,3	2,1	12,7
A82	69	8,5	14	A82	46,9	2	12,9
A82	62,2	8,7	13,9	A82	45	2,1	11,6
MEDIA	67,9	9,4	14,64	MEDIA	45,74	2,02	12,2
STD	3,3219	1,0977	2,5334	STD	1,6041	0,0837	0,9055
A83	66,6	1,6	21,2	A83	44,6	2,3	12,1
A83	67,2	4	20,8	A83	44,5	2,4	12,4
A83	69,2	0,9	22,3	A83	44,4	2,3	12,7
A83	69,3	0,7	22,5	A83	44,1	2,3	11,9
A83	71	1,9	23,2	A83	44,4	2,1	13,6
MEDIA	68,66	1,82	22	MEDIA	44,4	2,28	12,54
STD	1,7714	1,3142	0,9823	STD	0,1871	0,1095	0,6656

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo A, una vez pasado un año, ha descendido considerablemente, y ha perdido parte del brillo propio del bronce. Por otra parte, la variación en el

porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es muy baja (3,26%), lo que indica la existencia de homogeneidad lumínica entre las tres muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan a continuación con absoluta claridad en la tabla 3.48, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La A82 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,6). La muestra A83 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,18), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

A83 es la muestra más homogénea, siendo A81 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color tomado en la pátina, la probeta de ensayo A83 es la más saturada y la menos, la A81.

Pátina natural, aleación tipo B

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.80, representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (B81, B82 y B83) es decir, con el color de la propia aleación tipo B. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, transcurrido un año, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representados en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y la pátina adquirida transcurrido un año.

Lo que más destaca del gráfico de color con respecto a las muestras de pátina natural, es la homogeneidad existente entre las probetas de ensayo, ya que de hecho se superponen. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, oscila tan solo entre 7,98 y 9,04. El valor en el eje del color rojo, igualmente no tiene apenas oscilación (0,9 y 2,6). Las tres probetas de ensayo, se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal de los naranjas puros, prácticamente pegadas al eje amarillo, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátinas amarillas con un

pequeñísimo grado de color rojo. Las muestras tienen la saturación y el color de pátina natural que con el transcurso del tiempo se esperaba adquiriera, es más, se han homogeneizado. Al igual que sucedía con la aleación A, la corrosión natural ha oscurecido el bronce y le ha hecho perder brillo. Por todo ello, podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico, son satisfactorios.

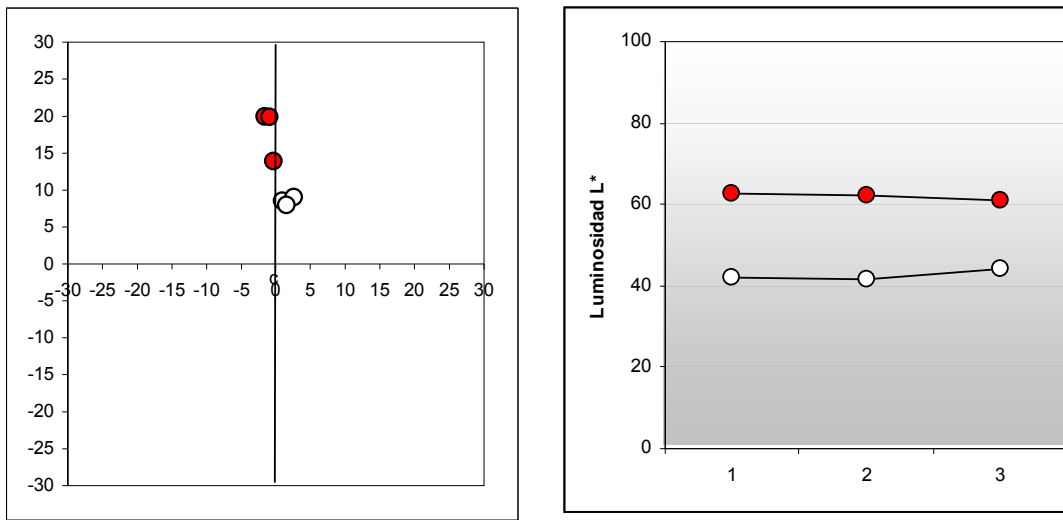


Figura 3.80. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo B (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras un año para la consecución de una pátina natural (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.80 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo B (B81, B82 y B83), sin patinar y el color de pátina natural que ha tomado transcurrido un año. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas tras un año.

Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras transcurrido un año, ha descendido. La probeta de ensayo B82 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (41,8%) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 20,48%. La más luminosa, con un valor de luz de un 43,96% es la B83, siendo la que menos ha variado su valor lumínico tras el año (16,8%). La B81, por otra parte, ha descendido un 20,46%. Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo B, una vez pasado un año, ha descendido considerablemente, y ha perdido parte del brillo propio del bronce. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres

probetas de ensayo es muy baja (3,66%), lo que indica la existencia de homogeneidad lumínica entre las tres muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan a continuación con absoluta claridad en la tabla 3.49, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La B83 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,1), La muestra B82 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,4), siendo la más homogénea de las tres.

Tabla 3.49. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo B, sin pátina y las mismas transcurrido un año para la consecución de una pátina natural. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
B81	60,7	-1,1	19,8	B81	42,8	1	9,5
B81	62	-2	19,3	B81	41,5	1,1	8,3
B81	65,8	-2,2	22	B81	41,9	0,5	7,9
B81	62,6	-1,7	19,8	B81	42,2	0,9	8,1
B81	62,1	-1,3	19	B81	42,5	1	9
MEDIA	62,64	-1,66	19,98	MEDIA	42,18	0,9	8,56
STD	1,9008	0,4615	1,1798	STD	0,507	0,2345	0,6693
B82	62,8	-0,4	14,7	B82	42,3	2,6	10,1
B82	64,9	-1	14,7	B82	41,9	2,8	8,9
B82	62,9	-1,4	14,5	B82	41,3	2,8	9
B82	60	0,6	13,7	B82	42	2,3	8,7
B82	60,8	0,5	12	B82	41,5	2,5	8,5
MEDIA	62,28	-0,34	13,92	MEDIA	41,8	2,6	9,04
STD	1,9305	0,8877	1,1498	STD	0,4	0,2121	0,6229
B83	59,2	0,3	20	B83	42,3	1,9	7,9
B83	60,5	-1,5	18,4	B83	44,2	1,4	8,7
B83	60,4	-0,9	21	B83	43,3	1,8	8,3
B83	61,6	-1,4	19,4	B83	45,1	0,8	7,2
B83	62,1	-1,3	20,8	B83	44,9	1,6	7,8
MEDIA	60,76	-0,96	19,92	MEDIA	43,96	1,5	7,98
STD	1,1327	0,7403	1,064	STD	1,1653	0,4359	0,563

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

B82 es la muestra más homogénea, siendo la B83 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color tomado en la pátina, la probeta de ensayo B83 es la más saturada y la menos, la B82, aunque no existe apenas diferencia.

Pátina natural, aleación tipo C

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.81, representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (C81, C82 y C83) es decir, con el color de la propia aleación tipo C. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, transcurrido un año, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representados en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y la pátina adquirida transcurrido un año.

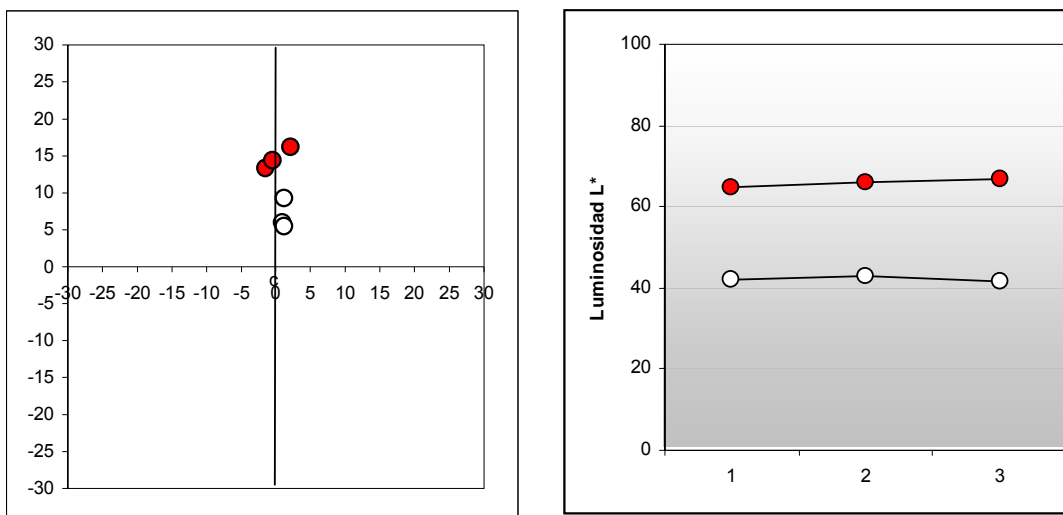


Figura 3.81. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo C (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras un año para la consecución de una pátina natural (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Lo más reseñable del gráfico de color con respecto a las muestras de pátina natural, es la homogeneidad existente; incluso dos de las probetas de ensayo son prácticamente iguales, siendo la tercera más saturada en color. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras oscila tan solo entre 5,54 y 9,32. El valor en el eje del color rojo, apenas oscila (0,9 y 1,8). Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal de los tonos naranjas puros, pegadas al eje amarillo, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo amarillas con un pequeñísimo grado de color rojo. Las muestras tienen la saturación y el color de pátina natural que con el transcurso del tiempo se esperaba adquiriera. Al igual que la aleación A y B, la corrosión natural ha oscurecido el bronce y le ha hecho perder brillo. Por lo que podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y que observamos en el gráfico son satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad en el gráfico derecho de la figura 3.81, la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo C (C81, C82 y C83) sin patinar y el color de pátina natural que ha tomado transcurrido un año. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas transcurrido un año a la intemperie. Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras transcurrido un año, ha descendido. La probeta de ensayo C83 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (41,8%) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 24,88%. La más luminosa, con un valor de luz de un 43,06% es la C82, descendido un 23,04%. La que menos ha variado su valor lumínico tras el año, es la C81 (16,8%). Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo C, una vez pasado un año, ha descendido considerablemente y ha perdido parte del brillo propio del bronce. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es bajísimo (2,16%), lo que indica la existencia de homogeneidad lumínica entre las tres muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan a continuación con absoluta claridad en la tabla 3.50, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La C81 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,3) mientras que C82 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,6), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son: C82 es la muestra más homogénea, siendo la C81 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color tomado en la pátina, la probeta de ensayo C82 es la más

saturada, mientras que C83 es la de menor saturación, aunque no existe apenas diferencia con la C81.

Tabla 3.50. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo C, sin pátina y las mismas transcurrido un año para la consecución de una pátina natural. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
C81	65,2	3,3	15	C81	43,8	0	4,8
C81	64,2	1,6	17,5	C81	42,4	0,5	6,3
C81	64,9	-0,5	15,5	C81	41,9	0,9	5,3
C81	63,6	3,4	17	C81	41	1,5	7,3
C81	65,2	2,8	16,3	C81	40,4	1,6	6,3
MEDIA	64,62	2,12	16,26	MEDIA	41,9	0,9	6
STD	0,7014	1,63	1,031	STD	1,3153	0,6745	0,9747
C82	66,3	-2,6	13,8	C82	44	1	9,9
C82	66,1	-1,6	14,1	C82	43,3	1	10,7
C82	66,6	-1,6	13,6	C82	42,4	1,1	9,3
C82	65,2	0,3	13,2	C82	42,6	1,3	8,6
C82	66,3	-2,1	12,2	C82	43	1,5	8,1
MEDIA	66,1	-1,52	13,38	MEDIA	43,06	1,18	9,32
STD	0,5339	1,0986	0,7362	STD	0,6309	0,2168	1,0305
C83	66,8	-1,7	17,8	C83	41,5	1,4	6,8
C83	67,1	-0,2	14,6	C83	41,4	1,4	5,8
C83	65,6	0,4	11,6	C83	41,5	0,9	4,7
C83	66,4	-1	14,4	C83	40,7	1,7	6,2
C83	67,5	0,3	13,6	C83	43,9	0,5	4,2
MEDIA	66,68	-0,44	14,4	MEDIA	41,8	1,18	5,54
STD	0,7259	0,8961	2,2405	STD	1,2207	0,4764	1,0714

Pátina natural, aleación tipo D

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.82 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (D81, D82 y D83) es decir, con el color de la propia aleación tipo D. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, transcurrido un año, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representados en el gráfico con puntos

blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y la pátina adquirida transcurrido un año.

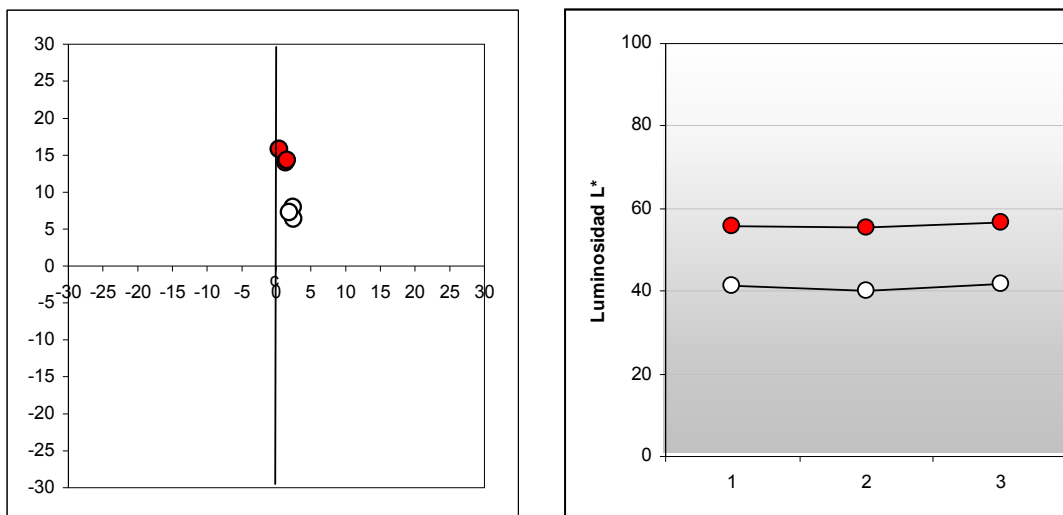


Figura 3.82. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo D (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras un año para la consecución de una pátina natural (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Lo que podemos destacar del gráfico de color con respecto a las muestras de pátina natural, es la homogeneidad existente entre las tres probetas de ensayo, ya que son prácticamente iguales; curiosamente antes del año también existía gran homogeneidad entre ellas. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, oscila tan solo entre 6,42 y 8. El valor en el eje del color rojo, apenas oscila (1,88 y 2,48). Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal de los tonos naranjas puros, muy cerca del eje amarillo, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo amarillas, ligeramente anaranjadas. Las muestras tienen la saturación y el color de pátina natural que con el transcurso del tiempo se esperaba adquiriera. Al igual que la aleación A, B y C, la corrosión natural ha oscurecido el bronce y le ha hecho perder brillo. Por todo ello podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos, en lo que a color se refiere y que observamos en el gráfico, son satisfactorios

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.82 la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo D (D81, D82 y D83), sin patinar y el color de pátina natural que ha tomado transcurrido un año. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas tras un

año. Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras transcurrido un año, ha descendido. La probeta de ensayo D82 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (39,96%) y la que más ha disminuido en porcentaje con un 15,3%. La más luminosa, con un valor de luz de un 41,68% es la D83, descendido un 14,9%. La que menos ha variado su valor lumínico tras el año, es la D81 (14,34%).

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo D, una vez pasado un año, ha descendido considerablemente, y ha perdido parte del brillo propio del bronce. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es casi nulo (0,96%), lo que indica la gran homogeneidad lumínica existente entre las tres muestras.

Tabla 3.51. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo D, sin pátina y las mismas transcurrido un año para la consecución de una pátina natural. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
D81	54,8	1,6	14,1	D81	42,2	2	8,7
D81	56,3	0,6	13,7	D81	42	2,7	9,3
D81	56,6	1,3	14,9	D81	41,2	2,5	8,1
D81	55,6	1,7	13,8	D81	39,6	2,5	6,3
D81	54,7	1,4	13,6	D81	41,3	2,3	7,6
MEDIA	55,6	1,32	14,02	MEDIA	41,26	2,4	8
STD	0,8573	0,4324	0,5263	STD	1,0237	0,2646	1,1446
D82	55,6	0,5	15,9	D82	41,6	2,7	5,7
D82	54,4	0,8	15,9	D82	39,2	2,4	7,1
D82	55,5	-0,8	17,4	D82	39,3	3	7,2
D82	56	0,2	16	D82	39,1	2,5	6,5
D82	54,8	1,2	14,1	D82	40,6	1,8	5,6
MEDIA	55,26	0,38	15,86	MEDIA	39,96	2,48	6,42
STD	0,6465	0,7563	1,1718	STD	1,1014	0,4438	0,753
D83	56,1	3,1	14,8	D83	41,7	1,9	6,9
D83	54,3	2,2	13,7	D83	41,2	1,7	6,7
D83	57,2	0,3	14,5	D83	41,8	1,9	7,9
D83	59,8	0,8	13,6	D83	42,1	1,7	7,7
D83	55,5	1,1	15,2	D83	41,6	2,2	7,4
MEDIA	56,58	1,5	14,36	MEDIA	41,68	1,88	7,32
STD	2,0825	1,1336	0,695	STD	0,3271	0,2049	0,5119

Todos los datos aquí referidos, se reflejan a continuación con absoluta claridad en la tabla 3.51, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La D82 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,1) y la muestra D83 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,3), siendo la más homogénea de las tres.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son:

D83 es la muestra más homogénea, siendo la D82 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color tomado en la pátina, no existe apenas diferencia entre la probeta de ensayo D81, que es la más saturada y la de menor saturación, la D82, lo que indica la homogeneidad cromática en las tres probetas de ensayo.

Pátina natural, aleación tipo E

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.83 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (E81, E82 y E83) es decir, con el color de la propia aleación tipo E. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, transcurrido un año, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representados en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y la pátina adquirida transcurrido un año.

Lo más destacable del gráfico de color con respecto a las muestras de pátina natural, es la homogeneidad existente entre las tres probetas de ensayo, no tanto como en la aleación D, pero también son prácticamente iguales; curiosamente las pátinas tras el año se han vuelto mucho más homogéneas. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras, oscila tan solo entre 16,18 y 17,34 y el valor en el eje del color rojo, apenas oscila (3,16 y 4,82). Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal de los tonos naranjas puros, entre el eje amarillo y la diagonal de los naranjas, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátinas amarillas-anaranjadas. En estas muestras, la saturación y el color de pátina natural han aumentado y se han unificado con el transcurso del tiempo.

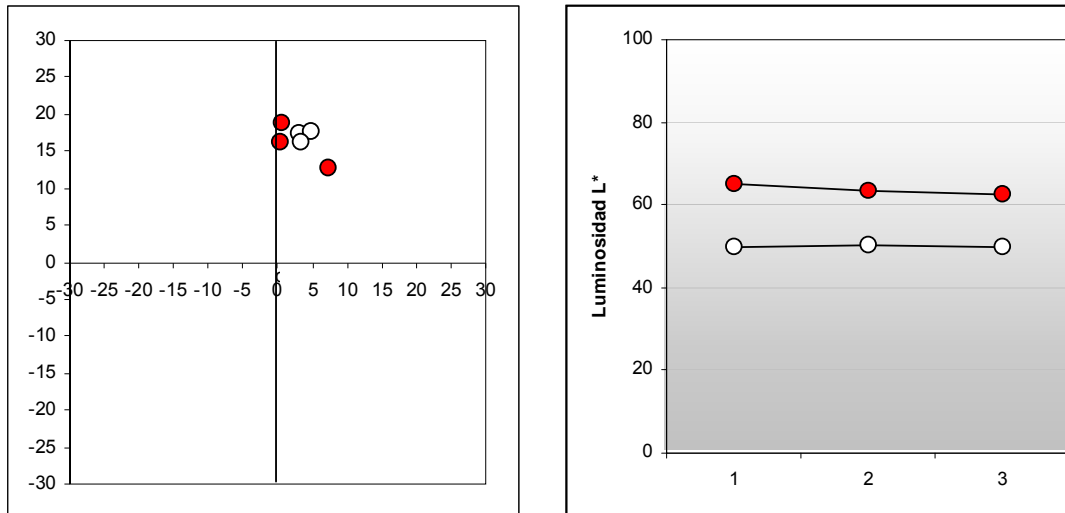


Figura 3.83. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo E (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras un año para la consecución de una pátina natural (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Por otro lado, el aumento de saturación en el color hace a la aleación E diferenciarse de las aleaciones A, B, C y D. Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren y sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente, son satisfactorios.

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.83, la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (E81, E82 y E83), sin patinar y el color de pátina natural que ha tomado transcurrido un año. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas tras un año. Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras transcurrido un año, ha descendido, pero no tanto como en las anteriores aleaciones. La probeta de ensayo E83 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (49,72%), siendo también la que menos ha disminuido en porcentaje su valor lumínico tras el año con un 12,84%. La más luminosa, con un valor de luz de un 50,16% es la E82, descendido un 13,08%.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo E, una vez pasado un año, ha descendido y ha perdido parte del brillo propio del bronce, pero menos que las cuatro aleaciones anteriores de esta misma pátina. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es pequeño (2,34%), lo que indica la homogeneidad lumínica existente entre las tres muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan a continuación con absoluta claridad en la tabla 3.52, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La E83 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,14) y la muestra E82 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,37), siendo la más homogénea de las tres. Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), las conclusiones más destacables son: E81 es la muestra más homogénea, siendo E82 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color tomado en la pátina, entre la probeta de ensayo E82, que es la más saturada y la de menor saturación, (E83), hay una pequeñísima diferencia, lo que indica la gran homogeneidad cromática en las tres probetas de ensayo.

Tabla 3.52 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo E, sin pátina y las mismas transcurrido un año para la consecución de una pátina natural. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L^*	a^*	b^*	SIGLA	L^*	a^*	b^*
E81	65,6	26	10,9	E81	49,2	3,4	17,5
E81	65,6	0,6	16,5	E81	50	2,9	17,5
E81	66,7	1,9	13,3	E81	49,5	3,2	17,6
E81	62,8	3	10,3	E81	48,7	3,2	17,8
E81	64,2	4,9	13	E81	51,6	3,1	16,3
MEDIA	64,98	7,28	12,8	MEDIA	49,8	3,16	17,34
STD	1,5073	10,583	2,4413	STD	1,1113	0,1817	0,5941
E82	63,5	-0,5	20	E82	50,3	4,5	17,2
E82	63,5	0,6	19	E82	50,7	5,1	17
E82	63,5	0,2	18,4	E82	50,1	4,9	18,9
E82	62,9	2,2	18,2	E82	49,7	4,5	16,9
E82	62,8	0,6	18,5	E82	50	5,1	18,3
MEDIA	63,24	0,62	18,82	MEDIA	50,16	4,82	17,66
STD	0,3578	0,991	0,7225	STD	0,3715	0,3033	0,8905
E83	65,9	1,3	14,3	E83	49,3	3	16,6
E83	58,6	-0,9	13,4	E83	50,9	3,1	15,7
E83	63,1	1	17,5	E83	49,2	3,5	16,3
E83	63,6	-0,8	19,2	E83	48,3	3,7	16,5
E83	61,6	0,7	17,2	E83	50,9	3,5	15,8
MEDIA	62,56	0,26	16,32	MEDIA	49,72	3,36	16,18
STD	2,6987	1,0359	2,4015	STD	1,1454	0,2966	0,4087

Pátina natural, aleación tipo H

Los datos mostrados en el gráfico izquierdo de la figura 3.84 representan el color natural de un número total de 3 muestras sin patinar: (H81, H82 y H83) es decir, con el color de la propia aleación tipo H. Estos datos, se representan en el gráfico con puntos de color rojo. Sobre estas muestras, se han realizado un total de 15 mediciones de color (5 mediciones por probeta) y posteriormente, transcurrido un año, estas mismas 3 muestras se han medido igualmente con el colorímetro en los mismos puntos, representados en el gráfico con puntos blancos. Esto nos permite observar con claridad la variación en las muestras sin pátina y la pátina adquirida transcurrido un año.

Lo más destacable del gráfico de color con respecto a las muestras de pátina natural, es la homogeneidad existente entre las tres probetas de ensayo. El proceso de homogeneización es muy similar al de la aleación E; también son prácticamente iguales y curiosamente tras el año las pátinas se han vuelto más homogéneas. El valor en el eje de los amarillos de las tres muestras tiene una oscilación tan solo entre 14,56 y 16,48; igualmente el valor en el eje del color rojo, apenas oscila (3,16 y 4,82).

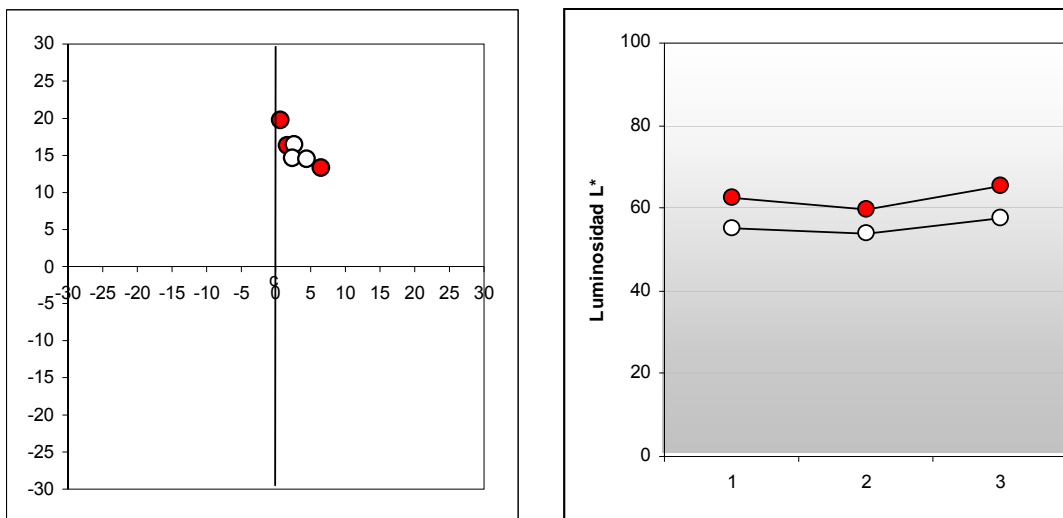


Figura 3.84. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce tipo H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras un año para la consecución de una pátina natural (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Las tres probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal de los tonos naranjas puros, entre el eje amarillo y la diagonal de los naranjas, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátinas amarillas-anaranjadas. En estas muestras, al igual que las de la aleación tipo E, la saturación y el color de pátina natural han aumentado y se han unificado con el transcurso del tiempo. Las aleaciones E y H, han tomado un color y saturación de pátina prácticamente igual, diferenciándose de las aleaciones A, B, C y D, que son menos saturadas y en general más amarillas. Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos, en lo que a color se refieren y sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente, son satisfactorios también en el tipo de aleación H

Con respecto a la luminosidad, podemos apreciar con claridad, en el gráfico derecho de la figura 3.84, la representación lumínica de las tres probetas de ensayo de la aleación tipo E (H81, H82 y H83), sin patinar y el color de pátina natural que ha tomado transcurrido un año. Los puntos rojos representan la luminosidad de las muestras sin patinar y los puntos blancos, las mismas tras un año.

Destacamos del gráfico, cómo la luminosidad de las muestras transcurrido un año, ha descendido poco, aun menos que en la aleación tipo E. La probeta de ensayo H82 es la de menor valor lumínico de las tres muestras (53,78%), pero la que menos ha disminuido en porcentaje y menos ha variado su valor lumínico tras el año, tan solo un 5,96%. La más luminosa, con un valor de luz de un 57,68% es la H83, descendido un 7,9%.

Podemos concluir diciendo, que la luminosidad de cada una de las muestras tipo H, una vez pasado un año, ha descendido y que han perdido muy poco del brillo propio del bronce. Es la aleación que menos ha variado de las seis de esta misma pátina. Por otra parte, la variación en el porcentaje de luminosidad entre las tres probetas de ensayo es muy pequeña (1,94%), lo que indica la homogeneidad lumínica existente entre las tres muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan a continuación con absoluta claridad en la tabla 3.53, en los valores medios y en las desviaciones de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las tres probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar (STD) del valor L^* de las tres probetas de ensayo patinadas, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre estas tres muestras. La H82 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,91) y la muestra H83 es la que menos desviación del valor L^* tiene, (0,52), siendo la más homogénea de las tres.

Tabla 3.53 Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de las muestras tipo H, sin pátina y las mismas transcurrido un año para la consecución de una pátina natural. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

SIN PÁTINA				CON PÁTINA			
SIGLA	L*	a*	b*	SIGLA	L*	a*	b*
H81	66,2	6,6	13,6	H81	55,5	2,8	16,5
H81	61,6	6,1	13,6	H81	55,1	2,3	17,5
H81	60,7	7	12,4	H81	56	2,7	16,7
H81	62,5	6,3	13,2	H81	54,6	2,7	16,1
H81	61,8	6,5	14,1	H81	54,3	2,6	15,6
MEDIA	62,56	6,5	13,38	MEDIA	55,1	2,62	16,48
STD	2,1338	0,3391	0,634	STD	0,6819	0,1924	0,7085
H82	62	2,5	16,4	H82	53,1	2,3	13,6
H82	59,4	1,5	13,8	H82	54,6	2,5	14
H82	57,6	1	15,5	H82	51,2	2,3	13,9
H82	58,9	0,8	17,2	H82	53,6	2,3	16
H82	60,8	2,3	18,8	H82	56,4	2,3	16
MEDIA	59,74	1,62	16,34	MEDIA	53,78	2,34	14,7
STD	1,7053	0,7596	1,8676	STD	1,9162	0,0894	1,1958
H83	65	0,4	18,5	H83	58,3	5,2	15,3
H83	65,2	1,5	19,3	H83	57,6	3,7	14,4
H83	65,6	1,3	20,3	H83	57,6	4,9	13,7
H83	67,7	-0,6	20	H83	58	4,1	14,7
H83	64,4	0,6	20,9	H83	56,9	4,1	14,7
MEDIA	65,58	0,64	19,8	MEDIA	57,68	4,4	14,56
STD	1,2617	0,8325	0,9274	STD	0,5263	0,6245	0,5814

Con respecto a la desviación estándar de los valores a* y b* (color), las conclusiones más destacables son:

H81 es la muestra más homogénea, siendo la H83 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color adquirido por esta pátina, entre la probeta de ensayo H81, que es la más saturada y la de menor saturación, la H83, existe una pequeñísima diferencia, lo que indica la gran homogeneidad cromática en las tres probetas de ensayo.

Pátinas (blanca, ocre, rojo, verde, azul, negro y natural), sobre todas las aleaciones (A, B, C, D, E y H), transcurrido un año de corrosión a la intemperie

Con el objeto de profundizar más en el estudio del comportamiento de las siete pátinas dadas, a lo largo del tiempo, así como ver lo que ocurre con ellas si las llevamos al exterior, se ha seleccionado una muestra por cada pátina y aleación, dejándolas a la intemperie, bajo techado (ya que no interesaba para esta investigación que la lluvia interfiriera en el proceso de corrosión), durante un año. Se han tenido en cuenta los factores medioambientales como la humedad relativa, escogiendo la zona interior de Granada, donde la humedad es bastante menor que en su costa. Además de la humedad, en la costa influyen otros factores como las sales y elementos concentrados en la atmósfera, como por ejemplo el yodo. Estos factores harían desaparecer con mayor rapidez el color de la pátina artificial original, tornándose sin remedio en verde. Transcurrido el año de la exposición de las muestras en el exterior, se han vuelto a realizar las mediciones sobre estas probetas de ensayo, mostrando a continuación los resultados más relevantes obtenidos.

En la figura 3.85, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 42 muestras patinadas con los siete colores de pátinas artificiales, así como 18 muestras patinadas de forma natural, sobre las que se han realizado un total de 300 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal), así como calculado los valores medios. Vamos a contrastar estos datos con los del gráfico de cromaticidad de la figura 3.86, que nos representa estas mediciones transcurrido un año, en el que las muestras han estado expuestas a los factores medioambientales que la intemperie de la capital granadina contiene. Hay que tener en cuenta que si estas probetas de ensayo hubieran estado expuestas en la costa en vez de la capital, la composición medioambiental o atmosférica hubiera sido más húmeda y con mayor concentración de sales y yodo, con lo que las pátinas habrían evolucionado de forma distinta.

En el gráfico de la figura 3.85, destaca la gran heterogeneidad de los resultados obtenidos entre las diversas muestras. Sin embargo, esto es previsible, teniendo en cuenta que todas las probetas de ensayo de bronce están tratadas con diferentes químicos al objeto de obtener los siete colores de las siete pátinas aceleradas artificialmente. Observamos en el gráfico de las probetas de ensayo sin tratar, antes del transcurso del año, cómo el total de las probetas de ensayo se encuentran repartidas en tres de los cuatro cuadrantes de forma muy dispersa, siendo el único cuadrante que no tiene probetas de ensayo el rojo-azul. Aproximadamente, el 60% de las muestras se ubican en el cuadrante de los tonos anaranjados; destaca una de las probetas de ensayo, con una saturación alta en color rojo; el resto se sitúan entre la diagonal de los

naranjas puros y el eje amarillo, con lo que la tonalidad resultante es la del anaranjado, aunque la mayoría sería más amarilla que roja; la saturación del color en este cuadrante es elevada, llegando hasta los más altos valores. Un 30% de las muestras se ubica en el cuadrante de los tonos amarillos-verdes, con menor saturación de color, pero con la misma dispersión y heterogeneidad. Aproximadamente el 10% restante, se encuentra el cuadrante de los tonos verdes-azules, siendo estas muestras las de menor saturación de color.

Dentro de la alta heterogeneidad y dispersión de las probetas de ensayo que se observa en el gráfico, existe cierta homogeneidad en algunos grupos de muestras; recordemos que son siete los colores patinados (blanco, ocre, rojo, verde, azul, pardo y negro) y que las muestras se agrupan por colores.

De los resultados estudiados, lo más destacable que se refleja en el gráfico de color de la figura 3.85, es la diferencia de la pátina blanca con respecto a las demás pátinas; ya que se comporta más como una veladura, que como una pátina consistente y saturada en color, en la que se pueda apreciar perfectamente el color de fondo de la probeta de ensayo. El color blanco siendo puro estaría representado en el centro de los ejes, al igual que el color negro. Cuanto más se acercan las muestras al centro, los colores serán más neutros y menor será la saturación del color.

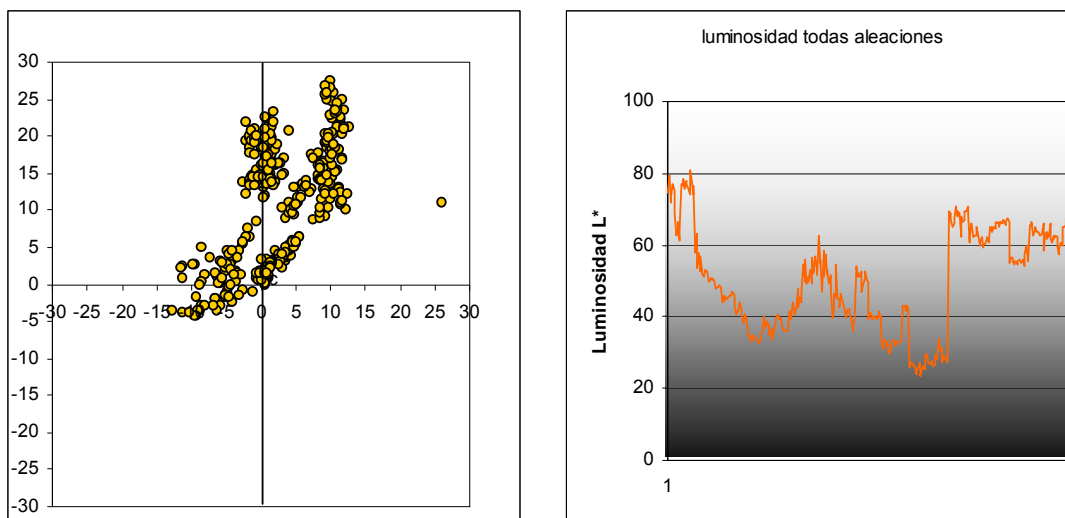


Figura 3.85. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce patinadas con los siete colores artificiales y el natural, en todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Comparando el gráfico de color de la figura 3.85 y el gráfico de la figura 3.86 (las mismas probetas de ensayo evolucionando de forma natural en un año), destaca cómo la gran heterogeneidad existente en las muestras en la primera medición (figura 3.85), ha descendido considerablemente tras un año (figura 3.86), así como igualmente lo ha hecho la dispersión. Ahora nos encontramos ante una alineación de puntos mucho más equilibrada y continua. Teniendo en cuenta que todas las probetas de ensayo de bronce están tratadas con diferentes químicos, observamos en el gráfico tras el transcurso del año, cómo el total de las probetas de ensayo tiende a homogeneizarse, buscando una pátina que evoluciona de forma natural, tendiendo a unificar el color.

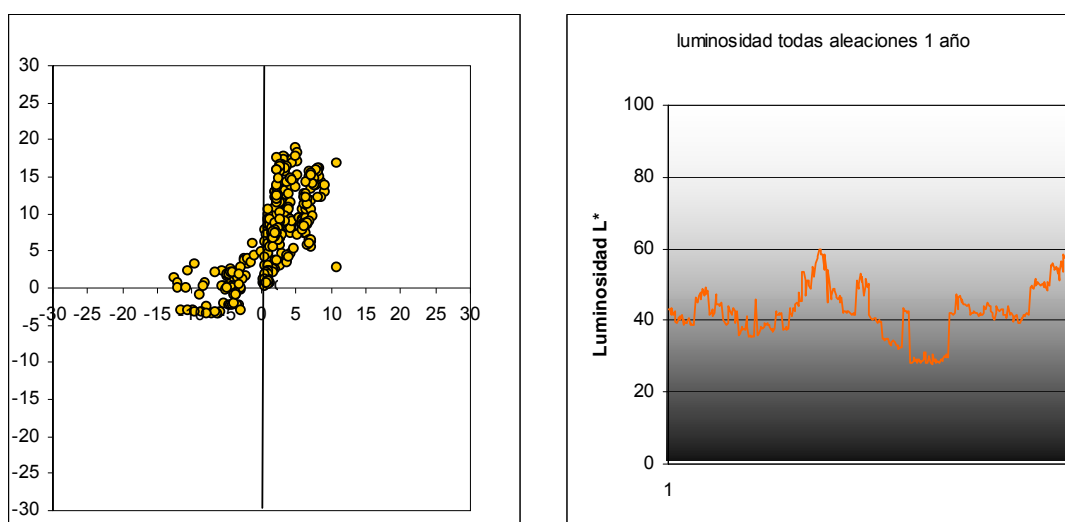


Figura 3.86. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo de bronce patinadas con los siete colores artificiales y el natural, en todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H) transcurrido un año. Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

En la figura 3.86, igualmente las probetas de ensayo se encuentran repartidas en tres de los cuatro cuadrantes pero de forma mucho menos dispersa. El único cuadrante que no tiene probetas de ensayo, es el rojo-azul. Aproximadamente, el 75% de las muestras ahora se ubican en el cuadrante de los tonos anaranjados, destacando dos de las probetas de ensayo, con una saturación más alta en color rojo. El resto de las muestras está entre la diagonal de los naranjas puros y el eje amarillo, por lo que podemos hablar de colores amarillos-anaranjados; la saturación del color en este cuadrante es la más elevada, aunque los valores de saturación han disminuido. En el cuadrante de los tonos amarillos-verdes, transcurrido el año, se ubican un 12% de las muestras, con un apreciable descenso en la saturación del color, así como de la

dispersión y la heterogeneidad. Aproximadamente el 7% restante, se sitúa en el cuadrante de los tonos verdes-azules, siendo estas muestras las de menor saturación de color y las que menos variación han experimentado. De los resultados estudiados, lo más destacable que se refleja en el gráfico de color de la figura 3.86, es que los colores son más neutros y menos saturados. Otro resultado interesante, es la disminución de la heterogeneidad y dispersión de las probetas de ensayo, desapareciendo la disgregación en grupos por colores distintos que existía en las muestras.

Todas aleaciones. Color Blanco

En la figura 3.87, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 6 muestras corroídas artificialmente con pátina blanca, sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), representados con los puntos rojos; así como estas mismas muestras transcurrido un año, dejando que las pátinas sigan su proceso natural a la intemperie (puntos blancos). Sobre las probetas de ensayo se han realizado un total de 60 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal, antes y después del año), así como calculado los valores medios. Destacamos del gráfico de cromaticidad, cómo las muestras tras un año de pátinación natural, siguen manteniendo la heterogeneidad existente entre las seis probetas de ensayo en la pátina blanca. El proceso de corrosión ha hecho que la pátina blanca se vaya perdiendo, volviéndose en general más amarilla. El valor en el eje de los amarillos de las seis probetas de ensayo, oscila ahora aproximadamente entre los valores 5 y 15; observamos cómo estos valores han subido, mientras que los valores del eje rojo, apenas han cambiado, oscilando ahora entre 0 y 5 aproximadamente. Las seis probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal de los tonos naranjas puros, entre el eje amarillo y la diagonal de los naranjas, muy cerca del eje amarillo, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con pátinas amarillas-anaranjadas. En estas muestras, la saturación y el color de pátina natural han aumentado y se han unificado con el transcurso del tiempo, siendo en general más amarillas. Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren, son satisfactorios, sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente y que la pátina natural que el bronce adquiere en el medio natural al que se ha expuesto, es un ocre más o menos oscuro.

En el gráfico de la luminosidad (figura 3.87, gráfico derecho), apreciamos con claridad, la representación lumínica de las 6 probetas de ensayo seleccionadas con pátina blanca (una por cada tipo de aleación), con las mediciones realizadas sobre la pátina blanca inicial (puntos rojos) y las medidas lumínicas de las mismas probetas de ensayo transcurrido un año de corrosión a la intemperie (puntos blancos).

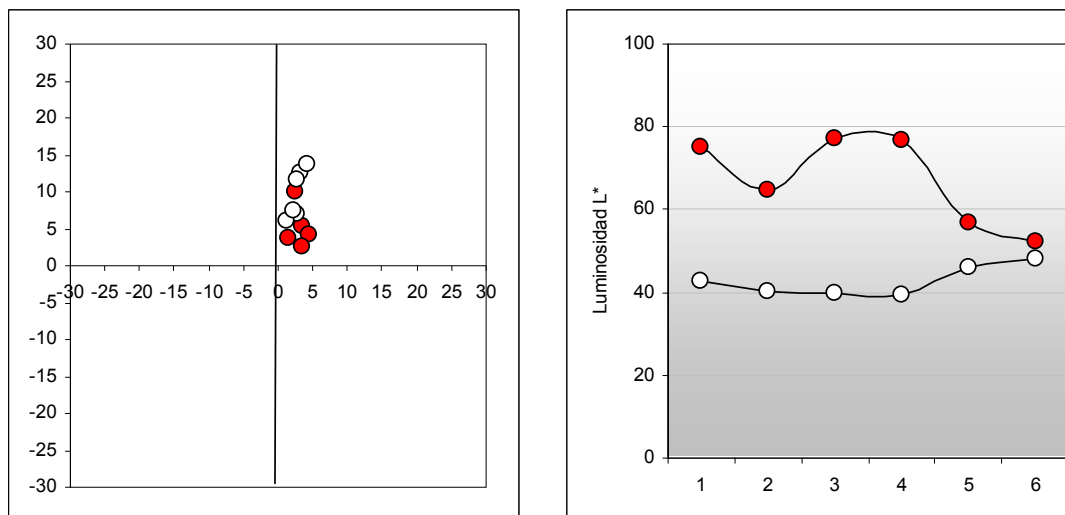


Figura 3.87. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la pátina blanca en las probetas de ensayo de bronce tipo A, B, C, D, E y H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Lo más obvio de este gráfico, es el descenso lumínico en general de las seis muestras transcurrido el año. Otro dato a destacar, sería cómo la luminosidad se ha ido unificando haciéndose más homogénea. Las aleaciones de tipo A, B, C y D son las que más se han homogeneizado, así como las que más han disminuido su luminosidad, mientras que sorprendentemente las aleaciones tipo E y H, han tenido un descenso menor, especialmente la aleación H, que apenas si ha descendido (si bien es cierto que esta aleación era la de menor luminosidad en su pátina original y ahora es la más luminosa de las seis aleaciones). Las aleaciones menos luminosas (C y D), son también las que más han variado, perdiendo casi un 40% de su luz transcurrido el año. La probeta de ensayo D13 es la de menor valor lumínico de las seis muestras (39,22%) y la que más ha disminuido en porcentaje (37,44%). La más luminosa es H13, con un valor de luz de un 48,18% siendo la que menos ha descendido, con tan solo un 4,26%. La variación en el porcentaje de luminosidad entre las seis probetas de ensayo es relativamente pequeña (8,96%), lo que indica que ha aumentado la homogeneidad lumínica entre las seis muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en la tabla 3.54.a 3.54.b y, en los valores medios de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las 6 probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.54.a Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo A, Tipo B y Tipo C, con pátina blanca y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA BLANCA				Aleación	PÁTINA BLANCA TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
A13	74,7	2,1	4,5	Tipo-A	A13	43	3,2	13,1
A13	79,5	1,3	2,4		A13	43	3,1	13
A13	71,7	2,2	3,3		A13	41,5	3,6	12,9
A13	73,2	1,2	2,6		A13	43,4	3,3	12,4
A13	76,9	1,1	1,8		A13	41,8	3	11,9
MEDIA	75,2	1,58	2,92		MEDIA	42,54	3,24	12,66
STD	3,0773	0,5263	1,0330	STD	0,8355	0,2302	0,5030	
B13	68,9	2,7	3,1	Tipo-B	B13	39,8	2,7	7,5
B13	62,7	3,6	3,1		B13	39,3	3,3	8,6
B13	64,7	2,7	4,1		B13	40,2	2,3	5,7
B13	66,6	3,6	3,6		B13	40,7	2,8	6,6
B13	61,1	4,7	5,1		B13	41,3	2,1	6,5
MEDIA	64,8	3,46	3,8		MEDIA	40,26	2,64	6,98
STD	3,0887	0,8264	0,8367	STD	0,7765	0,4669	1,1077	
C13	76,8	4	5,3	Tipo-C	C13	41,7	0,9	7
C13	76,5	5	5,8		C13	38,8	1,8	6,3
C13	78,3	4,3	3,8		C13	40,4	0,9	4,7
C13	75,8	4,6	5,9		C13	39,4	1	5,7
C13	78,2	4,2	5,4		C13	39,2	1,6	6,2
MEDIA	77,12	4,42	5,24		MEDIA	39,9	1,24	5,98
STD	1,0941	0,3899	0,8444	STD	1,1662	0,4278	0,8526	

La desviación estándar del valor L* de las seis probetas de ensayo (STD) tras el año, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre las muestras. E13 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,17) mientras que la muestra B13 es la que menos desviación del valor L* tiene, (0,77), siendo la más homogénea de las seis.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a* y b* (color), la muestra más homogénea es E13, siendo B13 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color adquirido por esta pátina, la probeta de ensayo H13, es la más saturada y C13la de menor saturación.

La conclusión más reseñable de la pátina blanca es su inconsistencia para utilizarla en el exterior, pues en un año ha perdido tanto en color como en luminosidad.

Tabla 3.54.b Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo D, Tipo E y Tipo H, con pátina blanca y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA BLANCA				Aleación	PÁTINA BLANCA TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
D13	75,6	4	4,6	Tipo-D	D13	40,7	2,7	9
D13	74,4	4,1	4,7		D13	38,8	1,9	6,9
D13	80,9	2,5	3,3		D13	39	2,1	6,6
D13	78,4	3,4	3,8		D13	38,7	1,9	7,9
D13	74	3,7	4,9		D13	38,9	2,6	6,8
MEDIA	76,66	3,54	4,26		MEDIA	39,22	2,24	7,44
STD	2,9288	0,6427	0,6804	STD	0,8349	0,3847	1,0065	
E13	58,1	2,1	3	Tipo-E	E13	46,3	2,3	11,5
E13	63,3	1,2	0,8		E13	45	2,6	11,5
E13	53,5	2,9	3,2		E13	45	2,9	12
E13	57,9	3	2,1		E13	46,8	3	11,3
E13	52,4	3,2	4,1		E13	47,7	3	11,6
MEDIA	57,04	2,48	2,64		MEDIA	46,16	2,76	11,58
STD	4,3334	0,8289	1,2502	STD	1,1718	0,3050	0,2588	
H13	53,1	4,7	9,4	Tipo-H	H13	48,7	4,2	14,5
H13	52,1	4,1	11		H13	48,6	4,5	14,1
H13	51,1	3,7	8,9		H13	47,1	3,4	13,2
H13	52,9	5,4	11,1		H13	49,2	4,7	14,6
H13	53	4,1	9,6		H13	47,3	4	12,7
MEDIA	52,44	4,4	10		MEDIA	48,18	4,16	13,82
STD	0,8473	0,6633	0,9925	STD	0,9257	0,5030	0,8349	

Todas aleaciones. Color Ocre

En la figura 3.88, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 6 muestras corroídas artificialmente con pátina ocre, sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), con los puntos rojos; así como estas mismas muestras transcurrido un año, dejando que las pátinas sigan su proceso natural a la intemperie, representadas con puntos blancos. Sobre las probetas de ensayo se han realizado un total de 60 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal, antes y después del año), así como calculado los valores medios.

El gráfico de cromaticidad tras un año de pátina natural, muestra que aunque sigue existiendo heterogeneidad entre las seis probetas de ensayo, la pátina ocre se ha unificado algo más. El proceso de corrosión ha hecho que la pátina ocre se oscurezca, tornándose en general hacia un naranja poco saturado. El valor en el eje de los amarillos de las seis probetas de ensayo, oscila ahora aproximadamente entre los valores 4 y 10. Observamos cómo estos valores han disminuido considerablemente, mientras que los valores del eje rojo, apenas han cambiado, oscilando ahora entre 3 y 11 aproximadamente. Las seis probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, cuatro de ellas centradas en la diagonal de los tonos naranjas puros, otra más próxima al eje amarillo y la sexta muy cerca del eje rojo, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con colores naranjas puros. En estas muestras, la saturación y el color de pátina natural han disminuido y se ha unificado con el transcurso del tiempo.

Como conclusión sobre los resultados obtenidos referentes al color y sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente, se puede decir que la pátina ocre es adecuada para el exterior, ya que el bronce adquiere en el medio natural al que se han expuesto las muestras, una pátina color ocre, aunque de menor saturación que la de la pátina original. Podemos decir pues, que los resultados son satisfactorios.

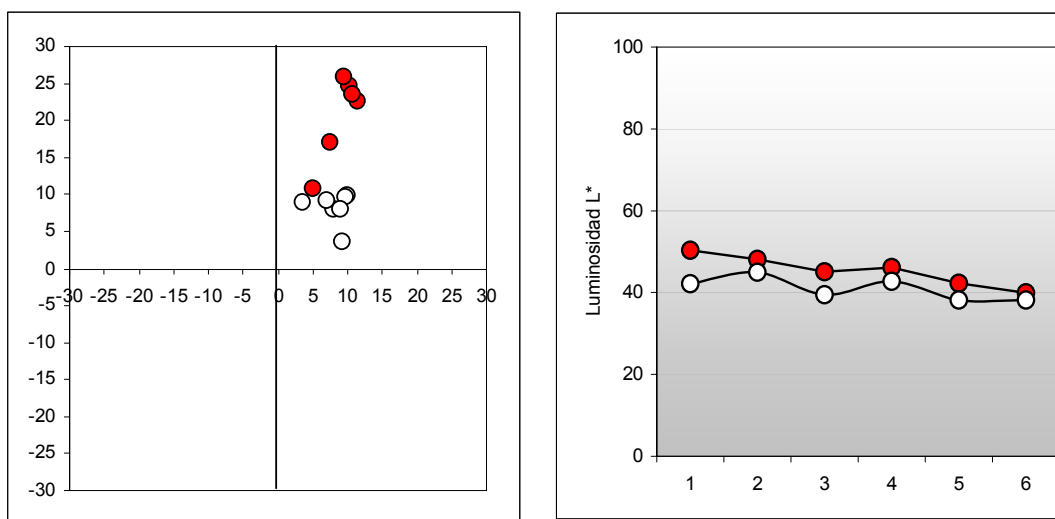


Figura 3.88. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la pátina ocre en las probetas de ensayo de bronce tipo A, B, C, D, E y H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

En el gráfico de la luminosidad (figura 3.88, gráfico derecho), apreciamos con claridad, la representación lumínica de las 6 probetas de ensayo seleccionadas con pátina ocre (una por cada tipo de aleación), con las mediciones realizadas sobre la pátina ocre inicial (puntos rojos) y las medidas lumínicas de las mismas probetas de ensayo transcurrido un año de corrosión a la intemperie (puntos blancos).

En este gráfico destacamos, el apenas apreciable descenso lumínico de las seis muestras en general transcurrido el año. Tan solo las probetas de ensayo de aleación A y C han descendido un poco más pero no alcanzan ni el 10%. Destacar también cómo la homogeneidad de la luminosidad entre las seis aleaciones se ha mantenido casi igual. De la aleación tipo H, se puede decir que no ha variado de luminosidad (1,74%) con respecto a su pátina original, siendo ésta la menos luminosa anteriormente así como pasado un año. Por otro lado, la más luminosa de las seis aleaciones, transcurrido el año a la intemperie, es la B.

Tabla 3.55.a. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo A, Tipo B y Tipo C, con pátina ocre y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

PÁTINA OCRE				Aleación	PÁTINA OCRE TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
A23	50	10,4	20,2	Tipo-A	A23	42,7	3,6	9,6
A23	49,9	11,5	22,4		A23	41,6	3,4	8,2
A23	50,9	11,9	23,4		A23	41,9	4,1	11,5
A23	50,3	11,4	22,1		A23	43,1	3,7	9,6
A23	50,5	11,8	24,9		A23	41,2	4	10,8
MEDIA	50,32	11,4	22,6		MEDIA	42,1	3,76	9,94
STD	0,4025	0,5958	1,7306	STD	0,7842	0,2881	1,2681	
B23	47,7	9,8	24,8	Tipo-B	B23	47,4	1,9	9,5
B23	47,9	10,3	22,4		B23	44,7	4	9,3
B23	48,1	9,9	27,4		B23	44,6	3	9,4
B23	48,5	10,4	25,9		B23	44,6	3,7	9,4
B23	48,7	10,7	23,4		B23	43,8	4	10,6
MEDIA	48,18	10,22	24,78		MEDIA	45,02	3,32	9,64
STD	0,4147	0,3701	1,9804	STD	1,3791	0,8927	0,5413	
C23	44,2	10,1	22,8	Tipo-C	C23	40,2	3,9	8
C23	45,2	11	23,8		C23	40,1	4,5	7,8
C23	46,1	10,8	23,1		C23	39,2	4,1	7,5
C23	44,7	11	24,4		C23	39	4,5	8,6
C23	45,4	10,9	23,2		C23	38,6	4,4	8,5
MEDIA	45,12	10,76	23,46		MEDIA	39,42	4,28	8,08
STD	0,7190	0,3782	0,6387	STD	0,7014	0,2683	0,4658	

Tabla 3.55.b. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo D, Tipo E y Tipo H, con pátina ocre y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA OCRE				Aleación	PÁTINA OCRE TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
D23	45,4	9,4	24,8	Tipo-D	D23	44	2,7	8,6
D23	45,7	9,6	25,8		D23	42,7	3,3	8,7
D23	45,9	9,9	26,5		D23	41,5	4,1	9,3
D23	46,7	9,3	25,5		D23	42	3,3	8,9
D23	47	9,3	26,7		D23	43,5	4,4	9,1
MEDIA	46,14	9,5	25,86		MEDIA	42,74	3,56	8,92
STD	0,6804	0,2550	0,7701	STD	1,0310	0,6841	0,2864	
E23	42,5	4,6	9,7	Tipo-E	E23	39	1,9	3,7
E23	40,6	5,2	11,8		E23	42,7	0,4	3
E23	42,3	5,8	11,7		E23	36,8	3,5	3,8
E23	41,8	4,8	10,5		E23	35,7	3	4,7
E23	44	5	10,7		E23	36,4	2,6	3
MEDIA	42,24	5,08	10,88		MEDIA	38,12	2,28	3,64
STD	1,2300	0,4604	0,8786	STD	2,8420	1,2029	0,7021	
H23	40,6	9,2	19,2	Tipo-H	H23	37,3	6	10,7
H23	38,5	8	17,2		H23	37,9	6,1	8
H23	39,8	7,4	17,6		H23	37,2	5,5	9,4
H23	40,7	8,2	17,8		H23	37,1	5,5	9,4
H23	39,9	5,2	13,2		H23	41,3	5,8	8,2
MEDIA	39,9	7,6	17		MEDIA	38,16	5,78	9,14
STD	0,8803	1,4900	2,2539	STD	1,7827	0,2775	1,0900	

La variación en el porcentaje de luminosidad entre las seis probetas de ensayo es relativamente pequeña (6,86%) y asimismo se ha mantenido la homogeneidad lumínica entre las seis muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en las tablas 3.55.a y 3.55.b, en los valores medios de las muestras respecto a los valores L*, a* y b*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las 6 probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) del valor L* de las seis probetas de ensayo transcurrido el año, indica que la desviación lumínica en las muestras es muy pequeña. E23 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (2,84), siendo la muestra C23, por el contrario, la que menos desviación del valor L* tiene, (0,70) y por ello es la más homogénea de las seis.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), la muestra más homogénea es C23, siendo A23 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color adquirido por esta pátina, la probeta de ensayo H23, es la más saturada y por el contrario la de menor saturación es la E23.

La conclusión más reseñable respecto de la pátina ocre, es su relativa consistencia para su utilización en el exterior, pues transcurrido un año, su luminosidad prácticamente no ha variado, aunque haya que reseñar una pérdida considerable en la saturación del color.

Todas aleaciones. Color Rojo

En la figura 3.89, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 6 muestras corroídas artificialmente con pátina roja, sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), representados con los puntos rojos; así como estas mismas muestras transcurrido un año, dejando que las pátinas sigan su proceso natural a la intemperie (puntos blancos). Sobre las probetas de ensayo se han realizado un total de 60 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal, antes y después del año), así como calculado los valores medios.

En el gráfico de cromaticidad, destaca cómo las muestras tras un año de pátina natural, siguen manteniendo la homogeneidad ya existente entre las seis probetas de ensayo en la pátina roja. El proceso de corrosión no ha hecho apenas mella en la pátina roja; sólo la muestra que destacaba antes por su mayor saturación, ha descendido, homogeneizándose con las demás. El valor en el eje de los amarillos de las seis probetas de ensayo, es el que más ha variado, oscilando ahora aproximadamente entre los valores 8 y 17. Observamos además cómo estos valores del eje amarillo han disminuido, mientras que los valores del eje rojo, apenas han cambiado, oscilando ahora entre 4 y 10 aproximadamente, (aunque también hay que señalar que sí ha perdido saturación). Las seis probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, centradas en la diagonal de los tonos naranjas puros, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con colores naranjas puros. En estas muestras, la saturación y el color de pátina natural han disminuido muy poco y se han unificado con el transcurso del tiempo. Como conclusión sobre los resultados obtenidos referentes al color y sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente, se puede decir que la pátina roja es adecuada para el exterior, ya que el bronce adquiere en el medio natural al que se han expuesto las muestras, una pátina de color muy semejante a la de la pátina original. Podemos decir pues que los resultados son satisfactorios.

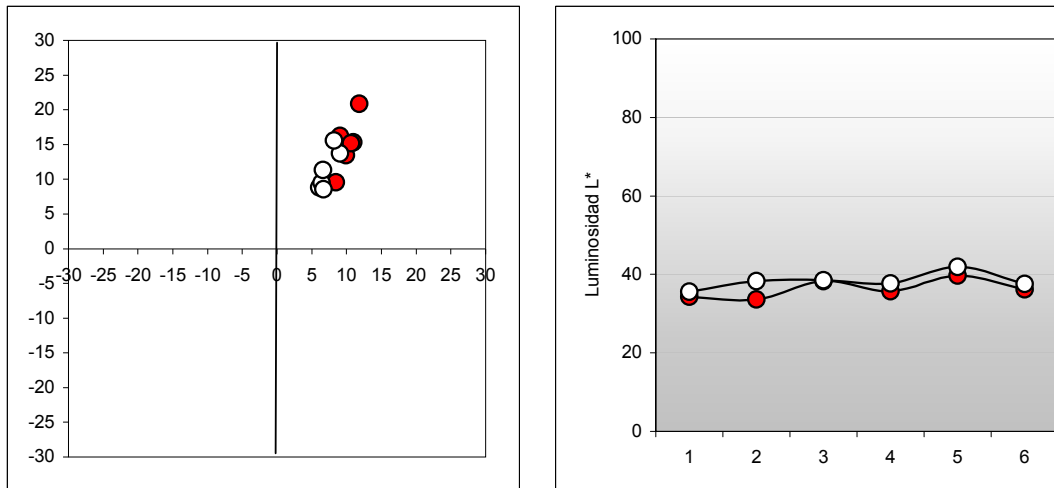


Figura 3.89. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la pátina roja en las probetas de ensayo de bronce tipo A, B, C, D, E y H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

En el gráfico de la luminosidad (figura 3.89, gráfico derecho), apreciamos con claridad, la representación lumínica de las 6 probetas de ensayo con pátina roja seleccionadas (una por cada tipo de aleación). Podemos contrastar aquí las mediciones realizadas sobre la pátina roja inicial (puntos rojos), así como las medidas lumínicas de las mismas probetas de ensayo, transcurrido un año de corrosión a la intemperie (puntos blancos).

Es destacable el levísimo aumento lumínico de las seis muestras en general transcurrido un año; de hecho, la muestra C33, no ha tenido ninguna alteración. La homogeneidad de la luminosidad entre las seis aleaciones también se ha mantenido constante. La más luminosa de las seis aleaciones, pasado el año, es la aleación E y la que más ha variado es la B.

La variación en el porcentaje de luminosidad entre las seis probetas de ensayo al igual que en la pátina ocre, es relativamente pequeña (6,34%), manteniéndose igualmente la homogeneidad lumínica entre las seis muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en las tablas 3.56.a y 3.56.b, en los valores medios de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las 6 probetas de ensayo en la tabla).

Tabla 3.56.a. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo A, Tipo B y Tipo C, con pátina roja y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA ROJA				Aleación	PÁTINA ROJA TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
A33	34,8	11,7	17,1	Tipo-A	A33	35,5	5,9	8,7
A33	34	10,2	14,4		A33	35,8	5,9	8,9
A33	34,8	10	15,2		A33	35,2	5,9	8,6
A33	33	11,2	13		A33	35,3	6,2	8,7
A33	35	11,7	16,8		A33	35,9	6,6	9,4
MEDIA	34,32	10,96	15,3		MEDIA	35,54	6,1	8,86
STD	0,8319	0,8142	1,7029	STD	0,3050	0,3082	0,3209	
B33	34	10	14,5	Tipo-B	B33	45,9	6,3	9,1
B33	34,2	10,2	15,1		B33	35,8	6,5	8,9
B33	34	9	12,9		B33	35,8	6,4	9
B33	32,3	10,1	11,4		B33	36,3	6,4	9,6
B33	33,4	10,1	13,5		B33	37,6	6,3	11
MEDIA	33,58	9,88	13,48		MEDIA	38,28	6,38	9,52
STD	0,7759	0,4970	1,4429	STD	4,3228	0,0837	0,8701	
C33	35,9	8,2	14,3	Tipo-C	C33	37,8	6,3	10,7
C33	39,8	8,8	16,4		C33	38,1	6,7	11
C33	40,3	9,6	18,5		C33	39,1	6,1	11,2
C33	36,8	9,5	15,5		C33	38,6	7,1	11,8
C33	38,7	9	16,5		C33	39	6,7	12,1
MEDIA	38,3	9,02	16,24		MEDIA	38,52	6,58	11,36
STD	1,8987	0,5675	1,5421	STD	0,5630	0,3899	0,5771	

La desviación estándar (STD) del valor L* de las seis probetas de ensayo tras el año, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre las muestras. La B33 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (4,32) y la muestra A33 es la que menos desviación del valor L* tiene, (0,30), siendo la más homogénea de las seis. Con respecto a la desviación estándar de los valores a* y b* (color), la muestra más homogénea es A33, siendo D33 la menos homogénea en relación a su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color adquirido por esta pátina, transcurrido un año a la intemperie, la probeta de ensayo E33 es la más saturada de todas, siendo A33 la de menor saturación.

La conclusión que podemos destacar del estudio de la pátina roja es su consistencia para utilizarla en el exterior, pues transcurrido un año, ha descendido muy levemente la saturación en el color y, por su parte, la luminosidad, prácticamente no ha variado.

Tabla 3.56.b. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo D, Tipo E y Tipo H, con pátina roja y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA ROJA				Aleación	PÁTINA ROJA TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
D33	38	11,2	18,1	Tipo-D	D33	38,7	10,8	16,9
D33	34,9	10,3	14,4		D33	38,3	8,5	14,4
D33	35,3	10,8	15,3		D33	37,2	9	12,9
D33	36,8	9,6	15,2		D33	37,7	8,7	12,3
D33	33,3	11,2	12,9		D33	36,9	8,2	12,2
MEDIA	35,66	10,62	15,18		MEDIA	37,76	9,04	13,74
STD	1,8064	0,6797	1,8939	STD	0,7470	1,0262	1,9731	
E33	38,8	11,7	20,2	Tipo-E	E33	42,4	8,2	15,5
E33	39,5	11,9	20,9		E33	41,7	8,4	14,9
E33	40,5	11	21,2		E33	41,7	8,4	16,2
E33	40,1	12,7	21,1		E33	42	7,7	15,2
E33	39,3	12	21,1		E33	41,6	8,2	16,1
MEDIA	39,64	11,86	20,9		MEDIA	41,88	8,18	15,58
STD	0,6693	0,6107	0,4062	STD	0,3271	0,2864	0,5630	
H33	36,4	7,5	8,6	Tipo-H	H33	37,5	6,1	7,5
H33	36,2	8,7	11,4		H33	37,2	7,2	10,6
H33	36,4	8,4	9,6		H33	37,6	6,2	7,8
H33	35,7	9,2	9,2		H33	38,4	7,3	9,7
H33	36	8,5	8,9		H33	37,4	6,5	7,3
MEDIA	36,14	8,46	9,54		MEDIA	37,62	6,66	8,58
STD	0,2966	0,6189	1,1036	STD	0,4604	0,5595	1,4789	

Todas aleaciones. Color Verde

En la figura 3.90, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 6 muestras corroídas artificialmente con pátina verde, sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), representados con puntos rojos; así como estas mismas muestras transcurrido un año, dejando que las pátinas sigan su proceso natural a la intemperie representándose con puntos blancos. Sobre las probetas de ensayo se han realizado un total de 60 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal, tanto antes como después del año), así como calculado los valores medios.

Lo más relevante del gráfico de cromaticidad, es ver cómo las muestras con pátina verde, tras un año de pátina natural, han mantenido el color y la saturación original, mostrándose gran homogeneidad entre las seis probetas de ensayo. Podemos afirmar que la corrosión natural no ha modificado prácticamente la pátina verde. Los valores de los ejes han tenido poquísimas variaciones.

El eje de los amarillos de las seis probetas de ensayo, oscila ahora aproximadamente entre los valores 0 y 5, mientras que los valores del eje de los verdes, oscila ahora entre -2 y -9 aproximadamente. Las seis probetas de ensayo se ubican en el cuadrante verde-amarillo, por lo que podemos hablar de probetas de ensayo con colores verdes; tan solo una muestra es un poco más amarilla y otra es verde pura.

Como conclusión, en cuanto a los resultados obtenidos referentes al color y sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente, se puede decir que la pátina verde es adecuada y muy estable para el exterior, incluso en medios donde haya humedad medioambiental, ya que el bronce adquiere en el medio natural húmedo, una pátina verde muy semejante a la de la pátina original dada. Podemos decir pues que en este caso, los resultados son satisfactorios.

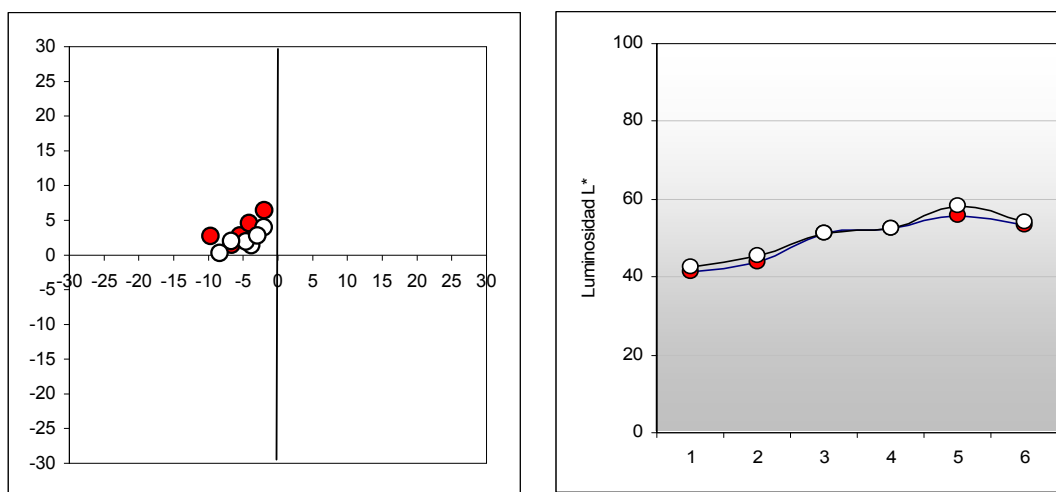


Figura 3.90. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la pátina verde en las probetas de ensayo de bronce tipo A, B, C, D, E y H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

En el gráfico de la luminosidad (figura 3.90, gráfico derecho), apreciamos con claridad, la representación lumínica de las 6 probetas de ensayo seleccionadas con pátina verde (una por cada tipo de aleación), por un lado, con las mediciones realizadas sobre la pátina verde inicial (puntos rojos) y por otro, las medidas lumínicas de las mismas probetas de ensayo transcurrido un año de corrosión a la intemperie (puntos blancos).

En el gráfico de luminosidad, destaca el inapreciable cambio lumínico que se ha producido en las seis muestras transcurrido un año a la intemperie. Observamos cómo las muestras C43 y D43, han permanecido inalteradas y las otras cuatro aleaciones, no han variado apenas. La variación de la luminosidad entre las seis aleaciones también se ha mantenido. La más luminosa de las seis aleaciones, tanto antes del año como después, es la E y por el contrario, la menos luminosa, también antes y después del año es la A.

Tabla 3.57.a. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo A, Tipo B y Tipo C, con pátina verde y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

PÁTINA VERDE				Aleación	PÁTINA VERDE TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
A43	41,4	-5	1,8	Tipo-A	A43	43,7	-5	2,1
A43	41,4	-4,8	2,7		A43	41,9	-3,5	1,2
A43	39	-3,6	1,8		A43	41,8	-3,4	1,3
A43	40	-4	3,1		A43	41	-3	1,4
A43	43,8	-5,4	2,7		A43	43,6	-4,4	1,1
MEDIA	41,12	-4,56	2,42		MEDIA	42,4	-3,86	1,42
STD	1,8089	0,7403	0,5891	STD	1,1937	0,8173	0,3962	
B43	40,8	-4,2	2,7	Tipo-B	B43	44,4	-3,4	1,5
B43	42,4	-5	2,1		B43	44,9	-4,8	1,6
B43	47,9	-7,4	3,5		B43	43,9	-4,4	2,6
B43	42,6	-4,9	2,7		B43	47,7	-5,6	2,2
B43	45,6	-5,9	3,1		B43	45,5	-4,9	1,9
MEDIA	43,86	-5,48	2,82		MEDIA	45,28	-4,62	1,96
STD	2,8475	1,2317	0,5215	STD	1,4772	0,8075	0,4506	
C43	46,8	-0,6	8,4	Tipo-C	C43	53,5	-2,4	3,2
C43	54,5	-1,8	7,6		C43	53,5	-2,4	4
C43	49,9	-2,7	5,5		C43	51,4	-2	3,3
C43	56	-3,1	4,5		C43	47	-1,2	6
C43	49,3	-1,7	6,4		C43	51,2	-2,4	3,6
MEDIA	51,3	-1,98	6,48		MEDIA	51,32	-2,08	4,02
STD	3,8256	0,9731	1,5675	STD	2,6546	0,5215	1,1498	

Tabla 3.57.b. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo D, Tipo E y Tipo H, con pátina verde y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA VERDE				Aleación	PÁTINA VERDE TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
D43	49,7	-4,1	4,4	Tipo-D	D43	49,9	-1,5	3,5
D43	53	-4,9	4,5		D43	48,8	-1	4,4
D43	49,5	-2,7	5,6		D43	54	-3,9	2,1
D43	56,6	-4,4	4,4		D43	55,2	-4,4	2
D43	53,1	-4,6	4,1		D43	53,9	-4,1	2
MEDIA	52,38	-4,14	4,6		MEDIA	52,36	-2,98	2,8
STD	2,9235	0,8562	0,5788	STD	2,8219	1,5991	1,0977	
E43	56,8	-11,2	2,4	Tipo-E	E43	56,2	-9,7	3,3
E43	52,6	-8	1,3		E43	57,6	10,9	2,7
E43	51,8	-8,5	5		E43	58,1	-10,5	2,3
E43	62,7	-11,5	2,2		E43	59,7	-12,5	1,3
E43	55	-9,5	2,7		E43	59,9	-12	0,6
MEDIA	55,78	-9,74	2,72		MEDIA	58,3	-6,76	2,04
STD	4,3442	1,5694	1,3773	STD	1,5379	9,9362	1,0854	
H43	46,9	-3,4	3,6	Tipo-H	H43	58,6	-12,1	-0,1
H43	58,3	-11,3	0,8		H43	54,3	-8,2	0,8
H43	51,4	-3,9	1,6		H43	58,3	-10,7	0,1
H43	57,5	-8,5	0,3		H43	54,5	-8,8	-0,9
H43	51,9	-6,2	1		H43	44,8	-2,1	1,7
MEDIA	53,2	-6,66	1,46		MEDIA	54,1	-8,38	0,32
STD	4,7202	3,2929	1,2837	STD	5,5808	3,8363	0,9808	

La variación en el porcentaje de luminosidad entre las seis probetas de ensayo, es mayor que en las pátinas blanca, ocre y roja (15,9%), pero igualmente la homogeneidad lumínica entre las seis muestras sigue manteniéndose.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en las tablas 3.57.a. y 3.57.b., en los valores medios de las muestras respecto a los valores L*, a* y b*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las 6 probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) del valor L* de las seis probetas de ensayo tras el año, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre las muestras, medida ésta en cinco puntos en cada probeta. La H43 es la muestra que mayor desviación tiene de las seis (5,58) y la muestra A43 es la que menos desviación del valor L* tiene, (1,19), siendo la más homogénea de las seis.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), la muestra más homogénea es A43, siendo la E43 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color transcurrido el año, la probeta de ensayo A43, es la menos saturada mientras que las de mayor saturación, son las muestras E43 y H43.

La conclusión más relevante de la pátina verde transcurrido el año, es la casi nula alteración que ha tenido en cuanto al color y la luminosidad. Por tanto, debido a su estabilidad, se considera idónea para su uso en el exterior.

Todas aleaciones. Color Azul

En la figura 3.91, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 6 muestras corroídas artificialmente con pátina azul, sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), representados con los puntos rojos; así como estas mismas muestras transcurrido un año, dejando que las pátinas sigan su proceso natural a la intemperie, representadas con puntos blancos. Sobre las probetas de ensayo se han realizado un total de 60 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal, antes y después del año), así como calculado los valores medios.

Destacar del gráfico de cromaticidad, cómo las muestras con pátina azul, pasado un año de pátina natural, continúan prácticamente igual, mantenido el color, la homogeneidad y la saturación original en las seis aleaciones. La corrosión natural no ha alterado la pátina azul primaria. Los valores de los ejes por tanto no han tenido variaciones apreciables. El eje de los azules de las seis probetas de ensayo, oscila aproximadamente entre los valores 0 y -5, mientras que los valores del eje de los verdes, oscila ahora entre -3 y -10 aproximadamente. Las seis probetas de ensayo se ubican en el cuadrante verde-azul, más cerca del eje verde que del azul, con lo que por tanto nos encontramos ante pátinas verdes-azuladas. De hecho, tres muestras son verdes puras.

Como conclusión sobre los resultados obtenidos referentes al color y sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente, se puede decir que la pátina azul es adecuada y muy estable para el exterior, pues al igual que la verde, en medios donde hay humedad medioambiental, el bronce adquiere una pátina verde azulada muy semejante, a la de la pátina original dada. Podemos decir pues que también en este caso los resultados son satisfactorios.

En el gráfico de la luminosidad (figura 3.91, gráfico derecho), apreciamos con claridad la representación lumínica de las 6 probetas de ensayo seleccionadas con pátina azul (una por cada tipo de aleación), con las mediciones realizadas sobre la pátina azul inicial (puntos rojos) y las medidas lumínicas de las mismas probetas de ensayo, transcurrido un año de corrosión a la intemperie (puntos blancos).

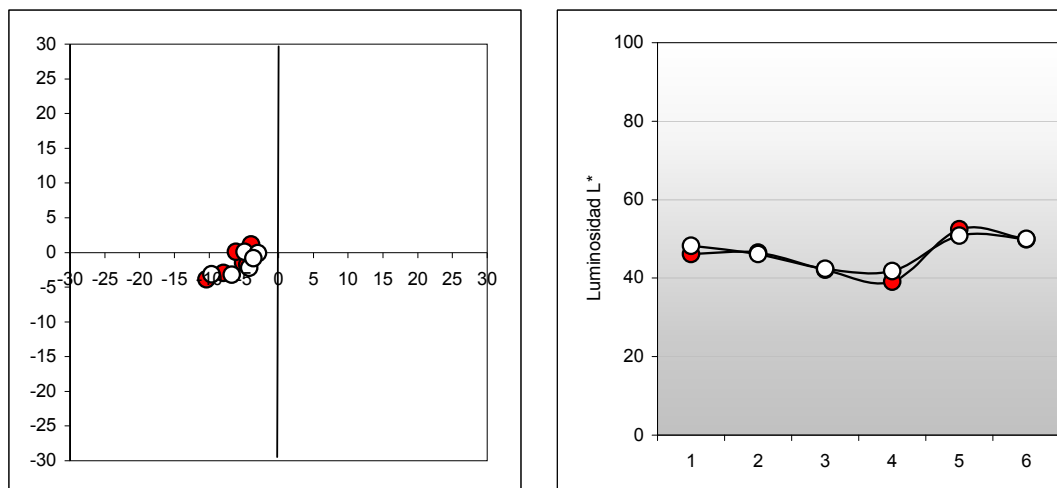


Figura 3.91. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la pátina azul en las probetas de ensayo de bronce tipo A, B, C, D, E y H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Lo más destacable es el inapreciable cambio lumínico que podemos observar en el gráfico de luminosidad en las seis muestras señaladas transcurrido el año. Observamos cómo las muestras B53, C53 y E53, han permanecido inalteradas y cómo las otras tres aleaciones, tienen cambios insignificantes. La variación de la luminosidad entre las seis aleaciones también se ha mantenido. La más luminosa de las seis aleaciones, tanto antes del año como después, es la E y por el contrario, la menos luminosa, también tanto antes como después del año a la intemperie, es la D. La variación en el porcentaje de luminosidad entre las seis probetas de ensayo, es relativamente baja (9%), manteniéndose también la homogeneidad lumínica entre las seis muestras.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en las tablas 3.58.a. y 3.58.b., en los valores medios de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense asimismo la media y la desviación (STD) de las 6 probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar (STD) del valor L* de las seis probetas de ensayo transcurrido el año, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre las muestras, en las cinco mediciones realizadas en cada probeta. La H53 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (2,1) y la muestra D53, por el contrario, es la que menos desviación del valor L* tiene, con tan solo un 0,2, siendo por tanto la más homogénea. En general las seis muestras se han homogeneizado, ya que la desviación lumínica ha descendido en todas ellas.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a* y b* (color). Las muestras más homogéneas, son A53 y B53, siendo la E53 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color transcurrido el año, la probeta de ensayo C53, es la menos saturada y la de mayor saturación, H53.

Tabla 3.58.a. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de de tres muestras, Tipo A, Tipo B y Tipo C, con pátina azul y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA AZUL				Aleación	PÁTINA AZUL TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
A53	49,1	-6,5	-1,9	Tipo-A	A53	50,8	-5,4	-2,1
A53	51,7	-6,6	-1,9		A53	45,8	-3,3	-2,2
A53	48	-5	-1,8		A53	46,9	-4,6	-2,2
A53	39,9	-2,6	-0,8		A53	49	-4,5	-2,2
A53	42,2	-4,7	-1		A53	48,7	-3,4	-2,3
MEDIA	46,18	-5,08	-1,48		MEDIA	48,24	-4,24	-2,2
STD	4,9393	1,6300	0,5357	STD	1,9424	0,8849	0,0707	
B53	45,3	-5,7	0,6	Tipo-B	B53	46,7	-5,3	0,3
B53	54,5	-8,8	-0,2		B53	46,6	-5,6	0,2
B53	45	-5,9	0,1		B53	45,8	-5,1	-0,2
B53	45	-5,8	0,3		B53	46,9	-4,2	0,2
B53	42,5	-4,6	-0,3		B53	44,9	-4,2	0
MEDIA	46,46	-6,16	0,1		MEDIA	46,18	-4,88	0,1
STD	4,6350	1,5662	0,3674	STD	0,8289	0,6458	0,2000	
C53	43,8	-5,5	0,9	Tipo-C	C53	42,3	-3	-0,2
C53	44,1	-4,2	1,9		C53	42,5	-3,1	-0,2
C53	42	-3,4	1,4		C53	42,5	-3	-3
C53	39,7	-3,7	0,4		C53	42	-2,7	1,2
C53	40,9	-2,9	1,3		C53	42,8	-3,1	1,8
MEDIA	42,1	-3,94	1,18		MEDIA	42,42	-2,98	-0,08
STD	1,8775	0,9915	0,5630	STD	0,2950	0,1643	1,8526	

Tabla 3.58.b. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo D, Tipo E y Tipo H, con pátina azul y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA AZUL				Aleación	PÁTINA AZUL TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
D53	42,2	-5,8	-3	Tipo-D	D53	41,9	-3,6	-0,9
D53	40,9	-5,1	-1,6		D53	42	-3,6	-0,8
D53	39,2	-4,3	-0,1		D53	41,7	-3,1	0,5
D53	35,8	-3,1	-1,5		D53	41,9	-3,9	-1
D53	37,5	-4,1	-2,4		D53	41,5	-3,9	-2
MEDIA	39,12	-4,48	-1,72		MEDIA	41,8	-3,62	-0,84
STD	2,5646	1,0257	1,0941	STD	0,2000	0,3271	0,8905	
E53	53,9	-8,4	-3	Tipo-E	E53	51,2	-6,2	-3,4
E53	53,5	-9,3	-1,7		E53	50,3	-6	-3,3
E53	51,4	-8,7	-3,5		E53	48,8	-6,5	-3,5
E53	52,1	-6,4	-3,6		E53	50,4	-7,1	-3,4
E53	51,4	-6,9	-3		E53	53,3	-7,9	-2,6
MEDIA	52,46	-7,94	-2,96		MEDIA	50,8	-6,74	-3,24
STD	1,1760	1,2341	0,7570	STD	1,6447	0,7701	0,3647	
H53	47	-9,1	-3,5	Tipo-H	H53	52,3	-11,6	-2,9
H53	49,2	-9,3	-4,2		H53	46,9	-8,5	-3,2
H53	50,6	-11,2	-3,9		H53	49,8	-9,9	-3,1
H53	52,4	-12,6	-3,7		H53	51,6	-10,5	-3,1
H53	50,2	-9,6	-4,2		H53	49,5	-7,8	-3,5
MEDIA	49,88	-10,36	-3,9		MEDIA	50,02	-9,66	-3,16
STD	1,9829	1,5010	0,3082	STD	2,1064	1,5274	0,2191	

La conclusión más notable de la pátina azul transcurrido el año, es la inalterabilidad que ha tenido tanto en el color, como en la luminosidad, por tanto es considerada apropiada para su uso al exterior.

Todas aleaciones. Color Pardo

En la figura 3.92, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 6 muestras corroídas artificialmente con pátina parda, sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), representados con los puntos rojos; así como estas mismas muestras transcurrido un año, dejando que las pátinas sigan su proceso natural a la intemperie, representados con puntos blancos. Sobre las probetas de ensayo se

han realizado un total de 60 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal, antes y después del año), así como calculado los valores medios.

Observamos en el gráfico de cromaticidad, cómo las muestras con pátina parda, transcurrido un año; han mantenido el color prácticamente igual, aunque algunas hayan perdido saturación. La corrosión a la intemperie, no ha alterado demasiado la pátina parda original. Los valores de los ejes, al perder saturación, han descendido en general, pero no de forma importante. El valor en el eje de los amarillos de las seis probetas de ensayo, oscila ahora aproximadamente entre los valores 4 y 17, mientras que los valores del eje rojo, oscilan entre 4 y 8 aproximadamente. Las seis probetas de ensayo se ubican ahora en el cuadrante rojo-amarillo, estando anteriormente centradas en la diagonal de los tonos naranjas puros, acercándose ahora más al eje amarillo; por todo ello, podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con colores pardos con un tono naranja amarillento.

Como conclusión sobre los resultados obtenidos referentes al color y sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente, se puede decir que la pátina parda, es adecuada y estable para su uso en el exterior, ya que el bronce en el medio natural al que se han expuesto las muestras, (poco húmedo), adquiere una pátina de color muy similar, a la de la pátina original. Podemos decir pues que los resultados son satisfactorios.

En el gráfico de la luminosidad (figura 3.92, gráfico derecho), apreciamos con claridad, la representación lumínica de las 6 probetas de ensayo seleccionadas con pátina parda (una por cada tipo de aleación), con las mediciones realizadas sobre la pátina parda inicial (puntos rojos), así como las medidas lumínicas de las mismas probetas de ensayo transcurrido un año de corrosión a la intemperie (puntos blancos).

Lo que más destaca al observar las seis muestras transcurrido el año, en el gráfico de luminosidad, es el inapreciable cambio lumínico. Observamos cómo las muestras A63, B63, E63 y H63, han permanecido inalteradas y las otras dos aleaciones, no tienen cambios significantes. La variación de la luminosidad entre las seis aleaciones también se ha mantenido. La más luminosa de las seis aleaciones, tanto antes como después de transcurrir el año, es la H y por el contrario, la menos luminosa, antes del año era la muestra C y ahora, con muy poca diferencia, es la D. La variación en el porcentaje de luminosidad entre las seis probetas de ensayo, es relativamente baja (8,74%) y por otra parte, la homogeneidad lumínica entre las seis muestras sigue manteniéndose.

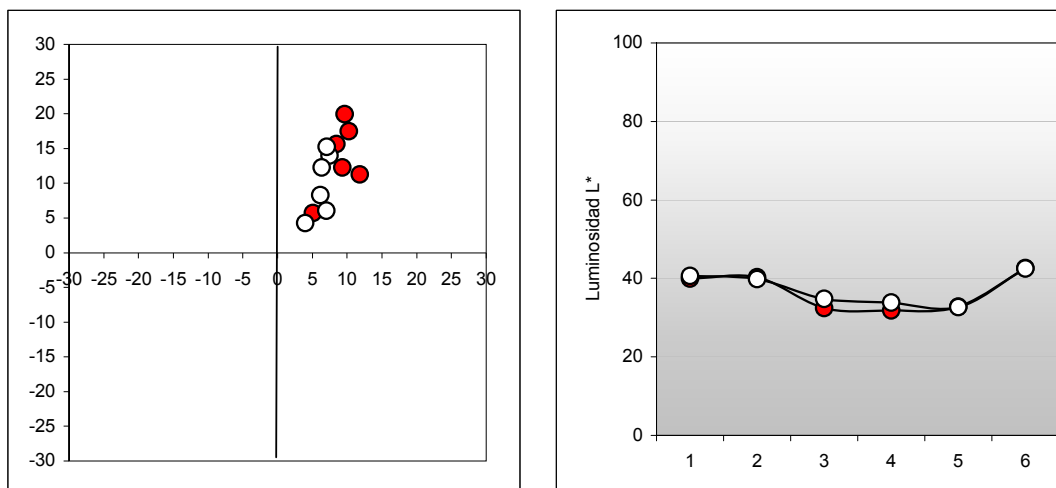


Figura 3.92. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la pátina parda en las probetas de ensayo de bronce tipo A, B, C, D, E y H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en las tablas 3.59.a. y 3.59.b., en los valores medios de las muestras respecto a los valores L^* , a^* y b^* , tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las 6 probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) en el valor L^* de las seis probetas de ensayo transcurrido el año, indica la insignificante diferencia en la desviación lumínica entre las muestras. La A63 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (0,64) y C63 es la que menos desviación del valor L^* tiene, siendo tan solo 0,19 y por tanto la más homogénea. En general las seis muestras se han homogeneizado, ya que la desviación lumínica ha descendido en todas. Destaca también la poquísima diferencia entre la muestra con mayor desviación y la que la tiene menor, por lo que se deduce que esta pátina tiene una luminosidad muy regular.

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), la muestra más homogénea, es E63, siendo C63 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color, transcurrido el año, la probeta de ensayo D63, es la menos saturada y la de mayor saturación, H63.

La poca variación que ha tenido en cuanto al color y la inalterabilidad respecto a la luminosidad, nos lleva a la conclusión de que la pátina parda transcurrido el año, es considerada apropiada para su uso en el exterior

Tabla 3.59.a. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo A, Tipo B y Tipo C, con pátina parda y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA PARDA				Aleación	PÁTINA PARDA TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
A63	39	10,2	16,1	Tipo-A	A63	41,6	7,5	14,8
A63	41	10	17,9		A63	40,5	7,3	14,1
A63	40,3	10,3	18,1		A63	40,1	7,8	13,8
A63	39,1	10	17		A63	40	7,2	13,3
A63	40,1	10,7	18,4		A63	40,8	7,6	13,9
MEDIA	39,9	10,24	17,5		MEDIA	40,6	7,48	13,98
STD	0,8456	0,2881	0,9407	STD	0,6442	0,2387	0,5450	
B63	40,1	8,2	16,1	Tipo-B	B63	40	6,2	12,8
B63	39,1	9	15,6		B63	39,4	6,5	12,7
B63	40,7	8,4	16		B63	40	6,1	12,2
B63	41,4	8,6	15,6		B63	39,9	6,2	12,3
B63	39,9	8,2	14,8		B63	39,5	6,6	11,4
MEDIA	40,24	8,48	15,62		MEDIA	39,76	6,32	12,28
STD	0,8649	0,3347	0,5119	STD	0,2881	0,2168	0,5541	
C63	32,2	5,1	5,4	Tipo-C	C63	34,9	5,1	7,1
C63	31,2	4,7	5		C63	34,9	5,8	7,8
C63	33,3	5,5	6,3		C63	34,5	6,4	8,8
C63	33,4	5,5	6,4		C63	34,8	6,8	8,9
C63	32,2	4,6	5,6		C63	35	6,6	8,8
MEDIA	32,46	5,08	5,74		MEDIA	34,82	6,14	8,28
STD	0,9099	0,4266	0,5983	STD	0,1924	0,6914	0,7981	

Tabla 3.59.b. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo D, Tipo E y Tipo H, con pátina parda y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA PARDA				Aleación	PÁTINA PARDA TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
D63	29,9	9,8	10,2	Tipo-D	D63	33,6	3,6	3,6
D63	30,4	8,6	10,4		D63	32,9	3,6	3,4
D63	32,1	9,2	12,7		D63	34	4,1	4,7
D63	33,5	9,3	14,2		D63	34,6	4,6	5,2
D63	33,4	9,7	13,8		D63	34	3,8	4,4
MEDIA	31,86	9,32	12,26		MEDIA	33,82	3,94	4,26
STD	1,6652	0,4764	1,8730	STD	0,6261	0,4219	0,7537	
E63	32,1	12,3	10	Tipo-E	E63	33	7,1	6,2
E63	33	11,4	10,8		E63	33,2	6,9	6,5
E63	32,9	11,6	12,4		E63	32	7,1	5,6
E63	32,9	12,4	12,1		E63	32,7	7,2	6,4
E63	33	11,5	11		E63	32,6	6,6	5,7
MEDIA	32,78	11,84	11,26		MEDIA	32,7	6,98	6,08
STD	0,3834	0,4722	0,9839	STD	0,4583	0,2387	0,4087	
H63	42,6	9,3	20,3	Tipo-H	H63	42	6,9	15
H63	42,9	10,2	20,5		H63	43,4	7,9	15,9
H63	43,2	9,8	20,3		H63	42,8	7	15,7
H63	41,4	9,5	19,1		H63	42,7	7,2	15,5
H63	42,9	9,4	19,4		H63	41,9	6,5	14,2
MEDIA	42,6	9,64	19,92		MEDIA	42,56	7,1	15,26
STD	0,7036	0,3647	0,6261	STD	0,6189	0,5148	0,6804	

Todas aleaciones. Color Negro

En la figura 3.93, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 6 muestras corroídas artificialmente con pátina negra, sobre todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), representados con los puntos rojos; así como estas mismas muestras transcurrido un año, dejando que las pátinas sigan su proceso natural a la intemperie (puntos blancos). Sobre las probetas de ensayo se han realizado un total de 60 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal, antes y después del año), así como calculado los valores medios.

Destacar del gráfico de cromaticidad, la altísima inalterabilidad de las muestras con pátina negra, tras un año de corrosión natural. Tanto el color, como la saturación original en las seis aleaciones, no han sufrido alteraciones que sean apreciables. La corrosión natural no ha alterado la homogeneidad de la pátina primaria, sino que la ha unificado aún más si cabe. Las medidas de las muestras antes del año ya se centraban en el valor cero, como es natural en el color negro, pero ahora todavía se han aunado más, coincidiendo las seis muestras prácticamente en el punto cero; únicamente tienen un levísimo punto de amarillo, que no llega al valor 5 en el eje amarillo. Nos encontramos pues ante pátinas negras puras.

Como conclusión sobre los resultados obtenidos referentes al color y sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente, se puede decir que la pátina negra es muy estable y por tanto adecuada para el exterior. Podemos decir pues que los resultados son satisfactorios.

En el gráfico de la luminosidad (figura 3.93, gráfico derecho), apreciamos con claridad, la representación lumínica de las 6 probetas de ensayo seleccionadas con pátina negra (una por cada tipo de aleación), con las mediciones realizadas sobre la pátina negra inicial (puntos rojos) y las medidas lumínicas de las mismas probetas de ensayo transcurrido un año de corrosión a la intemperie (puntos blancos).

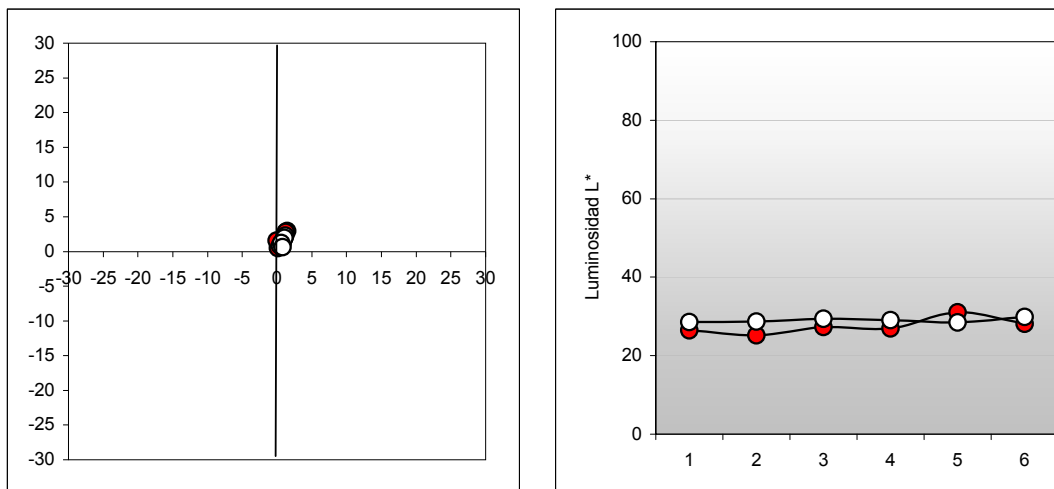


Figura 3.93. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de la pátina negra en las probetas de ensayo de bronce tipo A, B, C, D, E y H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Se aprecia un leve aumento lumínico generalizado en todas las aleaciones, menos en la E, que ha disminuido también levemente. Pero lo que más destaca es la extremada homogeneidad lumínica de esta pátina transcurrido el año; podemos observar en el gráfico cómo las seis muestras están alineadas. La variación en el porcentaje de luminosidad entre las seis probetas de ensayo, es la menor de todas las pátinas (1,3%). Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en las tablas 3.60.a y 3.60.b, en los valores medios de las muestras respecto a los valores L*, a* y b*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las 6 probetas de ensayo en la tabla). La desviación estándar (STD) del valor L* de las seis probetas de ensayo transcurrido el año, indica que no se aprecia desviación lumínica entre las muestras. La D73 es la muestra que mayor desviación tiene de las tres (1,09) y la muestra E73 es la que menos desviación del valor L* tiene, con tan solo un 0,38, siendo por tanto la más homogénea. En general las seis muestras se han homogeneizado descendiendo la desviación lumínica.

Tabla 3.60.a. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo A, Tipo B y Tipo C, con pátina negra y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

PÁTINA NEGRA				Aleación	PÁTINA NEGRA TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
A73	26	1,7	2,8	Tipo-A	A73	28,2	1,9	2,6
A73	26,2	1,5	3,2		A73	28,3	1,7	2,5
A73	27,1	0,9	3,1		A73	28,3	1,1	2,9
A73	26,8	1,7	3		A73	28,6	0,6	1,6
A73	26,1	1,5	2,7		A73	29,5	0,8	1,7
MEDIA	26,44	1,46	2,96		MEDIA	28,58	1,22	2,26
STD	0,4827	0,3286	0,2074	STD	0,5357	0,5630	0,5771	
B73	24,1	1,2	2,1	Tipo-B	B73	29,2	0,6	1,5
B73	25,1	0,9	1,9		B73	28	0,6	1,1
B73	25,9	0,9	1,9		B73	29,3	0,5	1,3
B73	27,3	0,6	2,1		B73	28	0,9	1,1
B73	23,3	1,2	1,1		B73	28,7	1,2	0,8
MEDIA	25,14	0,96	1,82		MEDIA	28,64	0,76	1,16
STD	1,5582	0,2510	0,4147	STD	0,6269	0,2881	0,2608	
C73	26,1	-0,6	0,9	Tipo-C	C73	29,3	0,3	0,8
C73	25,8	0,5	-0,1		C73	30,9	0,4	1,2
C73	25,2	-0,3	0,5		C73	30,9	0,4	0,5
C73	29,3	0,6	1,2		C73	28,1	0,4	0,5
C73	29,9	0,5	0,1		C73	28	0,4	1,2
MEDIA	27,26	0,14	0,52		MEDIA	29,44	0,38	0,84
STD	2,1709	0,5505	0,5404	STD	1,4276	0,0447	0,3507	

Tabla 3.60.b. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de tres muestras, Tipo D, Tipo E y Tipo H, con pátina negra y las mismas transcurrido un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA NEGRA				Aleación	PÁTINA NEGRA TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
D73	27,3	1,4	3,2	Tipo-D	D73	30	0,9	2,2
D73	26,9	0,8	3,3		D73	28,3	1,7	2,1
D73	27,6	1,2	2,1		D73	27,9	0,9	2,3
D73	26,9	1,2	2,6		D73	30,4	1,1	1,1
D73	26,2	1,6	2,9		D73	28,6	0,8	2,1
MEDIA	26,98	1,24	2,82		MEDIA	29,04	1,08	1,96
STD	0,5263	0,2966	0,4868	STD	1,0968	0,3633	0,4879	
E73	29	1,4	2,5	Tipo-E	E73	28,3	1	1,2
E73	28,2	0,2	3,3		E73	28,8	0,7	1,1
E73	34	-1,1	-1,1		E73	28,1	0,3	1,1
E73	33,2	-0,2	1,7		E73	28,3	0,4	0,7
E73	30,8	-0,7	1,4		E73	29	0,5	1,9
MEDIA	31,04	-0,08	1,56		MEDIA	28,5	0,58	1,2
STD	2,5354	0,9628	1,6607	STD	0,3808	0,2775	0,4359	
H73	27,2	1,2	1,2	Tipo-H	H73	29	0,9	1
H73	29,1	0,6	1,4		H73	30,1	0,4	0,2
H73	28,4	0,6	1,8		H73	29,5	0,7	0,8
H73	28,4	0,6	1,3		H73	30,7	0,9	0,4
H73	27,4	1,4	2,1		H73	29,8	1,1	0,9
MEDIA	28,1	0,88	1,56		MEDIA	29,82	0,8	0,66
STD	0,7874	0,3899	0,3782	STD	0,6380	0,2646	0,3435	

Con respecto a la desviación estándar de los valores a* y b* (color), la muestra más homogénea, es C73, siendo A73 por el contrario la menos homogénea según su desviación colorimétrica. Sin embargo, hay que añadir que no se aprecia la diferencia de desviación entre estas dos muestras, por lo que se deduce que todas las muestras tienen una pátina negra muy homogénea.

Como conclusión, la pátina negra transcurrido el año de patinación natural, se ha mantenido muy estable, homogeneizándose tanto en el color, como en la luminosidad. Por todo ello, esta pátina es considerada muy apropiada para su uso en el exterior.

Todas aleaciones. Color Natural

En la figura 3.94, los datos mostrados en el gráfico de cromaticidad representan el color de un número total de 18 muestras de bronce en su color natural, de todos los tipos de aleaciones (A, B, C, D, E y H), representados con los puntos rojos; así como estas mismas muestras transcurrido un año, dejando que la corrosión siga su proceso natural a la intemperie (puntos blancos). Sobre las probetas de ensayo se han realizado un total de 180 mediciones de color (5 mediciones por cada probeta de ensayo de metal, antes y después del año), así como calculado los valores medios.

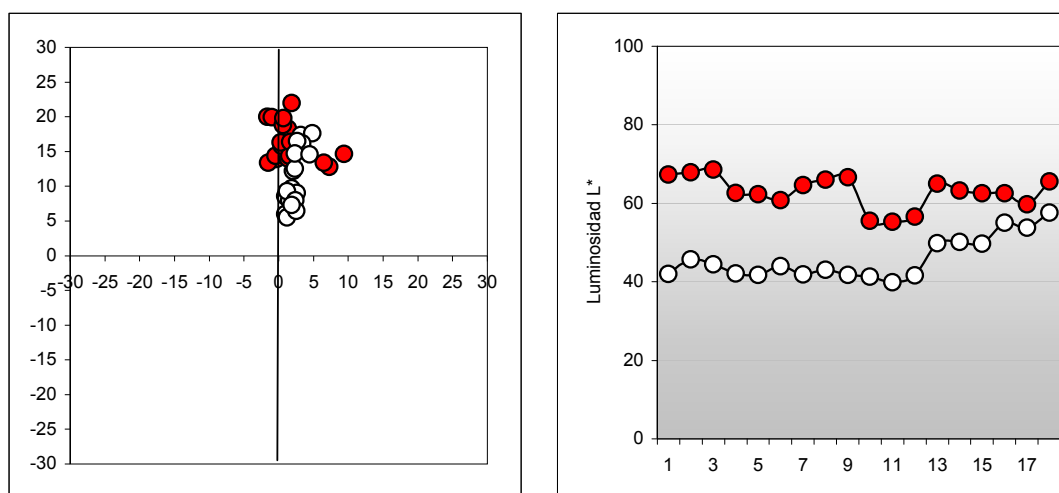


Figura 3.94. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad sin pátina en las probetas de ensayo de bronce tipo A, B, C, D, E y H (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Destacamos del gráfico de cromaticidad cómo las muestras tras un año de pátina natural, siguen manteniendo la heterogeneidad existente entre las seis aleaciones en las dieciocho probetas de ensayo. El proceso de corrosión ha hecho que el color del bronce natural de las distintas aleaciones, se vaya perdiendo, volviéndose en general más amarillo, pues las muestras se han agrupado y alineado a lo largo del eje amarillo. Aunque el color se ha unificado, la saturación del color ha descendido notablemente en general en todas las muestras.

El valor en el eje de los amarillos de las seis probetas de ensayo, oscila ahora aproximadamente entre los valores 6 y 20. Podemos observar el descenso de saturación en amarillo así como en los valores del eje rojo, oscilando ahora entre 0 y 5 aproximadamente. Las dieciocho probetas de ensayo se ubican en el cuadrante rojo-amarillo, por encima de la diagonal de los tonos naranjas puros, entre el eje amarillo y la diagonal de los naranjas, muy cerca del eje amarillo, por lo que podemos decir que nos encontramos ante probetas de ensayo con colores amarillos ligeramente anaranjados.

Podemos concluir diciendo que los resultados obtenidos en lo que a color se refieren, son satisfactorios, sabiendo que cada aleación evoluciona de forma diferente y que la pátina natural que el bronce adquiere en el medio natural al que se ha expuesto, es ocre más o menos saturado.

Tabla 3.61.a. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de muestras Tipo A, sin pátina y las mismas con pátina natural tras Un año a la intemperie. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

PÁTINA NATURAL				Aleación	PÁTINA NATUR. TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
A81	69,5	0,9	19,5	Tipo-A	A81	42,3	1,9	10,1
A81	68,7	0,6	18,7		A81	42	1,8	10,2
A81	67,2	2	16		A81	41,9	1,9	9,3
A81	65,3	1,7	19,8		A81	41,4	1,4	8,2
A81	66	1,3	17,6		A81	42,2	2,2	10,5
MEDIA	67,34	1,3	18,32		MEDIA	41,96	1,84	9,66
STD	1,7672	0,5701	1,5515	STD	0,3507	0,2881	0,9290	
A82	70,7	10,6	18,9	Tipo-A	A82	47,2	1,9	12,9
A82	68,1	8,6	14,3		A82	43,3	2	10,9
A82	69,5	10,6	12,1		A82	46,3	2,1	12,7
A82	69	8,5	14		A82	46,9	2	12,9
A82	62,2	8,7	13,9		A82	45	2,1	11,6
MEDIA	67,9	9,4	14,64		MEDIA	45,74	2,02	12,2
STD	3,3219	1,0977	2,5334	STD	1,6041	0,0837	0,9055	
A83	66,6	1,6	21,2	Tipo-A	A83	44,6	2,3	12,1
A83	67,2	4	20,8		A83	44,5	2,4	12,4
A83	69,2	0,9	22,3		A83	44,4	2,3	12,7
A83	69,3	0,7	22,5		A83	44,1	2,3	11,9
A83	71	1,9	23,2		A83	44,4	2,1	13,6
MEDIA	68,66	1,82	22		MEDIA	44,4	2,28	12,54
STD	1,7714	1,3142	0,9823	STD	0,1871	0,1095	0,6656	

Tabla 3.61.b. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de muestras Tipo B, sin pátina y las mismas con pátina natural tras Un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA NATURAL				Aleación	PÁTINA NATUR. TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
B81	60,7	-1,1	19,8	Tipo-B	B81	42,8	1	9,5
B81	62	-2	19,3		B81	41,5	1,1	8,3
B81	65,8	-2,2	22		B81	41,9	0,5	7,9
B81	62,6	-1,7	19,8		B81	42,2	0,9	8,1
B81	62,1	-1,3	19		B81	42,5	1	9
MEDIA	62,64	-1,66	19,98		MEDIA	42,18	0,9	8,56
STD	1,9008	0,4615	1,1798	STD	0,5070	0,2345	0,6693	
B82	62,8	-0,4	14,7	Tipo-B	B82	42,3	2,6	10,1
B82	64,9	-1	14,7		B82	41,9	2,8	8,9
B82	62,9	-1,4	14,5		B82	41,3	2,8	9
B82	60	0,6	13,7		B82	42	2,3	8,7
B82	60,8	0,5	12		B82	41,5	2,5	8,5
MEDIA	62,28	-0,34	13,92		MEDIA	41,8	2,6	9,04
STD	1,9305	0,8877	1,1498	STD	0,4000	0,2121	0,6229	
B83	59,2	0,3	20	Tipo-B	B83	42,3	1,9	7,9
B83	60,5	-1,5	18,4		B83	44,2	1,4	8,7
B83	60,4	-0,9	21		B83	43,3	1,8	8,3
B83	61,6	-1,4	19,4		B83	45,1	0,8	7,2
B83	62,1	-1,3	20,8		B83	44,9	1,6	7,8
MEDIA	60,76	-0,96	19,92		MEDIA	43,96	1,5	7,98
STD	1,1327	0,7403	1,0640	STD	1,1653	0,4359	0,5630	

En el gráfico de la luminosidad (figura 3.94, gráfico derecho), apreciamos con claridad, la representación lumínica de las 18 probetas de ensayo seleccionadas en bronce natural (tres por cada tipo de aleación), con las mediciones realizadas sobre el color inicial (puntos rojos) y las medidas lumínicas de las mismas probetas de ensayo transcurrido un año de corrosión a la intemperie (puntos blancos).

Lo más obvio de este gráfico, es el descenso lumínico de las seis aleaciones en general, transcurrido el año. Otro dato a destacar es ver cómo la luminosidad se ha ido unificando haciéndose más homogénea; las aleaciones de tipo A, B, C y D son las que más se han homogeneizado y las que más han disminuido su luminosidad, mientras que sorprendentemente, las aleaciones tipo E y H, han tenido un descenso menor, especialmente la aleación H, que apenas

si ha descendido y es la más luminosa de las seis aleaciones. La variación en el porcentaje de luminosidad entre las seis aleaciones es del 17,72%.

Todos los datos aquí referidos, se reflejan con absoluta claridad en las tablas 3.61. (a, b, c, d, e, h), en los valores medios de las muestras respecto a los valores L*, a* y b*, tomados en los cinco puntos de su superficie (obsérvense la media y la desviación (STD) de las 18 probetas de ensayo en la tabla).

La desviación estándar (STD) del valor L* de las 18 probetas de ensayo transcurrido el año, indica que existe muy poca diferencia en la desviación lumínica entre las muestras. H83 es la muestra que mayor desviación tiene (1,91), mientras que la muestra A83 es la de menor desviación del valor L* (0,18), siendo la más homogénea de las 18.

Tabla 3.61.c. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de muestras Tipo C, sin pátina y las mismas con pátina natural tras Un año a la intemperie. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

PÁTINA NATURAL				Aleación	PÁTINA NATUR. TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
C81	65,2	3,3	15	Tipo-C	C81	43,8	0	4,8
C81	64,2	1,6	17,5		C81	42,4	0,5	6,3
C81	64,9	-0,5	15,5		C81	41,9	0,9	5,3
C81	63,6	3,4	17		C81	41	1,5	7,3
C81	65,2	2,8	16,3		C81	40,4	1,6	6,3
MEDIA	64,62	2,12	16,26		MEDIA	41,9	0,9	6
STD	0,7014	1,6300	1,0310	STD	1,3153	0,6745	0,9747	
C82	66,3	-2,6	13,8	Tipo-C	C82	44	1	9,9
C82	66,1	-1,6	14,1		C82	43,3	1	10,7
C82	66,6	-1,6	13,6		C82	42,4	1,1	9,3
C82	65,2	0,3	13,2		C82	42,6	1,3	8,6
C82	66,3	-2,1	12,2		C82	43	1,5	8,1
MEDIA	66,1	-1,52	13,38		MEDIA	43,06	1,18	9,32
STD	0,5339	1,0986	0,7362	STD	0,6309	0,2168	1,0305	
C83	66,8	-1,7	17,8	Tipo-C	C83	41,5	1,4	6,8
C83	67,1	-0,2	14,6		C83	41,4	1,4	5,8
C83	65,6	0,4	11,6		C83	41,5	0,9	4,7
C83	66,4	-1	14,4		C83	40,7	1,7	6,2
C83	67,5	0,3	13,6		C83	43,9	0,5	4,2
MEDIA	66,68	-0,44	14,4		MEDIA	41,8	1,18	5,54
STD	0,7259	0,8961	2,2405	STD	1,2207	0,4764	1,0714	

Con respecto a la desviación estándar de los valores a^* y b^* (color), la muestra más homogénea es E83, siendo C81 la menos homogénea, según su desviación colorimétrica. Con respecto a la saturación y el color adquirido por esta pátina, la probeta de ensayo E82, es la más saturada, mientras que C83 es la de menor saturación. La conclusión más reseñable de la pátina natural del bronce a la intemperie es su inconsistencia para utilizarla en el exterior, pues en un año ha perdido, tanto color, como luminosidad y presuponemos que con el tiempo lo seguirá haciendo y que proseguirá el proceso corrosivo.

Tabla 3.61.d. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de muestras Tipo D, sin pátina y las mismas con pátina natural tras Un año a la intemperie. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

PÁTINA NATURAL				Aleación	PÁTINA NATUR. TRAS UN AÑO			
SIGLA	L^*	a^*	b^*		SIGLA	L^*	a^*	b^*
D81	54,8	1,6	14,1	Tipo-D	D81	42,2	2	8,7
D81	56,3	0,6	13,7		D81	42	2,7	9,3
D81	56,6	1,3	14,9		D81	41,2	2,5	8,1
D81	55,6	1,7	13,8		D81	39,6	2,5	6,3
D81	54,7	1,4	13,6		D81	41,3	2,3	7,6
MEDIA	55,6	1,32	14,02		MEDIA	41,26	2,4	8
STD	0,8573	0,4324	0,5263	STD	1,0237	0,2646	1,1446	
D82	55,6	0,5	15,9	Tipo-D	D82	41,6	2,7	5,7
D82	54,4	0,8	15,9		D82	39,2	2,4	7,1
D82	55,5	-0,8	17,4		D82	39,3	3	7,2
D82	56	0,2	16		D82	39,1	2,5	6,5
D82	54,8	1,2	14,1		D82	40,6	1,8	5,6
MEDIA	55,26	0,38	15,86		MEDIA	39,96	2,48	6,42
STD	0,6465	0,7563	1,1718	STD	1,1014	0,4438	0,7530	
D83	56,1	3,1	14,8	Tipo-D	D83	41,7	1,9	6,9
D83	54,3	2,2	13,7		D83	41,2	1,7	6,7
D83	57,2	0,3	14,5		D83	41,8	1,9	7,9
D83	59,8	0,8	13,6		D83	42,1	1,7	7,7
D83	55,5	1,1	15,2		D83	41,6	2,2	7,4
MEDIA	56,58	1,5	14,36		MEDIA	41,68	1,88	7,32
STD	2,0825	1,1336	0,6950	STD	0,3271	0,2049	0,5119	

Tabla 3.61.e. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de muestras Tipo E, sin pátina y las mismas con pátina natural tras Un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA NATURAL				Aleación	PÁTINA NATUR. TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
E81	65,6	26	10,9	Tipo-E	E81	49,2	3,4	17,5
E81	65,6	0,6	16,5		E81	50	2,9	17,5
E81	66,7	1,9	13,3		E81	49,5	3,2	17,6
E81	62,8	3	10,3		E81	48,7	3,2	17,8
E81	64,2	4,9	13		E81	51,6	3,1	16,3
MEDIA	64,98	7,28	12,8		MEDIA	49,8	3,16	17,34
STD	1,5073	10,5829	2,4413	STD	1,1113	0,1817	0,5941	
E82	63,5	-0,5	20	Tipo-E	E82	50,3	4,5	17,2
E82	63,5	0,6	19		E82	50,7	5,1	17
E82	63,5	0,2	18,4		E82	50,1	4,9	18,9
E82	62,9	2,2	18,2		E82	49,7	4,5	16,9
E82	62,8	0,6	18,5		E82	50	5,1	18,3
MEDIA	63,24	0,62	18,82		MEDIA	50,16	4,82	17,66
STD	0,3578	0,9910	0,7225	STD	0,3715	0,3033	0,8905	
E83	65,9	1,3	14,3	Tipo-E	E83	49,3	3	16,6
E83	58,6	-0,9	13,4		E83	50,9	3,1	15,7
E83	63,1	1	17,5		E83	49,2	3,5	16,3
E83	63,6	-0,8	19,2		E83	48,3	3,7	16,5
E83	61,6	0,7	17,2		E83	50,9	3,5	15,8
MEDIA	62,56	0,26	16,32		MEDIA	49,72	3,36	16,18
STD	2,6987	1,0359	2,4015	STD	1,1454	0,2966	0,4087	

Tabla 3.61.h. Valores colorimétricos, CIELAB 1976 de muestras Tipo H, sin pátina y las mismas con pátina natural tras Un año a la intemperie. L*(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).

PÁTINA NATURAL				Aleación	PÁTINA NATUR. TRAS UN AÑO			
SIGLA	L*	a*	b*		SIGLA	L*	a*	b*
H81	66,2	6,6	13,6	Tipo-H	H81	55,5	2,8	16,5
H81	61,6	6,1	13,6		H81	55,1	2,3	17,5
H81	60,7	7	12,4		H81	56	2,7	16,7
H81	62,5	6,3	13,2		H81	54,6	2,7	16,1
H81	61,8	6,5	14,1		H81	54,3	2,6	15,6
MEDIA	62,56	6,5	13,38		MEDIA	55,1	2,62	16,48
STD	2,1338	0,3391	0,6340	STD	0,6819	0,1924	0,7085	
H82	62	2,5	16,4	Tipo-H	H82	53,1	2,3	13,6
H82	59,4	1,5	13,8		H82	54,6	2,5	14
H82	57,6	1	15,5		H82	51,2	2,3	13,9
H82	58,9	0,8	17,2		H82	53,6	2,3	16
H82	60,8	2,3	18,8		H82	56,4	2,3	16
MEDIA	59,74	1,62	16,34		MEDIA	53,78	2,34	14,7
STD	1,7053	0,7596	1,8676	STD	1,9162	0,0894	1,1958	
H83	65	0,4	18,5	Tipo-H	H83	58,3	5,2	15,3
H83	65,2	1,5	19,3		H83	57,6	3,7	14,4
H83	65,6	1,3	20,3		H83	57,6	4,9	13,7
H83	67,7	-0,6	20		H83	58	4,1	14,7
H83	64,4	0,6	20,9		H83	56,9	4,1	14,7
MEDIA	65,58	0,64	19,8		MEDIA	57,68	4,4	14,56
STD	1,2617	0,8325	0,9274	STD	0,5263	0,6245	0,5814	

3.5 Conclusiones

3.5.1 Resultados más relevantes de las aleaciones y pátinas tras su aplicación

Para una observación más clara del comportamiento de todas las muestras (144), he agrupado todas las mediciones iniciales de estas muestras, hallando los valores medios lumínicos (L*) y cromáticos (a* y b*). En primer lugar se realizó el estudio de las muestras, agrupadas por los distintos tipos de aleación (Tabla 3.62) y posteriormente, estas muestras, se agruparon en función de los ocho distintos colores de pátina (Tabla 3.63).

Resultado del comportamiento de las seis aleaciones diferentes, tras aplicárseles las siete patinas artificiales y la pátina natural.

La aleación que ha alcanzado mayor luminosidad media, tras habersele aplicado todas las pátinas, tal y como observamos en la tabla 3.62, es la aleación tipo A, con un valor medio de 69,78%. Por el contrario, la de menor valor lumínico medio, ha resultado ser la aleación tipo D (56,48%). Se aprecia una notable diferencia entre ambas, que alcanza el valor de 13,30%, siendo éste un dato interesante ya que todas las pátinas se han aplicado por igual a todas las aleaciones y éstas partían de una luminosidad inicial similar. De este modo, se puede concluir, que la aleación inicial es un factor determinante en la luminosidad resultante de la pátina. Con respecto a la desviación media estándar (STD) lumínica, no se aprecian apenas variaciones entre las diversas muestras de las seis aleaciones diferentes (valor máximo 2,69 y valor mínimo 2,11).

Observando los valores del color (a^* y b^*), la aleación tipo A presenta mayor saturación en el color, tendiendo a mostrar una tonalidad ocre amarillenta ($a^*=2,99$, $b^*=21,17$, $C = 21,38$). Por el contrario, la aleación D es la menos saturada de todas, encontrándose asimismo con la misma tendencia cromática hacia los tonos ocres amarillos ($a^*=1,35$ y $b^*=15,44$. $C = 15,49$).

Tabla 3.62. Media aritmética y STD, de los valores colorimétricos CIELAB 1976, de los seis tipos de aleaciones, tras aplicárseles los ocho colores de pátina. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar), de todas las probetas de ensayo.*

MEDIA Y STD DE TODOS LOS COLORES DE PÁTINA, POR ALEACIÓN

ALEACIÓN		L^*	a^*	b^*	C
A	MEDIA	69,78	2,99	21,17	21,38
	STD	2,39	3,37	3,21	4,65
B	MEDIA	61,44	1,86	16,55	16,66
	STD	2,55	2,92	2,82	4,06
C	MEDIA	64,34	0,37	16,24	16,24
	STD	2,69	2,56	2,87	3,85
D	MEDIA	56,48	1,35	15,44	15,49
	STD	2,11	1,49	1,77	2,32
E	MEDIA	65,47	3,81	17,2	17,61
	STD	2,73	4,23	3,22	5,31
H	MEDIA	61,9	1,74	16,45	16,54
	STD	2,42	1,95	1,99	2,79

Con respecto a la desviación media estándar (STD) del color (a^* y b^*), no se aprecian tampoco apenas variaciones entre las diversas muestras de las seis aleaciones diferentes.

Podemos concluir en este punto, que la aleación tipo A es la menos apropiada para su utilización en la patinación escultórica. Esta aleación ha sufrido la mayor variación media tanto lumínica como cromática, tras su patinación por las siete pátinas elegidas así como por la pátina natural. Por el contrario, la aleación tipo D, ha resultado ser la que menor alteración media lumínica y cromática ha sufrido tras las diversas patinaciones, por lo que puede considerarse la más idónea de todas las aleaciones estudiadas para la patinación escultórica.

Estudio del comportamiento de las ocho pátinas diferentes sobre los seis tipos distintos de aleaciones.

Tabla 3.63 Media aritmética y STD, de los valores colorimétricos CIELAB 1976, de cada uno de los ocho colores de pátina aplicados a los seis tipos de aleaciones L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar), de todas las probetas de ensayo.*

MEDIA Y STD DE TODAS LAS ALEACIONES, POR CADA COLOR DE PÁTINA				
COLOR PÁTINA		L^*	a^*	b^*
BLANCO	MEDIA	65,03	3,6	5,15
	STD	8,46	1,87	3,53
OCRE	MEDIA	46,26	9,17	21,31
	STD	3,75	2,44	5,43
ROJO	MEDIA	36,18	10,31	15,63
	STD	3,08	1,58	4,17
VERDE	MEDIA	49,85	-5,7	3,39
	STD	5,72	2,35	1,49
AZÚL	MEDIA	48,55	-7,09	-1,87
	STD	5,83	2,32	1,85
PARDO	MEDIA	35,71	8,78	12,92
	STD	4,2	1,79	3,82
NEGRO	MEDIA	29,80	0,90	2,39
	STD	4,43	0,64	1,35
NATURAL	MEDIA	45,88	2,33	1,08
	STD	5,38	1,11	4,13

Observando la tabla 3.62, podemos comprobar, tal y como era de esperar, que el color blanco, respecto al valor L^* , presenta un valor lumínico (65.03%), claramente superior a la media del resto de colores de pátina. Aún así, sería interesante señalar que esta pátina, no es colorimétricamente tan blanca como sería deseable, ya que a^* presenta un valor de 3,6 y b^* uno de 5,15, tendiendo así levemente hacia un tono anaranjado; (si hubiese sido un blanco puro los valores a^* y b^* serían 0 y el valor L^* sería del 100%). Por el contrario y lógicamente, la menos luminosa de todas las pátinas, es la negra, con un valor L^* de 29,80% frente al 65,03% del blanco; (si hubiese sido un negro puro, los valores a^* y b^* serían 0 y el valor L^* sería asimismo, del 0%). Cabe señalar, que en el caso de la pátina negra, los valores resultantes, se acercan más a su color en estado puro, que en el caso de la pátina blanca.

Podemos concluir que la pátina blanca, entendiéndose como pátina de corrosión artificial sobre el metal, obtenida con productos reactivos químicos, es más una veladura, que una pátina totalmente cubriente, ya que al resultar menos corrosiva, su reacción química queda prácticamente en la superficie, desprendiéndose con facilidad si ésta es frotada.

3.5.2 Resultados más relevantes de las aleaciones y pátinas tras un año a la intemperie.

Perdurabilidad de las pátinas.

En este apartado, realizaremos el estudio de las muestras de cada aleación y pátina que se han dejado a la intemperie, para observar su evolución corrosiva producida por los factores medioambientales. Con este fin, se ha seleccionado la muestra designada con el número 3 de cada una de las aleaciones y colores de pátina, (salvo en el caso de la pátina natural, en que hemos dejado expuestas las tres muestras) resultando un total de 60 muestras.

Observando los resultados reflejados en la tabla 3.64, con respecto a la resistencia de las pátinas en el tiempo, la pátina blanca, es la más inestable de todas, con un valor lumínico medio del 67%, el más alto de las mediciones de todas las pátinas. Es también, el de mayor desviación media (10,23%), lo que nos muestra, la gran heterogeneidad existente ya en la pátina inicial, dentro de las cinco mediciones de cada muestra, así como entre el conjunto de muestras. También es la más inconsistente en el tiempo, descendiendo la luminosidad hasta el 42,71%.

Con respecto al color, la pátina blanca también es la que más ha variado sus valores cromáticos tornándose amarilla. Esto reafirma su inconsistencia, pues esta pátina tiende a perderse con mucha facilidad, ya que es la que menos reacción corrosiva y penetración ha hecho en el bronce, quedando prácticamente en la superficie. Es por ello por lo que podemos afirmar, que la pátina blanca no es apropiada para utilizarla en el exterior, pues se ha demostrado que transcurrido un año, ha descendido tanto en saturación de color como en luminosidad.

Si nos centramos en la pátina negra, es la más estable de todas, con el valor lumínico medio más bajo de todas las mediciones, con un 27,49%; del mismo modo, resulta ser el de menor desviación media (2,26%). Asimismo, es la más consistente en el tiempo, ya que el descenso apreciado en la luminosidad es el inferior del total de las mediciones con un 29%.

Tabla 3.64. Media aritmética y STD, de los valores colorimétricos CIELAB 1976, de sesenta muestras, (una por cada aleación y color, así como otras tres por cada tipo de aleación en su color natural) con la pátina original y las mismas con la pátina adquirida tras un año a la intemperie. L(Luminosidad); a*(+rojo,-verde); b*(+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

VALORES INICIALES DE LA MEDIA Y STD DE TODAS LAS ALEACIONES, POR CADA COLOR DE PÁTINA
VALORES TRAS UN AÑO DE LA MEDIA Y STD DE TODAS LAS ALEACIONES, POR CADA COLOR DE PÁTINA

COLOR PÁTINA		L*	a*	b*	L*	a*	B*
BLANCO	MEDIA	67,21	3,31	4,81	42,71	2,71	9,74
	STD	10,23	1,17	2,63	3,5	0,96	3,16
OCRE	MEDIA	45,32	9,09	20,76	40,93	3,83	8,23
	STD	3,59	2,27	5,46	2,91	1,22	2,26
ROJO	MEDIA	36,27	10,13	15,11	38,27	7,16	11,27
	STD	2,37	1,29	3,63	2,43	1,17	2,8
VERDE	MEDIA	49,61	-5,43	3,42	50,63	-4,78	2,09
	STD	6,1	2,8	1,9	5,93	4,28	1,38
AZÚL	MEDIA	46,03	-6,33	-1,46	46,58	-5,35	-1,57
	STD	5,24	2,25	1,82	3,72	2,39	1,56
PARDO	MEDIA	36,64	9,1	13,72	37,38	6,33	10,02
	STD	4,5	2,12	4,77	3,82	1,23	4,17
NEGRO	MEDIA	27,49	0,77	1,87	29	0,8	1,35
	STD	2,26	0,71	1,06	0,87	0,4	0,68
NATURAL	MEDIA	62,95	1,66	16,36	45,89	2,33	11,08
	STD	4,22	3,69	2,98	5,36	1,1	4,11

En la figura 3.95, quedan reflejados los valores medios de todas las probetas de ensayo, clasificadas por cada una de las pátinas en las mediciones iniciales (puntos rojos) y pasado un año al exterior (puntos blancos). El gráfico izquierdo, representa la cromaticidad y el derecho la luminosidad.

En los gráficos podemos ver con más claridad los datos de la tabla 3.64, verificando cómo las pátinas más inestables a la intemperie respecto a su luminosidad, son en orden descendente, las siguientes: blanca, natural, ocre, rojo, negro, pardo, verde y azul.

Para observar con mayor claridad las diferencias existentes en las ocho pátinas, tanto lumínica como cromáticamente, se han hallado los valores diferenciales (L^* diferencia, a^* diferencia, b^* diferencia) de todas, mostrando el incremento o descenso de los valores resultantes transcurrido un año, con respecto a los iniciales. Estos datos, se han reflejado en la tabla 3.65, donde podemos apreciar con mayor claridad aún, las diferencias tanto lumínicas como de color y los valores concretos del incremento diferencial del color (ΔE), de cada pátina, así como las desviaciones medias. La pátina de color blanco, es la de mayor ΔE (25) y también la de más desviación estándar (STD), (6,75), la de menor ΔE con un valor de 1,33, es la pátina de color azul y la de menor desviación estándar, es la pátina color rojo (0,84).

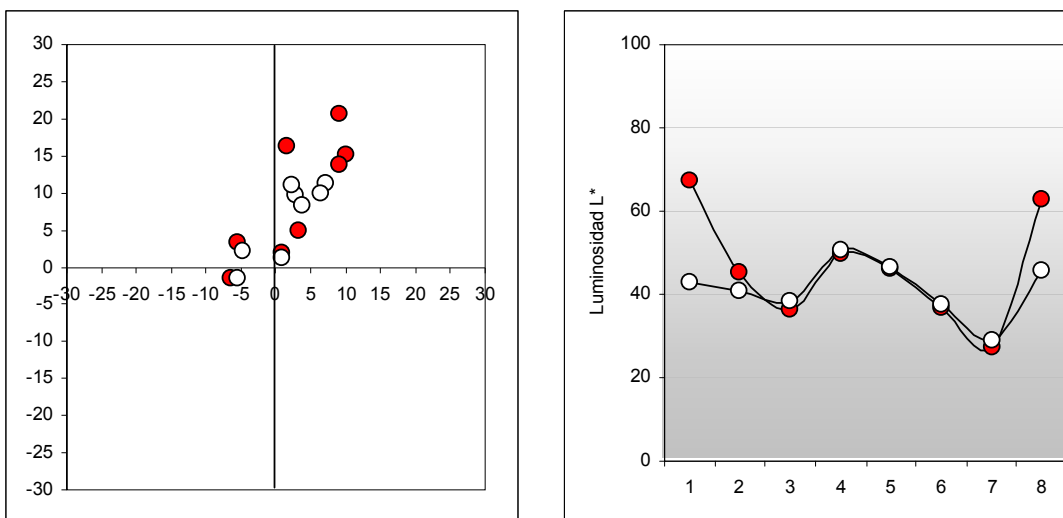


Figura 3.95. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios de color y luminosidad de las probetas de ensayo con la pátina inicial de todas las aleaciones, por cada color de pátina (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Lo más destacable, transcurrido un año de la aplicación de las pátinas, respecto a la luminosidad, es el descenso de la pátina blanca en un 24,5%, así como de la pátina natural, con un descenso del 17,06%. La ocre, por su lado, ha disminuido un 4,39%. Por el contrario el resto de las pátinas apenas han variado su luminosidad, aumentando todas ellas, pero muy levemente, siendo casi imperceptible la variación en la pátina azul, con un aumento de su luminosidad en un 0,55%. Respecto de las variaciones, en lo que a cromaticidad se refiere, cabe destacar el descenso de saturación de la pátina ocre, que ha sido de 5,26 en el valor a^* y de 12,53 en b^* . El resto de las pátinas, habrían sufrido una variación cromática mucho más leve, destacando en el otro extremo la pátina negra, con una diferencia de 0,03 en el valor a^* y de 0,52 en b^* . Las pátinas verde y azul, por su parte, apenas han sufrido variaciones. Unos resultados que nos han sorprendido, son las variaciones sufridas por las pátinas blanca, natural y ocre. Mientras que las dos primeras han descendido lumínicamente de forma considerable (24,5% y 17,06%, respectivamente), su variación en cromaticidad, no es apenas relevante.

Tabla 3.65. Media aritmética y STD del ΔE , ΔC y las diferencias de L^ , a^* y b^* , de los valores colorimétricos CIELAB 1976, de sesenta muestras, (una por cada aleación y color, así como otras tres por cada tipo de aleación en su color natural) con la pátina original y las mismas con la pátina adquirida tras un año a la intemperie. L^* (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

COLOR PÁTINA		ΔE	ΔC	L^* diferencia	a^* diferencia	b^* diferencia
BLANCO	MEDIA	25,00	4,97	24,50	0,60	-4,93
	STD	6,75	0,57	6,73	0,21	-0,53
OCRE	MEDIA	14,28	13,59	4,39	5,26	12,53
	STD	3,44	3,37	0,68	1,05	3,20
ROJO	MEDIA	5,25	4,85	-2,00	2,97	3,84
	STD	0,84	0,84	-0,06	0,12	0,83
VERDE	MEDIA	1,80	1,48	-1,02	-0,65	1,33
	STD	1,58	1,57	0,17	-1,48	0,52
AZÚL	MEDIA	1,13	0,99	-0,55	-0,98	0,11
	STD	1,55	0,30	1,52	-0,14	0,26
PARDO	MEDIA	4,68	4,62	-0,74	2,77	3,70
	STD	1,27	1,07	0,68	0,89	0,60
NEGRO	MEDIA	1,60	0,52	-1,51	-0,03	0,52
	STD	1,47	0,49	1,39	0,31	0,38
NATURAL	MEDIA	17,87	5,32	17,06	-0,67	5,28
	STD	3,05	2,83	-1,14	2,59	-1,13

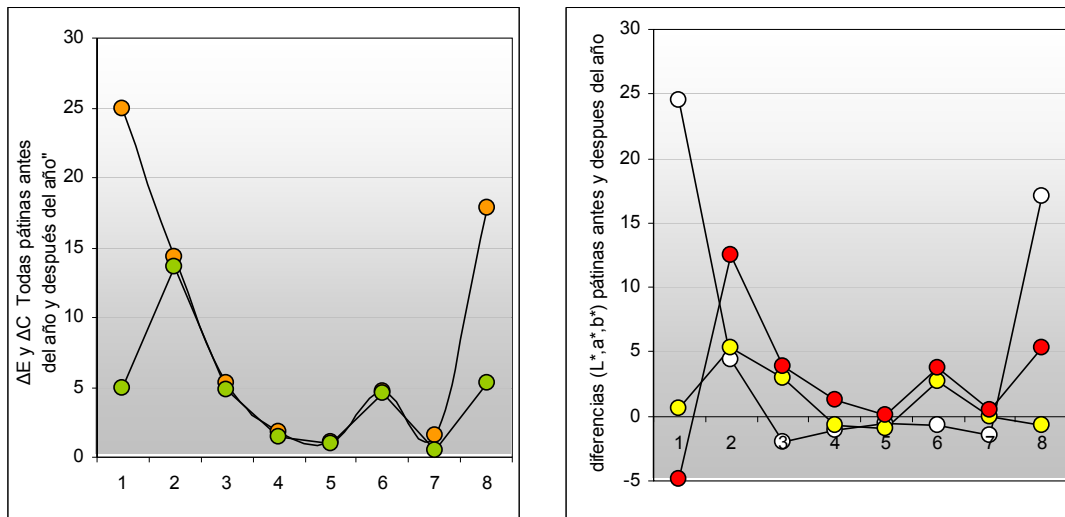


Figura 3.96. Media aritmética ΔE (puntos naranjas) y ΔC (puntos verdes) y las diferencias de L^* (puntos blancos), a^* (puntos rojos) y b^* (puntos amarillo), de los valores colorimétricos CIELAB 1976, de sesenta muestras, (una por cada aleación y color, así como otras tres por cada tipo de aleación en su color natural) con la pátina original y las mismas con la pátina adquirida tras un año a la intemperie. L^* (Luminosidad); a^* (+rojo, -verde); b^* (+amarillo, -azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar). Izquierda: gráfico incrementos color y croma. Derecha: diferencias de L^* , a^* y b^* .

En la pátina blanca se ha dado un descenso de apenas 0,6 en el valor a^* y un aumento del 4,93 en b^* , resultando estos cambios muy similares en la pátina natural. Por su parte, la pátina ocre, sorprendentemente, ha descendido apenas un 4,39% de luz, mientras que es la que mayor variación cromática ha tenido, descendiendo su saturación en el valor a^* 5,26 y 12,53 en b^* .

Cómo afectan las aleaciones en las pátinas artísticas.

Estudiando los resultados de las tablas número_3-65 y _3-66, que hacen referencia a la resistencia y diferencias producidas en los distintos tipos de las aleaciones en el tiempo, afirmamos que la aleación tipo A, es la más inestable de todas, con un valor lumínico inicial medio del 67,97%, el más alto de las mediciones sobre todas las aleaciones. Asimismo, es también el que mayor descenso ha tenido (23,93%), siendo pues la más inconsistente en el tiempo, habiendo descendiendo la luminosidad hasta el 44,03%. Tampoco en croma es estable, pues aunque no es la de mayor pérdida de saturación, si ha tenido un

notable descenso. Estos datos demuestran que **la aleación tipo A, es la menos idónea para su utilización en la patinación artística en la escultura a la intemperie**; aunque estas mediciones se han realizado sin pátina, al cambiar el color y luz de la aleación a lo largo del tiempo, alterará lógicamente el color de la pátina dada sobre ella. En contraposición, la aleación tipo H, ha permanecido casi inalterable, pasando de una luz del 62%, al 55,52%, con tan solo un 7,11% de descenso. Cromáticamente, también es la que menos alteraciones ha sufrido (a^* , ha aumentado en un 0,20 su valor y b^* , solo ha descendido 1,26 el suyo), podemos decir de este modo, que **la aleación tipo H, es la más idónea para las pátinas artísticas en la escultura al aire libre**.

Las aleaciones que más han descendido en lo que a luminosidad se refiere son las siguientes: A (23,93%), C (23,55%), B (19,25%), D (14,85%), E (13,70%) y H (7,11%).

Con respecto al color, las aleaciones en general han descendido en saturación, variando sus valores cromáticos, tornándose más amarillos. Seguidamente tenemos los seis tipos de aleaciones, por orden ascendente en valores de saturación: E ($a^*=3,78$, $b^*=17,06$), H ($a^*=3,12$, $b^*=15,25$), A ($a^*=2,05$, $b^*=11,47$), B ($a^*=1,67$, $b^*=8,53$), B ($a^*=1,67$, $b^*=8,53$), D ($a^*=2,25$, $b^*=7,25$), C ($a^*=1,09$, $b^*=6,95$).

Tabla 3.66. Media aritmética y STD, de los valores colorimétricos CIELAB 1976, de dieciocho muestras, (tres por cada tipo de aleación en su color natural) medidas inicialmente y las mismas con la pátina adquirida tras un año a la intemperie. L^ (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

Aleación		VALORES INICIALES DE LA MEDIA Y STD DE TODAS LAS ALEACIONES			VALORES TRAS UN AÑO DE LA MEDIA Y STD DE TODAS LAS ALEACIONES		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
Tipo-A	Media A	67,97	4,17	18,32	44,03	2,05	11,47
	Std A	0,66	4,53	3,68	1,92	0,22	1,57
Tipo-B	Media B	61,89	-0,99	17,94	42,65	1,67	8,53
	Std B	1,00	0,66	3,48	1,15	0,86	0,53
Tipo-C	Media C	65,80	0,05	14,68	42,25	1,09	6,95
	Std C	1,06	1,87	1,46	0,70	0,16	2,06
Tipo-D	Media D	55,81	1,07	14,75	40,97	2,25	7,25
	Std D	0,69	0,60	0,98	0,90	0,33	0,79
Tipo-E	Media E	63,59	2,72	15,98	49,89	3,78	17,06
	Std E	1,25	3,95	3,02	0,23	0,91	0,78
Tipo-H	Media H	62,63	2,92	16,51	55,52	3,12	15,25
	Std H	2,92	3,14	3,21	1,98	1,12	1,07

Unificación de las aleaciones a la intemperie.

En la figura 3.97, quedan reflejados los valores medios de todas las probetas de ensayo, clasificadas por cada una de las aleaciones en las mediciones iniciales (puntos rojos) y pasado un año al exterior (puntos blancos). El gráfico izquierdo, representa la cromaticidad y el derecho la luminosidad.

En los gráficos podemos ver con más claridad los datos de la tabla 3.66, verificando cómo las aleaciones han variado sus valores, alterándose unas más que otras a la intemperie. Respecto a la luminosidad (gráfico derecho), las aleaciones tipo A, B, C y D, han descendido y se han homogeneizado, mientras que las aleaciones tipo E y sobre todo la H, han aumentado siendo más heterogéneas.

En el gráfico izquierdo de la figura 3.97, observamos claramente el descenso ya mencionado de la saturaciones de color, al igual que el tono amarillo adquirido en general, pues todas las aleaciones se sitúan en el cuadrante de los naranjas, muy cerca del eje de los amarillos. Un dato interesante, es cómo las aleaciones B, C y D, además de unificar su luminosidad también lo han hecho en cromaticidad.

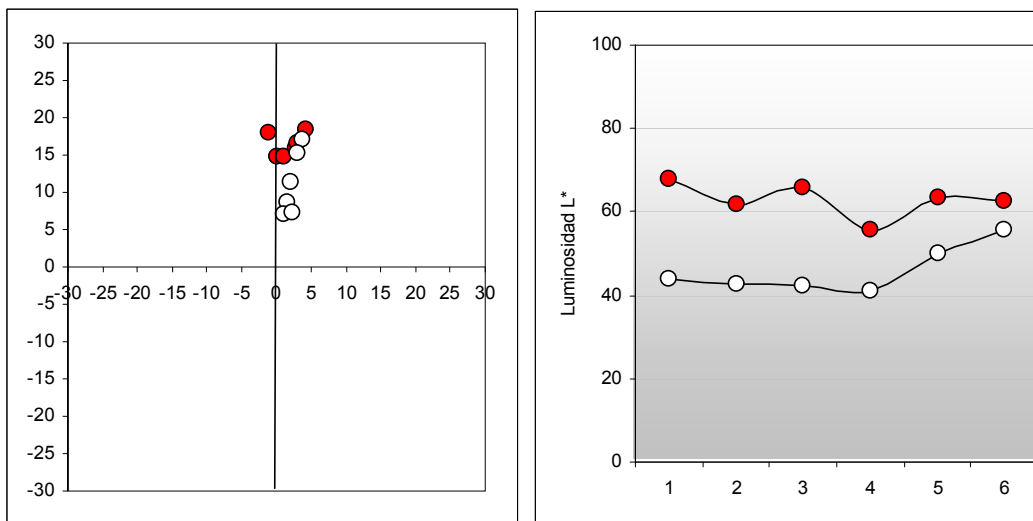


Figura 3.97. Representación colorimétrica CIELAB 1976 de los valores medios, de color y luminosidad de dieciocho muestras, (tres por cada tipo de aleación en su color natural), agrupadas por los seis tipos de aleaciones, medidas inicialmente por cada aleación en las mediciones iniciales (puntos rojos) y las mismas probetas de ensayo, tras la exposición a la intemperie durante un año (puntos blancos). Izquierda: gráfico de cromaticidad. Derecha: gráfico de luminosidad.

Para observar con mayor claridad en los seis tipos de aleaciones las diferencias existentes, tanto lumínica como cromática, se han hallado los valores diferenciales (L^* diferencia, a^* diferencia, b^* diferencia), que nos muestran el incremento o descenso de estos valores resultantes transcurrido un año, respecto de los iniciales. Todo esto, se ha reflejado en la tabla 3.67, donde podemos apreciar con mayor claridad aún, las diferencias tanto lumínicas como de color y los valores concretos del incremento diferencial del color (ΔE), de cada aleación, así como las desviaciones medias. La aleación tipo A, es la que mayor ΔE presenta (24,99) y también la de más desviación estándar (STD) (4,96). La de menor ΔE con un valor de 7,22, es la aleación H y la de menor desviación estándar, es D (0,39).

Destacamos con respecto a la luminosidad, que en el transcurso de un año desde la exposición a la intemperie, el descenso de ésta en la aleación tipo A de un 23,93%, así como en la aleación tipo C, es muy similar. En contraposición, nos encontramos, con un descenso de tan solo 7,11% en la aleación tipo H. Es interesante señalar la diferencia existente entre la aleación que ha experimentado un mayor descenso de la luminosidad respecto a la de menor descenso (16,82 %) El resto de las aleaciones han sufrido también un descenso, aunque no tan extremado.

Tabla 3.67. Media aritmética y STD del ΔE , ΔC y las diferencias de L^ , a^* y b^* , de los valores colorimétricos CIELAB 1976, de dieciocho muestras, (tres por cada tipo de aleación en su color natural), agrupadas por los seis tipos de aleaciones, medidas inicialmente y las mismas con la pátina adquirida tras un año a la intemperie. L^* (Luminosidad); a^* (+rojo,-verde); b^* (+amarillo,-azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar).*

ALEACIÓN		ΔE	ΔC	L^* diferencia	a^* diferencia	b^* diferencia
A	MEDIA	24,99	7,18	23,93	2,13	6,85
	STD	4,96	4,80	-1,25	4,31	2,11
B	MEDIA	21,59	9,78	19,25	-2,65	9,41
	STD	2,96	2,96	-0,16	-0,20	2,95
C	MEDIA	24,80	7,80	23,55	-1,03	7,73
	STD	1,85	1,81	0,36	1,71	-0,60
D	MEDIA	16,68	7,59	14,85	-1,19	7,50
	STD	0,39	0,33	-0,21	0,28	0,19
E	MEDIA	13,78	1,51	13,70	-1,06	-1,08
	STD	3,92	3,79	1,01	3,05	2,25
H	MEDIA	7,22	1,28	7,11	-0,20	1,26
	STD	3,09	2,95	0,94	2,02	2,14

Respecto de las variaciones en lo que a cromaticidad se refiere, cabe destacar la diferencia de saturación cromática (ΔC), siendo la más elevada la aleación tipo B, que ha sido de 9,78 (en el valor a^* diferencia = -2,65 y 9,41 en b^* diferencia). Es de señalar que la pátina tipo B siendo la que ha experimentado un mayor descenso en saturación cromática no ha experimentado, así mismo, ese descenso en luminosidad, tal y como nos lo indica el valor de ΔE (21,59) La aleación A es la de mayor desviación en croma y luz ($\Delta E = 24,99$). Podemos apreciar en la aleación tipo H, la correlación de la variación de $\Delta C = 1,28$ y $\Delta E = 7,22$. Similar a la aleación H, es la aleación E, con una diferencia $\Delta C = 1,51$ levemente superior a la E. Con respecto a ΔE la diferencia ha sido de 13,78, con lo que es aquí donde se aprecia una mayor diferencia con respecto a la aleación H. Podemos afirmar que la aleación H es la más estable, seguida de la aleación E, para su uso en esculturas a la intemperie; siendo por el contrario la más inestable la aleación A seguida muy de cerca por la aleación C.

Observando las variaciones existentes entre las seis aleaciones, podemos afirmar, que el tipo de aleación es un factor determinante en la estabilidad del color de pátina artificial que aplicamos a la escultura. Estas diferencias se pueden observar con claridad en la tabla 3.67 y los gráficos de la figura 3.98.

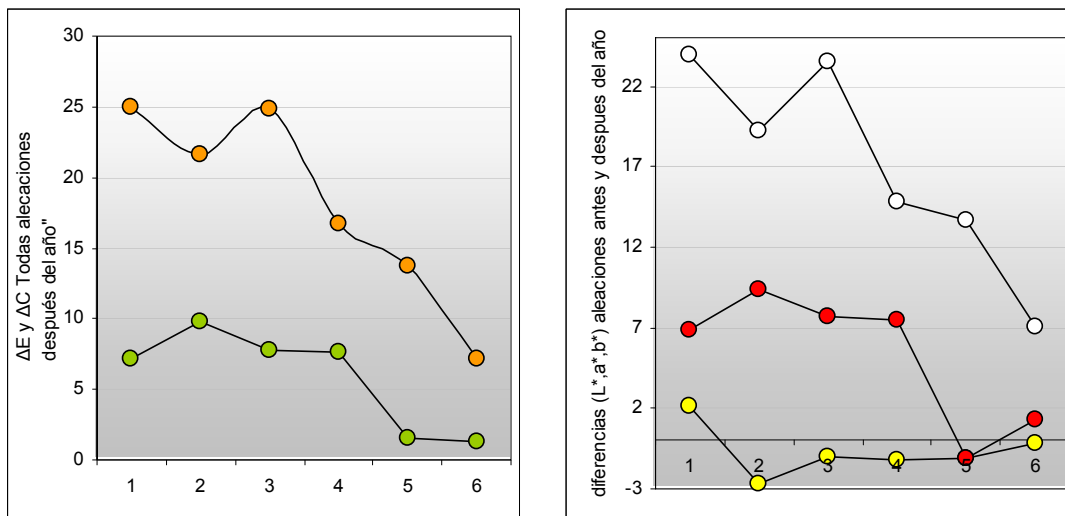


Figura 3.98. Media aritmética ΔE (puntos naranjas) y ΔC (puntos verdes) y las diferencias de L^* (puntos blancos), a^* (puntos rojos) y b^* (puntos amarillo), de los valores colorimétricos CIELAB 1976, de dieciocho muestras, (tres por cada aleación en su color natural) con la pátina original y las mismas con la pátina adquirida tras un año a la intemperie. L^* (Luminosidad); a^* (+rojo, -verde); b^* (+amarillo, -azul); Media (media aritmética); STD (desviación estándar). Izquierda: gráfico incrementos color y croma. Derecha: diferencias de L^* , a^* y b^* .

3.5.3 La evolución de la pátina en el interior, en cada color.

La evolución de las pátinas en el interior no ha sufrido una gran variación en general. Hemos de considerar que en ningún caso se les ha aplicado la capa de cera posterior a la pátina.



Figura 3.99. Los ocho colores de pátinas tras un año al exterior.

La que más variación ha experimentado ha sido la blanca, ya que al no habersele dado protección con cera, los cristales blancos de ácido bórico no han interactuado con el bronce, desprendiéndose con facilidad.



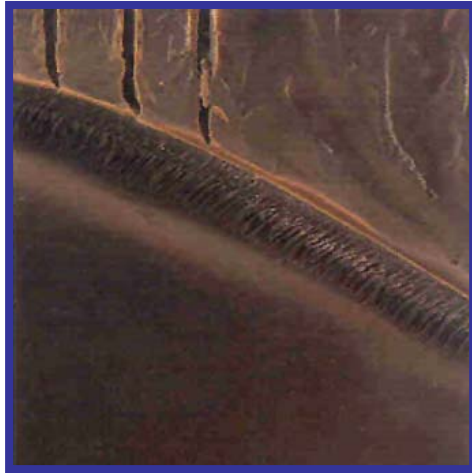
Figura 3.100. Muestra de pátina blanca en la cual, tras un año ha perdido prácticamente los cristales que interactuaban con el metal.

Otro caso interesante sería el de la pátina ocre, donde al cabo de un año, aún encontrándose en el interior, algunas muestras han adquirido ligeros tonos verdes tal y como podemos apreciar en la figura 3.101.



Figura 3.101 Muestras de pátina ocre tras un año en al interior.

Excepto estos dos casos, el resto de las patinas no han sufrido una alteración de relevancia exceptuando un pequeño cambio en la pátina natural, que se ha oscurecido levemente.



CAPÍTULO 4

Entrevistas y Recetarios

4. Entrevistas y Recetarios

4.1. Fórmulas y recetas de pátinas y oxidaciones artificiales refundidas de diversos autores.

En este apartado incluyo las recetas recopiladas de los libros y recetarios, que a mi juicio son más completas. Más adelante mencionaré las recetas que me han cedido amablemente algunos escultores y talleres contemporáneos.

Comenzaremos con las fórmulas de las oxidaciones para bronce y latones, ofrecidas en el recetario industrial de Hiscox y Hopkins y posteriormente continuaremos viendo las recetas para las pátinas que estos mismos autores nos proponen. (Barbieri, 1951; Hiscox y Hopkins, 1994).

4.1.1. Recetario Industrial de Hiscox y Hopkins, basado en el Formulario Enciclopédico Industrial de Nico Barbieri y otros autores.

Pátinas para bronce:

Las obras artísticas de bronce, presentan diferentes tonalidades, dependiendo de la variedad de los colores, del gusto y de la habilidad del

operador. Para producir cualquier clase de pátina, desde las más simples hasta las de tonos anaranjado oscuro de los bronce florentinos, se emplea una brocha y pigmentos que varían según el tinte deseado, aplicándose al metal después de calentado.

Bronce medalla:

1 Para obtener el bronce medalla, hay varios procedimientos. Se puede introducir el objeto en un baño compuesto de partes iguales de percloruro y sesquinitrato de hierro, calentando el líquido hasta su evaporación y frotando el objeto con un cepillo encerado.

2 Se disuelven 10 partes de nitrato de cobre y 2 partes de sal común en 500 partes de agua. Se agrega una solución de acetato amónico, obtenido neutralizando 10 partes de amoniaco con ácido acético hasta reacción muy poco ácida. Luego se agrega agua hasta completar las 500 partes. Se sumerge el bronce en este líquido y después de seco, se frota superficialmente, repitiendo la operación hasta obtener el tono deseado.

Pátina roja:

1 Se calienta el objeto (de cobre) o sus aleaciones al rojo, con lo que queda recubierto con una capa de óxido cúprico en la superficie y una capa de óxido cuproso debajo. Una vez frío, se frota con un bruñidor hasta que desaparezca el óxido cúprico negro y quede al descubierto el cuproso, quedando el metal de color rojo intenso con bastante brillo, color y brillo tan permanentes que pueden tratarse con agentes químicos, como sulfato de cobre por ejemplo, sin que sufra la menor alteración.

2 Si se quiere obtener una superficie jaspeada en vez de color rojo uniforme, se espolvorea sobre el metal mientras se está calentando, bórax u otro cuerpo de propiedades análogas. En los puntos cubiertos con bórax se efectúa la oxidación y después de bruñido el objeto, se ven destacadas en la superficie roja, manchas del color metálico del objeto.

Verdes:

1. Primero se da al objeto una capa "verde antiguo" (véase más adelante); se frota bien con un cepillo para quitar el cardenillo y se le da otra mano con la siguiente mezcla: vinagre: 1000 partes, hematites en polvo: 125 partes, grafito: 25 partes. Se acaba la operación con un cepillo encerado y dando otra mano de barniz incoloro.

2 Se cubre el objeto con una capa formada por: vinagre: 100 partes, hematites en polvo: 125 partes, grafito: 25 partes, sal amoniaco: 32 partes, amoniaco: 32 partes, sal marina: 32 partes.

Para dar al bronce nuevo (estatuas, etc.), el aspecto de bronce antiguo, se emplean varias composiciones, de las cuales las principales son las siguientes:

Verde antiguo:

1 - Vinagre: 100 partes, sulfito de cobre: 16 partes, sal marina: 32 partes, sal amoniac: 32 partes, verde montaña: 70 partes, amarillo cromo: 30 partes (si se quiere se puede suprimir), amoniac: 32 partes.

2 - Vinagre: 100 partes, sal amoniac: 8 partes, bioxalato potásico: 1 parte.

Para obtener un *tono más oscuro*, se añade un poco de grafito a la mezcla primera.

3 - 200 gramos de ácido acético de 8° de concentración, 200 gramos de vinagre corriente, 30 gramos de carbonato amónico, 10 gramos de sal marina, 10 gramos de crémor tártaro, 10 gramos de acetato de cobre y un poco de agua.

Pátina verde:

Hiposulfito sódico: 2 partes, ácido sulfúrico: 1 parte, agua: 20 partes. Se filtra esta mezcla para separar el azufre precipitado y se calienta el líquido filtrado. Se sumerge el objeto en la solución caliente y una vez conseguido el color deseado, se saca del baño, se seca y se barniza con copal.

Tonos pardos oscuros:

Puede obtenerse un tono oscuro limpiando el objeto y dándole una capa de sulfuro amoniac; después de seco, se frota con un cepillo o brocha impregnada en grafito y creta. El cobre puede también humedecerse con una solución diluida de cloruro de platino y calentarse ligeramente, o sumergirse en una solución caliente de clorhidrato de antimonio.

Pátina negro-azulada:

Se prepara una solución diluida de cloruro de antimonio en agua y se agrega un poco de ácido clorhídrico. Se aplica esta solución con un cepillo suave, se deja secar el objeto y se frota con una franela. Si no importa el gasto, se emplea una solución de cloruro de paladio, que da un excelente tono azul negro. Es necesario limpiar previamente los objetos en una solución caliente de carbonato sódico, para quitar toda suciedad y grasa que impidiera el fijado de la pátina.

Pátina negra:

Se obtiene la pátina negra cubriendo con sebo los objetos de que se trate y prendiendo fuego a éste con una antorcha de resina. Se limpian los relieves y se deja secar.

Puesto que el latón es frecuentemente usado para la escultura, me parece interesante apuntar aquí, las pátinas que Hiscox ha recogido en su recetario, referentes a esta aleación.

Pátinas para el latón.

Baño mate:

El baño mate se emplea para dar a la superficie del latón un aspecto satinado o cristalino. El baño brillante da lugar a una superficie lustrosa y perfectamente lisa, pero el mate es el mejor de todos los baños y puede emplearse como base para otros muchos acabados del latón.

El baño mate consiste en una mezcla de ácido sulfúrico y agua fuerte (ácido nítrico) con bastante sulfato de zinc (vitriolo blanco) para saturar la solución. En la presencia del sulfato de zinc estriba la diferencia esencial entre el baño brillante y el mate; sin el sulfato de zinc no es posible obtener una superficie mate. El método generalmente practicado, consiste en agregar el sulfato de zinc a la mezcla de ácidos (sulfúrico y nítrico), de modo que quede algo sin disolver en el fondo de la vasija en que se haga la mezcla. Pero procediendo de este modo, el sulfato de zinc queda en forma de un azúcar groseramente granulado; estos cristales se depositan en el fondo de la vasija y en realidad no intervienen en el trabajo de poner mate la superficie. Si estos cristales están finamente pulverizados, el baño mejora algo, pero es imposible pulverizar este cuerpo hasta un grado tal que pueda hacer el trabajo deseado; es decir, que el uso del sulfato de zinc deja mucho que desear. El método más moderno para hacer el baño mate, consiste en producir el sulfato de zinc directamente en la solución y en forma de precipitado. En efecto, se sabe que los cuerpos más finamente pulverizados son aquellos que se obtienen por precipitación, dato de gran importancia en el baño mate, pues el sulfato de zinc en polvo muy fino, no se deposita tan rápidamente en el fondo del recipiente. Por esta razón, el sulfato de zinc debe precipitarse, de modo que cuando llega a mezclarse con los ácidos, no se vaya inmediatamente al fondo. El procedimiento de obtener directamente el sulfato de zinc partiendo de la solución es el siguiente:

Se toman 4 litros de ácido nítrico amarillo y se echan en una cazuela o recipiente análogo de barro, rodeado de agua fría, que tiene por objeto absorber el calor formado por la reacción, que hace evaporar el ácido. Se agrega el zinc en pequeños trozos hasta que no pueda disolver más cantidad, es decir, hasta

que quede saturada la solución que así resulta. El zinc puede emplearse en cualquier forma apropiada para agregarlo al ácido poco a poco como, por ejemplo, en recortes de poco espesor (hechos de una lámina), en granos, en terrenos, etc. Si se echara todo de una vez, se produciría una ebullición que haría rebosar el ácido. Una vez que el ácido ha disuelto todo el zinc que puede disolver, se ve que se ha evaporado en parte, siendo necesario agregar más ácido para completar otra vez los 4 litros con que se empezó la operación. Hecho esto, se agregan lentamente 4 litros de ácido sulfúrico concentrado. La mezcla que así resulta debe agitarse con una pala de madera mientras se está añadiendo este ácido.

En cuanto empieza a agregarse el ácido sulfúrico, la solución comienza a volverse de aspecto lechoso y finalmente toma la consistencia de una pasta espesa, producida por la precipitación del sulfato de zinc, debida al ácido sulfúrico, resultando así un precipitado muy dividido de sulfato de zinc. Si se quiere emplear cantidades determinadas de ácido de zinc, se pueden tomar las siguientes: de ácido sulfúrico 4 litros; de ácido nítrico 4 litros; de zinc 180 gr.

Al disolverse el zinc en ácido nítrico, hay que asegurarse de que no queda nada por disolver en el fondo de la vasija.

El baño mate se aplica en caliente, por lo cual se conserva en vasijas de barro rodeadas de agua caliente. Los objetos que hay que tratar se pulimentan primero y se limpian perfectamente y en seguida se agita muy bien el baño con una pala de madera, de modo que se reparta bien por el líquido de sulfato de zinc que estaba depositado en el fondo. Se sumerge entonces el objeto en cuestión en el baño y se deja en el mismo hasta que adquiera el mate deseado, siendo éste un punto que únicamente la experiencia puede señalar con precisión. Al introducirse el objeto de latón en la solución, se observa una rápida acción sobre su superficie, pero al cabo de unos cuantos segundos se retarda y hace más lenta. Después se saca el objeto, se lava bien y se sumerge en el baño brillante ordinario; este baño es necesario, pues el anterior forma una capa oscura sobre la superficie que impediría ver el color verdadero del metal; esta capa desaparece al sumergir el objeto en el baño brillante (mezcla de ácido sulfúrico y ácido nítrico) y queda al descubierto la verdadera superficie mate del latón.

La norma ordinaria para hacer el baño mate consiste en emplear partes iguales de ácido nítrico y sulfúrico; pero puede variarse la proporción de estos ácidos según los casos; por ejemplo, empleando más ácido sulfúrico, se obtiene un mate más fino, mientras que aumentando la proporción de ácido nítrico el mate que resulta es más basto. Cuando el baño se pone ya viejo, es inútil echar más zinc, pues siempre pasa un poco del sobrante a la solución cada vez que se sumerge algún objeto. En cambio, no tarda en cargarse de sales de cobre y entonces debe tirarse ya por inútil.

Un baño nuevo no hace bien el trabajo ni da buenos resultados si se emplea inmediatamente de preparado. Lo corriente es dejarlo sin emplear, después de su preparación, durante una noche, pues a la mañana siguiente se encuentra en las mejores condiciones para su aplicación y efectos. El baño nuevo se muestra reacio en el trabajo, sirviéndole de excitante la adición de un poco de agua; pero siempre hay que hacer esta adición con gran cuidado, en poca cantidad y sólo en caso necesario. Al cabo de algún tiempo puede resultar conveniente agregar un poco más de ácido nítrico, lo cual puede hacerse sin temor alguno de echar a perder el baño. El manejo y aplicación del baño mate requiere gran cuidado y mucha experiencia; la principal dificultad se encuentra cuando se quiere dejar un objeto igual que otro dado, que sirve de muestra. Lo único que puede hacerse es ir ensayando y agregando más ácido nítrico o sulfúrico.

El baño mate puede aplicarse únicamente sobre latón o sobre plata alemana, es decir, sobre aleaciones que contengan zinc. Los mejores resultados se obtienen sobre latón amarillo muy rico en zinc.

Líquido para dar al latón aspecto mate.

Para mejorar la vista de los artículos de latón, cobre etc., lo que ordinariamente se hace es poner mate su superficie. Para ello se sumergen primero en ácido sulfúrico diluido, en la proporción de uno a diez; inmediatamente después se sumergen en una mezcla de 10 partes de tártaro rojo y 10 partes de sal común, 250 partes de ácido sulfúrico y 250 partes de ácido nítrico, durante un momento nada más y después se lavan bien con agua y se secan con aserrín. Para obtener un bonito color mate, se agregan al líquido 0,05 partes de sulfato de zinc.

Iridiscente:

Se prepara una solución de 1 parte de acetato de plomo y 3 partes de hiposulfito sódico en 48 partes de agua; se sumergen los objetos en esta solución y se sacan con frecuencia para observar el color que toman y cuando es bastante intenso se dejan secar por sí solos. La iridiscencia resultante es muy hermosa y por completo permanente.

Blanco:

1 Oropimente 5 gr., sal sosa cristalizada 10 gr., agua 300cm³. El latón toma color rojo en esta solución, pasando después por azul, lila y finalmente blanco.

2 En 8 litros de agua se disuelven 1.5 kilogramos de crémor tártaro y 2 Kg. de estaño muy dividido. También puede usarse este baño para el cobre.

Amarillo:

Se sumerge el latón perfectamente limpio en una solución diluida de acetato neutro de cobre a la temperatura ordinaria y en poco tiempo queda cubierto con una capa de color amarillo de oro muy resistente.

Rojo:

1 Se echa el latón en una solución de 150 gr. de sulfato de cobre y de 180 a 210 gr. de permanganato potásico en 15 litros de agua.

2 Se trata el metal de la siguiente manera: Solución A: algodón bien lavado 50 partes, ácido salicílico 2 partes, ácido sulfúrico 1000 partes, bicromato potásico 100 partes. Solución B: latón 20 partes, ácido nítrico (de densidad 1,51) 350 partes, nitrato sódico 10 partes. Se mezclan las dos soluciones y se diluye con 1500 partes de agua. Estas proporciones pueden variarse según la clase de latón que se trate de colorear. Al extender este líquido sobre el metal, se ve que éste cambia inmediatamente de color; una vez alcanzado el tinte conveniente, se sumerge de pronto el objeto en una solución alcalina compuesta de 50 partes de una sal de sodio y 1000 partes de agua. Se lava después el objeto y se seca con un paño. Colocando el objeto tratado entre dos placas, o mejor aún entre dos trozos de tela metálica de hierro, se obtiene un hermoso color rojo.

Del amarillo al **rojo vivo**: se disuelven 2 partes de carbonato de cobre nativo con 1 parte de sosa cáustica en 10 de agua. Se sumerge el objeto durante unos cuantos minutos en el líquido, dependiendo los distintos tonos que se quieran obtener del tiempo que dure la inmersión.

Rojo de tumbaga. Se obtiene esta coloración sumergiendo los objetos en una mezcla de 10 partes de carbonato de cobre, 30 de sosa cáustica y 200 de agua. Esta capa sólo se endurece frotándola con un paño y de ningún modo restregando con arena.

Verde:

1 Para el **verde**, se disuelve 1 parte de acetato de cobre (cardenillo), 1 parte de vitriolo azul y 1 parte de alumbre en 10 partes de agua, hirviendo la solución con los objetos dentro. Para dar al latón un buen negro, como en artículos de óptica, aparatos fotográficos, placas, anillas, tornillos, etc., se disuelven 45 partes de malaquita (carbonato de cobre nativo) en 1000 partes de sal amoníaco. Para tratar el objeto con esta solución, se limpia bien, se desengrasa y se moja con salmuera y después se sumerge en la solución hasta que la capa con que quede cubierto sea bastante consistente. La solución trabaja mejor y más pronto si está caliente. Si la oxidación fuera causa de una mancha, debe quitarse por inmersión en la salmuera.

2 Para dar al latón un color de **cardenillo**, se trata con ácidos diluidos, como el acético y el sulfúrico y se seca después.

3 El color **verde oliva** se produce ennegreciendo la superficie con una solución de hierro en ácido clorhídrico, puliendo después con galena y cubriendo el objeto, en caliente, con un barniz compuesto de 1 parte de barniz corriente, 4 de cúrcuma y 1 de gutagamba.

4 Verdete 120 gr., sal común 120 gr., vinagre de vino 4 litros, sal amoniac 60 gr., alumbre 30 gr., bayas de Francia 480 gr. Se hace hervir la mezcla de todos estos ingredientes.

5 Se disuelven 60 gr. de nitrato de hierro y 60 gr. de hiposulfito sódico en $\frac{1}{2}$ litro de agua; se sumerge el objeto de latón en este baño hasta que adquiera el tono deseado, (ya que puede tomar casi todos los comprendidos entre el pardo y el rojo), se lava bien con agua, se seca y se pule. Mezclando 1 parte de percloruro de hierro con 2 partes de agua y sumergiendo el latón en este líquido, resulta un color **verde oliva** claro u oscuro, según lo que dure el tiempo de inmersión. Si se satura ácido nítrico con cobre, se echa el objeto de latón en el líquido resultante y se calienta después, toma un color verde oscuro; bien limpio puede dársele una capa de barniz de oro pálido, o bruñirse con aceite.

6 Alternando las aplicaciones de ácido acético diluido y la exposición a los vapores amoniacaes y repitiendo varias veces el tratamiento, adquiere el latón un color verde muy semejante al de los broncees antiguos.

7 Basta tener algún tiempo el latón en una solución concentrada e hirviente de nitrato de cobre.

8 Se disuelven 50 partes de sosa cáustica y 40 partes de lactosa en 1000 partes de agua y se hierve la solución durante un cuarto de hora; al cabo de este tiempo, la solución presenta color amarillo oscuro: se le agregan entonces, ya fuera del fuego, 40 partes de solución concentrada y fría de sulfato de cobre. Así se forma un precipitado rojo que cae al fondo a 75° C. Se introduce en el líquido una especie de jaula de madera, con los objetos de latón bruñido en su interior, viéndose que a los dos minutos toman éstos un bonito color de oro; si se quieren dejar con este color se sacan, se lavan y se secan con aserrín. Si se prolonga el baño toman bien pronto un color verde, que en poco tiempo pasa a amarillo y a verde azulado y por último se hace iridiscente. Estos colores deben presentarse lentamente y a temperatura comprendida entre 56 y 57° C.

9 Ácido clorhídrico 2 partes, ácido nítrico 3 partes; se agrega paladio o titanio. Se disuelve el metal y se agregan 8 litros de agua por cada litro de solución.

Pátina verde natural al aire libre:

Antes se obtenía este color exponiendo el metal al aire libre durante mucho tiempo. El color verde propio de la pátina natural se imita muy bien con una de las fórmulas siguientes:

1 Se tritura carbonato de cobre con barniz de sandárica. Así resulta la imitación más barata, (aunque también la peor) y sirve para pintar los objetos pequeños de hierro fundido que en muchos sitios se venden como recuerdos históricos.

2 Cobre: 30 gr., ácido nítrico concentrado: 60 gr., ácido acético al 6 por 100: 600 gr., cloruro amónico: 11 gr., amoníaco diluido: 20 gr. Se disuelve el cobre en el ácido nítrico y se agregan a la solución los demás ingredientes, dejando el líquido en reposo varios días antes de usarlo. Los objetos se introducen un instante en esta solución, o se aplica ésta sobre los mismos con una brocha; se dejan secar y por último se cubren con una capa muy fina de aceite de linaza.

Violeta:

1 Hiposulfito sódico: 580 gr., agua: 4 litros. En otros 4 litros de agua se disuelven 180 gr. de acetato de plomo cristalizado. Se mezclan las dos soluciones y se calienta la mezcla a 75-80° C. Se limpian muy bien los objetos y se tienen en la solución hasta que toman el color deseado.

2 Se introduce un instante el latón en una solución de cloruro de antimonio y se frota después con una varilla forrada de algodón. Durante esta operación debe calentarse el metal hasta una temperatura soportable por las manos.

3 Para botones, se calientan estos bien limpios y brillantes a 60° C y se mojan con un algodón empapado en una solución de cloruro de antimonio.

4 El color **violeta** se obtiene sumergiendo los objetos, perfectamente limpios, en una solución de cloruro amónico.

Azul:

1 Se mezclan, por agitación, 100 partes de carbonato de cobre y 750 partes de amoníaco; este líquido debe conservarse en frascos tapados; cuando pierde su fuerza, se renueva agregándole un poco de amoníaco. Se limpian bien los objetos y se suspenden en este líquido, sin dejar de moverlos durante unos minutos, al cabo de los cuales se lavan con agua y se secan en aserrín de madera, resultando generalmente un color azul profundo.

Se aplican también fórmulas dadas para pavonar o dar color azul al cobre.

Azul de acero.

1 Para dar al latón un color azul de acero, se trata con una solución diluida e hirviente de cloruro de arsénico; si se quiere obtener un color azul se trata el latón con hiposulfito sódico concentrado. Otra fórmula para azular el latón es la siguiente: se disuelven 10 partes de cloruro de antimonio en 200 de agua y se agregan 30 partes de ácido clorhídrico puro; se deja sumergido el objeto hasta que esté bien azul y entonces se lava y se seca en aserrín.

2 Para que el latón tome un tinte azul de acero, se disuelven 100 partes de carbonato amónico en 750 partes de amoniaco, se diluye la solución con agua destilada. Después, se sumergen en el líquido resultante los objetos de que se trate, bien limpios, suspendiéndolos de un alambre de latón. Al cabo de 2 ó 3 minutos, se lavan bien con agua clara y se secan con aserrín.

3 Se disuelven 6 gr. de sulfuro de antimonio y 120 gr. de sosa calcinada en 3/4 de litro de agua a la que se agregan 11 gr. de quermés. Se filtra y mezcla esta solución con 100 gr. de tártaro, 22 gr. de hiposulfito sódico y 3/4 de litro de agua. Introduciendo latón bruñido en esta mezcla caliente, resulta con un hermoso color azul de acero.

4 El latón, echado en un recipiente de plomo con ácido clorhídrico y un poco de ácido arsénico, toma tintes variados pudiéndose sacar cuando tenga el tono azul deseado.

Pardos oscuros:

1 El color **chocolate** resulta de rociar el objeto con óxido férrico rojo, que se quema después, terminando con la pulimentación por medio de un poco de galena.

2 Se obtienen todos los tonos, dentro del **pardo**, sumergiendo el latón en soluciones de nitrato o cloruro férrico después de haber sido picado por ácido nítrico diluido, lavado con arena y agua y secado. La concentración de las soluciones da el tono más o menos oscuro del color resultante.

Gris:

Gris de acero. Sulfuro de antimonio: 1 parte, limaduras finas de hierro: 1 parte, ácido clorhídrico: 3 partes, agua de 3 a 4 partes.

Gris azulado. Se emplea una solución de cloruro de platino, que deja una capa muy fina de platino sobre el metal que después se broncea. De este modo, resulta un color gris cuyo tono depende del metal; si éste está bruñido, toma un tinte gris azulado que varía con la duración de la acción química y la concentración y la temperatura del baño.

Se prepara una solución de 1 parte de cloruro de platino en 5000 partes de agua y otra más concentrada que se mantiene a 40° C.

Se unen los objetos a un alambre de cobre y se sumergen durante unos segundos en una solución caliente de 30 partes de tártaro en 5000 partes de agua; al sacarlos de este baño se lavan dos o tres veces con agua clara ordinaria y por último con agua destilada y se echan en la primera solución de cloruro de platino, removiéndolos de vez en cuando. En cuanto se nota un cambio de color fijo, se pasan los objetos a la solución concentrada de cloruro de platino, donde se mueven y se tienen hasta que toman el color deseado. Después se lavan dos o tres veces con agua y se secan con aserrín.

Gris de plata vieja. El aspecto de plata vieja se da del modo siguiente: se platan primero los objetos en cuestión y a continuación se pintan con una pasta fluida hecha de 5 partes de grafito, 1 de hematites pulverizada y trementina; para aplicar esta pasta se emplea una brocha blanda; después de bien seca esta capa, se pasa un cepillo para quitar el polvo. La plata oxidada se obtiene sumergiendo el objeto ya plateado, en una solución caliente de hígado de azufre: 5 partes, carbonato amónico: 10 partes y agua: 10000 partes. Para esta oxidación, únicamente se prestan bien los objetos plateados a fondo, porque esta solución haría desaparecer el plateado si consistiera en una capa tenue. Todo tinte no satisfactorio puede quitarse con una solución de cianuro potásico. Es conveniente dejar los objetos en una solución de sulfuro amónico diluido con agua, en la cual adquieren un tono que varía del azul al negro pálido.

Gris verdoso. Se sumerge varias veces el latón en una solución muy diluida de cloruro cúprico, resultando un color gris verdoso.

Al gris desde el amarillo: 1 Se prepara un baño compuesto de 400 partes de agua, 20 partes de sulfato ferroso amoniacal, 40 partes de hiposulfito sódico, 30 partes de sulfito cúprico y 10 partes de crémor tártaro. Teniendo el objeto de latón en este baño más o menos tiempo, se obtienen los siguientes colores: amarillo, anaranjado, rosado, azul y finalmente gris, cuando se prolonga más el baño.

2 Basta bañar el objeto en una solución de 30 gr. de cloruro de arsénico en 1/2 litro de agua.

Ennegrecido del latón:

Se hace que la superficie del latón se ennegrezca u oxide, empleando una solución de carbonato de cobre en amoníaco. Se sumerge el objeto en esta solución hasta que adquiere el tono deseado. El carbonato de cobre es mejor emplearlo en estado plástico ya que es así como más fácilmente se disuelve. El carbonato plástico de cobre puede mezclarse del modo siguiente: se hace una solución de vitriolo azul (sulfato de cobre) en agua caliente y se le agrega una

solución concentrada de sosa corriente (de lavar), hasta que deje de formarse precipitado. Se deja que éste se sedimente y se decanta el líquido limpio; se agrega entonces agua caliente, se agita la mezcla bien y se deja sedimentar otra vez. Esta operación se repite seis u ocho veces para eliminar las impurezas. Después de quitar el agua la última vez, cuando sólo queda una emulsión de carbonato plástico de cobre en una pequeña cantidad de agua, se agrega el amoníaco hasta disolver dicha emulsión, resultando un líquido de color azul pálido. Si resulta la solución demasiado concentrada, puede rebajarse con agua, pero es preferible que sea fuerte y no de poca concentración. Si se quiere hacer la solución partiendo del carbonato plástico de cobre que se encuentra en el comercio, se disuelve 1/2 Kg. del carbonato plástico de cobre en 9 litros de amoníaco concentrado.

El latón que se quiere ennegrecer se hierve primeramente en una solución concentrada de potasa, para eliminar la grasa y el aceite y después se lava bien y se sumerge en la solución de cobre, previamente calentada de 65 a 80° C. Esta solución, si se calienta demasiado, pierde todo el amoníaco. El latón se deja en la solución hasta obtener el tono deseado, que es uniforme, negro y muy persistente. Después se lava el latón muy bien y se seca con aserrín. Puede obtenerse una gran variedad de efectos, puliendo primero el latón, antes de ennegrecerlo, ya que el proceso de la oxidación no perjudica en nada la estructura del metal. Se consigue un bonito acabado haciendo primero mate la superficie del latón, ya sea empleando una brocha, un cepillo de cardar, o de otra forma semejante; de este modo el efecto producido por la solución de cobre es de los más hermosos, por dar lugar a un negro mate precioso en la superficie oxidada. También se obtienen efectos muy variados coloreando todo el objeto y raspando después las partes que se quiera.

Los mejores resultados en el uso de esta solución se obtienen empleando los llamados metales rojos, es decir, aquellos en que predomina el cobre. La razón es bien sencilla, ya que las láminas corrientes de latón están compuestas de unas 2 partes de cobre por 1 de zinc, oponiéndose algo la gran cantidad de este último, a la formación de una superficie bien negra. El latón amarillo se pone negro con la solución ya dicha, pero es mejor emplear un metal con tinte rojizo, señal de una gran cantidad de cobre en su composición. Las variedades de latón conocidas con los nombres de dorado y bronce se prestan bien a este objeto. El cobre también da muy buenos resultados. Cuando hay interés en obtenerlos con el latón amarillo, se cubre éste, por electrólisis, con una ligera capa de cobre antes de proceder a la oxidación, dando lugar así a un negro intenso de gran efecto. Pero en los objetos ordinarios de latón amarillo, es muy raro hacer esta preparación, sino que se suele proceder a la oxidación directamente.

También puede obtenerse un hermoso tono negro en los objetos de latón del modo siguiente: se disuelven en 1000 partes de amoníaco, 47 partes de malaquita y se sumerge en esta solución el objeto que se trate de ennegrecer,

debiendo limpiarlo previamente con todo esmero. Después de dejarlo sumergido un corto espacio de tiempo, se calienta poco a poco la solución y se observa el objeto de vez en cuando para ver si el color es lo bastante intenso. A continuación se lava y se seca.

Otro procedimiento para ennegrecer el latón consiste en sumergirlo en la siguiente mezcla, calentándolo después sobre un mechero de Bunsen o una lamparilla de alcohol. Se agrega una solución saturada de carbonato amónico a otra solución saturada de sulfato de cobre, hasta que el precipitado que se forma al principio se disuelva casi por completo. La inmersión y el caldeo se repiten hasta que el latón se ponga oscuro y entonces se limpia bien con una brocha o cepillo y se moja con barniz mate.

Negro:

1 Nitrato de cobre: 50 partes, agua: 100 partes. Si el objeto de latón es demasiado grande para sumergirlo en la solución, se calienta y se le aplica ésta con una brocha, siguiendo el caldeo hasta secar bien la superficie. Después se frota con una muñequilla y se pinta o se sumerge en la solución siguiente: sulfuro potásico: 10 partes, agua: 100 partes, ácido clorhídrico: 5 partes. Es mucho mejor sumergir el objeto en el líquido. Después de escurrirlo para quitarle el exceso, se calienta sobre plancha de cobre puesta al fuego, hasta que se seque. Resultados más uniformes se han obtenido empleando una solución tres veces más diluida, es decir, tomando 50 partes de nitrato de cobre para 300 partes de agua. El calentamiento no debe prolongarse más de lo necesario para convertir toda la sal verde que se forma al secarse el líquido sobre el objeto en óxido negro de cobre. De este modo se obtiene una película bien negra sobre el latón sin recurrir a un segundo baño en sulfuro potásico, aunque éste es conveniente como fijador.

2 Con una solución de nitrocloruro de platino se ennegrece con gran rapidez el latón.

3 Muy rápidamente también se ennegrece el latón con una solución de 60 gr. de sublimado corrosivo en 1 litro de vinagre. Se extiende esta solución con pincel o brocha sobre el latón, se deja sobre éste hasta que se ennegrezca, se enjuaga después y se limpia el metal pintándolo finalmente con plomagina.

4 Se mezclan dos soluciones concentradas de nitrato de cobre y de nitrato de plata y se sumerge el objeto en la mezcla; después de sacarlo de ésta se calienta por igual hasta obtener un negro bien intenso.

5 En 1 litro de vinagre fuerte se disuelven 60 gr. de sal amoníaco, 30 gr. de alumbre y 15 gr. de arsénico y se introduce el latón en el líquido.

6 Se sumerge el objeto bien limpio en ácido nítrico, se lava bien con agua clara y se echa en la mezcla siguiente hasta que se ponga negro: ácido clorhídrico: 6 Kg., sulfato de hierro: 1/2 Kg., anhídrido arsenioso puro: 1/2 Kg. Se lava después con agua limpia, se seca en aserrín, se unta con grafito para pulimentarlo y se barniza con laca verde, resultando el latón bronceado en negro.

Negro brillante. 1 Se mezclan partes iguales de sulfato de cobre y carbonato sódico, en caliente; se lava el precipitado que quede en el papel de filtro y se disuelve inmediatamente en un exceso de amoníaco. Se diluye esta solución con agua (al 25 %) y se agrega un poco de plumbagina (de 2 a 4 gr., según la cantidad de solución empleada); se calienta a 38° C y se introducen en la solución los objetos de latón bien limpios, hasta que queden negros: se lavan después con agua y se secan con aserrín. Sólo se prepara la solución que haya de emplearse en seguida.

2 Se prepara un buen barniz negro para el latón, mezclando una pequeña cantidad de negro de humo con barniza de bronce, algo espeso.

3 Otro buen barniz es el que se obtiene fundiendo 3 Kg. de asfalto y agregándole después 1/2 Kg. de laca y 8 litros de aguarrás.

4 Para poner negro el latón, (como se emplea en casi todos los aparatos de óptica), se cubre con una capa obtenida disolviendo cloruro de oro o platino, mezclado con nitrato de estaño.

Graneado del latón:

Los adornos de latón de algunos relojes de pared presentan con frecuencia su superficie ligeramente graneada. Para conseguir este efecto se sujetan estas piezas con alfileres o clavitos de cabeza plana sobre discos de corcho y se cepillan o frotan con una pasta formada de agua y piedra pómez finamente pulverizada. A continuación se lavan muy bien y se sumergen en una solución de 10 litros de agua, 2 gr. de nitrato mercúrico y 4 gr. de ácido sulfúrico. Inmediatamente después de sumergidas las piezas en esta solución amalgamante, se cubren con una capa de mercurio, que se amalgama con el cobre, mientras que el zinc se disuelve en la solución. Después de lavadas nuevamente dichas piezas, se tratan con polvos de granear, que consisten en polvos de plata, tártaro y sal de cocina; estas sustancias deben ser puras, secas y finamente pulverizadas. La mezcla se hace a calor suave. Según que se quiera que el graneado resulte grueso o fino, se emplea más sal común o más tártaro en la mezcla anterior de polvos. Las proporciones ordinariamente empleadas son:

Polvo de plata 28 28 28

Tártaro 283 110-140 85

Sal común 900 370 90

Esta mezcla de polvos se humedece con agua y se aplica sobre el objeto. Se coloca éste, con su soporte de corcho, sobre un disco plano y se frota con la pasta mediante una brocha dura, sin dejar de dar vueltas al disco. Poco a poco se van agregando porciones nuevas de polvo de granear hasta que éste resulta del modo apetecido. Se necesita tanto más polvo, cuanto más se giran el disco y la brocha. Una vez alcanzado el grado de granulación deseado, se lavan las piezas con agua y se frotran con una brocha o cepillo de cardar, empleando un cocimiento de saponaria. Las brochas o cepillos deben moverse circularmente al frotar con la piedra pómez, así como al restregar los polvos de granear y al refregar la brocha de cardar. Los polvos de plata necesarios para estas operaciones se obtienen precipitando una solución diluida de nitrato de plata con algunas tiras o recortes de cobre en lámina; el polvo así precipitado se lava con agua en un filtro de papel y se seca a calor suave.

Dorado del latón:

1 Se pulverizan en un mortero 3 gr. de sulfato de cobre, 6 gr. de sal amoníaco y 6 gr. de nitro; se agregan después 6,8 gr. de cardenillo y se mezcla todo muy bien; a esta mezcla se agregan unos 30 gr. de ácido acético, poco a poco y se remueve bien la masa resultante, que debe tener color verde azulado. En esta masa se introduce el objeto que se trata de colorear en oro y después se coloca sobre una plancha limpia de cobre que se pone al fuego hasta que la mezcla se vuelva negra; se deja enfriar y se sumerge en ácido sulfúrico, que disuelve enseguida las sales coloreadas, quedando el objeto con un hermoso color de oro. Se lava bien en agua caliente, a la que se habrá agregado de antemano un poco de carbonato potásico y a continuación se cepilla con agua caliente y jabón y se enjuaga en agua clara caliente.

2 Se pulveriza muy bien una pequeña cantidad de sal amoníaco y se hace una pasta con agua, con la que se frota el objeto, calentándolo sobre fuego de carbón; después se seca con salvado y albayalde.

3 Se lava el latón con alumbre disuelto en lejía concentrada e hirviendo, en la proporción de 60 gr. de alumbre por 1 litro de lejía y una vez seco se frota con Trípoli fino. Tanto con esta fórmula como con la anterior, toma el latón la apariencia y brillo del oro.

4 Barniz para conservar brillante el latón. Alcohol: 16 litros, cúrcuma: 1,5 Kg., goma gota: 90 gr., sandárica: 3,5 Kg., laca: 3/4 de Kg., barniz de trementina: 1/2 litro.

5 Líquido para dar al latón aspecto de oro. Para que el latón tome apariencia de oro se hace que actúe sobre el mismo durante unas cuantas horas una mezcla de 6 partes de ácido nítrico químicamente puro y 1 parte de ácido sulfúrico (baño brillante); después se lava bien con una solución caliente de 20 partes de tártaro en 50 partes de agua y se seca bien frotándolo con aserrín muy seco. Después de esto, se da al objeto de que se trate una mano del barniz apropiado.

Plateado del latón:

1 Se hace una mezcla de 1 parte de cloruro de plata, 3 partes de potasa purificada, 1 parte de albayalde y 1,5 partes de sal común, o simplemente 1 parte de cloruro de plata y 10 partes de crémor tártaro y se frota el latón con un trozo de corcho mojado, bien lleno de estos polvos. El cloruro de plata es el precipitado blanco que se forma al echar una solución de sal común en otra de nitrato de plata.

2 Crémor tártaro: 23 partes, tártaro emético: 2 partes; se disuelve esta mezcla en 500 partes de agua caliente y se agregan 25 partes de ácido clorhídrico, 62,5 partes de estaño en polvo o granulado y 15 partes de antimonio pulverizado. Se calienta hasta ebullición y se sumergen en este baño los objetos que se trata de platear, teniéndolos en el mismo, siempre hirviendo, durante media hora, al cabo de la cual queda el latón recubierto de una capa muy duradera, blanco Argentina.

3 Sumergiendo el latón en un baño hirviente compuesto de 50 a 60 partes de bismuto y ácido nítrico diluido con 1000 partes de agua, que contenga 37 partes de ácido tartárico, queda aquél recubierto de una capa de bismuto que parece plata.

Bronceado del latón:

1 Se sumergen los objetos, bien limpios de suciedad y grasa en una solución fría de 10 partes de permanganato potásico, 50 partes de sulfato de hierro y 5 partes de ácido clorhídrico en 1000 partes de agua. Se deja el objeto en esta solución durante 30 segundos, al cabo de los cuales se saca, se lava y se seca en aserrín muy fino. Si los objetos resultan demasiado oscuros o si se quiere obtener un color **pardo rojizo**, se sumergen durante un minuto aproximadamente en una solución caliente (a 60 ° C) de ácido crómico 10 partes, ácido clorhídrico 10 partes, permanganato potásico 10 partes, sulfato de hierro 50 partes y agua 1000 partes. Se termina como antes. Si esta última solución se emplea sola, el objeto resulta de **color amarillo oscuro más brillante o pardo rojizo**. Calentando los objetos en un horno o estufa de desecación mejora el tono de los colores obtenidos por este procedimiento.

2 En 1000 partes de agua destilada o de lluvia se disuelven 5 partes de cardenillo (acetato de cobre) y otras 5 de cloruro amoniaco. Se deja en reposo esta solución durante cuatro horas y después se le agregan 1500 partes de agua. Se separan las aplicaciones de latón de los objetos a que se hallan unidos y se deja su superficie perfectamente limpia, brillante y sin el menor residuo de grasa. Se colocan entonces sobre fuego de carbón y se calientan aproximadamente lo mismo que una plancha para ropa; entonces se aplica la solución con una brocha o se extiende bien con un trapo. Si con una aplicación no queda el latón lo suficientemente **bronceado**, se repite el caldeo y se vuelve a aplicar la solución hasta obtener un tono persistente y **bastante oscuro**. Para placas, tiradores de puertas y en general para artículos de ornamentación, éste es uno de los procedimientos de mejores resultados y de más fácil aplicación.

3 Se puede obtener un bonito bronceado en los artículos de latón fundido, sumergiendo éstos, después de perfectamente limpios y secos, en una solución caliente de 15 partes de hidrato sódico y 5 de carbonato de cobre en 100 partes de agua. El metal se pone **primero pardo amarillento, después bronce claro y finalmente bronce oscuro con un ligero tinte verdoso**; una vez que el latón ha adquirido el tono deseado se saca del baño, se lava y se seca.

4 Se pinta uniformemente la superficie, bien limpia y seca, con una solución diluida de sulfuro amónico. Cuando se seca esta capa se frota bien y se vuelve a dar una mano con una solución amoniacal diluida de sulfuro arsénico hasta alcanzar el tono o tinte deseado. Si el resultado no es del todo satisfactorio se repite esta mano, después de haber lavado bien el objeto con amoniaco. Prolongando la inmersión a la segunda solución, se forma una capa **gris verdosa**, de muy bonito aspecto y que adquiere brillo al frotarla con un paño.

5 Se disuelve sulfuro arsenioso recién precipitado, en amoniaco y se agrega sulfuro antimonioso hasta que se forme una coloración **amarillo oscura**: se calienta la solución a unos 35° C y se tienen los objetos en la misma hasta que tomen color **castaño oscuro**, dándoles el color final con el cepillo de alambre de acero.

6 Se emplea una solución de nitrato de plata o de bicloruro de platino. Después de bronceado el objeto se pinta con grafito. Los objetos deben calentarse antes de echarlos en la solución.

7 Se sumerge el objeto en una solución diluida de nitrato mercurioso; la capa de mercurio formada en la superficie del latón toma colores que varían **del bronce oscuro al claro**, lavándola varias veces con sulfuro de antimonio o de arsénico.

Bronce oscuro. Se lava el artículo de latón con una solución ácida de nitrato de plata y bismuto.

Bronce claro. Solución ácida de nitrato de plata y de cobre.

1 Se hierve una solución acuosa saturada de cloruro amónico, con granalla de zinc y el objeto de latón que se trata de broncear. Puede agregarse un poco de cloruro de zinc para facilitar la operación, que se termina sumergiendo el objeto en la siguiente solución: agua: 2000 partes, vinagre: 100 partes, sal amoníaco: 475 partes, cardenillo en polvo: 500 partes.

2 Chispas de fragua: 1/2 Kg., ácido clorhídrico: 1/2 Kg., arsénico: 30 gr., zinc (sólido): 30 gr. Se tiene el zinc en la solución solamente mientras se está empleando esta última.

3 En la tabla de la página 534 se dan varias fórmulas para broncear latón por simple inmersión. Al preparar la fórmula quinta, debe darse un hervor al líquido y dejarlo enfriar. La solución sexta es de efecto lento; casi todas las demás son de acción inmediata. Al usar la fórmula 12 no debe descender la temperatura del líquido a menos de 80° C.

Coloración y pátinas específicas para el latón bruñido:

1 Se sumergen los objetos de latón en soluciones hirvientes, computas de distintas sales, dependiendo la intensidad del tono obtenido, del tiempo que dure la inmersión. Con la siguiente solución resulta un tono **verdoso**: sulfato de cobre 7,5 gr., cloruro amónico 2 gr., agua 1 litro.

2 Con la siguiente solución se obtienen todos los tonos comprendidos entre el **anaranjado** y el **canela**: clorato potásico, 9 gramos, sulfato de cobre 9 gr., agua 1 litro. La solución siguiente da al latón un tinte **rosado** primero y después un color **violeta y azul**: sulfato de cobre 26,5 gr., hiposulfito sódico 18 gr., crémor tártaro 9 gr., agua ½ litro.

3 Agregando a esta solución una mezcla de sulfato amoniacal de hierro 18 gr., hiposulfito sódico 18 gr., se obtienen, según lo que dale la inmersión, tonos **amarillos, naranja, rosados y azulados**. Por ebullición el tinte azul da lugar **al amarillo** y finalmente a un **gris** precioso. La plata, tratada del mismo modo, toma también muy bonitos colores.

4 Después de una ebullición prolongada en la siguiente solución, se puede conseguir un tono **amarillo oscuro** y después **rojo vivo**: clorato potásico 5 gr., carbonato de níquel 2 gr., sal de níquel 5 gr., agua ½ litro.

5 La solución siguiente da un bonito color **pardo oscuro**: clorato potásico 5 gr., sal de níquel 10 gr., agua 325 cm³.

6 La siguiente da en primer lugar un tinte **rojo**, que pasa a **azul**, después a **violeta pálido** y finalmente a **blanco**: oropimente 5 gr., sal sosa cristalizada 10 gr., agua 325 centímetros cúbicos.

7 Con la siguiente resulta un tono **amarillo oscuro**: sal de níquel 5 gr., sulfato de cobre 5 gr., clorato potásico 5 gr., agua 325 cm³.

8 Mezclando las dos soluciones siguientes se separa el azufre y el latón resulta cubierto con cristales **iridiscentes**:

Crémor tártaro 5 gr., sulfato de cobre 5 gr., agua 325 cm³.

Hiposulfito sódico 14 gr., agua 200 centímetros cúbicos.

9 Dejando sumergidos los objetos de latón en la siguiente mezcla, contenida en vasijas tapadas, adquieren a la larga un bonito color **azul**: flor de azufre 1 gr., amoníaco 5 gr., agua 125 cm³.

Coloración y pátinas específicas para el latón sin bruñir:

Se obtiene un color **amarillo** de muy bonito efecto, sobre el latón no pulimentado, empleando una solución de cloruro de antimonio, que se obtiene hirviendo antimonio gris bien pulverizado con ácido clorhídrico. De este modo resulta una solución de antimonio, con desprendimiento de gas sulfhídrico; esta solución no debe diluirse con agua, pues de hacerlo así, se forma en el acto un precipitado blanco de oxiclорuro de antimonio. Para verificar dicha dilución, se emplea una solución completamente saturada de sal común, en la proporción de 1 parte de cloruro de antimonio por 2 partes de esta solución.

Colorantes líquidos:

1 Sosa cáustica 33 partes, agua 24 partes, carbonato de cobre hidratado 5 ½ partes. Se disuelven las sales en el agua y se sumerge el metal en la solución resultante. La intensidad del color obtenido es proporcional al tiempo que dura esta inmersión. Después de sacado el objeto de esta solución, se lava con agua y se seca con aserrín.

2 Se mezclan bien, por agitación, 10 partes en peso de hollín brillante, 10 partes de tártaro rojo y 10 partes de sal de cocina, con 250 partes de ácido sulfúrico, o también: se mezclan 7 partes de ácido nítrico con 10 partes de ácido sulfúrico. La proporción de ácido depende de la clase de aleación y lo mejor es determinarla por ensayos experimentales. Mientras mejor es la aleación y menor es el tanto por ciento de zinc o plomo, más bonita resulta la coloración del latón; por ejemplo, el bronce auténtico toma un tono dorado precioso. Para dar al latón el aspecto de un buen **dorado**, se cubre de ordinario con barniz de oro, que se aplica diluido con una brocha o esponja, e inmediatamente después se calienta el metal en una estufa de carbón. (Barbieri, 1951; Hiscox y Hopkins, 1994).

4.1.2. Recetario de Pátinas y Coloración, del libro “Pátinas for Silicon Bronze”, de Patrick V. Kipper. (Kipper, 1995).

101 Negro antiguo. (Figura 4.1).

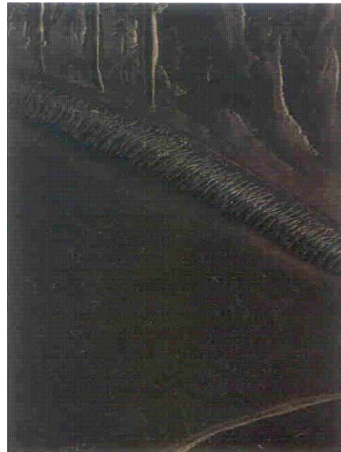


Figura 4.1. Reproducción de pátina, estilo negro antiguo a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional. **Técnica:** Spray

Efecto: Negro opaco sólido, marrón negruzco, negro grisáceo.

Mezclas químicas: Diluir mezcla de hígado de Sulfuro y mezcla de Nitrato Ferroso medio

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena.

Aplicación: Rociar con el spray de mezcla de solución de sulfuro de abajo a arriba, hasta que se obtenga un gris oscuro. Enjuagar o aclarar con agua. Calentar la superficie despacio, retirando toda la humedad de ella. Continuar calentando hasta que se aprecie cambio de color. Frotar la superficie para remover el exceso de residuos de sulfuro, obteniendo un gris plateado oscuro. Utilizar un estropajo de acero '0' para las partes sin textura y un pincel/ brocha rígido/a, de cerda natural para las áreas con textura. Recalentar y rociar con el spray la superficie con una solución de nitrato de hierro hasta que se forme una capa oscura. Encerar con la cera caliente marca Johnson, o dejar al fresco y sellar con laca, seguido de dos capas del producto Trewax. Dejar secar y abrillantar después de cada capa.

Variaciones: 101a, 101b

101a) El Birchwood Casey M20 puede ser rociado sobre la superficie con una solución de 50% M20 y 50% agua como sustituto del sulfuro. Calentar y seguir de igual manera con la receta. Utilizar nitrato de cobre o una solución de nitrato ferroso (de hierro) para rociar una capa a la base. Encerar o sellar al gusto.

101b) Para obtener un negro-negro, sustituir los rociados de spray de nitrato con una mezcla de nitrato ferroso medio y una cucharilla de óxido de hierro negro. Aplicar sobre la superficie recalentada hasta que la pieza tome un color negro sólido. Utilizar brochas secas y realizar un barrido hacia adelante y hacia atrás sobre la superficie para remover el exceso de óxido negro. Sellar en caliente con cera, o dejar al fresco y sellar con laca, seguido de dos capas del producto Trewax. Dejar secar y abrillantar después de cada capa.

Observaciones: Excelente para la exposición al aire libre. Es bastante duradero, aunque el color llega a aclararse y a espolvorearse con el tiempo.

102 Dorado transparente antiguo. (Figura 4.2).

Figura 4.2. Reproducción de pátina, estilo dorado transparente antiguo a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional. **Técnica:** Pincel/ Brocha

Efecto: Profundidad, transparente, marrón dorado abigarrado.

Mezclas químicas: Mezcla de Nitrato Ferroso medio o mezcla de Nitrato Ferroso casero medio

Preparación de la superficie: Arena a 220 acabada y/o mano de arena con estropajo Scotch-Brite número 96. Arañar con un estropajo de acero y después aplicar piedra pómez a la superficie, soplando para limpiarla.

Aplicación: Calentar la superficie hasta que aparezca un ligero color ámbar o amarillento. Aplicar el Nitrato Ferroso sobre la superficie según se va calentando. Trabajar la capa hasta dejarla lisa. Encerar caliente, o dejar al fresco y sellar con laca, seguido de dos capas del producto Trewax. Dejar secar y abrillantar después de cada capa.

Variaciones: 102a

102a) Una mezcla de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de medida de cucharilla de Potasio dicromado añadida a una taza de agua puede ser utilizada como sustituta de las mezclas de nitrato. El efecto puede resultar un poco anaranjado.

Observaciones: Esta patina resulta duradera en exteriores si se aplica encerado o sellado con laca. Tiende a oscurecerse ligeramente con el transcurso del tiempo.

Gris antiguo. (Figura 4.3).

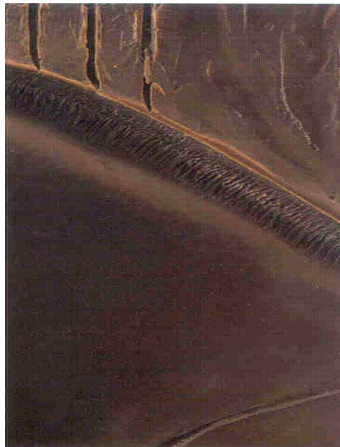


Figura 4.3. Reproducción de pátina, estilo gris antiguo a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional. **Técnica:** Spray

Efecto: Base grisácea con destellos de bronce.

Mezclas químicas: Mezcla diluida de Sulfuro, **Preparación de la superficie:** Rayar o preparar con arena.

Aplicación: Rociar con el spray de mezcla de solución de sulfuro sobre el objeto o pieza completa, obteniendo una capa lisa color gris oscuro. Calentar el bronce hasta que toda la humedad se retire de la superficie. Frotar la superficie con un estropajo de acero medio de número 1 o piedra pómez hasta que los residuos sean removidos de los puntos más elevados o el metal comience a verse dentro de la capa de sulfuro. Recalentar hasta que el bronce al descubierto adquiera un tono amarillento. Encerar caliente, o dejar al fresco y sellar con laca, seguido de dos capas del producto Trewax. Dejar secar y abrillantar después de cada capa.

Variaciones: 103a) El Birchwood Casey M20 puede ser utilizado como sustituto del sulfuro. Abrillantar con la superficie caliente. Seguir de igual manera con la receta.

Observaciones: Esta patina resulta muy duradera en exteriores y posiblemente sea la más fácil de aplicar y de mantener.

104 Verde antiguo. (Figura 4.4).

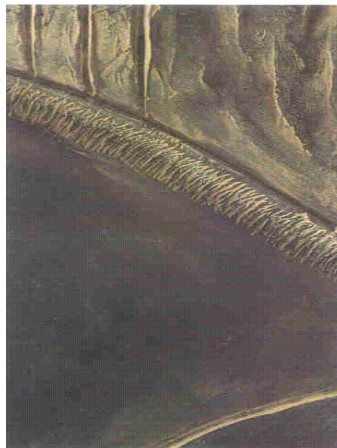


Figura 4.4. Reproducción de pátina, estilo verde antiguo a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional. **Técnica:** Spray / Brocha o pincel

Efecto: Polvo verde grisáceo o verde opaco sobre gris.

Mezclas químicas: Birchwood Casey M20 mezclado 50/50, mezcla fuerte de Nitrato de Cobre más unos pocos cristales de Nitrato Ferroso o unas pocas gotas de Nitrato Ferroso casero, agua limpia y brocha o pincel de punta redonda (1/4 de cucharilla con Óxido de Titanio puede ser añadida al agua opcionalmente).

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena.

Aplicación: Rociar con el spray la mezcla de solución M20 sobre el objeto o pieza completa, hasta que el bronce comience a tomar un tono marrón negruzco. Aclarar. Calentar el bronce hasta que toda la humedad se retire de la superficie. Seguir calentando hasta que el color cambie ligeramente. Frotar suavemente los residuos de la superficie utilizando un estropajo de acero medio de número '0' o una brocha o pincel rígido de cerda natural. Al hacer esto se debe conseguir un color gris-acero suave. Recalentar, y, empleando una brocha de aire, rociar una ligera capa de mezcla Nitrato de Cobre- Nitrato Ferroso hasta que aparezcan las primeras evidencias de color verde. Mantener calentando y rociando hasta que una capa lisa de Nitrato de Cobre se haga visible. Mojar el cepillo de punta redonda en agua y limpiar la superficie o apagar la pieza debajo de un grifo de agua corriente por un segundo. La coloración verdosa tenderá a brillantarse. Recalentar y usando una brocha limpia y agua, fregar la pieza hasta que aparezcan áreas claras y tizosas. 1/2 de cucharilla de Óxido de Titanio puede ser añadida para acelerar el efecto tiza. Mientras la pieza se encuentre aún caliente, cepillar suavemente la superficie con un estropajo de acero medio de número '0' o emplee piedra pómez con el objeto de liberar el Nitrato de Cobre de la base de la superficie. Airear para refrescar y rociar laca, seguido de dos capas de Trewax dejando secar y brillantar después de cada capa.

Variaciones: 104a

104a) Utilizar Sulfuro en vez de la mezcla de Birchwood Casey M20 para la base. Calentar y, usando ½ cucharilla de Óxido de Titanio y 1 cucharilla de Óxido de Cromo para 8 onzas de agua, lavar la superficie de la pieza. Recalentar y limpiar con una brocha, hacia adelante y hacia atrás, hasta que una ligera capa verdosa aparezca en áreas huecas y otra gris en los salientes. Después, seguir desde el paso 8.

Observaciones: Esta patina es muy duradera. Funciona muy bien en fuentes. Deben vigilarse las señales del Óxido de Cobre con el transcurso del tiempo.

106 Azul Griego. (Figura 4.5).



Figura 4.5. Reproducción de pátina, estilo azul griego a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional. **Técnica:** Brocha (plana o redonda)

Efecto: Opaco ligeramente azulado sobre negro.

Mezclas químicas: Mezcla de Birchwood Casey 50/50TM, mezcla fuerte de Nitrato de Cobre.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena.

Aplicación: Rociar con el spray de mezcla de Birchwood toda la pieza hasta que se obtenga un marrón negruzco. Abrillantar. Calentar la superficie hasta que desaparezca toda la humedad de ella y hasta que se aprecie cambio de color. Frotar la superficie con un estropajo de acero '0' o utilizar una brocha o pincel de cerdas naturales para remover los residuos marrones. Recalentar la superficie. Mojar la brocha con la mezcla fuerte de Nitrato de Cobre sacudiendo el exceso de mezcla. Cubrir cuidadosamente con una capa sobre la base negra, calentando a la vez y con cuidado de no chamuscar el cobre mientras se aplica hasta que obtener el efecto deseado. Apagar con agua corriente para ayudar a neutralizar el cobre. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 106a, 106b

106a) Para obtener un efecto verdoso, añadir unos pocos cristales de nitrato ferroso a la mezcla química, o dos o tres gotas de compuesto de hierro casero.

106b) Para obtener un efecto ocre, añadir $\frac{1}{4}$ de cucharilla de cristales de nitrato ferroso a la mezcla fuerte de nitrato de cobre, o añadir una o dos cucharadas de compuesto de hierro casero para obtener el mismo efecto.

Observaciones: Patina muy duradera, excepto en exteriores. Con el tiempo, se apreciará un ligero oscurecimiento. Deben vigilarse las señales del Óxido de Cobre con el transcurso del tiempo.

107 Turquesa Multicolor. (Figura 4.6).

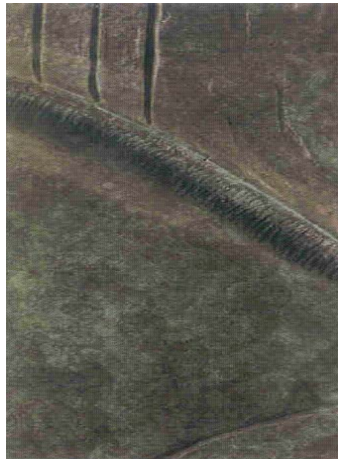


Figura 4.6 Reproducción de pátina, estilo turquesa multicolor a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional / Contemporáneo. **Técnica:** Brocha

Efecto: Negro opaco sobre una sólida base verde-azulada.

Mezclas químicas: Mezcla de Birchwood Casey 50/50TM, mezcla fuerte de Nitrato de Cobre. Mezcla débil de Nitrato Ferroso, óxido de Hierro negro sobre paleta seca.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena (opcional).

Aplicación: Rociar con el spray de mezcla de Birchwood toda la pieza hasta que se obtenga un marrón negruzco. Abrillantar. Calentar la superficie hasta que desaparezca toda la humedad de ella y hasta que se aprecie cambio de color. Después, frotar la superficie con un estropajo de acero '0' para remover los residuos marrones, obteniendo un gris acero. Recalentar el bronce hasta que esté caliente y entonces, aplicar la mezcla de nitrato de cobre sobre la superficie.

Mantenerse calentando y aplicando hasta conseguir una sólida capa de nitrato de cobre. Apagar con agua corriente. Recalentar de nuevo la superficie hasta que esté caliente. Se ha de tener cuidado de no chamuscar las capas de nitrato de cobre. Después de ello, embadurnar ligeramente la brocha o pincel con la mezcla de nitrato ferroso y aplicar sobre la paleta seca de óxido negro, dejando apenas unas ligeras trazas de residuos negros. Después aplicar sobre la superficie y cubrir mediante movimiento, de manera que quede una especie de venas sobre el cobre sólido. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 107a, 107b

107a) Para obtener una patina más negra con un ligero efecto verdiazul, añadir más óxido negro directamente a la brocha después de embadurnar la brocha de nitrato ferroso desde la paleta (no a la paleta). Después aplicar, dejando unas áreas opacas mucho más negras. Dejar al fresco y sellar como normalmente se realiza. 107b) Capear al aplicar la mezcla de nitrato de cobre para permitir salir la base de Birchwood Casey y después seguir como normalmente. Esto dará una sensación mucho mayor de profundidad a la patina.

Observaciones: 107b tiende a caracterizarse por una mayor profundidad que la 107, debido a sus capas. Esta patina resulta muy duradera en interiores y es un tanto inestable en el exterior. Si se expone al exterior, deben vigilarse las señales del Óxido de Cobre con el transcurso del tiempo.

110 Marrón Clásico. (Figura 4.7).

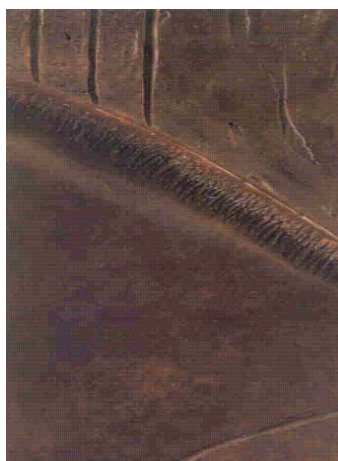


Figura 4.7. Reproducción de pátina, estilo marrón clásico a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional. **Técnica:** Brocha

Efecto: De un ligero ocre opaco con rayas negras a una piel oscura y con apariencia de envejecida.

Mezclas químicas: Mezcla de Birchwood Casey 50/50TM, mezcla fuerte de Nitrato de Cobre, mezcla media de nitrato de hierro o mezcla débil de nitrato de hierro casero, óxido de Hierro negro sobre paleta seca.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena (opcional).

Aplicación: Rociar la pieza entera con el spray de mezcla de Birchwood hasta que se obtenga un marrón negruzco. Esperar 30 segundos y abrillantar. Calentar la superficie hasta que desaparezca toda la humedad de ella y hasta que se aprecie cambio de color. Después, frotar la superficie con un estropajo de acero '0' para remover los residuos marrones. La base deberá tener un color gris acero. Recalentar el bronce hasta que esté caliente y entonces, aplicar la mezcla de nitrato de cobre sobre la superficie. Mantenerse calentando y aplicando hasta conseguir una capa de color azul verdoso. (Esta capa de nitrato de cobre podría ser rociada sobre la superficie si se requiriese un revestimiento aún mayor). Rápidamente, apagar con agua corriente para ayudar a neutralizar la capa de cobre. Recalentar de nuevo y aplicar una capa de mezcla media de nitrato ferroso o, para obtener un marrón más pronunciado, aplicar tres o cuatro capas de la de mezcla media de nitrato ferroso. (Si se utiliza la mezcla casera de nitrato ferroso, emplee una mezcla ligera para el ocre o una mezcla fuerte para marrón). No se requiere una capa uniforme en caso de querer obtener un poco de verde por aquí y otro por allá.

Embadurnar ligeramente la brocha o pincel con la mezcla de nitrato ferroso y aplicar sobre la paleta seca, lo justo como para recoger un mínimo de óxido negro. Después, aplicar ligeramente sobre la superficie hasta recubrir la pieza entera. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 110a, 110b

110a) Esta patina puede oscurecerse hasta obtener casi un negro sólido añadiendo más óxido negro a la brocha como en el paso 7.

110b) Tanto la capa de nitrato de cobre como la capa de nitrato ferroso puede aplicarse de manera moteada, dándole a los verdes y marrones superpuestos la capa de óxido negro.

Observaciones: Una patina antigua excelente. Durabilidad media si se expone en exteriores; tiende a aclararse ligeramente con el transcurso del tiempo. Para esta receta, se puede utilizar carbón en lugar de óxido negro.

114 Marrón Borgoña. (Figura 4.8).



Figura 4.8. Reproducción de pátina, estilo marrón Borgoña a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional. **Técnica:** Brocha / Spray

Efecto: Revestimiento base de Borgoña con huecos polvorientos azules.

Mezclas químicas: Mezcla fuerte de Nitrato de hierro más 3 cristales de sulfato de sodio o mezcla fuerte de nitrato de hierro casera más 3 cristales de sulfato de sodio, mezcla fuerte de nitrato de cobre en air brush.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar la superficie con arena con un acabado al menos de gravilla 220. Después, enarenar con las manos con un estropajo Scotch-Brite TM número 96.

Aplicación: Calentar la superficie hasta que aparezca una coloración amarillenta o ámbar. Después, embadurnar la brocha o pincel con la mezcla de nitrato de hierro y aplicar sobre la superficie hasta conseguir un borgoña oscuro. Calentar y aplicar, repitiendo el procedimiento hasta recubrir toda la pieza. Continuar calentando y, rápidamente, rociar la mezcla de fuerte de nitrato de cobre sobre la superficie. Rociar sobre la superficie hasta que una ligera coloración azul empiece a tapar el recubrimiento borgoña. Permitir enfriarse a la pieza. Mientras la superficie se está enfriando use un estropajo de acero fino y raye ligeramente la superficie, cuidadosamente, para eliminar el azul claro de los salientes de la superficie, dejando a la vista la capa borgoña. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 114a, 114b, 114c

114a) Una forma de sustituir el nitrato de cobre es utilizar un óxido limpio de óxido de titanio y pigmento seco azul añadido a una brocha o pincel mojado con agua. Después pasar un trapo sobre la superficie con el objetivo de rellenar con los pigmentos azul claro los huecos de la pieza, obteniendo la misma apariencia que cuando se usa nitrato de cobre.

114b) La mezcla de nitrato de cobre puede ser sustituida por amoníaco. Calentar y aplicar la mezcla fuerte de nitrato ferroso hasta que aparezca una capa borgoña. Permitir enfriarse la superficie. Después, rociar amoníaco ligeramente sobre la superficie, hasta que los primeros signos de azul claro comiencen a aparecer. Parar el rociado y dejar secar la superficie. Después, utilizando una prenda suave o un pincel muy fino, remover el azul claro de los salientes para descubrir la base de borgoña. No sellar con laca. En vez de ello, utilizar dos capas de Trewax TM, dejando secar después de cada aplicación.

114c) Añadir unos pocos cristales de nitrato ferroso o unas pocas gotas de nitrato ferroso casero a la mezcla de nitrato de cobre fuerte, con el objetivo de obtener una coloración más verdosa en las áreas huecas.

Observaciones: Una patina no muy duradera en exteriores. La capa de nitrato de cobre es muy inestable y tendente a cambiar de matiz y color. La variación 114b es mucho más estable pero tiende a aclararse y a azularse con el transcurso del tiempo. Para una mayor duración incluso en el exterior una mezcla de acrílico azul puede ser utilizada sobre la base borgoña y después limpiada con un trapo untado en xylene. Esto dará un color similar al cobre.

115 Oro italiano. (Figura 4.9).

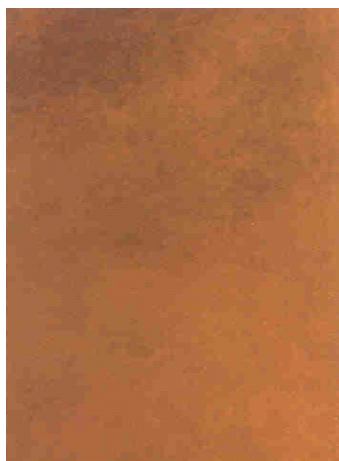


Figura 4.9. Reproducción de pátina, estilo oro italiano a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional / Contemporáneo. **Técnica:** Brocha

Efecto: Transparente, moteado, de dorado ligero a miel ámbar.

Mezclas químicas: Mezcla débil de nitrato de hierro o mezcla débil de nitrato de hierro casero

Preparación de la superficie: Rayar o preparar la superficie con arena con un acabado al menos de gravilla 220. Un acabado 320 hará que la patina tenga más profundidad. Limpiar la superficie con xylene y permitir secar. Después frotar con un estropajo Scotch Brite TM 96 seguido de un estropajo de acero medio número 1.

Aplicación: Calentar lentamente la superficie hasta que aparezca una coloración ámbar. Volver a la parte inferior de la pieza y comenzar a recalentar y a aplicar la mezcla débil de nitrato de hierro sobre la superficie, repitiendo el procedimiento hasta que se obtenga una ligera y dorada transparencia. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa. Esta patina puede también ser encerada con cera caliente, pero la patina tenderá a oscurecerse con el paso del tiempo.

Variaciones: 115a

115a) Añadir media cucharilla de cristales de potasio de cromo a ocho onzas de agua para sustituir la mezcla de nitrato de hierro. Aplicar con calor después del mismo procedimiento de la mezcla de nitrato de hierro hasta obtener la coloración ámbar.

Observaciones:

Esta patina es bastante estable pero se oscurece con la edad (cuanto más en el exterior). Sin embargo aplicando dos o tres capas de laca, se ralentizará este proceso.

116 Rojo Cherokee. (Figura 4.10).

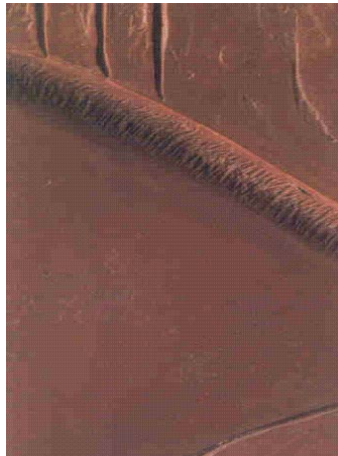


Figura 4.10. Reproducción de pátina, estilo rojo cherokee a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional / Contemporáneo. **Técnica:** Brocha

Efecto: Opaco, coloración rojo/marrón.

Mezclas químicas: Mezcla de nitrato ferroso medio más una cucharadita de óxido ferroso rojo o mezcla de nitrato ferroso casero fuerte más una cucharadita de óxido ferroso rojo.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena es recomendable pero no necesario.

Aplicación: Calentar la superficie hasta que aparezca una coloración ligeramente amarillenta. Cubrir la superficie con la mezcla de nitrato ferroso tratado con óxido, calentando y aplicando hasta que la superficie tenga una coloración de tonos rojizos y marrones. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 116a

116a) Esta patina puede encerarse en caliente con la cera Johnson's Paste Wax TM, para obtener un color más oscuro.

Observaciones: Esta patina es muy duradera tanto en exterior como en interior. Es una elección excelente para pequeñas superficies.

118 Verde Manzana. (Figura 4.11).



Figura 4.11. Reproducción de pátina, estilo verde manzana a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional / Contemporáneo. **Técnica:** Spray

Efecto: Verde manzana opaco

Mezclas químicas: Mezcla de nitrato de cobre fuerte, mezcla de nitrato ferroso medio.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena.

Aplicación: Calentar la superficie despacio hasta que aparezca una coloración ligeramente ámbar. Regresar a la parte de atrás o lateral de la pieza y continuar calentando. Comenzar a aplicar la mezcla de nitrato ferroso, calentando y aplicando a la vez hasta que la superficie esté cubierta por completo. Después, utilizando la misma brocha remover los grumos que se hayan formado en los salientes, moviendo lentamente la brocha de arriba a abajo hasta que aparezca la coloración rosa asalmonada.

Variaciones: 118a

118a) Para obtener un verde más oscuro utilizar una base de Birchwood Casey TM revistiéndola bajo una capa de nitrato de cobre.

Observaciones: Esta patina no es muy estable para su exposición en exteriores pero funciona muy bien en interiores. Esta patina es mucho más estable que la base de revestimiento Birchwood Casey TM.

119 Verde Marrón. (Figura 4.12).



Figura 4.12. Reproducción de pátina, estilo verde marrón a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Contemporáneo. **Técnica:** Brocha y Spray

Efecto: Rico, cobre, transparente en los salientes con azul y verde en las zonas huecas

Mezclas químicas: Mezcla de sulfuro diluido, mezcla de nitrato de cobre fuerte, mezcla de nitrato ferroso

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena la superficie con acabado 320 de gravilla. Limpiar la superficie con xylene pasando el trapo suavemente. Después aplicar arena a mano con el estropajo Scotch Brite 96 seguido de estropajo de acero medio número 1. La superficie deberá estar muy lustrosa.

Aplicación: Rociar esporádicamente la mezcla de sulfuro sobre la superficie dejando unas áreas muy oscuras y otras muy claras. Abrillantar con el estropajo de acero hasta igualar. Calentar la superficie y rociar o cepillar la mezcla de nitrato de cobre fuerte hasta que aparezca una coloración ligeramente azulada. Apagar la pieza con agua corriente y mientras se seca remarcar el nitrato de cobre desde los salientes dejando el azul en los entrantes. Calentar la superficie quemando ocasionalmente las áreas de cobre. Mantener el calor y utilizar una brocha aplicando la mezcla de nitrato ferroso a los salientes permitiendo que se superponga sobre los entrantes. Esto permitirá una apariencia más rica en cobre a los salientes y tonalidades lima y azul en los entrantes. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 119a

119a) Esta patina puede encerarse en caliente para obtener una coloración menos brillante.

Observaciones: Patina muy inestable para su uso en exteriores ya que el óxido de cobre puede aparecer. Muy rica y en ocasiones desigual cuando es utilizada en interiores.

123 Azul marroquí. (Figura 4.13).

Figura 4.13. Reproducción de pátina, estilo azul marroquí a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Tradicional/Contemporáneo **Técnica:** Brocha y Spray

Efecto: Azul moteado sobre una base negruzca

Mezclas químicas: Mezcla de Birchwood Casey al 50%, mezcla de nitrato de cobre medio

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena la superficie.

Aplicación: Rociar la superficie con la mezcla de Birchwood Casey al 50% en frío sobre la pieza entera hasta obtener una capa marrón negruzca. Abrillantar. Calentar la superficie lentamente y de manera homogénea hasta que todas las señales de humedad hayan desaparecido. Continuar calentando hasta que el color comience a cambiar. Frotar la superficie ligeramente con un estropajo de acero número 0 o las áreas con mayor textura con una brocha de

cerda natural para remover la capa sobrante de marrón. Un gris acero oscuro aparecerá. Calentar la superficie, después comenzando desde la parte inferior trasera o lateral de la pieza cepillar con la mezcla de nitrato de cobre. Seguir calentando y revistiendo el nitrato de cobre hasta que la superficie quede completamente con una tonalidad azul claro (se debe tener cuidado de no quemar el cobre). Apagar la superficie de la pieza con agua corriente para neutralizar y asentar las capas de nitrato de cobre. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa. Opcionalmente se podrá sellar esta patina si se requiere una apariencia lisa, uniforme. Sin embargo esta patina se oscurecerá debido al manoseo.

Variaciones: 123a, 123b

123a) Para dar una apariencia de verde moteado pueden añadirse unos pocos cristales de nitrato ferroso o unas pocas gotas de nitrato ferroso casero.

123b) Para una patina más blanca de corte azul polvoriento, añadir a la mezcla de nitrato de cobre antes de la aplicación un cuarto de cucharilla de cristales de nitrato de bismuto o un cuarto de cucharilla de óxido de titanio.

Observaciones: Patina muy duradera en interiores y algo inestable para su uso en exteriores debido a la oxidación del cobre que derivará en un color marrón rojizo.

127 Salmón. (Figura 4.14).

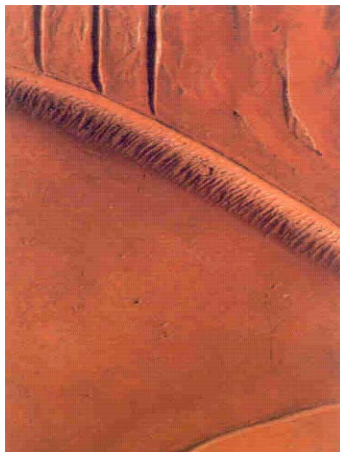


Figura 4.14. Reproducción de pátina, estilo salmón a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Contemporáneo **Técnica:** Brocha

Efecto: Opaco, polvoriento, coloración rosa asalmonado.

Mezclas químicas: Mezcla fuerte de nitrato ferroso más, una cucharadita de óxido de titanio, media cucharadita de cristales de nitrato de bismuto y una cucharadita de óxido ferroso rojo, mezcla fuerte de nitrato ferroso casero.

Preparación de la superficie: Enarenar opcionalmente. Si la pieza va a ser colocada en exteriores enarenar es esencial.

Aplicación: Calentar la superficie lentamente hasta que aparezca una ligera coloración ámbar. Regresar a la parte de abajo o lateral de la pieza y continuar calentando. Seguir aplicando la mezcla de nitrato ferroso calentando y aplicando a la vez hasta recubrir la superficie por completo. Después, utilizando la misma brocha, eliminar los grumos de los salientes con un movimiento suave de arriba a abajo permitiendo que aparezca la coloración rosa salmón. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Observaciones: Patina muy duradera en interiores y en exteriores, sin embargo si se va a exponer en exteriores hay que programar un mantenimiento periódico consistente en limpiar y volver a encerar.

130 Ocre contemporáneo. (Figura 4.15).

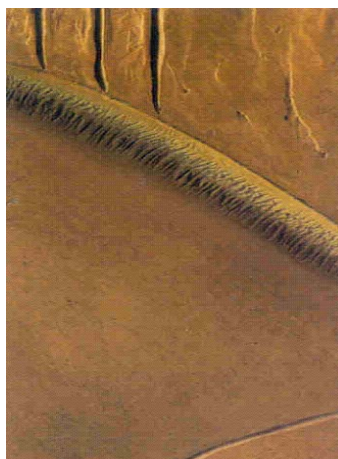


Figura 4.15. Reproducción de pátina, estilo ocre contemporáneo a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Contemporáneo **Técnica:** Spray **Efecto:** Amarillo ocre, opaco.

Mezclas químicas: Mezcla birchwood casey TM al 50%, mezcla fuerte de nitrato de cobre, mezcla media de nitrato ferroso o mezcla débil de nitrato ferroso casero.

Preparación de la superficie: Enarenar.

Aplicación: Rociar la superficie con la mezcla de Birchwood Casey al 50% en frío sobre la pieza entera hasta obtener una capa marrón negruzca. Abrillantar. Calentar la superficie lentamente y de manera homogénea hasta apreciar un cambio de color. Frotar la superficie ligeramente con un estropajo de acero número 1 y las áreas con mayor textura con una brocha de cerda natural para eliminar la capa sobrante de marrón. Un gris acero oscuro aparecerá. Recalentar la superficie lentamente y después rociar la superficie con la solución de nitrato de cobre. Continuar calentando y rociando hasta obtener un color sólido azul claro. Apagar con agua para ayudar a neutralizar la capa de cobre (La coloración azul será más brillante si se pule). Recalentar lentamente la superficie y cuando esté caliente rociar la mezcla de nitrato ferroso sobre la capa de cobre. Calentando y rociando tan lentamente como sea posible hasta obtener un ocre amarillo. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Observaciones: Patina muy duradera para su uso en interiores pero inestable en exteriores. (Puede llenarse de manchas si se expone al sol ya que en el acabado con cera se forma óxido rojo de cobre).

131 Rosa fucsia. (Figura 4.16).

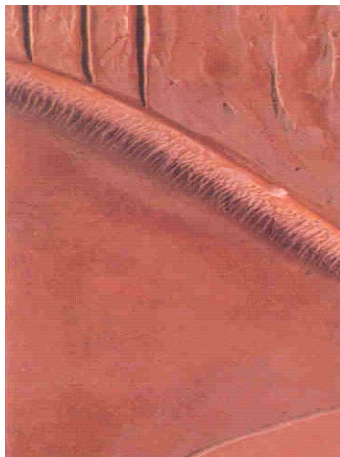


Figura 4.16. Reproducción de patina, estilo rosa fucsia a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Contemporáneo **Técnica:** Brocha

Efecto: Un brillante, opaco, rosa fucsia polvoriento.

Mezclas químicas: Mezcla media de nitrato ferroso más, una cucharadita de óxido de titanio, media cucharadita de óxido rojo ferroso, media cucharadita de cristales de nitrato de bismuto o una mezcla débil de nitrato ferroso casero puede sustituir a los cristales de nitrato ferroso.

Preparación de la superficie: Enarenar.

Aplicación: Calentar la superficie por completo lentamente hasta que aparezca una coloración amarillenta. Regresar a la parte de abajo o lateral de la pieza y continuar calentando hasta que aparezca una coloración ligeramente rosada. Seguir aplicando la mezcla de nitrato ferroso. Después, utilizando la misma brocha, eliminar los grumos de los salientes con un movimiento suave de arriba a abajo, dejando los de los entrantes. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 131a

131a) Para obtener un rosa más fuerte en los entrantes después de sellar la pieza con laca, aplicar cera blanca de zapato en un pincel embadurnado con óxido rojo ferroso (de una paleta seca). Aplicar esta mezcla en los entrantes. Eliminar el exceso de cera inmediatamente y después aplicar una capa de Trewax TM, teniendo cuidado quitar la capa de cera rosa. Dejar secar.

Observaciones: Patina bastante duradera tanto en exteriores como en interiores. Una patina muy caliente y brillante que puede aplicarse sobre superficies grandes. Esta patina es mejor para bronce pequeños o para usar en áreas específicas con otras patinas.

132 Blanco (Blanco marfil). (Figura 4.17).



Figura 4.17. Reproducción de pátina, estilo blanco marfil a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Contemporáneo **Técnica:** Brocha

Efecto: Entre un blanco opaco sólido y un blanco marfil dependiendo de las capas aplicadas.

Mezclas químicas: Mezcla media de nitrato de bismuto más una cucharadita de óxido de titanio, media cucharadita de óxido de estaño (opcional).

NOTA: Antes de su uso, permitir que la mezcla química se fije a la pieza durante 48 horas agitándola de vez en cuando.

Preparación de la superficie: Enarenar.

Aplicación: Calentar la superficie por completo lentamente hasta que aparezca una coloración amarillenta. Regresar a la parte de abajo o lateral de la pieza y continuar calentando y mientras se calienta aplicar la mezcla de nitrato de bismuto blanco a la superficie. Continuar calentando y aplicando hasta obtener una capa color marfil. Apagar las llamas con agua corriente para neutralizar y fijar el bismuto. Si apareciese un color amarillento durante la aplicación probablemente se volverá blanco al apagarse con agua corriente. Recalentar la superficie lenta y cuidadosamente para eliminar los grumos de la patina. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 132a

132a) Esta patina se utiliza normalmente para realizar broncees de animales como osos polares. Sin embargo como esta patina es muy brillante para ese tipo de objetos y como los osos no son completamente blancos, deben tomarse algunas medidas para aminorar el efecto brillante. Después de que la superficie haya sido blanqueada y apagada con agua corriente, recalentar la superficie con cuidado y aplicar rápidamente un rociado de mezcla media de nitrato ferroso, lo justo como para amarillear la superficie blanca. Mientras se calienta la pieza embadurnar la brocha con mezcla de óxido blanco de bismuto-titanio-estaño y, después de sacudir el exceso de las cerdas del cepillo, aplicar a la superficie de arriba a abajo y lentamente, dejando el blanco en los puntos salientes. Esto le dará profundidad, creará un efecto blanco más sólido y una apariencia como de las áreas blancas de las plumas de los pájaros.

Observaciones: Patina muy duradera para su uso en interiores pero puede tender a volverse verde si expone en exteriores a menos que se selle bien con tres o cuatro capas de laca. Las patinas blancas pueden llegar a ensuciarse en exteriores debido a la lluvia y al polvo. En interiores pueden ensuciarse debido a su manoseo. Por lo tanto es recomendable toquetearlas lo menos posible.

135 Lapis Lazuli. (Figura 4.18).

Figura 4.18. Reproducción de pátina, estilo lapis lazuli a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Contemporáneo. **Técnica:** Brocha y spray

Efecto: Opaco, azul oscuro profundo y verde apariencia moteada

Mezclas químicas: Mezcla birchwood casey TM al 50%, mezcla media de nitrato de cobre. Pigmento seco azul oscuro de cianuro de hierro (azul prusiano) Pigmento azul windsor o la mayoría de pigmentos azul oscuros para paleta seca.

Preparación de la superficie: Enarenar.

Aplicación: Rociar con la mezcla de Birchwood Casey Tm al 50% sobre la pieza hasta que una coloración marrón-negro aparezca. Abrillantar. Calentar la pieza para eliminar los residuos de la superficie. Continuar calentando hasta que se aprecie un cambio de color, después frotar con un estropajo de acero medio número uno o utilizar una brocha de cerda natural en las áreas con mayor textura para eliminar los residuos marrones, dejando una base de gris acero negruzco. Recalentar la superficie y embadurnar la brocha con nitrato de cobre de la paleta seca, cogiendo una buena cantidad de pigmento seco. Después aplicar a la superficie. No aparecerá mucha coloración, como mucho será un azul negro iridiscente.

Esta patina debe aplicarse por capas muchas veces para asegurarse que queda todo bien cubierto. Apagar la superficie con agua, una coloración brillante aparecerá de manera inmediata. Recalentar la superficie lentamente para eliminar los residuos. (Si el color no es oscuro o lo suficientemente azul, recalentar y repetir los pasos tres y cuatro hasta obtener el efecto deseado). Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: Ninguna

Observaciones: Patina muy duradera para su uso en interiores, bastante estable en los exteriores pero se aclara con el tiempo, debido a los depósitos de agua y polvo. Vigilar la evolución del óxido de cobre.

136 Amarillo opaco. (Figura 4.19).



Figura 4.19. Reproducción de pátina, estilo amarillo opaco a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Contemporáneo. **Técnica:** Brocha

Efecto: Opaco, amarillo ligeramente polvoriento

Mezclas químicas: Mezcla media de nitrato de bismuto más: media cucharadita de óxido de titanio, $\frac{1}{4}$ de cucharadita de cristales de nitrato ferroso o 2 cucharaditas de óxido ferroso casero concentrado

Preparación de la superficie: Enarenar.

Aplicación: Calentar la superficie lentamente hasta que aparezca una coloración amarillenta. Volver a la parte de abajo o lateral de la pieza y calentar por capas hasta cubrir la pieza completamente. Cuando la mezcla se aplica por primera vez a la superficie será casi blanca pero según calentemos y apliquemos más capas se convertirá en un amarillo más fuerte. Utilizando la misma brocha deslizarla arriba y abajo sobre los salientes para eliminar el exceso de óxido y permitir que aparezca un amarillo claro. Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: 136a

136a) Rociar la pieza con Birchwood Casey TM hasta que la pieza se vuelva marrón negruzco. Calentar la superficie y utilizar un estropajo de acero sobre las superficies o utilizar una brocha de cerda natural para eliminar los residuos marrones y dejar que aparezca una capa gris acero. Recalentar y mezclar sobre la superficie - aplicando suavemente la brocha contra uno de los

lados. Esto permitirá que la mezcla química se desprenda de la brocha ocasionando un efecto de anillos circulares opacos alrededor de un centro nublado o nebuloso. Superponiendo esta aplicación y este efecto por aquí y por allá conseguiremos un efecto que irá de un beige grisáceo a un blanco marfil almendrado sobre la capa base de gris oscuro. Sellar como de costumbre.

139 Ámbar Marfil. (Figura 4.20).

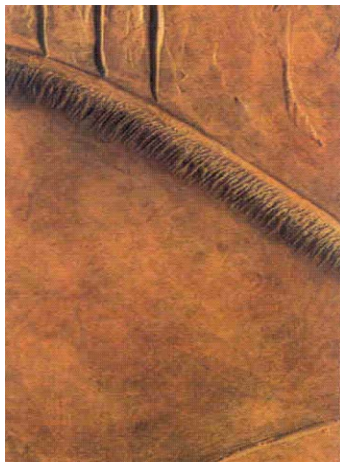


Figura 4.20. Reproducción de pátina, estilo ámbar marfil a partir de Kipper, 1995.

Estilo: Contemporáneo. **Técnica:** Brocha (redonda y plana)

Efecto: Rico, ligero ámbar y ocre marfil a capas.

Mezclas químicas: Mezcla media de nitrato ferroso más tres cristales de trisulfato de sodio o mezcla fuerte de nitrato ferroso casero más tres cristales de trisulfato de sodio, mezcla de nitrato de bismuto débil más media cucharadita de óxido de titanio y unos pocos cristales de nitrato de hierro (o una cucharada de nitrato ferroso casero concentrado).

Preparación de la superficie: Enarenar.

Aplicación: Calentar la superficie por completo lentamente hasta que aparezca una coloración amarillenta. Regresar a la parte de abajo o lateral de la pieza y utilizando una brocha redonda comenzar a aplicar la mezcla de trisulfato de sodio y nitrato ferroso sobre la superficie. Continuar calentando y aplicando y trabajando la pieza de abajo a arriba hasta que la superficie se oscurezca por completo obteniendo una base de color rojo/marrón. Continuar calentando y

volver a la parte de atrás o lateral de la pieza. Embadurnar la brocha plana con la solución de nitrato de bismuto y aplicar apenas con la punta contra la superficie. La mezcla química debe separarse de la broche y depositarse mediante un efecto circular o de anillos alrededor del punto en el que la brocha contacta con la superficie. Continuar calentando y aplicando superponiendo estas capas circulares sobre la base marrón original. Aplicar la mezcla de trisulfato de sodio y nitrato ferroso en una capa fina sobre los patrones de bismuto de tono marfil para cambiar la coloración beige blanquecina a una tonalidad ámbar templada o naranja. Repetir los pasos 3 y 4. Según se apliquen las capas la patina tenderá a ser más luminosa y profunda. (Pueden necesitarse más capas según el efecto que se quiera). Dejar al fresco y sellar con laca y acto seguido, aplicar dos capas de Trewax TM, dejándolo secar entre capa y capa.

Variaciones: Ninguna

Observaciones: Patina muy duradera pero que se oscurece con el paso del tiempo y con el manejo. Esta patina no es recomendable para su exposición en exteriores porque tenderá a enverdecerse. (Si esta patina se quiere usar en exteriores los pasos 3 y 4 deberán repetirse cuatro o cinco veces para compensar la necesidad de capas más gruesas de laca). Estas capas más gruesas sin embargo oscurecerán la patina. (Kipper, 1995).

4.1.3. Recetario de Pátinas y Coloración, del libro “Coloración (pátinas y óxidos) de los metales”, de F. Castells. (Castells, 1992).

Coloración del bronce y sus aleaciones

De todos los metales, son ciertamente el cobre y sus aleaciones los que tienen la mayor facilidad de oxidación-coloración. Son los que se prestan prácticamente a una gran gama de coloraciones, todas muy difundidas.

Es imposible enumerar todos los procedimientos de coloración, por lo que en este trabajo mencionaremos únicamente los más utilizados. Las coloraciones más buscadas son el negro, el bronce antiguo, el bronce medalla y el oro claro. El verde tiende, cada vez más, a ser utilizado para el envejecimiento artificial. La coloración oro se utiliza especialmente para el acabado de piezas que no justifican un acabado con flash de oro; en consecuencia, se pide a este acabado a la vez que una buena presentación, una relativa resistencia a la corrosión evitando la aplicación de una laca. En definitiva se trata de una coloración-pasivación.

Es interesante hacer resaltar la importancia de dar, en circunstancias que lo permitan, un flash de 2 ó 3 micras de cobre o latón sobre objetos de acero, procediendo luego a la coloración deseada. En efecto, mientras que el ennegrecimiento sobre cobre no requiere más de 2 a 3 minutos, sobre acero directamente son necesarios de 20 a 30 minutos. En el primer caso, el baño trabaja en frío y el precio de coste es despreciable. En el caso del acero, el baño trabaja a 150°C. y sus costes son muy superiores. Por otra parte, la débil película de cobre (o de sus aleaciones: cobre-zinc, cobre-cadmio, cobre-estaño) aseguran una relativa resistencia a la corrosión en comparación con el acero desnudo.

La solución más conocida, a la vez que la más antigua, es la llamada al sulfuro de Baregés o al sulfuro de potasio. Las cantidades de productos utilizados son variables según los autores de las fórmulas:

El baño más simple y el utilizado con más frecuencia es el compuesto por 10 gr. /l de sulfuro potásico; la inmersión se efectúa generalmente a temperatura ambiente, si bien se puede calentar la solución hasta 60-70°C para acelerar la velocidad de coloración. Las tonalidades obtenidas **sobre el cobre** (electrolítico directamente o pulido y desengrasado) van **del pardo al azul-negro**, en pocos minutos. **Sobre el latón**, este baño sólo permite obtener un color bronce claro llamado "**bronce medalla**". Si se desea oscurecer el color, es necesario hacer sucesivas inmersiones alternativas en la solución de sulfuro y una solución de sulfato de cobre acidificada con ácido sulfúrico, seguida cada inmersión por un lavado enérgico.

Otras dos distintas formulaciones, basadas en el sulfuro potásico, ofrecen mejores posibilidades, dando tonalidades más profundas y uniformes. La primera se compone de:

Sulfuro de potasio 20 gr. / l.

Cloruro amónico 35 gr. / l.

Trabaja a temperatura ambiente.

La segunda es una mezcla en partes iguales de sulfuro potásico y tioantimoniato sódico (sal de Schlippe). Las cantidades utilizadas van de 10 a 50 gr. /l para cada componente.

Sobre latón estas últimas formulaciones dan resultados aceptables y muy estables para la realización del **bronce medalla**. Por otra parte, las coloraciones son más resistentes al frotamiento y a la abrasión ligera.

Al igual que los sulfuros, los persulfatos y los carbonatos permiten una coloración que va del **azul-negro al negro**.

La solución de persulfato se utiliza, generalmente, a ebullición. Las piezas deben agitarse constantemente durante el ciclo, debiendo añadirse de vez en cuando persulfato (al comprobar que el desprendimiento gaseoso disminuye).

Se puede emplear indistintamente persulfato amónico o potásico. Una fórmula base puede ser:

Persulfato amónico 15 gr. / l.

Potasa cáustica 70 gr. / l.

La duración del tratamiento varía de 3 a 5 minutos, según la coloración deseada. Normalmente, a los dos minutos se obtiene una coloración **negra mate** profunda que se puede abrillantar. El cobre y el bronce se adaptan perfectamente a este tratamiento, mientras el latón sólo da coloraciones intermedias, más bien claras y deslucidas. El baño a base de carbonato, en cambio, es más conveniente para los latones y más especialmente los latones nobles del tipo 80/20. Las coloraciones obtenidas son de un **azul-negro** o un **azul profundo** muy uniforme. Los tiempos de inmersión son relativamente cortos, no pasando de 5 minutos. El mantenimiento de la solución requiere algunas precauciones, en particular la presencia en el fondo de las cubas de coloración, de un exceso de carbonato de cobre. El tratamiento puede efectuarse a temperatura ambiente o bien a 70-80°C. Hemos obtenido los mejores resultados y sobre todo los más estables, a temperatura ambiente, trabajando con la solución siguiente:

Carbonato de cobre 200 gr.

Amoníaco puro (d = 0,880) 11 gr.

Para la obtención de otras coloraciones sobre el cobre y sus aleaciones, se dispone de una serie de formulaciones perfectamente aceptables. Hay, por ejemplo, los tratamientos con permanganato potásico, que dan coloraciones **desde el oro viejo al marrón oscuro** en presencia de sulfato de cobre.

Existen, también, los baños al dicromato potásico, o más simplemente al ácido crómico y también al cromato. Teóricamente su finalidad es una pasivación del metal, que es, en definitiva, una oxidación que determina una coloración. En algunos casos esta coloración es muy débil, pudiendo sustituir a otros tratamientos tales como el dorado en flash. Sobre el latón electrolítico, se pueden obtener una gama de tonalidades **color oro**, iguales a las que daría un baño de oro. Una solución para este fin consiste en una mezcla de sales de cromo exavalente y de un inhibidor. La velocidad de reacción, que determina la tonalidad, está condicionada a la adición de ácido sulfúrico o de inhibidor.

Otro tipo de baño es el basado en el arsénico. Permite obtener unos tintes **gris-acero** que recuerdan a veces las tonalidades del platino. Se puede

emplear por vía química o bien por vía electrolítica (que veremos más adelante). En ambos casos y de una forma general, las piezas deberán haber sido perfectamente desengrasadas y tomadas directamente a la salida del baño de cobrado.

La siguiente formulación es apta para una inmersión sin corriente:

Oxido de arsénico 30 gr. / L.

Ácido clorhídrico 70 CC. / L.

Ácido sulfúrico 10 CC. / L.

Se emplea a temperatura ambiente y el tiempo de inmersión no sobrepasa los 20 segundos.

Tabla 4.1. Soluciones de desengrase químico y electrolítico para cobre y aleaciones cobradas clásicas

Productos químicos que constituyen la solución	Contenido en g/l de los constituyentes	
	Baño químico	Baño electrolítico
Sosa cáustica (NaOH)	15	15
Carbonato de sosa (Na ₂ CO ₃)	15	22,5
Fosfato trisódico (Na ₂ PO ₄ ·12H ₂ O)		7.5
Pirofosfato tetrasódico (Na ₄ P ₂ O ₇ ·10H ₂ O)	15	
Metasilicato de sosa (Na ₂ SiO ₃)	22.5	30
Agente humectante igual que los éteres o alcoholes derivados de los Alkylsulfonatos o alkyl-aryl	3.7	0.8
Condiciones de trabajo		
Temperatura en °C.	82-88	70-82
Densidad catódica de corriente en A/dm ²		3.5
Duración en min.	3-5	1-2

La siguiente formulación trabaja a temperatura ambiente, teniendo unos márgenes amplísimos de concentración, lo que asegura buenos resultados:

Hiposulfito sódico 180 gr. / L.

Acetato de plomo 30 gr. / L.

Ácido cítrico 20 gr. / L.

Citrato sódico 30 gr. / L.

Según el tiempo de inmersión se pueden obtener tonalidades que van del **amarillo oro al gris oscuro**, si el soporte es cobre o latón. Si es sobre níquel, se consiguen las mismas tonalidades pero hay que trabajar a temperaturas más elevadas.

Todas estas coloraciones poseen un mediocre poder protector contra la corrosión e igualmente al uso, por lo que se aconseja dar a las piezas un laqueado posterior.

Coloración electrolítica del cobre:

Veamos ahora una breve exposición de coloración electroquímica para bronce y la preparación de la superficie antes de la coloración, que nos ofrece F. Castells en su libro "Coloración (pátinas y óxidos) de los metales". (La tabla 4.2)

Preparación de la superficie antes de la coloración.

Tabla 4.2. Componentes y condiciones de trabajo para la coloración electrolítica del cobre.

	I	II	III
Sosa cáustica	180 g/l	150 g/l	
Nitrato amónico			10 a 20 g/l
Molibdato sódico o amónico	3.8 g/l	1 g/l	
Molibdato amónico			10 g/l
Densidad anódica de corriente en A/dm ²	1.5	1.5	0.2/0.3
Temperatura en °C	80-90	85	
Duración del tratamiento	3-5 m	3-4 m	
Espesor de la película	2.5 µm		
Cátodos			Zn

El proceso es exactamente el mismo que para la coloración por vía química y se compone de pre-desengrase con disolventes clorados (si es necesario), seguido de un desengrase químico o electrolítico. (La tabla 4.1) indica una formulación para cada tipo.) Se utilizará con preferencia el electrolítico.

Después lavado despasivado por inmersión en una solución de ácido clorhídrico al 3-5% en peso, seguido de lavados. Puede intercalarse un baño de pulido químico a temperatura de 12 a 20°C, durante 2 a 4 minutos, en una solución conteniendo por volumen:

42% de ácido fosfórico, $d = 1,69$ (85%) 42% de ácido acético glacial;

16% de ácido nítrico, $d = 1,42$ (que disminuirá la rugosidad)

Este baño puede ser sustituido por uno de reciente estudio, conteniendo de 70 a 120 gr. / l. de benzotriazol, durante 1 a 4 minutos, a temperatura óptima de 60°C. (margen de 32 a 66°C.).

Negro:

Proceso electrolítico anódico:

Después del desengrase alcalino, se decapará durante 1 a 2 minutos en una solución acuosa de:

Dicromato sódico 200 gr. / l.

Ácido sulfúrico concepto 40 cc. / l.

Se tratará a continuación de uno de los electrolitos que se indican en la tabla_4.2. La capa es resistente a la abrasión y admite un "quemado" para darle un aspecto satinado.

Depósito de arsénico:

La fórmula y las condiciones operatorias, son las siguientes:

Ácido arsenioso 100 gr. / l.

Carbonato sódico anhidro 30 gr. / l.

Cianuro sódico 10 gr. / l.

Densidad de corriente catódica 0,3 a 2 Amp. / dm^2

Ánodos de acero

Azul:

Proceso electrolítico catódico:

Se obtiene una coloración azul-gris con el electrolito siguiente:

Acetato de cobre 11 gr. / l.

Gelatina 3,8 gr. / l.

Densidad de corriente catódica 0,15 a 0,4 Amp/ dm^2

Temperatura 20 a 24°C.

A la salida de este baño, quedará un film gelatinoso sobre la pieza que puede ser eliminado por un lavado en agua seguido de una inmersión en una solución acuosa de sulfato de cobre a 50 gr. / l. y el paso final será un lavado vigoroso.

Verde:

Proceso electrolítico anódico:

Se dan a continuación dos formulaciones realmente efectivas:

Baño 1:

Sulfato magnésico 120 gr. / l

Hidróxido magnésico 22 gr. / l

Bromato sódico 15 gr. / l

Temperatura 92°C.

Densidad de corriente anódica 4 Amp. / dm²

Tiempo operatorio 15 minutos

La capa adherente está constituida por un sulfato básico de cobre.

Baño 2:

(Mucho menos costoso que el anterior.) Está formado por:

Bicarbonato sódico 55 a 90 gr. / l

Densidad de CTE. Anódica 8 Amp. / dm²

Tiempo operatorio 1 a 2 minutos.

(Castells, 1992).

4.2. CONSIDERACIONES SOBRE PATINACIÓN DE TALLERES DE FUNDICIÓN Y ARTISTAS CONTEMPORANEOS.

En este epígrafe se indaga, por medio de diversas visitas y audiencias, sobre cómo desarrollan el proceso de patinado de piezas escultóricas diversos artistas y talleres de fundición y patinación especializados. Ello nos permitirá considerar los distintos puntos de vista acerca de la pátina en nuestros días y las razones por las que cada vez con mayor frecuencia los artistas patinan ellos mismos sus obras.

Esta tendencia actual al acercamiento entre talleres especializados y artistas pone fin a cierto secretismo por parte de los profesionales del sector sobre las distintas fórmulas y recetas que actualmente usan, así como su procedencia.

4.2.1 Talleres de fundición

Consideraciones de Fernando Viera (Bronces Ibéricos).

Fernando Viera, artista patinador como él mismo se denomina, desarrolla su labor en un taller de fundición al cual acuden artistas de la talla de Miguel Moreno, María Campoy y Aurelio Teno, entre otros. Este taller de gran prestigio se ubica en Torrejón de Ardoz, Madrid y se denomina Bronces Ibéricos

Fernando Viera considera que el papel que desempeñan los talleres de fundición de bronce y patinación hoy día para el escultor contemporáneo, varía en función del nivel de exigencia de cada escultor. Según sus propias palabras, “Todos los artistas quieren su obra muy bien terminada porque cuanto mayor cualificado esté un taller a la hora de hacer una terminación, mayor grado de aceptabilidad tendrá en el mundo. Si la pieza está bien terminada, gozará de la aceptación de todas las personas. Cuando una escultura en su terminación está llena de churretes, de rebabas, de forma no intencionada, no gusta; distinto es que el escultor quiera esto, como parte de la obra. Lo que es indudable, es que un taller tiene que estar técnicamente cualificado para estar al nivel de exigencia de cada escultor. Nosotros tenemos que estar a la altura de lo que demanda un escultor. Si el escultor no demanda qué tipo de pátina quiere, actuaremos en función de nuestro buen gusto y teniendo en cuenta el tipo de escultura, se intenta hacer lo mejor posible, ya que nos gusta el arte; hemos visto exposiciones, cobres, cuadros, etc. Entonces actuamos por propia intuición.”

Sobre la participación del escultor de hoy en la fundición de sus esculturas en bronce y en la patinación, el maestro patinador opina que ésta es bastante activa. Según Viera, está cambiando el concepto y hay escultores que están presentes durante el proceso de patinación e indican cómo quieren la terminación de su obra, aunque siguen teniendo mucha confianza en su taller y en los resultados que éste les ofrece.

Continúa exponiendo cómo “es el escultor el que escoge habitualmente la pátina que va a dar a sus esculturas, porque ellos mejor que nadie saben la ubicación de la obra y el color que le va en ese entorno; nosotros no lo podemos saber”. Reconoce como las pátinas que se escogen con mayor frecuencia para exteriores son las marrones o verdes.

Viera opina que la pátina es un arte, no una técnica. Una técnica para él, es dar pintura, porque coges una pintura definida, la das y ya está, pero para la pátina, con los mismos elementos, puedes conseguir muchas tonalidades distintas. Por tanto la pátina la incluiría dentro de las artes

Comenta que se nutren de recetarios y lógicamente consulta bibliografía.. También se informan acerca de otros sitios donde pueden obtener nuevas recetas y posteriormente, en el taller, aplicar y ampliar sobre estos nuevos conocimientos. El maestro patinador expone: “Hay que motivarse y buscar cosas nuevas; si no tienes deseos de avanzar y quieres seguir haciendo lo mismo, no avanzas. Algunas veces te traen esculturas que resultan difíciles de patinar y hay que saber dar una respuesta adecuada para conseguir el color o la terminación buscada. Esto se consigue con esfuerzo y un continuo aprendizaje. Hay que investigar y estar constantemente evolucionando; no podemos conformarnos con el "como esto es clásico" y así repetir siempre la misma pátina.”.

Recetario de pátinas utilizado en el taller Bronces Ibéricos:

Marrones oscuros: Sulfuro de Potasa (hígado de bacalao o hígado de azufre).

Diluir:

- 1 parte de sulfuro de potasa en 10 partes de agua

Calentar la escultura de bronce con una antorcha hasta alcanzar una temperatura que se soporte bien con guantes. Rociar con un spray o dar con una brocha la mezcla de sulfuro de potasa y esperar que se evapore. Procurar que la temperatura no alcance el punto de ebullición, así como que no se acumule el líquido en los huecos.

Esperar a que se seque la disolución, lavar con agua y frotar con un trapo. Si al frotar hubiera desconchones, se pule dicha zona y la pátina de

alrededor con un estropajo y se repite el proceso anterior hasta que la pátina esté totalmente igualada. Posteriormente dar cera, (o la amarilla de la marca "Alex", o la marrón rojiza de la marca "Kivi"). Calentar la pieza previamente, hasta alcanzar una temperatura aproximada de unos 40° C., con objeto de que no se queme la cera, pero que penetre bien.

Pátina negra: Nitrato cúprico

Diluir:

- 1 parte de nitrato cúprico en 10 partes de agua.

(Esta es una proporción aproximada, ya que a mayor concentración, la disolución reaccionará antes).

Calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con un spray con esta disolución. La pieza tomará un tono muy verde (cardenillo).

Lavar con agua y trapo o brocha. Repetir la operación hasta que la pátina se fije y no se desprenda. Igual que en la pátina anterior, pulir con un estropajo la zona desprendida; dar cera blanca, amarilla o con pigmentos para igualar algunas imperfecciones. Frotar finalmente con un trapo limpio.

Pátina roja.- Nitrato férrico.

Diluir:

- 1 parte de nitrato férrico en 10 partes de agua.

Calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con un spray con esta disolución.

Lavar con agua y trapo o brocha. Repetir la operación hasta que la pátina se fije y no se desprenda. Igual que en la pátina anterior, pulir con un estropajo la zona desprendida; dar cera blanca, amarilla o con pigmentos para igualar algunas imperfecciones. Frotar finalmente con un trapo limpio.

Pátina amarilla - ocre.- Cloruro férrico, nitrato férrico y nitrato cúprico.

Diluir:

- 1 parte de cada uno de ellos en 10 partes de agua.

Calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con un spray con cada una de estas disoluciones

Lavar con agua y trapo o brocha. Repetir la operación hasta que la pátina se fije y no se desprenda. Igual que en la pátina anterior, pulir con un estropajo la zona desprendida; dar cera blanca, amarilla o con pigmentos para igualar algunas imperfecciones. Frotar finalmente con un trapo limpio.

Pátina transparente.

Se usa en piezas de terminación pulida y sin texturas, para que la disolución o los reaccionantes no penetren y puedan dar un aspecto de corrosión.

Tonos rojos o marrones: Nitrato férrico.

Diluir:

- 1 parte de nitrato férrico en 10 partes de agua.

Calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con un spray con esta disolución.

Lavar con agua y trapo o brocha. Repetir la operación hasta que la pátina se fije y no se desprenda. Igual que en la pátina anterior, pulir con un estropajo la zona desprendida; dar cera blanca, amarilla o con pigmentos para igualar algunas imperfecciones. Frotar finalmente con un trapo limpio.

Tonos verdes o azules: Nitrato cúprico.

Diluir:

- 1 parte de nitrato cúprico en 10 partes de agua.

(Esta es una proporción aproximada, ya que a mayor concentración, la disolución reacciona antes).

Calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con un spray con esta disolución. La pieza tomará un tono muy verde (cardenillo).

Lavar con agua y trapo o brocha. Repetir la operación hasta que la pátina se fije y no se desprenda. Igual que en la pátina anterior, pulir con un estropajo la zona desprendida; dar cera blanca, amarilla o con pigmentos para igualar algunas imperfecciones. Frotar finalmente con un trapo limpio.

Fundición Eduardo Capa, S.A.

La fundición Capa es una de las más prestigiosas y más antiguas de España. Se dedica a la fundición de esculturas monumentales y de medio formato. Sus talleres están en la provincia de Madrid, en Arganda del Rey y en

Rivas Vaciamadrid. Cuenta con una tecnología que permite conseguir un acabado de primera magnitud. Sus obras se pueden ver en ciudades, museos, plazas (figura 4.21), colecciones públicas y privadas y en la Fundación Capa.

Artistas de reconocido prestigio internacional encargan la construcción, fundición y montaje de sus obras a Eduardo Capa, S.A., partiendo siempre de los modelos que cada artista crea (como es el caso de Manolo Valdés, por poner un ejemplo, ya que sería imposible enumerarlos). Eduardo Capa S.A., actúa como constructor de los distintos elementos que componen las piezas que son fundidas, ensambladas y patinadas por un equipo de técnicos y artesanos, en un proceso en el cual el artista creador puede supervisar cada una de las fases.

A través de la colaboración con los artistas más señeros de nuestro siglo, Eduardo Capa, maestro escultor y fundidor, ha ido reuniendo a lo largo de más de 50 años, una colección de escultura que constituye, en su conjunto, el más importante legado de la Escultura Española del siglo XX. Nacida con el ánimo de promover y desarrollar el conocimiento del mundo de la escultura, la FUNDACIÓN EDUARDO CAPA, con sede en el Castillo de Santa Bárbara en Alicante, organiza muy variadas actividades, como exposiciones de conocidos escultores (figura 4.22) y otros más noveles, que utilizan para la fundición de su obra los talleres de este o asisten a sus cursos de fundición.



Figura 4.21. “Mujeres de la historia” obra realizada por el escultor Manolo Valdés, fundida en los talleres de fundición de Eduardo Capa en Arganda del Rey, Madrid.



Figura 4.22. Exposición del escultor Eduardo Oteiza, en el Castillo de Santa Bárbara en Alicante, ubicación de la Fundación Capa. Esta obra modelada por el escultor, ha sido fundida en los talleres de fundición de Eduardo Capa en Arganda del Rey, Madrid

José Luis López, maestro patinador de la Fundación Capa

Este maestro en pátinas, considera que los talleres de fundición y patinación juegan hoy día un papel importante para el escultor, que no siempre participa en la fundición de sus esculturas en bronce, requisito que el maestro considera conveniente para un seguimiento completo de la obra.

Sin embargo, según José Luis López, el escultor generalmente escoge la patina y son menos los casos en los que se deja aconsejar. Por otro lado, son el verde tostado, el avellana y los verdes oscuros, las patinas que con mayor frecuencia escogen los artistas.

La pátina es para el maestro una mera técnica que no alcanza el calificativo de Arte, técnica que, en su taller se nutre del autoaprendizaje, de las recetas utilizadas por sus predecesores en el taller, o de las que pueden descubrirse por puro azar y sobre todo de la práctica diaria.

Ismael García García, maestro patinador y escultor del taller de fundición Arte Seis

Ismael García (figura 4.23), hace de su taller una prolongación del propio taller del escultor. En este lugar, el escultor tiene la posibilidad de traer el boceto de la obra a escala y por puntos y en Arte Seis, se pasa al tamaño que desee el escultor. Otra de las opciones que se ofrecen a los artistas, es llevarla ya modelada al tamaño real de la escultura. Incluso se ofrece la oportunidad de que el propio escultor modele allí mismo sus obras.

Cuando se opta por realizar la obra desde el boceto, pasando la escultura por puntos a su tamaño, el escultor puede repasar su obra o bien delegar en los especialistas del taller. Arte Seis tiene en plantilla tres escultores que han estudiado Bellas Artes y aquí pueden hacer todo el proceso de molde, cera, repaso de la cera y fundición del bronce. El escultor también puede, si lo desea, repasar su obra ya en bronce. De este modo, es como si fuera un segundo taller del escultor, que se pone su mono y trabaja (como es el caso del famoso escultor Antonio López).

A la hora de dar la pátina, algunas veces los escultores le dicen cómo la quieren y otras se dejan aconsejar, puesto que Ismael sabe muy bien cómo va a funcionar, debido a su larga experiencia como patinador: “A mi me gusta mucho el mundo de las pátinas y siempre ando investigando pátinas nuevas, por lo que normalmente acierto en la pátina que doy y el escultor confía en mi y queda satisfecho, ya que llevo veinticinco años investigando sobre las pátinas, porque me apasionan.”

Una de las escultoras que deposita toda su confianza a la hora de dar las pátinas en sus esculturas en este maestro patinador es la escultora Aurora Cañero, que realiza muchas esculturas con diversidad de pátinas, como muestra en las sucesivas ediciones de ARCO. Ismael García intenta dar pátinas nuevas, no sólo el típico verde o marrón que está en todas las Ferias. Para ella la pátina es un arte que complementa a la escultura “es como un traje al que le encajan perfectamente unos zapatos más que otros”.

Según palabras del propio patinador, “ahora, para la escultura pequeña, el escultor contemporáneo busca colores más atractivos en sus pátinas, que beneficien a la escultura. Esto se está dando mucho en los montajes, sobre todo en la escultura pequeña; pero hay que tener cuidado porque poner tanto color y cosas en el montaje hace que se coma la escultura y como lo importante es la escultura, la pátina y lo que acompaña al montaje, han de complementarla. Ahora se buscan cosas nuevas, atrayentes para el público, tanto en colores como en cuanto al pedestal. Se ponen para hacer más comerciales los montajes y engrandecer el envoltorio, que puede hacer mucho si le va bien a la escultura ya que ésta entra por los ojos.”

Como hemos podido deducir de las respuestas de este patinador-escultor, para él, las pátinas son todo un mundo artístico que siempre hay que seguir investigando y no una mera técnica.



Figura 4.23. Ismael García, repasando una escultura del Escultor Botero en su Fundición (Arte 6).

Miguel Ángel Codina, maestro patinador del taller de fundición Codina Hermanos

La historia de la Fundición Codina se remonta a finales del siglo XIX, cuando Benito Codina comienza en Barcelona esta actividad artesanal. En el año 1999, la fundición se traslada al domicilio actual en Paracuellos del Jarama, donde sus bisnietos María Luisa y Miguel Ángel y su tataranieta Julio, continúan hoy en día con el maravilloso arte de la fundición.

A su nave han llegado los modelos esculpidos por centenares de los mejores artistas españoles y también extranjeros. Entre ellos, cabe destacar un Cristo de 11 metros de altura que fue colocado en la frontera entre Bolivia y Chile.

Miguel Ángel Codina (figura 4.24) señala cómo “el escultor normalmente, realiza sus esculturas en el taller casi al cincuenta por ciento; hay escultores que delegan totalmente y se dejan aconsejar acerca de la pátina, mientras que otros llevan un mayor seguimiento del proceso de fundición (moldeado, repaso de las ceras, e incluso algunos artistas repasan los bronce ellos mismos). En lo referente a las pátinas, opina que estas son muy complicadas; es muy difícil

hacer dos patinas iguales, sobre todo con los colores verdes, o colores más complicados. Por eso, muchos talleres, después de tener bastantes problemas con las pátinas, lo dan para que se lo hagan”.

Con respecto a si el escultor escoge la pátina que va a dar a sus esculturas, o se deja aconsejar por el especialista, el maestro patinador señala: “normalmente, el artista viene con una idea preconcebida de lo que quiere. Pero, no a todas las esculturas les va el mismo tipo de pátina, (sobre todo en figuras humanas, en bustos, que requieren una pátina más clásica, tirando a tonos tostados, a rojizos, a lo que llaman cueros viejos) y según el estilo de la escultura, si es más moderna, más expresionista, requerirá un tipo de pátina más atrevida, más verdes, que van más en consonancia con la obra. Los escultores para proyectos más monumentales y clásicos, suelen escoger pátinas muy clásicas, se tiende siempre a los negros, a los tostados y a los rojizos (cueros viejos). Para otro tipo de esculturas más modernas, más vanguardistas, se va más a los verdes, amarillentos, rojizos, a los óxidos imitando hierro, etc., ya que hay una variedad bastante amplia”.

Ante la disyuntiva de si piensa que la pátina es una mera técnica o la incluiría dentro de las artes, Miguel Ángel Codina opina que “es un arte con mucha técnica, porque como decía su abuelo, “una buena patina salva una mala escultura y una mala patina malogra la mejor de las esculturas”. En realidad, es un arte, porque depende de muchos factores (del calor que apliques, de cuándo lo apliques, de la temperatura, del ambiente, etc.). A veces estás más inspirado y la pátina te sale de forma fluida y otras no la consigues y tienes que rehacerla totalmente. Además, son necesarias la técnica y mucha experiencia, por lo que se inclina por pensar que la patinación es un arte”.

En este taller llevan más de cien años haciendo esculturas y más o menos se ha mantenido siempre una misma línea con las pátinas. Siempre se han utilizado materiales muy clásicos en las pátinas, como puede ser el sulfuro de potasio, el sulfato de hierro, el nitrato de hierro, el nitrato de cobre, el sulfuro de hierro, o el sulfato de hierro. En la actualidad, existen muchas empresas químicas que se dedican a la comercialización de productos químicos y están sacando nuevas fórmulas, que a veces se usan en el taller, no como pátinas definitivas, sino como base para luego jugar con ellas. Ahora están usando las llamadas “bronzaturas” como una base, por ejemplo oscura y luego aplicar los verdes sobre ella, que vienen bien y tienen la ventaja de que no se pasan, como ocurría con los preparados que se usaban antes para los negros y pardos, a base de sulfuro de potasio, que no duraban más de un mes. Estas pátinas, más cómodas y con mayor estabilidad, las aplican igual que las convencionales, calentando la pieza y dándola con brocha o pulverizando con un spray. La mezcla viene ya hecha, aunque suele diluirse, por ser muy fuerte.

Miguel Ángel Codina afirma que la ciencia de la pátina está siempre descubriendo cosas, porque los broncees nunca reaccionan igual; nunca hay dos broncees iguales, siempre tienen gruesos distintos, cogen más calor en una zona que en otra, etc., por lo que siempre se da una constante experimentación. Su padre le decía que cuando le saliera una pátina bonita, apuntara lo que había hecho, pero aunque lo repetía, nunca obtenía un resultado igual. Así, cada uno se va forjando una experiencia para conseguir el tono que considera adecuado o el que exige el escultor.

Hacer una breve exposición de las obras más representativas que se han realizado en el taller, resulta una tarea difícil, ya que a lo largo de este siglo es innumerable la gran variedad de estatuas, monumentos, grupos escultóricos, fuentes, etc., que han fundido.

Igualmente citar los escultores que han depositado su confianza en la experiencia de esta fundición, sería una lista interminable. Por ella han pasado firmas muy importantes, desde Mariano Benlliure, Agustín Querol, Miguel Blay, por citar sólo algunos nombres de los comienzos, Pablo Serrano, José Luis Sánchez, Juan de Ávalos, Vicente Larrea, Antonio Oteiza, José Carrilero, Pepe Antonio Márquez, los hermanos Julio López y Francisco López, Antonio López, Juan José Oliveira y podríamos seguir nombrando muchos más.

No sólo en España se pueden contemplar en casi todas sus ciudades, obras salidas de estos crisoles, sino también en numerosos países de Sudamérica, en Estados Unidos, Rusia, Francia, Suiza, Italia, Túnez, Irán, etc.

Por recordar brevemente algunas de las obras, podemos citar, quizá por ser más conocidas para la gran mayoría:

- Monumento a Alfonso XII del Parque del Retiro de Madrid.
- La estatua ecuestre del Cid Campeador en Burgos.
- Una réplica de La Cibeles en México.
- Estatua del Gral. San Martín en Perú, obra de Mariano Benlliure.
- Monumento a Moret en Cádiz de Querol.
- Monumento a Pérez Galdós en Canarias.
- El Giraldillo de la Catedral de Sevilla.
- El Caballo de Espartero en la C/ Alcalá de Madrid (figura 4.25).
- Monumento a Colón en Barcelona.
- Homenaje a Cascorro en el Rastro de Madrid.



Figura 4.24. Miguel Ángel Codina, Fundición Hermanos Codina.

Otra obra digna de mención es la estatua ecuestre de Carlos III colocada en la Puerta del Sol de Madrid, así como los ocho leones del monumento a Alfonso XII del Parque del Retiro de Madrid, que se han sustituido por los de piedra que estaban muy deteriorados”.

Recetario del taller:

Para sacar **tonos blancos o grisáceos**, utilizamos sal de acederas; sólo la base mezclada con agua, no un ácido. Hay que aplicarla con calor moderado, templada, calentando la pieza con el soplete.

Para los **ocres y amarillentos**, se utiliza el cloruro de hierro o el sulfato de hierro, con temperatura templada, aunque aceptan más el calor que los blancos. No se puede insistir mucho con el soplete, porque si no, empiezan a salir colores raros y se quema la pátina. En general, cuando se dan las pátinas, normalmente hay que lavarlas luego muy bien con agua para quitarles el sobrante.

El **color rojo**, se consigue de forma muy similar al ocre. Se utiliza también el cloruro de hierro, aunque de forma más concentrada, según la cantidad de sales que mezclas con el agua; (si va más concentrado, te da tonos más oscuros). Normalmente se aplica en torno a un 10% de sales.

Para **rojizos** se utiliza el nitrato de hierro, aplicando mucho calor, poniendo la pieza casi al rojo vivo. Otra forma sería utilizando el ácido nítrico, mucha agua y limadura de hierro y trozos de hierro, haciendo el nitrato de hierro de forma manual, obteniendo tonos muy bonitos. Se utiliza mucho para hacer “voltein” y para patinar otros materiales que no sean el bronce. Esto también puede hacerse con el cobre, surgiendo el nitrato de cobre y saliendo con el nítrico (que es muy tóxico y peligroso).el cardenillo.

En cuanto a los **verdes**: hay muchos tipos; el que más se utiliza, se obtiene del cloruro de amonio, que es la sal de amoniaco mezclada con agua y con sal marina; se mezcla la sal de amoniaco con sal común y agua; (se usa un 10% de sales y el resto de agua). Se da la pátina en frío, obteniendo tonos verdosos claros.



Figura 4.25. Estatua ecuestre del general Espartero. Obra del escultor Pablo Gibert, de finales del siglo XIX. Ubicada en Madrid.

Para **verdes más azulados**, se utiliza el nitrato de cobre, con muchísimo calor, casi hay que quemar la pieza. Para dar una pátina tostada o tonos negros, se va añadiendo sulfuro. En las pátinas verdes, se suele dar una base de sulfuro, para que las partes más importantes de la escultura resalten, tengan más profundidad y sacar los tonos verdes o azules.

Para obtener una **pátina negra**, se da un sulfuro muy quemado, muy caliente. Si se quiere dar una pátina negra, se aplica directamente el producto (Ebonol A5, de Puligal que se aplica con mucho calor), pero también puede

usarse lavándose con agua, como base para todas las esculturas (sobre todo para las verdes).

Posteriormente, suelen aplicar a la obra cera “Alex”, que es una cera para muebles, con tres tonalidades: incolora, amarilla y nogal. Después, dependiendo de las esculturas, a veces le dan un barniz para metales, muy trabajado para que no salgan los brillos. La laca tiene el problema de que con el tiempo se va, salen una especie de escamas y se acaba levantando entera.

4.2.2 Consideraciones del escultor contemporáneo

Eduardo Capa, Escultor y creador y coordinador de la fundación Capa.

Para el escultor Eduardo Capa (figura 4.26), la pátina es el complemento de la escultura en bronce, “un proceso técnico que intenta lograr los resultados artísticos que se propone el escultor. Es imprescindible para los escultores saber patinar para poder aplicar los numerosos recetarios que existen al alcance de todos”. Sin embargo, Capa reconoce no tener una receta especial ya que cada escultura “exige su propia aplicación para poner en valor los acentos expresivos en su propio tratamiento”.

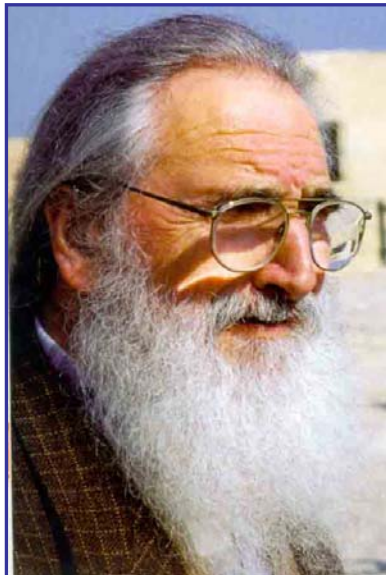


Figura 4.26. Eduardo Capa, Escultor y Fundador de la Fundación y Fundación Capa.

Eduardo Capa resalta el valor de esta técnica, ya que para él, “las pátinas son las que sellan el final de la ejecución de la escultura”.

Son sus operarios quienes aplican las pátinas en su taller, basándose en los conocimientos que el autor le ha transmitido a partir de su propia experiencia. (Castells González. 2002; Moreno Cuadro, 1998; Ulzurrun, 2002; Belda C., Navarro M^a T. (2002); Avia A. (2002); Reyero, 2002).

Miguel Moreno Romera, Profesor titular del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de Granada:

Según palabras del propio escultor, “las pátinas no son en sí una técnica escultórica. Para mi, la escultura es fundamentalmente, volumen y forma, su interacción con y en el espacio.

La pátina tiene el sentido de unificar y envolver la forma desde una perspectiva meramente visual. Un ciego puede hacer y aprehender escultura, conocerla y amarla sin que tenga ninguna preocupación por la tonalidad de su superficie. Me interesa más la textura que el color.

Yo partí de unas nociones básicas de patinado, desde ahí he trabajado mucho por intuición. En muchos casos no sigo un modo de trabajar “ortodoxo”; busco y en ocasiones encuentro. Los hallazgos conseguidos son fruto de mucha insistencia y, en muchos casos, han sido obtenidos por casualidad. No tengo ningún recetario específico porque tampoco me preocupa demasiado la pátina. El interés que puede tener, deriva de la idea de unificar o valorar algo concreto. La esencia está en la forma.

Una escultura puede funcionar con distintas pátinas, pero en mi obra soy muy austero a la hora de aplicarlas”. (Several A., (“El más joven...”), 1957; Several A., (“La orfebrería...”), 1957; Guillén R., 1996; Rodríguez J., 1997; Villar Ribot, 1974; Villar Ribot, 1974; Villar Ribot, 1974; Moreno Romera, 1992; Patón, 1999; Pita Andrade, 1975; Guillén, 2003; García Maldonado, 2003; Corcova, 1999; Corcova, 1999; Corcova, 1999).

Recetario de pátinas utilizado en el taller del escultor.

Cuero: Sulfuro potásico (hígado de bacalao o hígado de azufre), (figura 4.27)

Diluir:

- 1 parte de sulfuro de potasa en 10 partes de agua

Calentar la pieza con antorcha o soplete a una temperatura aproximada de unos 40 ó 50 ° C. Dar una imprimación de sulfuro potásico con brocha o spray.

Igualar el tono de la pátina calentando la pieza con la antorcha y frotando con un paño húmedo de algodón preferentemente. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario, hasta obtener el tono deseado, cuanto más frotemos con el trapo, más transparencia daremos a la pátina. Se puede dar por terminada la pieza con el brillo natural producido por el frotamiento del trapo o bien darle cera, esperar a que esta seque y frotar para abrillantar.



Figura 4.27 "Hombre", Escultura realizada en chapa de latón (aleación de bronce) 1997 177 por 77 por 51 cm.

Marrón: Sulfuro potásico y cloruro férrico.

Diluir:

1 parte de cada uno de ellos en 10 partes de agua.

Calentar la pieza con antorcha o soplete a una temperatura aproximada de unos 40 ó 50 ° C.

Dar una imprimación de sulfuro potásico con brocha o spray.

Igualar el tono de la pátina calentando la pieza con la antorcha y frotando con un paño húmedo de algodón preferentemente. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario, hasta obtener el tono deseado.

Posteriormente se da en caliente el cloruro férrico con brocha o spray, igualando el tono de la misma forma que hicimos con el sulfuro de potasio, cuanto más frotemos con el trapo, más transparencia daremos a la pátina.

Igual que con el tono cuero, se puede dar por terminada la pieza con el brillo natural producido por el frotamiento del trapo o bien darle cera, esperar a que esta seque y frotar para abrillantar.



Figura 4.28. Escultura pública en Ping-Tung, realizada para el festival de arte de dicha ciudad.

Negro marfil: Nitrato cúprico, (figura 4.28).

Diluir:

- 1 parte de nitrato cúprico en 10 partes de agua.

Calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con un spray con esta disolución. La pieza tomará un tono muy verde.

Posteriormente se quema hasta dejar la pieza completamente negra. Igualar el tono de la pátina calentando la pieza con la antorcha y frotando con un paño húmedo de algodón preferentemente. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario.

Se puede dar por terminada la pieza con el brillo natural producido por el frotamiento del trapo o bien darle cera, esperar a que esta seque y frotar para abrillantar.

Verde Veronés:- Sulfuro potásico, nitrato férrico o cloruro férrico y sales de amoníaco, (figura 4.29).

Diluir:

1 parte de cada uno de ellos en 10 partes de agua.

Calentar la pieza con antorcha o soplete a una temperatura aproximada de unos 40 ó 50 ° C. Dar una imprimación de sulfuro potásico con brocha o spray.

Igualar el tono de la pátina calentando la pieza con la antorcha y frotando con un paño húmedo de algodón preferentemente. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario, hasta obtener el tono deseado.



Figura 4.29. "Los Fenicios", 1987, monumento realizado en chapa de latón, Paseo Prieto Moreno, Almuñécar

Posteriormente se aplica nitrato férrico o cloruro férrico. Si aplicamos nitrato, calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con un spray con esta disolución, el tono obtenido será más violáceo. Si se aplica el cloruro calentaremos las piezas solo hasta unos 40° C, el tono en esta disolución es más verdoso.

Las sales de amoniaco se dan cuando la pieza esta fría y se obtiene un tono verde. Calentar un poco la pieza e igualar el tono verde con agua y frotando con un trapo húmedo.

Se puede dar por terminada la pieza con el brillo natural producido por el frotamiento del trapo o bien darle cera, esperar a que esta seque y frotar para abrillantar.

Verde Esmeralda: Sulfuro potásico, cloruro férrico y nitrato cúprico.

Diluir:

1 parte de cada uno de ellos en 10 partes de agua.

Calentar la pieza con antorcha o soplete a una temperatura aproximada de unos 40 ó 50 ° C.

Dar una imprimación de sulfuro potásico con brocha o spray.

Igualar el tono de la pátina calentando la pieza con la antorcha y frotando con un paño húmedo de algodón preferentemente. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario, hasta obtener el tono deseado.

Calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con spray o brocha cloruro férrico, el tono obtenido será violáceo, igualar el tono frotando con agua y un trapo húmedo.

Por último aplicar el nitrato cúprico con la pieza muy caliente aproximadamente 100° C. e igualar nuevamente el tono aplicando agua y frotando.

Se puede dar por terminada la pieza con el brillo natural producido por el frotamiento del trapo o bien darle cera, esperar a que esta seque y frotar para abrillantar.

Rojo Hierro: Nitrato férrico.

Diluir:

- 1 parte de nitrato férrico en 10 partes de agua.

Calentar la pieza con una antorcha hasta llegar aproximadamente a una temperatura de 100° C. y rociarla con un spray con esta disolución.

Igualar el tono de la pátina calentando la pieza con la antorcha y frotando con un paño húmedo de algodón preferentemente. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario, hasta obtener el tono deseado.

Se puede dar por terminada la pieza con el brillo natural producido por el frotamiento del trapo o bien darle cera, esperar a que esta seque y frotar para abrillantar.

Azules y violáceos: Sulfuro potásico, cloruro férrico y nitrato cúprico.

Diluir:

1 parte de cada uno de ellos en 10 partes de agua.

Se procede exactamente igual que para dar la pátina esmeralda, pero partimos de un fondo negro que se obtiene de quemar el sulfuro potásico o el nitrato cúprico, cuanto más oscuro sea el fondo, al aplicar el nitrato cúprico nuevamente, el tono variará desde el azul hasta el violeta dependiendo de la aleación del bronce.

Igualar el tono de la pátina calentando la pieza con la antorcha y frotando con un paño húmedo de algodón preferentemente. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario, hasta obtener el tono deseado.

Se puede dar por terminada la pieza con el brillo natural producido por el frotamiento del trapo o bien darle cera, esperar a que esta seque y frotar para abrillantar.

Miguel Ángel Sánchez García, escultor y Catedrático del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid.

Para el escultor Miguel Ángel Sánchez García, (Catedrático del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid), la pátina influye decisivamente en el acabado de la obra, dando un “toque final de aspecto agradable, que enriquece la forma escultórica”. Es en esta contribución al realce de la obra en la que el escultor encuentra el fundamento artístico de la pátina, aunque sin dejar de evidenciar su parte técnica.

Miguel Ángel Sánchez, se deja aconsejar por los operarios de la fundición a la hora de ejecutar las pátinas de sus esculturas de bronce, estando siempre presente en la patinación de sus obras.

La elección del color la realiza siempre en función de la obra, siendo las pátinas aplicadas a sus esculturas de bronce las que más profundamente han inspirado su obra personal.

La experimentación personal en la aplicación de las pátinas la ha practicado más en sus esculturas de escayola, donde el autor admite haber “experimentado muchas cosas, para imitar arcillas, bronce, piedra, etc.”

Aunque admite que el bronce puede funcionar con diversas pátinas, cree que “a veces puede ir mejor un color que otro a la temática de la obra”.

Rodolfo Conesa Bermejo, escultor y Catedrático del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid.

Para este escultor, la aplicación de la pátina adquiere tal importancia en el proceso artístico que “puede influir positiva o negativamente en el aspecto final de la obra” y va más allá, afirmando el fundamento artístico de la pátina, sobrepesando así su papel de mera técnica.

El escultor se inspira para la ejecución de las pátinas de sus esculturas en su larga experiencia; sus aplicaciones dependen del material en el que se ha realizado la obra; “cada material y cada obra tienen una pátina idónea”. (Conesa Bermejo, 1985).

Juan Carlos Albaladejo González, escultor y Catedrático del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de la Laguna de Tenerife.

Para Juan Carlos Albaladejo, la pátina: “Es un recurso como otro cualquiera, una terminación.”... “Tiene un fundamento artístico, como terminación de un material concreto, pero nada más. No tiene un especial protagonismo en la escultura; se la puede cargar, pero difícilmente mejorarla”.

Esta es la opinión que el escultor Juan Carlos Albaladejo, tiene sobre la pátina en la escultura. Pero a pesar de ello, es de los pocos escultores que se interesa por la lectura de libros donde poder obtener información sobre las pátinas, para realizar posteriormente su propia investigación. Este autor se nutre de libros como: “The Colouring, Bronzing and Patination of Metals” y “El recetario industrial”, entre otros.

Albaladejo experimenta en sus esculturas y realiza él sus propias pátinas, descubriendo en ocasiones nuevos tonos, como el azul turquesa realizado en frío, que a continuación nos describe:

“Mi recetario se fundamenta en nitratos con base de cobre, en donde el cobre que estoy utilizando está ya aleado con otros metales. Parto de una soldadura cobre-plata, a la que aplico ácido nítrico; de esta reacción, utilizo la sal

resultante (...) los tonos que se consiguen, son todos dentro de la gama de los verdes (figuras 4.30, 4.32), pero dependiendo de la aleación que el propio cobre aporte a la sal, da colores diferentes. Hago mis propias sales y por supuesto cualquier cosa susceptible de que haga una sal con ella, es lo que pruebo (si me gusta, me gusta y si no, pues no),... Yo utilizo colores que van del amarillo al rojo pardo (figura 4.31) y del verde, en todas sus tonalidades, hasta los azulados, todo a base de nítrico, potasa para oscuros y luego utilizo los diferentes metales, desde el hierro hasta el zinc, el aluminio o plomo. Para sacar los tonos ocre-amarillo, utilizo nitrato de hierro; pero el problema de esta pátina no es el contenido del ácido, porque depende de lo que estés usando, es decir, el hierro; ¿que es un hierro? hay mil tipos de hierro, de manera que cada uno te va a dar un color.". (...)



Figura 4.30. "Química". Facultad de Ciencias de la Universidad de la Laguna. Monumento realizado en bronce, con pátina original verde. La imagen muestra la pátina natural, que con el tiempo ha adquirido. Obra del escultor, Juan Carlos Albaladejo González.

“Pero el tema de la patina no es la receta, el tema es cómo la aplicas. Son siempre patinas calientes, menos la de la obra pública. Para ésta siempre utilizo patina fría, a base de amoniacos, vinagre, nitrato de cobre y un par de cosillas más, dependiendo de lo que tenga en ese momento. Los azules verdosos los saco, normalmente, en patina fría, con amoniaco y también nitrato de cobre. Siempre en frío porque el amoniaco, no conviene calentarlo de ninguna manera. Se hace una mezcla: sales de ácido acético, nitrato de cobre,

amoníaco y clorato potásico, se obtiene un turquesa muy bonito. (...) Esos son los tres grandes productos, con variantes: mezclas, proporciones, etc. Y para la patina en frío, además añadido el amoniaco.

Para la pátina en frío, dejamos a cada cual que mezcle las cantidades que más le gusten. Cualquier proporción da una pátina, aunque sea distinta. La cuestión a la hora de aplicarla es que durante una semana y al sol se lave a diario, repitiendo todos los días. Una vez seca, aplicar, dejar secar y lavar varias veces.

Puedes contaminar una pátina utilizando varias pátinas o simplemente salpicando, fumigando, con spray, o sumergiendo. Luego, la cantidad de calor que apliques incide en todo.

La pátina y sus terminaciones, dependen de la escultura, si ésta es pública o si está ubicada en el exterior o en el interior. Yo siempre le doy cera, interior y exterior. Para el exterior no le viene mal, para preservarla durante un tiempo y para el interior dura siempre. Últimamente se está utilizando cera de carrocería de coche; la que mejor va es la cera de los zapatos que es parafina realmente; es la que más dura. Yo uso cera de los zapatos en pasta y luego le doy con trapo y motor, entonces las dejo muy muy pulidas. Se quedan unas patinas muy transparentes, muy lavadas, estoy lavando constantemente, no dejo depósitos de sal y siempre el metal debe estar debajo, debe salir.”



Figura 4.31. "Sin titulo", microfusión, pátina verde. Obra del escultor, Juan Carlos Albaladejo González.



Figura 4.32. "Cualquier nube es buena". Obra del escultor, Juan Carlos Albaladejo. Puerto del Carmen, Lanzarote. Monumento realizado en bronce, con pátina original, verde y roja. La imagen refleja el estado actual natural, debido al tiempo que lleva expuesta al exterior.

José de las Casas Gómez, escultor y Catedrático del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid.

Para José de las Casas, la pátina tiene un papel importante dentro de la obra. Piensa que en función, del tipo de escultura de que se trate, le irá un tipo distinto de pátina; así, a una escultura más "tradicional", le irá bien un tipo de pátina "tradicional". Opina que ciertas pátinas potencian más el volumen, mientras otras van más en el sentido de realzar el color. Por ello, el autor considera que la pátina tiene un papel importante, aunque hay que tener en cuenta también que el tiempo de ésta es efímero, ya que a la larga, "la pátina va a hacer lo que le dé la gana y se va a ir donde le dé la gana, dependiendo de

dónde se ponga la obra (si está situada al lado del mar, con las sales se irá a unos verdes bestiales, mientras que si está dentro de la ciudad, con la polución se irá a tonos negros y si la cagan mucho las palomas se irá perdiendo el volumen de la obra)".

Para este escultor la pátina, tiene un fundamento artístico pero hay que tener en cuenta que una patina "tradicional", va a cambiar poco la obra, ya que son pátinas muy establecidas, mientras que tendrá más fundamento artístico si el artista busca algo novedoso por sí mismo.

José de las Casas le da un carácter pictórico a sus pátinas, frente a otros escultores, que ven la terminación de la obra tan solo como volumen. Le gusta que su obra tenga un sentido de color, que haya mucho colorido en las pátinas y mezclarlas. Piensa que a una pieza expresionista, le va por lo general una pátina fuerte en color y cuanto mas fuerte sea el modelado, más fuerte admite que sea la pátina. (figura 4.33). También, cuanto más color y más entremezclada sea la pátina, más "se carga" el sentido de potenciación del volumen, pero a la vez, gana más en el sentido de cuadro y de arte; es mucho más expresiva.

Sobre el recetario y autores en los que se inspira para la ejecución de las pátinas en sus esculturas, comenta: "lees o ves en un momento dado, un libro en una biblioteca, o el que tienes en la cabecera de la cama, como el de Hoskins u otros, pero soy bastante practico y lo que he hecho más es experimentación. Veo cualquier ácido que tienen en las distintas fundiciones por donde me muevo y lo pruebo a ver cómo funciona, si es en frío o con calor, ya que los ácidos son muy cambiantes e incontrolables, porque dependen mucho del calor, del lavado..., con tantísimos condicionantes, mi funcionamiento es que dejo lo que me gusta y si no me gusta, sigo insistiendo".

Artísticamente, las pátinas que más le inspiran en su obra, son "pátinas muy fuertes de color, muy envueltas también, muy expresionistas; se podría definir como expresionismo abstracto encima de esculturas o algo así. Me gusta más, aunque últimamente haya utilizado un pulverizador, las que son chorreadas con brocha".

Prácticamente siempre ejecuta las pátinas de su obra: "Cuando me las hacen los profesionales no me gustan y las tengo que cambiar. Además, siempre me ha gustado en general hacerme yo las pátinas".

Es de la opinión de que, una escultura puede funcionar con distintas pátinas, pero no va a funcionar de la misma forma. El color tiene una preponderancia y un poderío muy fuerte y normalmente "se carga" el volumen, con lo cual las obras cambian muchísimo. "Podemos decir que en general, a cada escultura le van un tipo de pátinas, no una pátina concreta, pero sí un tipo de pátinas. Así, en una escultura muy naturalista, sólo puedes potenciar el

volumen; puedes cambiarla o no de color, pero en realidad sólo puedes potenciar el volumen.

En esculturas naturalistas, se dan pátinas más “comedidas”, que en general lo que potencian más es la luz y la sombra, más como una mancha, con distintos tonos. En el naturalismo, importa menos que lleve unos tonos u otros, lo que sí en general va unido, es que en el realismo, o en naturalismo, se limita al claroscuro, a potenciación del volumen. Sin embargo, hay otro tipo de obras, más sencillas, limpias o minimalistas, que admiten mucho más juego de color. En obras muy lisas, va más; se han hecho muchas pátinas muy adornadas y muy decorativas, sobre bronce pulido.

Los modelados muy expresionistas, permiten pátinas que se prestan más a chorreados, a cosas más parecidas a un expresionismo abstracto; que es el que yo uso más. Tienes que ir jugando, ya que esto no es una ciencia cierta; es muy difícil que la pieza coja el mismo ácido, a la misma temperatura. Cuando la pieza es muy grande, te manejas con sistemas intuitivos, como pueda ser en un cuadro, donde mantienes lo que te gusta y lo que no, lo sigues trabajando hasta que te guste”.



Figura 4.33. Escultura del escultor José de las Casas, sin título.

RECETARIO.

“Lo que más uso con diferencia, son colores normales; por un lado **los derivados del cúprico, que siempre son verdes** y **los derivados de los férricos, que van desde los naranjas hasta los cueros**. En los verdes hay muchas intensidades y tipos de verdes dependiendo de qué tipo se usen y también dependiendo del calor, porque por ejemplo, uno de los (tonos) negros que funcionan mejor es el verde quemado. En general me gusta que en algunas zonas, siempre que se pueda, haya pátinas transparentes, que dejen traslucir el bronce. Normalmente no suele quedar bien que haya un contraste muy fuerte, entre el tono que tú das y el amarillo del bronce; queda mejor si el contraste no es muy “bestia”. Sin embargo, en las fundiciones hay mucha manía normalmente de no dar pátinas transparentes, sino de empastar las pátinas porque encubren todo lo que han hecho mal, todos los repasados, todas las soldaduras y todo lo que es difícil de igualar. En mis obras se nota, porque no las enmascaro, porque no empasto las pátinas, sino que las dejo transparentes. Así tardan más tiempo en que esas cosas no se noten, aunque el tiempo puede con todo”.

Antonio López García, Escultor y Pintor

Para el escultor Antonio López, “lo que importa es la forma de la escultura, la pátina es un maquillaje y tiene una relativa importancia. Tiene un componente artístico y apoya lo que se quiere conseguir con la escultura, pero el 99% de la obra artísticamente hablando, es la escultura y la pátina el 1%”. Esta es la opinión más clásica como observamos, que el pintor y escultor Antonio López tiene sobre las pátinas.



Figura 4.34. Escultura del escultor Antonio López: Juan Carlos I y Sofía, Reyes de España.

Normalmente, él no da las pátinas a sus esculturas, lo deja en manos de expertos, siempre bajo su supervisión y a veces, las retoca aplicando sobre ellas oleos y o acrílicos.

Gusta terminar la escultura con tonos grises (figura 4.34), dorados e incluso con un baño de oro o plata, dependiendo de lo que la obra pida. Actualmente está trabajando en una escultura monumental, el retrato de su nieta (figura 4.35), a la que aún no sabe que pátina va a aplicar definitivamente. (Fernández-Braso, Ullán, 1977; López Arribas, López García, 1998; López García, Esteban Leal, 1993; López García, 2001; Marín Medina, 1978; López-García A., Martínez Sarrión A., Ramo J., 1995; Sullivan E. J., 1996; Belda C., Navarro M^a T., 2002).



Figura 4.35. Antonio López, trabajando en su taller, en la escultura del retrato de su nieta, en abril del 2008.

Tomás Bañuelos Ramón, escultor y profesor del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid.

Tomás Bañuelos prefiere dar sus propias pátinas a su obra. Para él, la pátina es: “una parte importante de la valoración de la escultura, aunque no es la protagonista, es un recurso más de la obra de arte. La pátina es a la superficie en la figura, como la anatomía a la forma, es un recurso más pero no es el todo. Una mala pátina puede malograr la escultura, hay que valorar la escultura y buscar la pátina adecuada.” (....)

“Pero hablemos de la escultura y el arte; la forma exige a veces un mayor compromiso de la superficie. Cuando la obra es abstracta, se puede dar un juego de pátina con mayor textura y exceso intencionado del papel de la pátina”.

La experiencia ha sido la base de su recetario particular; no se ha inspirado en recetarios bibliográficos.



Figura 4.36. Escultura del escultor Tomás Bañuelos Ramón: Cristóbal Colón, Londres 1992.

Dependiendo de la ubicación y la propia escultura, (tamaño, textura de la superficie, etc.), utiliza unos colores u otros. “En los monumentos, uso más los verdes, porque al final terminan siendo verdes y no quiero sorpresas. Dependiendo de la textura, hago una pátina más movida que otra. Hay esculturas que tienen más matización en el modelado o forma y le doy una pátina monocroma. Cuando la forma es movida, con mucha potencia y recursos matéricos en la superficie, entonces necesita una pátina con más colorido y varios tonos, siempre jugando con los complementarios. Si le das azul, no le daría rojo, los verdes azulados, van más con el blanco. Los verdes ferrosos los saco con cloruro de hierro, para sacar los rojos. Lavo mucho las pátinas y si no tengo prisa en vez de dar calor, aplico los químicos y los dejo actuar varios días. En invierno si los caliento” (...).

“En la escultura monumental, la pátina la doy teniendo en cuenta el entorno y el color de fondo. La obra está relacionada con la expresión de la forma y el ambiente que le rodea y la pátina irá de acuerdo con ese entorno” (...). “Influyen la textura y otros condicionantes, pero la obra puede funcionar con distintas pátinas” (figura 4.36).

Recetario que usa:

Para cualquier tono, da un baño de sulfuro de potasio para oscurecer la pieza (sobre todo si la escultura va al exterior); si va al interior, no es necesario.

Pátina blanca: primero aplica la base de sulfuro de potasio. Luego calienta la pieza con el soplete y da una disolución de sal de amoníaco diluida en agua.

Pátina ocre: tras dar la base de sulfuro de potasio, da una disolución de óxido de hierro en agua. Esta pátina, tolera mejor el calor que la anterior. Si no se puede calentarse mucho la pieza, se da la disolución y se deja 24 horas, optimizando la oxidación y evitando la cristalización.

Pátina rojiza: después de dar la base, se aplica nitrato de hierro. Esta pátina ensucia mucho, por lo que hay que darla muy diluida y sin mucho calor. Lo mejor es aplicarla de un día para otro y sin calor.

Pátina verde: tras dar la base, se aplica una disolución de sal de acederas y vinagre. También puede aplicarse en frío o en caliente.

Pátina azul: sobre la base de sulfuro, se aplica sal de acederas o sales de amoníaco. Después le aplica nitrato de cobre o cloruro de cobre a la pieza, calentándola con el soplete y lavándola mucho.

Pátina negra: tras la base de sulfuro, insiste en esta disolución, con mayor concentración de sulfuro. Aplica calor a la pieza y la lava mucho.

Este escultor, ve conveniente aplicar cera sobre la pieza como acabado, sobre todo si la pieza se ubica en el exterior. En las piezas de interior, utiliza este acabado en algunas ocasiones, aunque no sea necesario.

Augusto Moreno Rodrigo. Escultor y Pintor

El escultor Augusto Moreno, expresa con estas palabras, su experiencia personal con las pátinas, como medio de expresión y plástico en la escultura:

“Mi obra es el resultado de una investigación empática, basada en mi experiencia como pintor y escultor. Las pátinas como medio y fin de expresión plástica, sobre la chapa metálica de latón, material que utilizo como base, para darles vida, son el recurso plástico que en la actualidad estoy utilizando en la elaboración de mi obra.

Para un mejor entendimiento de cómo llego a la utilización de dicho material y a la incorporación de las pátinas como procedimiento de trabajo, haré un pequeño recorrido del proceso y desarrollo de estos elementos plásticos para la creación pictórica.

Mi formación nace en el taller del escultor y orfebre Miguel Moreno, mi padre, quién me inicia en el dibujo, modelado, forja, fundición a la cera perdida, cincelado, etc. Con el tiempo, el trabajo en el taller me va enriqueciendo y me permite a su vez el conocimiento exhaustivo de los diferentes materiales y oficios propios del taller.

Paralelamente, por mi cuenta, me entusiasmo con la pintura, conociendo las distintas técnicas pictóricas: temple al huevo, óleo, acuarela, acrílicos o encáustica, tanto sobre madera, papel o tela y conociendo también a pintores como: Brazam, José Manuel Darro, Jesús Conde, Benito Prieto etc., quienes me aportan no sólo conocimientos técnicos, sino también y lo más importante, el amor a la pintura. Esto me lleva a estudiar en 1989 a la Facultad de BBAA de Granada, donde hago la especialidad de pintura, con profesores que me enriquecen tanto en el dibujo, como en el color....

Tanto en la Facultad como en el trabajo en el taller, surge la dualidad (escultura-pintura). El amor por los dos medios de expresión, me lleva a la unión de ambas en una misma obra (escultopintura).

En este proceso, encuentro que la pintura tradicional me es insuficiente y por este motivo, me separo de ella, abandonando así la pintura sobre soporte, ya sea con una u otra técnica. En el desarrollo de mi trabajo escultopictórico no

abandono de inmediato las técnicas aprendidas, ya que sigo usándolas aunque con una visión nueva, fruto de nuevos conceptos planteados.

En un principio comienzo por introducir escultura sobre plano de manera literal, facilitándome dicho procedimiento el conocimiento técnico adquirido en el trabajo diario de taller: forja, cincelado, soldadura, o pátina.

Estos objetos, como yo los llamo, se componen en un principio de esculturas forjada, soldadas y patinadas, también de pintura sobre los soportes donde se localizan dichas esculturas, principalmente maderas, trabajadas con gubias y quemadas al fuego que interrelacionándose con las esculturas, crean identidad propia. Con éste procedimiento realicé bastantes series.

Posteriormente, como ocurre siempre en el trabajo creativo, estos encuentros me llevan por otros derroteros y el redescubrir las calidades propias de la chapa, tanto en sus texturas producidas por el martillo sobre yunque, o a través del cincelado, como por las gamas cromáticas producidas por las pátinas, dan un nuevo giro a mi trabajo. Gradualmente abandono esta manera de trabajar y vuelvo al plano pictórico, pero esta vez con una visión diferente de entender la pintura (figura 4.37).

La chapa metálica y sus propiedades tienen su propio lenguaje, completamente distinto a lo ya aprendido con anterioridad. Descubro que respetando las cualidades propias del material y su juego con las pátinas, abren un mundo nuevo y distinto al que ya conozco. La chapa batida, cincelada y patinada tiene un discurso, un lenguaje propio que la hace singular, se me abre un nuevo camino.

La chapa la trabajo de diversas maneras; sometiéndola a un martelé, cincelándola, dejándola completamente lisa, lijándola etc.

La utilización del cincelado, buscando la evidencia del dibujo. Soldando distintos módulos para obtener un bloque, donde la evidencia de los puntos de soldadura le dan un carácter propio. Y para terminar cada obra la pátina.

Últimamente estoy elaborando mis trabajos exclusivamente con pátinas sobre la chapa, prescindiendo del martelé, cincelado etc., ya que encuentro que estos preliminares, de alguna manera encaminan la obra a posteriori y eso en este momento creo que la condicionan. La utilización de la pátina de manera directa sobre la chapa lisa, me permite más libertad y el no tener nada preconcebido, si no una ligera idea que conservo en mente. De esta manera es la propia obra la que se va imponiendo, la sugerencia de un recuerdo, de una idea vivida, un querer insinuar pero no evidenciarlo.

Es cierto que la utilización de la pátina sobre chapa metálica favorece este proceso de trabajo, ya que el doblegarla es arduo difícil.

Las pátinas que más utilizo son: Sulfuro potásico, cloruro férrico, nitrato férrico, nitrato cúprico y sales de amoníaco, que trabajándolas a diferentes temperaturas obtendremos las distintas tonalidades cromáticas. Estas suelen ir desde los ocre, amarillos, anaranjados, pasando por los verdes y azules hasta llegar al negro más intenso. Dependiendo a la cantidad de fuego a que se vean sometidos, obtendremos unos u otros.

Llevo más de diecisiete años trabajando con las pátinas aplicadas a mis cuadros y más de 22 años trabajando con las pátinas en las esculturas. Pienso que me queda un mágico y maravilloso mundo por descubrir, seguiré intentándolo.”



Figura 4.37. Torre de la Vela, obra del Escultor Augusto Moreno. Realizada en chapa de latón con diversas pátinas y madera con maya metálica, pintada con óleos y acrílicos.

4.2.3 Conclusión y debate sobre las pátinas de los escultores y patinadores contemporáneos

Los dos epígrafes anteriores revelan como existen disparidad de opiniones entre los escultores contemporáneos y los maestros patinadores sobre lo que es una pátina y la forma de aplicarla a su obra.

Conociendo a fondo las pátinas, podemos jugar y crear libremente en los diversos campos artísticos, pues su uso no es exclusivo de la escultura. Esto podemos comprobarlo en la actualidad, en la obra de diversos pintores que utilizan las pátinas para dar color y texturas a sus cuadros, mezclándolas con otras técnicas. Así, por ejemplo, podemos apreciar en la obra del artista Augusto Moreno (figura 4.38), cómo sobre una base de madera, utiliza oleos, e introduce materiales como el latón, dándole color con pátinas corrosivas inducidas con químicos, mezcladas con pigmentos, para la obtención de algunos colores determinados, que no consigue con productos químicos.

Las palabras del artista Augusto Moreno Rodrigo, nos hacen comprender lo importantes que para su obra son las pátinas:

“Las calidades propias de la chapa, tanto en sus texturas producidas por el martillo sobre yunque, o a través del cincelado, como por las gamas cromáticas producidas por las pátinas, dan un nuevo giro a mi trabajo.

La utilización de la pátina de manera directa sobre la chapa lisa, me permite más libertad y el no tener nada preconcebido, si no una ligera idea que conservo en mente. De esta manera es la propia obra la que se va imponiendo, la sugerencia de un recuerdo, de una idea vivida, un querer insinuar pero no evidenciarlo”



Figura 4.38. "Asombroso Crepúsculo", técnica mixta: Chapa de bronce batida, cincelada y soldada con madera y tela metálica. Obra del artista Augusto Moreno.



Figura 4.39. Obra del escultor madrileño Pablo Arriba del Amo.

Otros escultores que encuentran un interés expresivo y plástico, en las pátinas, considerándolas arte y no mera técnica, son los escultores Pablo Arriba del Amo y José de las Casas, que como veremos a continuación comparten la ejecución de algunas obras, sobre todo monumentales. Para ellos la pátina final de la escultura tiene el mismo valor que la obra, ya que es parte de ella y sin la pátina dada, la obra no tendría el mismo dialogo expresivo.



Figura 4.40. Escultura del escultor madrileño Pablo Arriba del Amo

Los escultores Pablo Arriba del Amo y José de las Casas, ambos profesores de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid, en su búsqueda de expresión y creatividad, utilizan muy diversas pátinas, jugando estas un papel fundamental en sus obras. En la escultura de Pablo Arriba del Amo (figura 4.39), apreciamos cómo la textura y expresividad de la pátina en tonos blancos, ocre y naranjas, dan un carácter primitivo a la figura. El caballo del mismo escultor (figura 4.40), nos transmite, por su parte, (dentro del primitivismo que observamos en sus obras), un mayor dinamismo; la escultura es más estilizada y menos ruda que la anterior, características estas, que se acentúan con la acertada pátina, en tonos verdes, rojos y pardos oscuros escogida por el artista.



Figura 4.41. Fragmento del relieve de Quevedo, pieza del conjunto escultórico "Escritores Ilustres", ubicada en Móstoles (Madrid). Conjunto escultórico, realizado por los escultores madrileños José de Las Casa y Pablo Arriba del Amo.

En el fragmento del relieve de Quevedo (conjunto escultórico "Escritores Ilustres", ubicado en Móstoles (Madrid), realizado por los escultores madrileños José de Las Casa y Pablo Arriba del Amo) (figura 4.41), la textura y expresividad de la pátina, en tan amplia gama de colores, interactúa y se funde en algunas zonas y en otras se acentúa, dando gran expresión y fuerza al rostro. Los distintos colores de pátinas ocres, naranjas, rojos, pardos y verdes, se muestran de forma agresiva, dando un carácter rudo y primitivo al rostro.



Figura 4.42. Conjunto escultórico, realizado por el escultor madrileño José de Las Casas.

En la figura 4.42, apreciamos cómo el escultor José de las Casas, utiliza las pátinas en esta obra “policromada”, como una paleta de colores, definiendo pictóricamente, la ropa, los objetos y el color de la carne de los monos, con el reactivo químico correspondiente a cada pátina.

José de las Casas le da un carácter pictórico a sus pátinas, frente a otros escultores, que ven la terminación de la obra tan solo como volumen. Le gusta que su obra tenga un sentido de color, que haya mucho colorido en las pátinas y mezclarlas. Piensa que a una pieza expresionista, le va por lo general una pátina fuerte en color y cuanto mas fuerte sea el modelado, más fuerte admite que sea la pátina. También, cuanto más color y más entremezclada sea la pátina, más “se carga” el sentido de potenciación del volumen, pero a la vez, gana más en el sentido de cuadro y de arte; es mucho más expresiva.

Artísticamente, las pátinas que más le inspiran en su obra, son “pátinas muy fuertes de color, muy envueltas también, muy expresionistas; se podría definir como expresionismo abstracto encima de esculturas o algo así. Últimamente después de haber utilizado un pulverizador, hace lo que llama “las pátinas chorreadas con brocha”.

Con modelados muy expresionistas, usa pátinas, que se prestan más a chorreados, a cosas más parecidas a un expresionismo abstracto que es el que usa más. “Tienes que ir jugando, ya que esto no es una ciencia cierta; es muy

difícil que la pieza coja el mismo ácido, a la misma temperatura, cuando la pieza es muy grande, con lo que te manejas con sistemas intuitivos, como en un cuadro, donde mantienes lo que te gusta y lo que no, lo sigues trabajando hasta que te guste”.

Otro ejemplo del uso e interacción de las pátinas en la obra pictórica y su utilización como medio de expresión plástica, lo vemos en la obra “Amanecer”, obra de la autora de esta investigación (figura 4.43), donde las líneas que dan dinamismo al tríptico son chapas de bronce batidas, tratadas con pátinas, en las que se buscan texturas y expresión, jugando con los distintos reactivos químicos.



Figura 4.43. “Amanecer”, Tríptico de la autora de la tesis, Cristina Moreno Pabón, donado a la Colección de Arte Contemporáneo de la Universidad de Granada. Técnica mixta sobre tabla trabajada, oleos, tintas lejías y chapa de latón patinada.

De forma un poco menos expresiva que los escultores anteriores, tenemos al escultor Tomás Bañuelos que también prefiere dar sus propias pátinas, a su obra. Para él la pátina es: “Una parte importante de la valoración de la escultura, aunque no es la protagonista, es un recurso más de la obra de arte. La pátina es a la superficie en la figura, como la anatomía a la forma; es un recurso más, pero no es el todo. Una mala pátina puede malograr la escultura, hay que valorar la escultura y buscar la pátina adecuada.” (....)

“Pero hablemos de la escultura y el Arte. La forma exige a veces un mayor compromiso de la superficie. Cuando la obra es abstracta, se puede dar un juego de pátina con mayor textura y exceso intencionado del papel de la pátina”.

“Dependiendo de la textura, hago una pátina más movida que otra, hay esculturas que tienen más matización en el modelado o forma y le doy una pátina monocroma. Cuando la forma es movida, con mucha potencia y recursos matéricos en la superficie, entonces necesita una pátina con más colorido y varios tonos, siempre jugando con los complementarios”.

En contraposición encontramos otros escultores que tienen una visión más clásica de las patinas (Eduardo Capa, Miguel Moreno Romera, Miguel Ángel Sánchez García, Rodolfo Conesa Bermejo o Antonio López García).

Así, para Eduardo Capa, la pátina es el complemento de la escultura en bronce, “un proceso técnico que intenta lograr los resultados artísticos que se propone el escultor. Cada escultura exige su propia aplicación para poner en valor los acentos expresivos en su propio tratamiento”. Pero resalta el valor para el de la pátina como técnica, ya que para él, “las patinas son las que sellan el final de la ejecución de la escultura”.

En el caso del escultor Miguel Moreno Romera, también con una visión más clásica, opina que: “las patinas no son en sí una técnica escultórica. Para mí, la escultura es fundamentalmente, volumen y forma, su interacción con y en el espacio; me interesa más la textura que el color. El interés que pueden tener, deriva de la idea de unificar o valorar algo concreto. La esencia está en la forma”

De forma parecida opina el escultor Miguel Ángel Sánchez García: “la pátina influye decisivamente en el acabado de la obra para el escultor, dando un toque final de aspecto agradable, que enriquece la forma escultórica. En esta contribución al realce de la obra es en la que el escultor encuentra el fundamento artístico de la pátina, aunque sin dejar de evidenciar su parte técnica”.

Por otro lado, para el escultor Rodolfo Conesa Bermejo, la aplicación de la pátina adquiere tal importancia en el proceso artístico que “puede influir positiva o negativamente en el aspecto final de la obra” y va más allá, afirmando el fundamento artístico de la pátina, sobrepasando así su papel de mera técnica.

El escultor Antonio López García, es el que tiene la visión más clásica de todos los escultores a los que hemos entrevistado. Para él: “lo que importa es la forma de la escultura; la pátina es un maquillaje y tiene una relativa importancia. Tiene un componente artístico y apoya lo que se quiere conseguir con la escultura, pero el 99% de la obra artísticamente hablando, es la escultura y la pátina el 1%”. Esta es la opinión más clásica

También existen distintas opiniones entre los maestros patinadores de los talleres de fundición sobre las patinas. En el taller de Eduardo Capa, la pátina es para el maestro José Luis López, una mera técnica que no alcanza el calificativo de Arte; es una técnica que, en su taller se nutre del autoaprendizaje,

de las recetas utilizadas por sus predecesores o de las que pueden descubrirse por puro azar y sobre todo de la práctica diaria.

En contraposición, tenemos a Ismael García García. “A mi me gusta mucho el mundo de las pátinas y siempre ando investigando pátinas nuevas, por lo que normalmente acierto en la pátina que doy y el escultor confía en mi y queda satisfecho, ya que llevo veinticinco años investigando sobre las pátinas porque me apasionan.” Como hemos podido deducir de las respuestas de este patinador-escultor, para él, las pátinas son todo un mundo artístico que siempre hay que seguir investigando y no una mera técnica.

Miguel Ángel Codina, ante la disyuntiva de si piensa que la pátina es una mera técnica o la incluiría dentro de las artes, opina que es un arte con mucha técnica. “En realidad, es un arte, porque depende de muchos factores (del calor que apliques, de cuándo lo apliques, de la temperatura, del ambiente, etc.). A veces estás más inspirado y la pátina te sale de forma fluida y otras no la consigues y tienes que rehacerla totalmente. Además, son necesarias la técnica y mucha experiencia”, por lo que se inclina por pensar que la patinación es un arte.



CAPÍTULO 5

Aplicaciones Prácticas

5. Aplicaciones Prácticas

5.1. Visión artística de corrosión y pátina.

Con el nacimiento de nuevos materiales y nuevas técnicas y gracias a la pérdida del rigor de los estereotipos normativos, el arte ha aportado a los artistas contemporáneos la posibilidad de una expresión completamente libre y sin límites de sentimientos, inquietudes y por supuesto reivindicaciones, de todo tipo, que ayudan al artista a abrirse, pudiendo conocerse mejor a sí mismo a través de su obra y mostrar desde su interior la desnudez de su alma al mundo. En este sentido el arte es la mejor terapia de la que el artista dispone, ya que este le permite liberarse, transmitiendo en cada momento o fase de su vida su sentir y pensar.

La naturaleza y los efectos que la corrosión sufre, por sus procesos fenomenológicos naturales, resulta siempre tema de fascinación. Los acabados y la coloración que de forma natural adquieren los metales por la corrosión en el transcurso del tiempo, pueden actuar de forma hipnótica; la diversidad de gamas de colores y tonos, que se entremezclan en los broncees arqueológicos, es un regalo de la naturaleza para nuestros sentidos.

La búsqueda de esta gama de colores naturales, pero a través de un proceso corrosivo artificial y controlado, así como la interacción de los nuevos materiales, son un medio dialéctico de gran importancia en las aplicaciones prácticas referenciadas en este capítulo.. En los procesos corrosivos, por simples que puedan parecer cuando los observamos en la naturaleza, e igualmente en los de creación artificial, intervienen múltiples y variados factores, que hacen de ellos un fenómeno complejo. Por ello, podemos considerar imprescindible el conocimiento del proceso de corrosión y todos sus factores, garantizando gran parte del éxito de las pátinas que pretendemos obtener y el posible juego creativo entre ellas. Los resultados obtenidos pueden variar en función de la temperatura aplicada al metal, de la humedad medioambiental, de la concentración de los químicos, etc. Asimismo, habría que verificar, en el caso del bronce, que la aleación sea la misma, en el supuesto de que queramos una pátina uniforme, puesto que éste es otro factor que puede ocasionar grandes cambios en la coloración por oxidación de cualquier escultura, influyendo en los volúmenes y texturas de ésta.

Así ocurre, por ejemplo, en el caso de la obtención de las pátinas y acabados de las esculturas, donde es muy importante que el color deseado se aproxime el máximo posible al que el óxido forma de modo natural y que sea homogéneo, para que no realce más la pátina que la propia escultura.

En contraposición, podemos encontrar que la protagonista en la obra sea la propia pátina e incluso la corrosión activa, dejando así al azar si al artista le interesa, que sea la `propia naturaleza en el caso de la corrosión activa, la que vaya dando forma con el tiempo a la obra; En el caso de las pátinas artificiales podemos realzarlas artísticamente de forma creativa, jugando con colores, texturas, materiales, aleaciones, etc... . En este caso lo esencial en la obra es la pátina.

5.2. Corrosión y pátinas artísticas. Aplicaciones prácticas.

La igualdad de razas y su libertad, en todos los aspectos, es la inspiración de la obra mostrada en la Fig. 5.1. Las cinco pátinas utilizadas en ella son fundamentales para, expresar el sentido de la obra.

Para reflejar las cuatro razas, nos servimos de cuatro pletinas de bronce, cinceladas y soldadas en forma esférica, aludiendo en su colocación a la estructura del átomo, como principio del universo y de igualdad. Cada raza tiene una pátina distinta: blanca, ocre, roja y negra. Las alas, como símbolo de libertad y unión, fueron dejadas en el color natural de la chapa de latón, para aludir al brillo de la pureza y lo immaculado; únicamente fueron protegidas, con barniz zapón, especial para metales que se ubican en la intemperie (figura 5.1, arriba).



Figura 5.1. “Mundo libre”, Escultura de Chapa de bronce batida, cincelada y soldada, con listones de latón. Pátinas aplicadas: natural, blanca, ocre, negra y roja. Arriba, obra en su origen y pátinas iniciales en 1997. Abajo, obra en la actualidad (2007), con las pátinas que con el paso del tiempo ha adquirido, a la intemperie, en el clima de Granada capital.

Esta obra quiere reflejar la Esta escultura es un ejemplo claro de cómo el paso del tiempo interfiere en las pátinas, incluso con protección. Transcurridos diez años desde su ubicación en el exterior, cada pátina ha evolucionado de forma distinta; la blanca ha desaparecido, la ocre se ha tornado parda, la roja, es la que mejor se ha mantenido y la negra por su parte es más parduzca que originalmente. Por supuesto la pátina natural, ha perdido el brillo dorado del latón y la luz, siendo ahora parda clara y sin brillo (figura 5.1, abajo).

Fuerza en su máxima potencia, imponiéndose con virilidad, dando la impresión de poder y seguridad, para conseguir superar todo aquello que se cruce en su camino.

El material usado en esta escultura (figura 5.2), ha sido fibra de vidrio, sobre la que se ha aplicado una carga de limadura de bronce en resina de poliéster, terminada con una pátina verde de nitrato cúprico, al 20% de concentración. La terminación de la superficie de la escultura, tiene una textura, que permite a la pátina penetrar mejor, introduciéndose entre las ranuras y poros, reteniendo mejor la pátina. Desde la finalización de la obra, ésta fue ubicada en el exterior. (figura 5.2, arriba).

La aplicación del color en esta pátina realizada sobre resina, no ha sido dada, lógicamente con soplete, sino con un decapante cuya temperatura es más suave. El proceso de aparición del calor es más lento, pero el material de base (resina de poliéster) así lo requiere, pues a mayor temperatura se derretiría, deformando las texturas y formas de la superficie de la escultura, e incluso la propia escultura si el calor es elevado.

Esta pátina es muy estable (como comprobamos en el capítulo de colorimetría) y no es necesaria fijarla con cera para evitar su deterioro, se ubique en el exterior, o en interior. Aunque no era necesario, fue terminada en cera inicialmente, para darle más brillo, pero rápidamente la perdió. Como se aprecia en la escultura (figura 5.2, abajo), tras el paso de diez años, en esta escultura y específicamente en la pátina, se comprueba cómo sin la protección, la pátina verde en el exterior, puede permanecer prácticamente inalterable.

Lógicamente ha perdido el brillo metálico inicial, y se ha acentuado el color verde, debido al medio atmosférico de su ubicación.

La Venus original, está modelada en barro y con un movimiento suave, buscando formas armónicas, suaves, estilizadas y seguras, que reflejen una mujer activa, decidida y dulce a la vez, preparada para la vida que en esta sociedad le ha tocado vivir, en la que ha de estar y ser perfecta.



Figura 5.2. Torso Masculino, "Fuerza". Escultura hecha en: Limadura de bronce con resina de poliéster, con pátina verde. Izquierda, obra en su origen y pátina inicial en 1997. Derecha, obra en la actualidad, 2007 y evolución de la pátina con el paso del tiempo, a la intemperie, en el clima de Granada capital.



Figura 5.3. Torso femenino, "Venus", Escultura: Limadura de bronce con resina de poliéster, con pátina blanca.2003.

Este torso, fue reproducido en diversos materiales, para experimentar y analizar los diferentes efectos derivados de la aplicación de las diversas pátinas. El color, la luz y texturas, varían según la pátina o pátinas utilizadas, influyendo de forma determinante en los volúmenes y en la escultura en general.

En este caso el material usado (figura 5.3), ha sido fibra de vidrio, sobre la que se ha aplicado una carga de limadura de bronce en resina de poliéster, terminada con una pátina blanca de ácido bórico en una concentración del 30%. Al tener la escultura una superficie de terminación más texturizada, la pátina ha agarrado mejor, introduciéndose entre las ranuras y reteniendo de esta forma las sales de ácido bórico.

Al igual que la escultura anterior, (figura 5.2), la aplicación del calor en esta pátina realizada sobre resina, no se realizó con soplete, sino con decapante cuya temperatura es más suave. El color blanco, tarda más en aparecer, pero

como se menciona anteriormente, el material de base (resina de poliéster) así lo requiere, para no deformar las texturas y formas de la superficie de la escultura.

Como comprobamos en el capítulo de colorimetría, esta pátina es muy inestable y necesita la fijación con cera para evitar su deterioro, intensificando su perdurabilidad en el tiempo, por lo que se ha protegido, siguiendo las recomendaciones de este recetario, con un par de manos de cera.

El paso de cuatro años, en esta escultura y específicamente en la pátina, demuestra que con la protección adecuada, la pátina blanca en el interior, puede permanecer prácticamente inalterable.

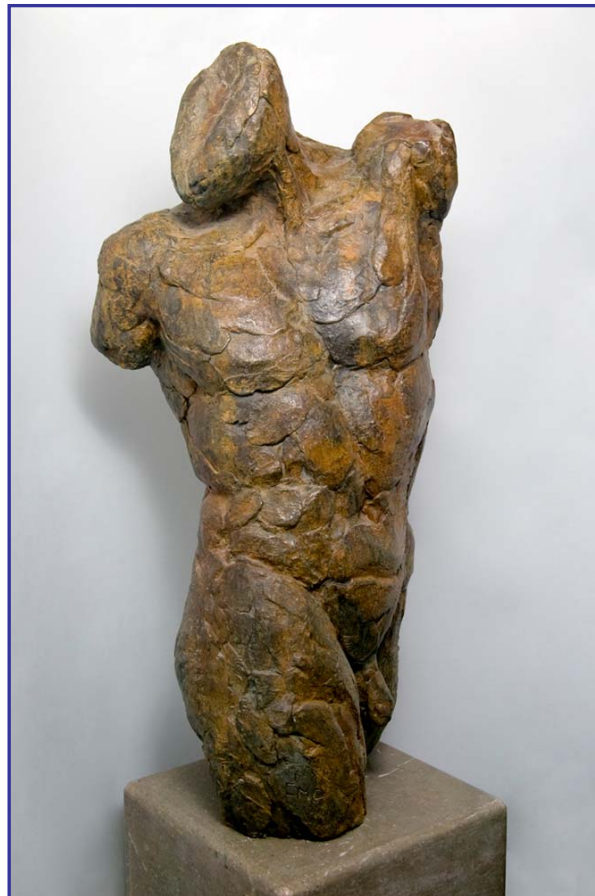


Figura 5.4. "Torso Masculino, en movimiento". Escultura: Bronce fundido, con pátinas: ocre, matices de roja y parda. 2002.

Esta escultura fue modelada en barro con el modelo en movimiento, buscando de esta forma la fuerza y tensión muscular de la anatomía humana, el dinamismo y competitividad existente entre el ser humano en esta época.

Con posterioridad, se han sacado copias fundidas en bronce con distintas pátinas, así como otras copias en resina de poliéster mezclado entre otras cargas, con terracota en diversos colores.

La pátina principal aplicada a la escultura de la Figura 5.4, fundida en bronce, es la ocre. La superficie texturada y primaria de esta escultura, donde los relieves del barro usado sin apenas presión, realzan las formas anatómicas de la figura, permite el juego e interacción de varias pátinas. De hecho, sobre la base de la pátina ocre, he dado matices con pátinas rojas y pardas.

Para la terminación, aunque no sea necesario en este tipo de pátina, estando la escultura en el interior; ha sido realizada en cera para protegerla y darle un brillo natural.



Figura 5.5. "La libertad está en tu mano". Escultura: Bronce fundido e hierro, con pátinas: verde, roja y parda, terminación sin cera. 1999.

La interacción de materiales (cera y objetos de hierro), que al fundirlos con el bronce, se entremezclan y se sueldan, es la base de esta obra.

Esta obra hace una reflexión, de cómo nos complicamos la vida, creándonos nuestras propias cárceles y obstáculos, hasta que tomamos conciencia de que en nuestras manos e interior, esta la llave que abre los barrotes que nos impiden alcanzar la libertad y la felicidad.

Las pátinas usadas como terminación para esta obra, son varias y de diferentes reactivos químicos. Como vemos en la Figura 5.5, las distintas pátinas se funden en algunas zonas de la obra, mientras en otras, se realza el color de la pátina pura. La partes férricas, han tomado tonos rojizos, pardos y negruzcos, pues este es el color del oxido del hierro y usemos el químico que usemos, consiguiendo otros colores, tenderá con el tiempo, a aparecer el propio del oxido del metal tratado. La mano, la base y el muro donde están incrustados los barrotes del hierro, son de bronce y aquí si que se han mantenido, los colores originales propios de los diversos reactivos. Con las pátinas dadas de forma más agresiva y primitiva, se ha querido mostrar, lo difíciles y agresivas que pueden resultarnos algunas etapas en nuestra vida, mientras la vamos construyendo con el caminar cotidiano. No esta terminada en cera, para no perder la potencia arcaica que la pátina pretende.



Figura 5.6. "Torso femenino, Venus". Escultura: Bronce fundido, con pátina roja. 2002.

Para esta “Venus” fundida en bronce, cuyo fragmento muestra la Figura 5.6, la única pátina aplicada es la roja de este recetario, con una terminación en cera (no es necesario en este tipo de pátina, estando la escultura en el interior), para darle el brillo natural del metal y apreciar mejor el volumen. La superficie de esta escultura, con una textura casi lisa, realza las formas anatómicas y volúmenes suaves de la figura. También produce un efecto uniforme en la pátina, que este caso no quita protagonismo a las formas de la “Venus”.



Figura 5.7. Torso Femenino, Relieve: Chapa de cobre batida, cincelada y soldada. 2003. Pátina en tonos azules.

El relieve, la Figura 5.7, se ha realizado en chapa de cobre batida y cincelada. La pátina utilizada como terminación y protección de la obra, es la azul, descrita en mi recetario, sin terminación en cera; fue aplicada en el año 2004. Observamos cómo la pátina resulta bastante uniforme al tratarse de cobre prácticamente puro. El propio cobre, con el frotado final con paño de algodón humedecido en agua, en el color de esta pátina, produce un brillo natural que hace innecesaria la terminación con cera. Como el reactivo químico utilizado es nitrato cúprico, que es de color azul y la base metálica de esta reacción es el propio cobre, la pátina resultante es muy estable, no necesitando tratamiento posterior para su mantenimiento.



Figura 5.8. Torso Femenino, Escultura: Chapa de bronce batida, cincelada y soldada.2003. Pátina en tonos verdes, rojos y ocres, sin terminación en cera.

El torso de la Figura 5.8, originalmente fue modelado en barro, con posterioridad, se realizó la obra definitiva, en chapa de bronce batida, cincelada y soldada. La pátina final, que es una interacción de diversas pátinas, en tonos verdes, rojos y ocres, sin terminación en cera, fue dada en el año 2004. Observamos como los distintos reactivos químicos, se entremezclan y se solapan, en la superficie de la chapa de bronce. El juego realizado con las distintas pátinas, que en algunas zonas se funden, mientras en otras, el color de la pátina pura se resalta. La pátina realizada con nitratos férricos, son de tonos rojizos, pardos y negruzcos, propios de el color del oxido del hierro y las dadas con los nitratos cúpricos, son de color verde, el verdín color del oxido del cobre.



Figura 5.9. "Torso Masculino, en movimiento". Escultura: Bronce fundido, con pátina: tonos pardos. 2002.

Las pátinas están dadas de forma más agresiva, primaria y azarosa, terminada con frotado y no en cera, potenciando así valores arcaicos en esta escultura.

Esta escultura modelada en barro (figura 5.9), con el modelo en movimiento y fundida con posterioridad en bronce, pertenece a una serie de 25 piezas. En ella he querido destacar la fuerza y tensión muscular de la anatomía humana, el dinamismo y competitividad existente entre el ser humano, especialmente en el hombre de nuestros días.

Sobre esta escultura, la pátina principal aplicada es la parda, aunque en algunas zonas he insistido más, para darle profundidad a la textura primaria de la

superficie de esta escultura, en cuyos relieves desde el barro primario, he dejado las huellas de mis dedos, sin apenas darle presión, realizando así las formas anatómicas de la figura. Esto permite el juego de varios matices de la misma pátina. De hecho, al insistir sobre la base de la pátina parda, se alcanzan matices más oscuros y en algunas zonas rojizos.

La terminación es encerada para proteger la escultura y darle brillo natural, aunque no es necesario en este tipo de pátina, y más estando la escultura en el interior.



Figura 5.10. "Mariposa". Escultura: Chapa de bronce batida, cincelada y soldada. Pátinas en tonos verdes, rojos, pardos y ocras, 1998.

La mariposa de la Figura 5.10, se realizó directamente en chapa de bronce batida, cincelada y soldada. La pátina final, que es una interacción de diversas pátinas, en tonos verdes, pardos, rojos y ocras, sin terminación en cera, únicamente se frotó con un paño húmedo de algodón. Observamos cómo en la superficie de la chapa de bronce los distintos reactivos químicos, se entremezclan y se solapan. El juego realizado con los distintos reactivos de las

pátinas, se encuentra bastante fundido, uniéndose y formando un color de pátina, casi uniforme, salvo en algunas zonas de la mariposa que, a modo de mancha sobre las alas, resalta más el color negro. Los nitratos férricos son los que producen los tonos rojizos, pardos y negruzcos, propios del color del óxido de hierro, más o menos quemados según la intensidad del calor al aplicar el reactivo. Los óxidos de cobre, son los que producen el color verde, al aplicarle el nitrato cúprico a la chapa de latón.



Figura 5.11. "Torso femenino, Venus". Escultura: Bronce fundido, con pátina negra. 2005.

Al igual que en otras esculturas, el interés reside en potenciar los valores arcaicos de la obra por lo que las pátinas están aplicadas de forma más agresiva y primaria, terminada con frotado y no en cera.

En esta escultura: “Venus” fundida en bronce, mostrada en la Figura 5.11, la única pátina aplicada, es la negra, explicada en este recetario, sin la terminación con cera, con lo que el brillo que tiene, es el natural después del frotado con los paños de algodón húmedos. En esta pátina, estando la escultura en el interior no es necesaria la aplicación final de la cera, para darle el brillo natural del metal y apreciar mejor el volumen, pero si la aplicamos tendrá mayor brillo. Al igual que las otras pátinas de un solo color y homogéneas, esta no quita protagonismo a las formas de la escultura, cuya superficie, como todas las “Venus” de esta serie, tiene una textura casi lisa, dando a las formas anatómicas y volúmenes más sensualidad.

Con esta pátina, la “Venus” tiene un aspecto aun más frío, que con la pátina verde o parda; comprobamos pues, cómo el color de la pátina, el acabado en cera, o la intensidad del color, influyen radicalmente en la escultura.



Figura 5.12. “Atrapados”. Escultura: Interacción de bronce fundido y piezas de hierro, con pátinas: verde, roja y parda. 2000.

El fundamento de esta obra, (figura 5.12), lo constituye la interacción de diversos materiales reutilizados (poliestireno expandido y diversos objetos de hierro), que al fundirlos con el bronce, se entremezclan y se sueldan entre sí.

En esta obra se han realizado diversas pátinas (fundamentalmente dos, el nitrato férrico para los objetos de hierro, la reja y el tornillo y el nitrato cúprico) como terminación para esta obra. Como vemos en la Figura 5.12, las distintas pátinas se diferencian claramente en las diversas zonas de la obra.

Los objetos férricos, (reja y tornillo), han tomado tonos rojizos, pardos y negruzcos, pues este es el color del oxido del hierro, sea cual sea el químico que usemos. El bloque principal donde quedan atrapados los objetos de hierro, es bronce y la pátina base, es la verde, realizada con nitrato cúprico.

Resulta curioso observar cómo en la parte alta del tornillo, el bronce se ha fundido completamente con el hierro, formando una fina capa, dando a la parte superior de la obra una tonalidad verde característica de la oxidación natural de la aleación de bronce utilizada.



Figura 5.13. "Despertar". Escultura: Bronce fundido, con pátina verde, sin cera. 2003.

Esta escultura modelada en barro (figura 5.13), con la modelo en reposo y fundida con posterioridad en bronce, pertenece a una serie de 50 piezas. En el modelado expresivo e impresionista, pretende plasmar la tensión y el sentimiento, con la anatomía desnuda, la propia desnudez del alma. La competitividad y las exigencias de la sociedad sobre la mujer, hacen que el día a día y el nuevo despertar en ella, estén exentos del dinamismo y la vida necesarios, para un despertar alegre y motivado.

Con las pátinas en tonos verdes y oscuros, dadas de forma agresiva y primitiva, se pretende reforzar lo dicho con anterioridad. Estos tonos realzan la frialdad y las etapas más difíciles, por las que atraviesa la mujer y su forma de dejarse fluir para sobrellevarlas.

La única pátina aplicada, es la verde de este recetario, quemada en algunas zonas, dejando que la luz fluya por la obra, contrastando luces y sombras, con una terminación en cera, para darle el brillo natural del metal y apreciar mejor los contrastes de la luz y el volumen. A pesar de lo dicho, esta pátina produce un efecto uniforme en la obra, no quitándole protagonismo ni a las formas, ni a la expresión.



Figura 5.14. "Equilibrio". Escultura: Interacción de aluminio fundido e hierro, con pátinas gris y roja. 2000.

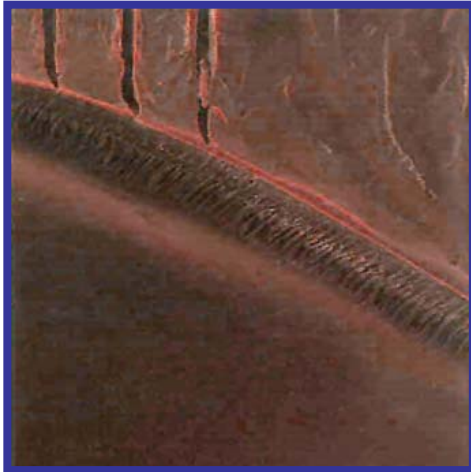
Al igual que en la escultura “Atrapados” (figura 5.12), el fundamento de la obra “Equilibrio”, (figura 5.14), lo constituye la interacción de diversos materiales reutilizados (poliestireno expandido y diversos objetos de hierro), con la diferencia de que el material usado para la fundición de esta escultura fue el aluminio, que necesita menos temperatura, para su fundición, por lo que los distintos elementos se entremezclan y se sueldan entre sí, antes y con menos probabilidad de que estos se desvirtúen.

Las pátinas elegidas para esta obra, van en coherencia con los metales usados y son básicamente dos: la roja, con el nitrato férrico para los objetos de hierro y ácido nítrico al 20% de concertación para el aluminio, dando una pátina de color gris claro. Después de varias investigaciones, el único óxido provocado con reactivos químicos, que se mantiene en la superficie del aluminio como pátina, es el mismo que se crea de forma natural con el tiempo, un color gris blanquecino y sin brillo. La terminación para esta obra y sus dos pátinas, fue con cera para realzar los tonos de los óxidos naturales del aluminio y el hierro.



Figura 5.15. “Visión oculta”. Pintura (díptico): Técnica mixta, sobre tabla: óleo, tintas, lejía, papel, acrílicos, interactuando con, listones de chapa de bronce batida y cincelada, pátinados con tonos verdes, azules, rojos, pardos y negros. 2002.

Otro ejemplo del uso e interacción de estas pátinas, en este caso pictórica-escultórica y su utilización como medio de expresión plástica, lo vemos en “Visión oculta” (figura 5.15). Las líneas que dan dinamismo al díptico son chapas de bronce batidas, tratadas con pátinas de distintos colores, en las que he buscado texturas y expresión, jugando con los distintos reactivos químicos, conjugando los efectos de color, que estos reactivos producen en la chapa metálica, dándoles su propio lenguaje.



CAPÍTULO 6

**Discusión General
Conclusiones**

6. Discusión General y Conclusiones

Corresponde aquí una reflexión sintetizadora de cada uno de los apartados desarrollados y una implementación o correlación entre los datos aportados por cada uno de ellos que posibiliten futuras líneas de investigación.

6.1 Discusión General

Después de un amplio recorrido y búsqueda sistemática de los principales antecedentes históricos en el tratamiento superficial (cromático y textural) de los metales, en particular el bronce (Cu-Sn-Zn), así como de las principales técnicas de aplicación empleadas y los componentes químicos más valorados y frecuentados desde el principio de los tiempos, se ha comprobado cómo los reactivos químicos usados para dar pátinas en general, siguen siendo casi siempre los mismos: sales de amonio, nitrato de cobre, cloruro férrico y sulfuro de potasio, sin dejar atrás los más clásicos y tradicionales, como el vinagre y la orina, que aún en nuestros días siguen usándose.

Parece pues, que el avance en este campo ha sido escaso y con algo de conformismo por parte del artista, que quizás por miedo a lo desconocido o a invadir campos que no son los suyos, no ha investigado y buscado nuevos

reactivos químicos que contribuyan a la creación de novedosas y originales pátinas.

La naturaleza del artista en el siglo XXI, desde nuestro punto de vista, ha de conllevar una inquietud investigadora, que junto a la tendencia a la pérdida de los límites formales del arte, nos llevan a buscar un mayor acercamiento entre arte y ciencia, (ya que la segunda enriquece a la primera y viceversa), sobre todo en campos de investigación como el que aquí se expone.

Si queremos conseguir nuevas técnicas de tratamiento cromático y textural en las superficies metálicas, hemos de acercarnos obligadamente a los procesos y procedimientos que la ciencia nos brinda. Las posibilidades que esta ofrece al artista contemporáneo, pueden llegar a ser ilimitadas y ya que el arte de la patinación parece encontrarse estancado, es hora de acercarse a la química en la búsqueda de nuevos componentes que, con su oxidación, enriquezcan y protejan la superficie de nuestras obras de arte.

Las fórmulas y recetas tradicionalmente usadas y de las que diversos autores han hablado en sus libros, están basadas en el recetario industrial de Nico Barbieri (de 1947), así como en el famoso recetario de Hiscox y Hopkins.

Las investigaciones más recientes y fidedignas, se recogen en los libros "Patinas for silicon bronze", de Patrick V. Kipper, publicado en Colorado, Estados Unidos (1995) y "The Colouring, Bronzing and Patination of Metals" de Richard Hughes and Michael Rowe, publicado en Londres, Reino Unido en 1991 y revisado en 2002. Estos son los textos más completos existentes en lo que se refiere a técnicas y procedimientos sobre el arte de la patinación artística.

6.2 Conclusiones de los ensayos

Conclusiones más relevantes de las aleaciones y pátinas tras su aplicación.

En lo referente al **comportamiento de las seis aleaciones, tras aplicárseles las siete patinas artificiales y la pátina natural**, hay que destacar que la aleación tipo A es la que ha alcanzado mayor luminosidad media, con un valor medio de 69,78%. Por el contrario, la aleación de menor valor lumínico medio de todas, ha resultado ser la aleación tipo D, con un 56,48%. Se aprecia de este modo una notable diferencia entre ambas, que llega hasta el 13,30%. Este es un dato interesante, ya que todas las pátinas se han aplicado por igual a todas las aleaciones y éstas partían a su vez de una luminosidad inicial similar. De este modo, podemos afirmar que un factor determinante en la luminosidad resultante de la pátina, será la aleación inicial de la que partamos.

Es destacable asimismo, que la aleación tipo A, resulta ser la de mayor desviación media, tanto lumínica como cromática, tras su patinación con las siete pátinas elegidas (así como por la pátina natural), lo que confirma que en lo que a aleaciones respecta, la aleación tipo A es la menos apropiada para su utilización en la patinación escultórica. Por el contrario, la aleación tipo D, ha resultado ser la de menor desviación media lumínica y cromática de todas, considerándose la más idónea de todas las aleaciones estudiadas para la patinación escultórica.

Con respecto al análisis del **comportamiento de las ocho pátinas diferentes sobre los seis tipos distintos de aleaciones** de bronce, cabe destacar, entre las conclusiones más interesantes del estudio colorimétrico, el comportamiento que ha tenido la pátina blanca. Esta ha resultado ser más una veladura, que una pátina totalmente cubriente, ya que al ser menos corrosiva que otras, su reacción química se produce prácticamente en la superficie, desprendiéndose con facilidad si es frotada. También cabe señalar que esta pátina, no es colorimétricamente tan blanca como se esperaba, tendiendo levemente hacia un tono anaranjado.

Conclusiones más relevantes de las aleaciones y pátinas tras un año a la intemperie.

Con respecto a la perdurabilidad de las pátinas en el tiempo, la pátina blanca, es la más inestable e inconsistente de todas en el tiempo. Después de analizar, las diferencias tanto lumínicas, como de color y los valores concretos del incremento diferencial del color (ΔE), de cada pátina, así como las desviaciones medias, la pátina de color blanco, resulta ser la de mayor ΔE (25) y también la que tiene un valor STD más elevado, (6,75). Con respecto al color, también la pátina blanca es la que más ha variado sus valores cromáticos tornándose amarilla. Esto reafirma su inconsistencia, pues esta pátina tiende a perderse con mucha facilidad en la intemperie, ya que es la que menos reacción corrosiva y penetración ha producido en el bronce, quedando prácticamente en la superficie. Es por ello por lo que podemos afirmar, que la pátina blanca no es apropiada para utilizarla en el exterior, pues se ha demostrado que transcurrido un año, ha descendido tanto en saturación de color, como en luminosidad.

La pátina de menor ΔE con un valor de 1,33, es la pátina de color azul y la de menor desviación standard, es la pátina color rojo (0,84).

Las pátinas más inestables a la intemperie, transcurrido un año desde la aplicación de estas respecto a la luminosidad, son en orden descendente, las siguientes: blanca, natural, ocre, rojo, negro, pardo, verde y azul.

El descenso lumínico de la pátina blanca es de un 24,5%, seguida de la pátina natural, con un descenso del 17,06%. La ocre, por su lado, ha disminuido un 4,39%. Por el contrario el resto de las pátinas apenas han variado su

luminosidad, aumentando todas ellas, pero muy levemente, siendo casi imperceptible la variación en la pátina azul, con un aumento de su luminosidad en un 0,55%.

Respecto a las variaciones en la cromaticidad, cabe destacar el descenso de saturación de la pátina ocre, que ha sido de 5,26 en el valor a^* y de 12,53 en b^* . El resto de las pátinas, habrían sufrido una variación cromática mucho más leve, destacando en el otro extremo la pátina negra, con una diferencia de 0,03 en el valor a^* y de 0,52 en b^* . Las pátinas verde y azul, por su parte, apenas han sufrido variaciones.

Unos resultados que sorprenden, son las variaciones sufridas por las pátinas blanca, natural y ocre. Mientras que las dos primeras han descendido lumínicamente de forma considerable, su variación en cromaticidad, no es apenas relevante. Por su parte, la pátina ocre, sorprendentemente, apenas ha descendido en luz, mientras que es la que mayor variación cromática ha tenido.

Cómo afectan las aleaciones en las pátinas artísticas.

Los datos estudiados de las mediciones de las distintas aleaciones, sin patinar durante el año, demuestran que **la aleación tipo A, es la menos idónea para su utilización en la patinación artística en la escultura a la intemperie**, pues al cambiar el color y luz de la aleación a lo largo del tiempo, alterará lógicamente el color de la pátina dada sobre ella. En contraposición, la aleación tipo H, ha permanecido casi inalterable, por lo que podemos decir que **la aleación tipo H, es la más idónea para la pátina artística en las esculturas al aire libre**. En general todas las aleaciones han descendido en saturación, variando sus valores cromáticos, tornándose en general más amarillos.

Podemos afirmar que **para su uso en esculturas a la intemperie, la aleación H es la más estable de todas, seguida de la aleación E, mientras que la más inestable sería la aleación A, seguida muy de cerca por la aleación C.**

Observando las variaciones existentes entre las seis aleaciones, podemos concluir, que el tipo de aleación es un factor determinante en la estabilidad del color de pátina artificial que aplicamos a la escultura.

Todos los valores aquí dados, son verificables en las tablas anexas y en las conclusiones del capítulo tercero de esta Tesis.

Conclusiones más relevantes de las aleaciones y pátinas tras un año en el interior.

Las pátinas en el interior, no han sufrido una gran variación en general; hemos de considerar que en ningún caso se ha aplicado una capa de cera sobre

la pátina. La que más variación ha experimentado ha sido la blanca, ya que al no habersele dado protección con cera, los cristales blancos de ácido bórico no han interactuado lo suficiente con el bronce, desprendiéndose con facilidad. La pátina ocre, es otro caso interesante, pues tras un año en el interior, algunas de las muestras han adquirido ligeros tonos verdes.

6.3 Recetario normalizado recomendado para cada color de pátina

Analizando las conclusiones anteriores, cabe aportar una conclusión que las reúne a todas, dando respuestas a las necesidades del escultor, para utilizar las pátinas en sus obras de forma que funcionen, como él desee, evitando la acción fortuita del azar. Después de haber estudiado todos los factores que intervienen a la hora de patinar, daré un recetario con las condiciones más idóneas, para la aplicación de cada color de pátina y la aleación más afín para su mejor conservación.

Los procesos y recomendaciones siguientes son generales para la normalización y aplicación de las siete pátinas:

Se recomienda hacer la preparación de las diluciones de los productos químicos, generalmente presentados en polvo, con agua destilada y para la de medición de los porcentajes, la utilización de materiales especializados tal como: una báscula de precisión y diferentes recipientes reglados para la medición de líquidos.

La rigurosidad de estas mediciones es muy importante, un mismo producto químico puede alterar el resultado de la pátina si cambiamos su concentración, cantidad, temperatura y número de manos aplicadas.

Antes de la aplicación de los reactivos, es importante que la escultura de bronce quede bien limpia de cualquier resto de grasa y suciedad; para ello se sugiere la utilización de alcohol y paños de algodón.

El control de la temperatura, es aconsejable hacerla con extrema precisión, mediante un termómetro de infrarrojos sin contacto, con el que se mida la temperatura expedida por la antorcha y la de la zona de la escultura, en el momento de la aplicación del producto químico. Una vez obtenida la temperatura adecuada para cada color de pátina, se aplica el reactivo químico correspondiente, que según sea éste, se hará mediante pulverización con spray o con pincel.

La superficie de la escultura, dependiendo del color de la pátina, se quema con temperaturas muy elevadas, hasta que el color que aparece con la

primera aplicación se torna negro, calentando nuevamente la superficie hasta alcanzar la temperatura en la que el color comienza a aparecer de nuevo.

Después de la aplicación del producto químico pertinente y tras adquirir el color, enfriamos y lavamos la escultura con agua destilada y frotamos con paños de algodón hasta conseguir eliminar el óxido sobrante. Una vez limpia la superficie, se repite el proceso de aplicación de calor y del reactivo químico las veces necesarias dependiendo del color, hasta conseguir fijar correctamente la pátina de forma uniforme, si así lo deseamos, sobre la escultura.

Aunque para esta investigación se ha evitado la aplicación de cualquier elemento protector, (alteraría los colores resultantes y falsearía los resultados colorimétricos a largo plazo) tras el último lavado se suele emplear un tratamiento protector, con una capa de cera, que prolongará la inalterabilidad de la pátina de nuestra obra. Evidentemente este tratamiento protector no es válido para la escultura a la intemperie, para la que escogeremos la pátina más adecuada para el medio en el que esta quede ubicada.

Pátina blanca. (Figura 6-1).



Figura 6-1. Izquierda: Pátina blanca normalizada. Derecha: Valores medios de las mediciones CIELAB de la pátina blanca.

Aleación recomendada: Podemos afirmar que la aleación H es la más estable, seguida de la aleación E, para su uso en esculturas a la intemperie; siendo por el contrario la más inestable la aleación A seguida muy de cerca por la aleación C, aunque si se le aplica una capa protectora pueden funcionar los

demás tipos de aleaciones, siempre en interior. Ninguna de las seis aleaciones usadas es adecuada para el exterior.

Técnica de aplicación: Pincel.

Mezclas químicas: ácido bórico en una concentración del 20% en agua destilada.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena, cuanto más textura tenga esta, mejor se fijará la pátina entre las imperfecciones de la superficie. No funciona en las superficies pulidas.

Temperatura de la superficie: Secado: mínima 40-50°C, para que aparezca el color: 90°C, máxima para quemar 250°C.

Temperatura de la antorcha: Entre los 200-250°C.

Cantidad de mezcla química usada: Para una superficie aproximada de 70 cm², 250 ml de ácido bórico para una concentración del 20% en agua destilada, en suspensión, y 100 ml de ácido bórico para una concentración del 30% en agua destilada, en disolución.

Nº de procesos de aplicaciones del reactivo químico: Entre 8 y 10 para una concentración del 20% en agua destilada, en suspensión y 4 para una concentración del 30% en agua destilada, en disolución.

Nº de lavados con agua destilada: Entre 4 y 10.

Forma de aplicación: Aplicar con pincel la solución de ácido bórico en una concentración del 20% en agua destilada. El ácido bórico viene presentado en polvo y es difícil de disolver. Al intentar preparar la disolución, la mayor parte del producto precipita hasta el fondo del recipiente, disolviéndose muy poca cantidad de reactivo químico; por esto utilizamos el pincel, ya que el spray se obstruye. Necesitamos entre ocho y diez aplicaciones posteriores para conseguir resultados. Aún así, la pátina final desaparece prácticamente si la frotamos, quedando como una leve veladura blanquecina.

Mezclando y haciendo una buena solución, aplicándolo con el pincel, sin dejar que la disolución química se precipite, cuatro aplicaciones son suficientes, aunque el último lavado debe ser muy suave, ya que si frotamos mucho perderemos la veladura. Esta pátina es muy superficial y si no se aplica una capa protectora de cera, los cristales no permanecerán mucho tiempo. Si queremos que esta pátina permanezca blanca y con los cristales en la superficie, es imprescindible el acabado con una cera más dura y no realizar el último lavado y frotado.

Aunque pueda parecer que es mejor disolver bien en vez de aplicar solo el líquido saturado por precipitación, como hemos podido comprobar con la

práctica, si aplicamos el producto bien disuelto, los cristales aparecen antes, pero se adhieren peor, por lo que la pátina dura menos tiempo y acaba por caerse casi por completo. La aplicación de la disolución química saturada por precipitación es más lenta y se necesitan más manos, pero sus resultados son más corrosivos y duraderos.

Para obtener los mejores resultados de la pátina, tras la aplicación del líquido saturado por precipitación sobre el objeto o pieza completa, con el pincel, calentar el bronce hasta que toda la humedad se retire de la superficie a una temperatura de entre 40 y 50°C. El color aparece cuando la pieza alcanza los 90°C, aunque aumentamos la temperatura hasta alcanzar entre 140 y 250°C, temperatura a la que conseguimos quemar el reactivo químico obteniendo una capa lisa color gris oscuro. Tras enfriar con agua destilada y lavar mediante frotado, repetimos el proceso cuatro veces, llegando hasta 8 o incluso 10 en el caso de aplicar la mezcla disuelta por precipitación. En la última aplicación la temperatura de la superficie alcanzará como máximo 90°C y el último lavado lo practicamos más suavemente.

Terminación: Es aconsejable aplicar una capa protectora de cera. Existen en el mercado ceras blancas, que suelen ser utilizadas por los escultores y patinadores que manejan este color de pátina.

Observaciones: Esta pátina no es aconsejable para la escultura que se ubique en el exterior, a menos que se le aplique un tratamiento protector sobre la pátina específico para la intemperie, y aun así el resultado en el tiempo no está garantizado.

Pátina ocre. (Figura 6-2).

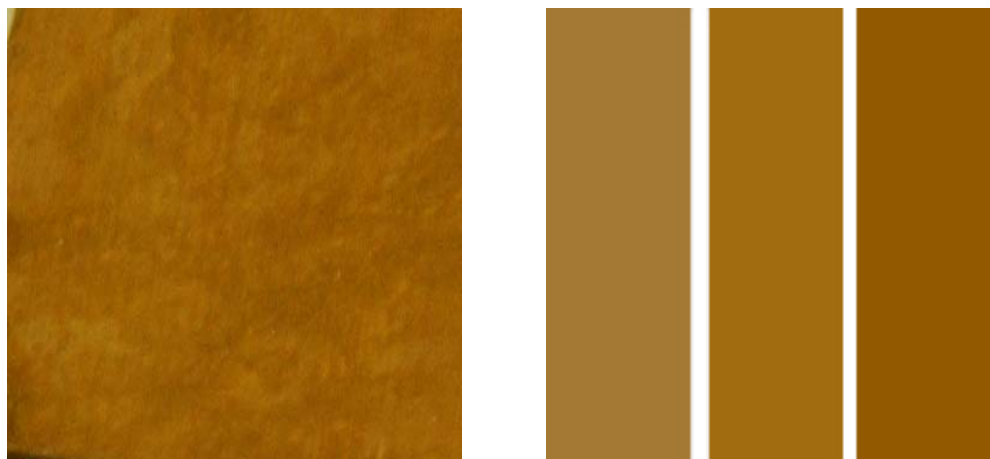


Figura 6-2. Izquierda: Pátina ocre normalizada. Derecha: Valores medios de las mediciones CIELAB de la pátina ocre.

Aleación recomendada: La aleación H es la más estable y por tanto la más recomendable, seguida de la aleación E, para su uso en esculturas a la intemperie. Por el contrario, la más inestable y menos recomendada, es la aleación A, seguida por la aleación C. Si se le aplica una capa protectora de cera, pueden valer todos los tipos de aleaciones, aunque siempre en interior, ya que ninguna de las seis aleaciones usadas es adecuada para el exterior.

Técnica de aplicación: Spray y pincel.

Mezclas químicas: Cloruro férrico en una concentración del 20% en agua destilada.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena, cuanto más textura tenga la escultura, mejor se fijará, aunque también funciona en superficies más lisas.

Temperatura de la superficie: Secado: mínima 40-50°C; para que aparezca el color: entre 70 y 90°C; evitar que hierva.

Temperatura de la antorcha: Entre los 200-250°C.

Cantidad de mezcla química usada: Para una superficie aproximada de 70 cm², 300 ml de cloruro férrico en una concentración del 20% en agua destilada.

Nº de procesos de aplicaciones del reactivo químico: Entre 4 y 5 (cada aplicación implica, alrededor de 20 a 45 pulverizaciones con el spray o pinceladas, mientras se aplica calor con la antorcha).

Forma de aplicación: Aplicar primero con spray la solución de cloruro férrico en una concentración del 20% en agua destilada, las siguientes aplicaciones se harán con pincel. Tras la aplicación del líquido sobre el objeto o pieza completa, con el pincel, calentar el bronce hasta que toda la humedad desaparezca de la superficie, que será cuando se alcance una temperatura aproximada de entre 40 y 50°C. Continuamos aplicando el producto químico, mientras seguimos calentando la pieza. El color comienza su aparición cuando se alcanzan los 80°C. Continuamos aumentando la temperatura para acentuar el color hasta un máximo de 95°C, para evitar que hierva el líquido cuando se aplica, ya que podría quemarse y alterar el color ocre que pretendemos obtener tornándose más rojizo o pardo. Durante el proceso de calentamiento de la pieza, suelen aparecer diversos tonos rojizos, rojo inglés e incluso verdosos.

Tras terminar esta primera fase de corrosión, enfriar la pieza con agua destilada y lavar mediante frotado con paños de algodón; repetiremos el proceso completo cuatro veces más.

Ya que es una pátina que cuesta fijar, la última aplicación la haremos con el pincel, extremando el cuidado para procurar no dejar señales de la pincelada, dando asimismo el último lavado y frotado con suavidad.

Terminación: Si la pieza es ubicada en el interior, no es imprescindible un acabado en cera, aunque siempre nos arriesgamos a posibles variaciones del color en algunas zonas de la escultura, pudiendo aparecer tonos rojizos e incluso verdosos. Por ello, es aconsejable aplicar una capa protectora de cera.

Observaciones: Esta pátina se muestra inestable a la intemperie, descendiendo en saturación de color y luminosidad, tomando un color más pardo, con manchas de tonos verdosos y rojos. Por tanto no es aconsejable para la escultura que se quiera ubicar en el exterior. Podemos aplicar un tratamiento protector específico sobre la pátina para la intemperie, aunque el resultado en el tiempo no está garantizado.

Pátina roja. (Figura 6-3).

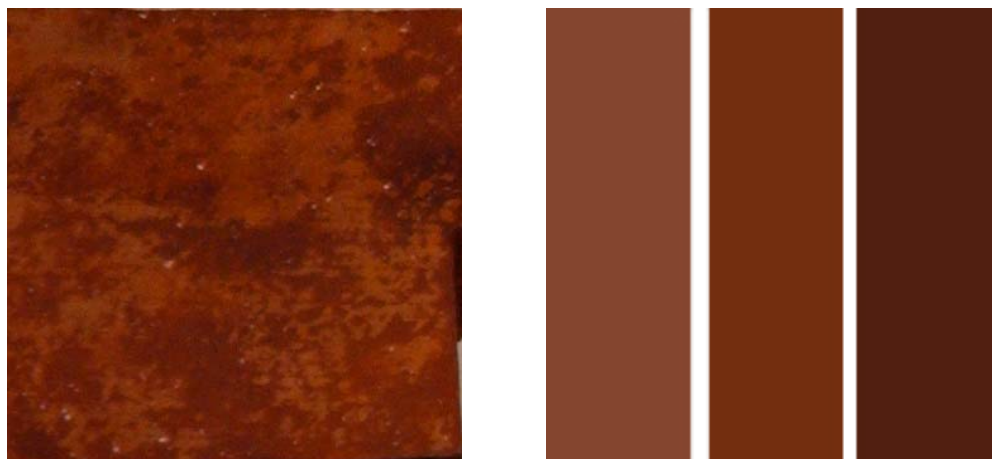


Figura 6-3. Izquierda: Pátina roja normalizada. Derecha: Valores medios de las mediciones CIELAB de la pátina roja.

Aleación recomendada: En esta pátina las seis aleaciones han resultado apropiadas para su uso en esculturas, pues no existe una alteración perceptible al ojo y en las mediciones colorimétricas, esta apenas es apreciable en ninguna de ellas, (tanto a la intemperie, como en el interior). Dicho esto, la aleación H es la más estable, seguida de la aleación C y la D; siendo la más inestable y menos apropiada, la aleación A, seguida por la aleación B.

Técnica de aplicación: Spray y pincel.

Mezclas químicas: Nitrato férrico en una concentración del 20%, en agua destilada.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena, aunque también funciona en superficies más lisas.

Temperatura de la superficie: Secado: mínima 40-50°C, para que aparezca el color: entre 100 y 130°C, máxima para quemar 250°C.

Temperatura de la antorcha: Rondando los 250°C.

Cantidad de mezcla química usada: Para una superficie aproximada de 70 cm²: 70 ml de nitrato férrico en una concentración del 20% en agua destilada.

Nº de procesos de aplicaciones del reactivo químico: Entre 3 y 4 (cada aplicación implica, alrededor de 15 a 30 pulverizaciones con el spray o pinceladas, mientras se aplica calor con la antorcha).

Nº de lavados con agua destilada: Entre 3 y 4.

Forma de aplicación: Aplicar primero con spray la solución de nitrato férrico en una concentración del 20% en agua destilada; las siguientes aplicaciones se harán con pincel o spray.

Aplicamos el químico sobre el objeto o pieza completa con el pincel, calentamos el bronce hasta que toda la humedad desaparezca de la superficie, que será cuando se alcance una temperatura aproximada entre 40 y 50°C. Seguimos con la aplicación del reactivo químico, mientras calentamos la pieza; el color comienza su aparición cuando se alcanzan los 100°C. Continuamos aumentando la temperatura hasta los 110-130°C, para acentuar el color. Finalmente, aumentamos la temperatura hasta unos 200 o 250°C, para quemar y precipitar más la corrosión.

Tras terminar el primer proceso de aplicación del producto con calor, enfriamos la pieza con agua destilada y la lavamos mediante frotado con paños de algodón. A continuación repetiremos el proceso de aplicación de la solución química con calor y posterior lavado y frotado otras tres veces más. No es necesario en los procesos de aplicación intermedios, superar los 130°C de temperatura en la obra. En la última aplicación hay que evitar que hierva la solución química cuando se aplica, con objeto de no quemar el color rojo, que aparece alrededor de los 100°C. Por tanto, no es conveniente en esta última mano superar los 130°C, alcanzándolos de forma paulatina. Para que la pátina quede uniforme, la última aplicación la haremos con el pincel, procurando no dejar señales de la pincelada, dando el último lavado y frotado con suavidad.

Terminación: Si la pieza es ubicada en el interior, no es necesario un acabado en cera, aunque siempre nos arriesgamos a posibles variaciones del color en algunas zonas de la escultura, debido a los factores externos a los que esta quede expuesta, por lo que se recomienda el uso de una capa de cera. Esta pátina si es adecuada para su uso en la escultura ubicada al exterior, ninguna de las seis aleaciones sufre demasiada variación, aunque el medio ambiente, no debe ser húmedo, pues inevitablemente con el tiempo, tomará una pátina verdosa o azulada, por ello es recomendable usar protección final, si se da este factor.

Observaciones: Esta pátina es estable a la intemperie, siendo prácticamente inapreciable el descenso en saturación de color y luminosidad, que se observa con el paso del tiempo.

Pátina verde. (Figura 6-4).



Figura 6-4. Izquierda: Pátina verde normalizada. Derecha: Valores medios de las mediciones CIELAB de la pátina verde.

Aleación recomendada: Al igual que ocurría con la pátina roja, las seis aleaciones han resultado ser apropiadas para aplicar esta pátina en esculturas, tanto si se encuentran ubicadas en interiores, como en el exterior. No existe una alteración colorimétrica significativa en ninguna de ellas, pero es cierto que las pequeñas variaciones que se han observado en las aleaciones, no son iguales que en la pátina roja. En la pátina verde, la aleación más estable, es la C, seguida de la aleación D y la H; siendo por el contrario la más inestable y menos apropiada, la aleación E, seguida por las aleaciones A y B. En el interior, esta pátina funciona bien sin la necesidad del uso final de cera u otros productos protectores. También las esculturas con estas aleaciones y esta pátina son estables en el exterior, pues ninguna de las seis aleaciones sufre apenas alteración. Si el medio donde se ubique la escultura es húmedo, se favorecerá el mantenimiento de esta pátina, no siendo necesaria la aplicación de protección final sobre la superficie tampoco a la intemperie.

Técnica de aplicación: Spray.

Mezclas químicas: Nitrato cúprico en una concentración del 20%, en agua destilada.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena, aunque también funciona en superficies más lisas.

Temperatura de la superficie: Secado: mínima 40-50°C; para que aparezca el color: entre 90 y 110°C; máxima para quemar: 250°C.

Temperatura de la antorcha: Rondando los 250°C.

Cantidad de mezcla química usada: Para una superficie aproximada de 70 cm², 150 ml de nitrato cúprico en una concentración del 20% en agua destilada.

Nº de procesos de aplicaciones del reactivo químico: Entre 3 y 4 (cada aplicación implica, alrededor de 15 a 30 pulverizaciones con el spray), mientras se aplica calor con la antorcha.

Nº de lavados con agua destilada: Entre 3 y 4.

Forma de aplicación: En la primera aplicación de la solución química, pulverizar con spray aproximadamente 17 veces la solución de nitrato cúprico en una concentración del 20% en agua destilada. Tras la primera pulverización del líquido con el spray sobre el objeto o pieza completa, calentamos el bronce hasta que toda la humedad desaparezca de la superficie, (lo que se producirá cuando se alcance una temperatura aproximada de entre 40 y 50°C). Mientras damos calor con la antorcha, seguimos pulverizando el reactivo químico durante todo el proceso. El color comienza su aparición cuando se alcanzan entre los 90-110°C en la superficie de la estatua. A continuación, seguimos aumentando la temperatura hasta los 150-225°C, acentuando de este modo el color de la pátina. Por último, seguimos subiendo la temperatura hasta alcanzar unos 250°C, para quemar y con ello precipitar más la corrosión.

Tras enfriar la escultura con agua destilada y lavar mediante frotado con paños de algodón, repetiremos este proceso de corrosión con calor, enfriamiento y posterior frotado, tres veces más. El número de pulverizaciones en cada proceso, variará entre 15 y 30. No es necesario en los procesos de aplicación intermedios, superar los 225°C de temperatura de la obra. En la última aplicación, hay que evitar que hierva el disolvente químico cuando se aplica, con objeto de no quemar el color verde, que aparece alrededor de los 100 o 110°C. Por tanto, no es conveniente en esta última mano superar los 130 o 150°C, alcanzándolos de forma paulatina y dando el último lavado y frotado con suavidad, (aunque esta pátina si se fija muy bien).

Terminación: Si la pieza es ubicada en el interior, no es necesario un acabado en cera, aunque siempre nos arriesgamos a posibles variaciones del color en algunas zonas de la escultura, debido a los diversos factores a los que esta quede expuesta, por lo que se recomienda el uso de una capa de cera. Hay que decir que a esta pátina sí le favorece la humedad medioambiental, lo que hace que sea adecuada para su uso en esculturas ubicadas en el exterior. Ninguna de las seis aleaciones sufre variaciones apreciables, aunque hay que

señalar que el medio ambiente en que esté la escultura, debe tener un mínimo de humedad para que la pátina no se altere. Esta pátina, puede con el tiempo tomar distintos tonos de verdes y azules, por lo que es aconsejable usar una protección final, si no sabemos con exactitud la humedad y composición atmosférica a la que va a estar expuesta la escultura.

Observaciones: Esta pátina es muy estable a la intemperie, siendo prácticamente inapreciable la variación en saturación de color y luminosidad, que se observa con el paso del tiempo.

Pátina azul. (Figura 6-5).



Figura 6-5. Izquierda: Pátina azul normalizada. Derecha: Valores medios de las mediciones CIELAB de la pátina azul.

Aleación recomendada: Las seis aleaciones son apropiadas para aplicar esta pátina en esculturas, tanto de interiores, como de exteriores; es muy estable y no existen alteraciones colorimétricas relevantes en ninguna de ellas. Teniendo en cuenta estas mínimas diferencias de estabilidad entre las seis aleaciones, la aleación más estable, es la H, seguida de la aleación C y la B; siendo la más inestable y menos apropiada por el contrario, la aleación D, seguidas por las aleaciones A y E. La escultura con esta pátina, en cualquiera de las aleaciones, no necesita la aplicación final de cera u otros productos protectores. Debido a su estabilidad, en el exterior no sufre apenas alteraciones y si el medio donde se ubica es húmedo, favorecerá aun más su mantenimiento.

Técnica de aplicación: Spray.

Mezclas químicas: Nitrato cúprico en una concentración del 20%, en agua destilada.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena, aunque también funciona en superficies más lisas.

Temperatura de la superficie: Secado: mínima 40 a 50°C; para que aparezca el color: entre 100 y 130°C; temperatura máxima para quemar: 300°C.

Temperatura de la antorcha: Rondando los 250 o 300°C.

Cantidad de mezcla química usada: Para una superficie aproximada de 70 cm², 250 ml de nitrato cúprico en una concentración del 20% en agua destilada.

Nº de procesos de aplicaciones de la disolución química: Entre 3 y 4 (cada aplicación implica, alrededor de 15 a 30 pulverizaciones con el spray), mientras se aplica calor con la antorcha.

Nº de lavados con agua destilada: Entre 3 y 4.

Forma de aplicación: En la primera aplicación del reactivo químico, pulverizar con spray aproximadamente de 15 a 20 veces la solución de nitrato cúprico en una concentración del 20% en agua destilada. Tras las primeras pulverizaciones del líquido con el spray sobre la escultura, procedemos a calentarla hasta que toda la humedad desaparezca de la superficie de la misma, (a una temperatura aproximada de 40 o 50°C); al mismo tiempo, seguimos dando calor con la antorcha, pulverizando el producto químico durante todo el proceso. El color comienza su aparición cuando se alcanzan los 100 -110°C; continuamos aumentando la temperatura hasta los 150-225°C, acentuando así el color y para quemar la pátina y posteriormente seguiremos subiendo la temperatura hasta unos 300°C, ennegreciendo la superficie y precipitando más la corrosión. Quemar bien la pátina, en todos los procesos de aplicación, menos en el último es muy importante en esta pátina concretamente más, pues aquí reside la diferencia entre obtener una pátina verde o una azul.

Tras enfriar la escultura con agua destilada y lavar mediante frotado con paños de algodón, repetiremos este proceso de corrosión con calor, enfriamiento y posterior frotado, tres veces más. El número de pulverizaciones en cada proceso, variará entre 15 y 30. En los procesos de aplicación intermedios, la superficie ha de alcanzar los 300°C de temperatura, afianzando la corrosión y asegurándonos el color azul final. En la última aplicación del reactivo químico, hay que evitar quemar la pátina de la escultura. El color azul, aparecerá entre los 100 -110°C, por lo que no debemos superar en esta mano, los 130-150°C, para no perder el color. Aunque esta pátina sí se fija muy bien, el último lavado y frotado lo daremos con suavidad.

Terminación: Dada la estabilidad de esta pátina, si la pieza es ubicada en el interior, no es necesario un acabado en cera, aunque siempre nos arriesgamos a posibles variaciones del color en algunas zonas de la escultura, debido a los diversos factores a los que pueda estar expuesta, por lo que se puede aplicar la cera al final. La humedad medioambiental favorece la perdurabilidad de esta pátina, lo que hace que sea adecuada para su uso en las esculturas ubicadas al exterior. Si no sabemos con exactitud la humedad y condiciones atmosféricas, a las que va a estar expuesta la escultura, es aconsejable usar una protección final. Ninguna de las seis aleaciones sufre alteraciones apreciables, pero con el tiempo, si no usamos ninguna protección, la escultura puede tomar distintos tonos verdes, azules e incluso violáceos.

Observaciones: La variación en saturación de color y luminosidad, que se observa con el paso del tiempo es inapreciable en esta pátina, lo que la hace adecuada y aconsejable, para la escultura ubicada a la intemperie, al igual que ocurría la pátina verde. Estas dos pátinas (azul y verde) son las más estables en cualquier medio, aunque la humedad relativa del ambiente, no sea elevada.

Pátina parda. (Figura 6-6).

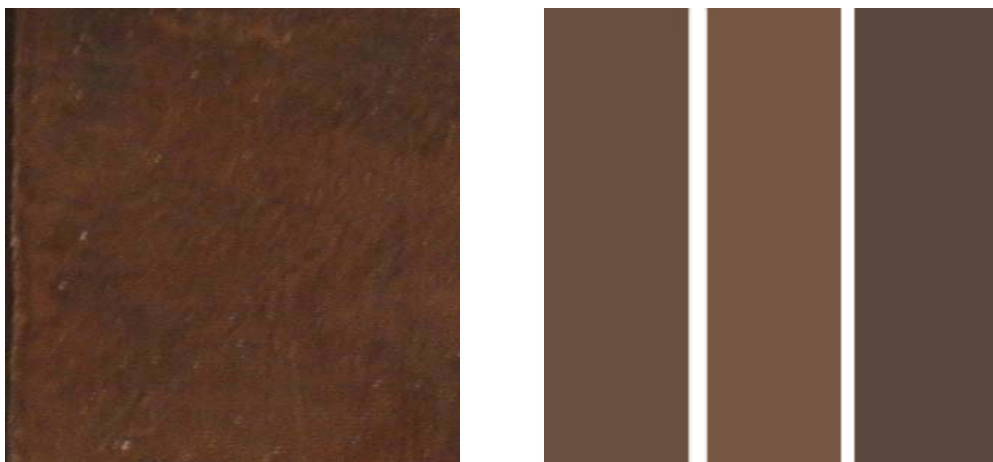


Figura 6-6. Izquierda: Pátina parda normalizada. Derecha: Valores medios de las mediciones CIELAB de la pátina parda.

Aleación recomendada: Con esta pátina, las seis aleaciones van bien para su uso escultórico, tanto en interiores, como a la intemperie, ya que es muy estable y no existen alteraciones colorimétricas relevantes en ninguna de ellas. A

pesar de estas mínimas diferencias de estabilidad entre las seis aleaciones, haré algunas recomendaciones: la aleación más estable, es la B, seguida de la aleación C y la H; siendo la más inestable y menos apropiada, la aleación A, seguidas por las aleaciones D y E. La escultura con esta pátina, en cualquiera de las seis aleaciones, no necesita el uso final de cera u otros productos protectores. Debido a su estabilidad, esta pátina no sufre apenas alteraciones en el exterior, siempre que el medio donde se ubique la escultura no sea húmedo.

Técnica de aplicación: Spray o pincel.

Mezclas químicas: Nitrato férrico en una concentración del 20%, en agua destilada.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena, aunque también funciona en superficies más lisas.

Temperatura de la superficie: Secado: mínima 40-50°C; para que aparezca el color: entre 110 y 130°C; temperatura máxima para quemar: 250°C.

Temperatura de la antorcha: Rondando los 250°C.

Cantidad de mezcla química usada: Para una superficie aproximada de 70 cm², 100 ml de nitrato férrico en una concentración del 20% en agua destilada.

Nº de procesos de aplicaciones del reactivo químico: Entre 3 y 4 (cada aplicación implica, alrededor de 15 a 30 pulverizaciones con el spray o pinceladas), mientras se aplica calor con la antorcha.

Nº de lavados con agua destilada: Entre 3 y 4.

Forma de aplicación: Aplicar primero con spray la solución de nitrato férrico en una concentración del 20% en agua destilada; las siguientes aplicaciones se harán con pincel o spray.

En la primera aplicación con pincel o spray de la disolución química sobre la escultura, calentamos con la antorcha el bronce hasta que toda la humedad desaparezca de la superficie, (que será cuando se alcance una temperatura aproximada de entre 40 y 50°C). Proseguimos con la aplicación del reactivo químico, mientras calentamos la pieza, (el color comienza su aparición cuando se alcanzan los 100°C). Continuamos aumentando la temperatura de la obra, acentuando el color hasta los 110-130°C. Para quemar y precipitar más la corrosión, aumentamos la temperatura hasta unos 200 o 250°C,

Tras terminar el primer proceso de aplicación con calor, enfiamos la pieza con agua destilada, y la lavamos y frotamos con paños de algodón. A continuación, repetiremos el proceso de aplicación de la disolución química con calor y lavado con frotado, por tres veces más. En los procesos de aplicación

intermedios, la temperatura ha de alcanzar entre 180 - 200°C en la obra. En la última aplicación hay que evitar que hierva el reactivo químico cuando se aplica, con objeto de tostar el tono rojo, que aparece alrededor de los 100°C, pero no quemarlo, por tanto no es conveniente en esta última mano superar los 180°C, alcanzándolos de forma paulatina. Si queremos que la pátina quede uniforme, la última aplicación la podemos dar con el pincel, procurando no dejar señales de la pincelada, dando el último lavado y frotado con suavidad.

Terminación: Si la pieza está ubicada en el interior, no es necesario un acabado en cera, aunque siempre es aconsejable, pues nos arriesgamos a posibles variaciones del color en algunas zonas de la escultura, debido a los diversos factores externos a los que esta quede expuesta.

Esta pátina es adecuada para su uso en las esculturas ubicadas a la intemperie, ya que ninguna de las seis aleaciones sufre demasiada variación. El medio ambiente, no debe ser húmedo, pues inevitablemente con el tiempo, tomará una pátina verdosa o azulada; si se diera este factor, es recomendable usar una protección final.

Observaciones: La estabilidad de esta pátina al interior y a la intemperie, se demuestra en el inapreciable descenso en la saturación de color y de la luminosidad, que se observa con el paso del tiempo. El producto químico y la concentración de este, son los mismos que usamos, para dar la pátina roja, lo que hace que estas dos pátinas tengan distinto color, es la temperatura aplicada, que es más elevada como hemos visto en la pátina parda.

Pátina negra. (Figura 6-7)



Figura 6-7. Izquierda: Pátina negra normalizada. Derecha: Valores medios de las mediciones CIELAB de la pátina negra.

Aleación recomendada: Tanto para interiores, como para su uso a la intemperie, las seis aleaciones son adecuadas para esta pátina en su uso escultórico. Esta pátina es muy estable y no existen alteraciones colorimétricas relevantes, en ninguna de las aleaciones. Teniendo en cuenta estas mínimas diferencias de estabilidad entre las seis aleaciones, la más estable, es la H, mientras que la menos estable es la aleación A. En cualquiera de las aleaciones posibles, no es necesario el uso final de ceras u otros productos protectores, para obras ubicadas en el interior. Debido a su estabilidad, esta pátina en el exterior no sufre apenas alteraciones. Si el medio donde se ubica no es húmedo, ello favorecerá aun más su mantenimiento; de lo contrario, sí es recomendable terminar con un protector para exteriores.

Técnica de aplicación: Spray o pincel.

Mezclas químicas: Nitrato cúprico en una concentración del 20%, en agua destilada.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena, aunque también funciona en superficies más lisas.

Temperatura de la superficie: Secado: mínima 40-50°C; para que aparezca el color: entre 150 y 200°C; temperatura máxima para quemar 300°C.

Temperatura de la antorcha: Rondando los 250-300°C.

Cantidad de mezcla química usada: Para una superficie aproximada de 70 cm², 150 ml de nitrato cúprico en una concentración del 20% en agua destilada.

Nº de procesos de aplicaciones del reactivo químico: Entre 3 y 4 (cada aplicación implica, alrededor de 20 a 35 pulverizaciones con el spray), mientras se aplica calor con la antorcha.

Nº de lavados con agua destilada: Entre 3 y 4.

Forma de aplicación: Pulverizar con spray aproximadamente 15-20 veces la solución de nitrato cúprico en una concentración del 20% en agua destilada, mientras aplicamos calor con la antorcha. En las primeras pulverizaciones con el spray del líquido sobre la escultura, la calentamos hasta que toda la humedad desaparezca de la superficie, a una temperatura aproximada entre 40 y 50°C. Mientras, seguimos dando calor con la antorcha, pulverizando el producto químico durante todo el proceso. Cuando la temperatura alcanza los 100-110°C, comienzan a aparecer colores, azules y violáceos. Continuamos aumentando la temperatura hasta los 150-200°C, acentuando el color. Seguimos subiendo la temperatura para quemar la pátina hasta unos 300°C; la superficie se vuelve negra intensa, pero aun no está bien afianzada y debemos profundizar más la corrosión. Es importante en esta pátina quemarla bien, en todos los procesos de aplicación, menos en el último.

Enfriar con agua destilada y lavar mediante frotado con paños de algodón. Repetiremos el proceso de corrosión con calor y enfriamientos con frotados, tres veces. El número de pulverizaciones variará entre 10 y 20, en cada proceso. En los procesos de aplicación intermedios, la superficie ha de alcanzar los 300°C de temperatura, afianzando la corrosión y asegurándonos de que el color final no se desprenda con el lavado. En la última aplicación del reactivo químico, no pasar de los 200°C. El color azul, aparecerá entre los 100-110°C, y llegando a los 130-150°C, pasará por tonos violetas tornándose negra. Subiendo hasta los 200°C, obtendremos un color negro intenso. Para no perder el color, aunque esta pátina si se fija muy bien, el último lavado y frotado lo damos con suavidad, para no levantar la pátina.

Terminación: Por la estabilidad de esta pátina, no es necesario un acabado en cera para el interior, aunque siempre nos arriesgamos a posibles variaciones del color en algunas zonas de la escultura. Pueden salir a la superficie, tonos azules o violetas debido a los diversos factores a los que la obra quede expuesta, como la humedad medioambiental, por lo que se puede aplicar una capa de cera. La perdurabilidad de esta pátina, la hace adecuada para su uso en la escultura ubicada al exterior. Si no sabemos con exactitud la humedad y condiciones atmosféricas, a la que va a estar expuesta la escultura, es aconsejable usar una protección final. Ninguna de las seis aleaciones sufre

alteraciones apreciables, pero con el tiempo, si no usamos ninguna protección, la escultura puede tomar distintos tonos verdes y azules e incluso violáceos.

Observaciones: La variación en saturación de color y luminosidad que se observa con el paso del tiempo, es inapreciable en esta pátina, lo que la hace adecuada y aconsejable, para la escultura ubicada a la intemperie, (al igual que ocurría con la pátina verde). Estas dos pátinas (azul y verde) son las más estables en cualquier medio, aunque la humedad relativa del ambiente, no sea elevada.

Pátina natural. (Figuras 6-8 y 6-9).



Figura 6-8. Pátinas naturales obtenidas a la intemperie en un año, sobre bronce de las aleaciones tipo A, B, C, D, E y H.



Figura 6-9. Valores medios de las mediciones CIELAB, de las pátinas naturales obtenidas a la intemperie en un año, sobre bronce de las aleaciones tipo A, B, C, D, E y H

La pátina natural o proceso de corrosión natural, hace que el color y brillo del bronce natural de la escultura ubicada en el interior, (en las seis aleaciones), se vaya perdiendo, volviéndose en general más ocre - ligeramente anaranjado, apareciendo tonos ocres más o menos saturados. La saturación del color del bronce natural, en las seis aleaciones, desciende notablemente en el interior.

Los resultados obtenidos en la escultura en bronce natural, expuesta a la intemperie para obtener una pátina natural, van a depender del entorno en el que se ubique la escultura y hay que considerar asimismo, que cada aleación evoluciona de forma diferente.

Aleación recomendada: Tanto para interiores, como para su uso a la intemperie, las seis aleaciones son adecuadas, (conociendo los distintos factores que intervienen en el proceso de corrosión concreto de esa escultura). En el interior, las seis aleaciones tardan siempre más tiempo en perder su color natural y adquirir la pátina.

Esta pátina se vuelve estable, una vez ha obtenido el equilibrio corrosivo y el color propio que el medio ambiente al que se expone le proporciona, (creando la capa protectora natural (pátina), que aísla la escultura del medio, evitando así la continuidad del proceso corrosivo).

Teniendo en cuenta lo dicho, la diferencia de estabilidad entre las seis aleaciones estudiadas, ha sido estudiada en el medio atmosférico de la capital granadina, con lo que me ceñiré a los resultados normalizados y comprobados, que son los que puedo garantizar, en este recetario.

Las aleaciones en orden de estabilidad de mayor a menor, serían: la más estable la H, luego la E, la D, la B, la C y la menos estable, la aleación A.

Preparación de la superficie: Rayar o preparar con arena, aunque también funciona en superficies más lisas.

Terminación: En cualquiera de las aleaciones que se emplee, no se requiere el uso final de ceras u otros productos protectores, para esculturas ubicadas en el interior. Siempre, la pátina irá buscando su estabilidad natural, cambiando su luz, color y saturación, adaptándose así al medio. En el exterior sufre más alteraciones; el medio donde se ubica resulta fundamental. Si el medio no es húmedo, se favorecerá su mantenimiento y los colores irán desde el ocre, anaranjados, rojizos, cuero o pardos. De lo contrario, si el medio es poco o algo húmedo, es recomendable terminar con un protector para exteriores, una vez conseguida la pátina natural que nos agrade, para nuestra escultura. Si la climatología es demasiado húmeda, terminará siendo una pátina de colores verdosos, azules y violáceos.

Observaciones: La variación en saturación de color y luminosidad, que se observa con el paso del tiempo en esta pátina, es inapreciable, lo que la hace adecuada y aconsejable, para la escultura ubicada a la intemperie, al igual que pasaba con la pátina verde. Las pátinas azul y verde, son las más estables en cualquier medio, aunque la humedad relativa del ambiente, no sea elevada.

6.4. Líneas de Investigación Abiertas

Considerando la situación planteada en los epígrafes anteriores, la pretensión del presente trabajo de investigación se resume, partiendo de los conocimientos proporcionados sobre estos materiales por los campos técnicos de los que proceden, en la búsqueda de alternativas en los métodos de paginación y coloración de superficies bronceas que permitan su adecuación progresiva a campos, aparte del artístico, en los que hasta ahora no se habían integrado plenamente. Tras las conclusiones obtenidas de esta investigación resulta necesario continuar el desarrollo de algunas de las líneas iniciadas en el presente trabajo de investigación. Estas líneas de trabajo son en su mayor parte de tipo práctico o experimental aunque también hay alguna parte teórica. En este sentido, resultaría fundamental la realización de un estado de la cuestión sobre experiencias de conservación de obras patinadas con los métodos planteados en esta investigación, recoger los avances en este campo y las propuestas realizadas por conservadores, artistas e investigadores.

En este sentido, este trabajo plantea una propuesta de Normalización de las pátinas estudiadas, dando al artista la oportunidad de controlar los resultados

que deseaba en la terminación de sus esculturas, sin necesidad de resolver problemas con resultados fortuitos, que la ignorancia o falta de control sobre este tema puedan ocasionar.

Ello permite la utilización de la pátina y aleación adecuada para cada escultura, conociendo de antemano la evolución que ésta va a tener a lo largo del tiempo, en función de si va a estar en el interior o bien se encontrará expuesta a la intemperie, en cuyo caso tendremos que tener en cuenta las condiciones medioambientales de su ubicación.

Todo ello permitirá un mayor dominio por parte del artista, de la pátina en su obra, (en vez de que ésta lo domine a él), utilizándola completamente a su antojo y así, poder aplicarla en otras ramas artísticas, como la pintura o el dibujo, pues evidentemente, con las pátinas bien controladas, podemos hacer cuadros con ricos colores y texturas, utilizando el bronce como base, en vez del lienzo, papel o tabla.

Debiera, finalmente, completarse los ensayos de colorimetría de las pátinas planteados en este trabajo, determinando sus condiciones de aplicación y procedimientos de empleo. Así mismo, la catalogación colorimétrica exhaustiva realizada de todas las tipologías de pátinas estudiadas en esta investigación, servirán como punto de partida de futuros estudios de variación colorimétrica provocados tanto por el envejecimiento de la propia superficie del bronce y la pátina como por la incidencia de factores climatológicos, que podrán alterar la pátina de diversa forma con el transcurso del tiempo.



Referencias Bibliográficas

Referencias Bibliográficas

- Albaladejo, J. C., (1987): "Técnicas y procedimientos escultóricos. El poliéster y la madera". Universidad de la Laguna. Sta. Cruz de Tenerife.
- Albaladejo, J. C., (1987): "Técnicas y procedimientos escultóricos. Los tratamientos superficiales en el proceso escultórico". Universidad de la Laguna. Sta. Cruz de Tenerife.
- Albrecht, H. J., (1981): "Escultura en el siglo XX. Conciencia del espacio y configuración artística". Ed. Blume. Barcelona.
- Aldaz Riera, A., (1992): "Electroquímica". UNED.
- Alonso Cantalapiedra, M. P., (1995): "Efectos de la contaminación atmosférica en las esculturas de bronce: estudio de la pátina" Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid

- Alonso Cantalapiedra, M. P., (2002): "Efectos de la contaminación atmosférica en las esculturas de bronce: estudio de la pátina" [Recurso electrónico]. Universidad Complutense de Madrid.
- Alsina Benavente, J., (1992): "La fundición a la cera perdida (microfusión)". Ed. Alsina. Barcelona.
- Aracil, A. y Rodríguez, F., (1982): "El siglo XX entre la muerte del arte y el arte moderno." Editorial Istmo. Madrid.
- Arguedas, A., (1957): "Raza de bronce Buenos Aires": Losada.
- Arguedas, A., (1966): "Raza de bronce Buenos Aires": Losada.
- Arnason, H., (1968): "Historia del Arte Moderno". Ed. Daimon. Barcelona.
- Arquero, F., (1980): "Práctica constructiva". Ed. Ceac, Barcelona.
- Artigas, J.M., Capilla, P., Felipe, A. & Pujol, J, (1995): "Óptica fisiológica. Psicofísica de la visión". Interamericana McGraw-Hill. Madrid.
- Arundel, H., (1967): "La libertad en el Arte". Ed. Grijalbo. Méjico.
- ASM Handbook, (1992): "Corrosion", vol.13, ASM International Ed. U.S.A.
- Avia, A., (2002): "Luz de la mirada" Museo de Arte Contemporáneo Esteban Vicente. Segovia.
- Azcárate, J.M^a, (1978): "Panorama del Arte español del siglo XX". Uned. Madrid.
- Ballesteros Arranz, E., (1983): "Escultura del siglo XX". Ed. Hiares. Madrid.
- Barbieri, N., (1951): 2^a edición. "Formulario enciclopédico industrial" (versión española), título original "Enciclopedia Recetario". Ed Hoepli, S.L. Milán.
- Barraclough, G., (1980): "Introducción a la Historia Contemporánea". Ed. Gredos. Madrid
- Barros, T., (1965): "Los procesos abrasivos del Arte Contemporáneo". Ediciones del Castro. La Coruña.
- Bastidas, J.M.; Alonso, M.P; Mora E.M., Chico B., (1995): "Corrosion of bronze by acetic and formic vapours, sulphur dioxide and sodium chloride particles", Mater. Corros., 46; págs.: 515-519. Ed. Vch. Weinheim. Alemania.

- Bastidas, J.M.; Feliu, S.; Morcillo M., (1986): "El método de la impedancia faradaica para el estudio de la corrosión. 1ª Parte. Fundamentos teóricos", Rev. Metal. Madrid, 22 120-129.
- Belda, C.; Navarro, Mª T. (2002): "Quince miradas sobre los museos". Cristóbal Belda Navarro y Mª Teresa Marín Torres (editores). Universidad de Murcia. Murcia.
- Bensimon, R., (1970): "Los materiales metálicos". Tomo 111. La corrosión de los materiales metálicos. París.
- Berducou, M.C., (1990): "La conservation en archéologie". Ed. Masson. París.
- Bernard-Philbert-Talbot, (1983): Metalurgia General. Ed. Hispana Europa. Barcelona.
- Bertos, Mª P., (1992): "La Custodia del Corpus Christi de Granada (Siglo XVI al XX)" Gráficas Alhambra. Granada.
- Berukshtis, G.K. y Klark, G.B., (1966): "Corrosión of Metals and Alloys". Ed Tomashv y Mirolyubev. Jerusalén.
- Biestek, T., (1984): "Comparative corrosion testing of eight system of electrodeposited protective-decorative Ni/Cr and Cu/Ni/Cr coating on steel. Surface Finishing". Lausanne. Suisse.
- Billmeyer, F. W. y Saltzman, M. (1981): "Principles of Color Technology. John Wiley and Sons. New York.
- Bockris, J. and Reddy, A.K.N., (1977): "Modern Electrochemistry". Vol. 1-2. Plenum Press. New York.
- Bonet Correa, A., (1985): "Antonio López García". Fundación Juan March. Madrid.
- Bozal, V., (1970): "Arte de vanguardia. Un nuevo lenguaje". Cuadernos para el diálogo. Madrid.
- Bozal, V., (1983): "Escultura contemporánea". Ed. Carroggio S.A. Barcelona.
- Brachert, T., (1990): "La patina nel restauro delle opere d'arte". Ed. Nardini. Firenze. Italia.
- Burns, R.M. y Schuh, A. E., (1938): "Protective Coatings for Metals". Reinhold. New York.
- Cabanne, P., (1983): "El Arte del siglo XX". Ed. Polígrafa. Barcelona.

- Cano Díaz, E., (2004): "Efecto de los vapores de los ácidos acético y fórmico en la degradación y patinado del cobre" [Tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- Castells, F., (1992): "Coloración (pátinas y óxidos): de los metales". Ed. Cedel. Viladrau Girona.
- Castells González, R., (2002): "La escultura pública en el espacio urbano de Alicante". Fundación Eduardo Capa, Alicante.
- Centre National de la Recherche Scientifique. (1978). "Principes d'analyse scientifique: la sculpture. (Méthode et vocabulaire)". Ministère de Culture et de la communication. Inventaire Général des Monuments et des Richesses Artistiques de la France. París.
- Chin, R.J.; Altura, D.; Nobe K., (1973): "Corrosion inhibition of iron and copper in chloride solutions by benzotriazole", Corrosion, 29, 185-187. London.
- Cirlot, J.E., (1972): "Arte del siglo XX". Ed. Labor S.A. Barcelona
- Clerin, P., (1988): "La sculpture: toutes les techniques. Dessain et Tolra". Paris.
- Clerin, P. (1993): "La sculpture en Asier".. Ed. Dessain et Tolra. Paris
- Conesa Bermejo, R., (1985): "La materia como valor esencial en la creatividad escultórica". Tesis doctoral dirigida por Fernando Cruz Solís. 1ª Edición. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Bellas Artes. Departamento de Escultura. Madrid.
- Corcova, V., (1999): "El arte como superación personal" (1ª parte) Fiesta, nº 336, abril de 1999. Granada.
- Corcova, V., (1999): "El arte como superación personal" (2ª parte) Fiesta, nº 337, abril de 1999. Granada.
- Corcova, V., (1999): "El arte como superación personal" (3ª parte) Fiesta, nº 338, abril de 1999. Granada.
- Corrado, M., (1985): "Las técnicas artísticas". Ed. Cátedra. Madrid.
- Corredor Martínez, J.A., (1997): "Técnicas de fundición artística". Ed. Universidad de Granada. Granada.
- Corvo, F., et Al., (1999): "Outdoor and Indoor Atmospheric Corrosion of Carbon Steel". Corrosion Dept., National Centre for Scientific Research (CNIC), Habana. Cuba.

- Cotton, J.B., (1963): "Control of surface reactions on copper by means of organic reagents", Proceedings of the 2nd International Congress on Metallic Corrosion, pp. 590-596, Nueva York.
- Dent Weil, P., (1977): "Revisión de la historia y práctica de la patinación "Agencia Nacional de Publicación Especial de Normas" 479. Qaithersburg (Maryland).
- Desai, M.N.; Rana, S.S.; Gandhi M.H., (1971): "Corrosion inhibitors for copper". Revista: "Anti-Corrosion Methods and Materials". Páginas: 19-23. (United Kingdom).
- Díaz Berrio, S.; Orive, O.; Zamora, F., (1969): "La conservación de los bienes culturales". Colección Museos y Monumentos XI. Ed. UNESCO. París.
- Duponchelle, J., (1960): "Manual del fundidor". Ed. Gustavo Gilli. Barcelona.
- Durán Suárez, J y Moreno Pabón, C., (2003): "Pátinas artísticas en aleaciones del sistema Cu-Sn. Fundamentos teóricos, técnicas y su aplicación en Bellas Artes". Departamento de Escultura de la Universidad de Granada.
- Durán Suárez, J. A., (1996): "Estudio de consolidantes y protectivos para restauración de material pétreo". Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada.
- Edge, S., (2000): "Química Orgánica. Estructura y Reactividad, Volúmenes 1 y 2", pp. 68-80, 738-746 y 1064-1082. Ed. Reverté. Barcelona.
- Esbert, R. M.; Grossi, C. M.; Valdeón, L.; Ordaz, J.; Alonso, F. J. y Marcos, R. M. (1989): "Estudios de laboratorio sobre la conservación de la piedra de la Catedral de Murcia", Materiales de Construcción, Vol 40, 217, 208, 5-15. CSIC. Madrid.
- Euskal, H., (1984): "La corrosión metálica y su prevención". Ed. Leioa. Universidad del País Vasco.
- Evans, U.R., (1960): "The Corrosion and Oxidation of Metals", Edward Arnold. Londres.
- Evans, U. R., (1987): "Corrosiones metálicas". Barcelona
- Evans U. R.: Reverté Scully, J. C., (1968): "Fundamentos de la corrosión". Madrid.

- Fabián García, J. F. (1995): "El aspecto funerario durante el Calcolítico y los inicios de la Edad del Bronce en la Meseta Norte". Universidad de Salamanca, Servicio de Archivos y Bibliotecas. Salamanca
- Feliu, S. y Andrade, C., (1991): "Corrosión y protección metálicas Vol. I". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ed. Raycar S.A. Madrid.
- Feliu, S. y Andrade, C., (1991): "Corrosión y protección metálicas Vol. II". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ed. Raycar S.A. Madrid.
- Feliu, S. Y Morcillo, M., (1975): "Revista Metalurgia". (CENIM), 11, nº 4, 159. Madrid.
- Feliú, S., Morcillo, M., (1982): "Corrosión y protección de los metales en la atmósfera". Centro Nacional de Investigaciones Científicas ED. Bellaterra. Barcelona.
- Fernández, O., (1984): "Control Analítico de Fuentes Medioambientales". Departamento de Ingeniería de Procesos.
- Fernández-Braso, M. (1983): "En el taller". Ed. Rayuela. Madrid.
- Fernández-Braso, M.; Ullán, J. M., (1977): "Antonio López García". Ed. Rayuela. Madrid.
- Finley, M. I., (1981): "Grecia primitiva: la edad de bronce y la era arcaica". Eudeba. Buenos Aires.
- Finley, M. I., (1983): "Grecia primitiva: la edad de bronce y la era arcaica". Barcelona: Crítica.
- Fontana, M.G., (1988): "Corrosion engineering" (3º ed.). McGraw-Hill. New York.
- Fontana, Mars G., (1978): "Corrosion engineering New York" [etc.]. Mc Graw-Hill. New York.
- Fox, P.G.; Lewis, G.; Boden, P.J., (1979): "Some chemical aspects of the corrosion inhibition of copper by benzotriazole", Corros. Sci., 19 457-467. Universidad de Michigan.
- García Maldonado, A., (2003): "Una histórica solidaridad mundial. Los terremotos de Andalucía de 1884 y Alhama. II. Miguel Moreno, un escultor para nuestra historia". 1ª edición. Excelentísimo Ayuntamiento de Alhama de Granada.

- Gaya Nuño, J. A., (1975): "75 años de escultura española: 1900-1975". Galería Biosca. Madrid.
- Gegenfurtner, K.R.; Sharpe, I.T., (1999): "Color vision. From genes to perception". Cambridge University Press.
- Getty Trust, J. P., (1991). Symposium on Ancient and Historic Metals. Malibu, California.
- Gil Arévalo, J., (1986): "Técnica de fundición en cera perdida". Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Givone, S. (1990): "Historia de la estética". Ed. Tecnos. Madrid.
- González Fernández, J. A., (1989): "Control de la corrosión: estudio y medida por técnicas electroquímicas". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- González González, J. E.; Santana Rodríguez, J.J; Santana Hernández F.J., (2004) "Fundamentos de la corrosión metálica". Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; Servicio de Reprografía. Las Palmas de Gran Canaria.
- González, J.A., (1984): "Teoría y Práctica de la Lucha contra la Corrosión". Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Madrid.
- Goodwin, F.E., (1990): "Zinc-Based Steel Coatings Systems: Metallurgy and Performance", Ed. By G. Krauss. The Minerals, Metals & Materials Society. Universidad de Michigan.
- Griñan, J., (1978): Encofrados. Ed. Ceac. Barcelona.
- Guillén, R., (1996): "Cabeza de Mujer India". Catálogo Exposición Kreisler. Granada.
- Guillén, R., (2003): "Las Prosas viajeras" Colección Narrativa Ideal, nº 3. Granada.
- Hamann, C.H.; Hamnet, A. and Vielstich, W., (1998): "Electrochemistry". Wiley-VCH. New York.
- Hernández, O.J., (2002): "Estudio del Niquelado Dúplex obtenido por modulación de corriente en el desarrollo de recubrimientos protectores para clima tropical húmedo". Tesis en opción del grado de Doctor en Ciencias Técnicas. Facultad de Ingeniería Química, CUJAE, Ciudad de La Habana, Cuba.

- Hidalgo, P. J., (1976): "Aspectos Fundamentales de la Protección contra la Corrosión". Revista Corrosión y Protección. Julio-Agosto. Madrid.
- Hiscox y Hopkins, (1994). "El recetario industrial" Ediciones G. Gili, SA de CV. Valle del Bravo (México).
- Hofmann, W. (1960): "La escultura del siglo XX". Ed. Seix Barral. Barcelona.
- Houldroft, P. T., (1990): "Tecnología de los procesos de soldadura". Ed. Ceac, Barcelona.
- Howard, E.D., (1953): "Tratado práctico de fundición". Ed. Aguilar. Madrid.
- Hughes R., Rowe M., (1991, revisado en 2002): "The Colouring, Bronzing and Patination of Metals": Ed. Thames & Hudson Ltd. London, United Kingdom.
- Irving, D.J., (1981): "Sculpture, material and process". Ed. Nostrand Reinhold. New York.
- ISO 10289: 00. (2000): "Methods for corrosion testing of metallic and other inorganic coating on metallic substrates. Rating of test specimens and manufactured articles subjected to corrosion test". England.
- ISO 9223: 91. (1991): "Corrosion of metals and alloys. Classification of corrosivity of atmospheres". England.
- Jones, D.A., (1992): "Principles and prevention of corrosion". McMillan Publishing Co. Washington, DC.
- Jory, M., (1977): "Le béton dans l'art contemporain"., Ed. Du Griffon, Neuchatel. Suisse
- Judd, D. B. y Wyszecy, G., (1975): "Color in Business, Science and Industry. 3ª. John Wiley and Sons. New York.
- Kaesche, H. (2003): "Corrosion of metals: physicochemical principles and current problems". Helmut Kaesche Berlin: Springer. Berlín.
- Karatzani, A.; Rehren, T., (1990): International Restorer Seminar (7th. 1989. Veszprém, Hungary) "Conservation of metals: problems in the treatment of metalorganic and metalinorganic composite objects". Isstvan ERI. Budapest.
- Kipper, P., (1995): "Pátinas for silicon bronze". Path Publications. Loveland Colorado.

- Klas, H., (1959): "Corrosion". Verlag Chemie GMBH. Universidad de Michigan.
- Larru, O., (1968): "Manual de forja artística". Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- Larsson, T. B., (1986): "The Bronze Age metalwork in southern Sweden: aspect of social and spatial organization: 1800 500 BC". Umea: University of Umea, Departament of Archaeology. Universidad de California.
- Lerin, P., (1989): "La sculpture". Ed. Dessain et Tolra. Paris.
- Liebson, M. (1991): "Direct stone sculpture". Schiffer Publishing Ltd. Pennsylvania.
- López Arribas, F. J.; López García, A., (1998): "Antonio López García: el pintor retratado" Ediciones Soubriet. Tomelloso (Ciudad Real).
- López García, A.; Esteban Leal, P., (1993): "Antonio López: Pintura, escultura, dibujo: exposición antológica, Madrid". Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Madrid.
- López García, A., (2001): "Antonio López: hombre y mujer: octubre, 2001". Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Madrid.
- López García, A.; Martínez Sarrión, A.; Ramo, J., (1995): "Antonio López: Proceso de un trabajo: 4 noviembre 1994 - 15 enero 1995" Fundación Fondo de Cultura de Sevilla.
- López Delgado, A.; Cano, E.; Bastidas, J.M.; López, F.A, (1998): "A laboratory study of the effect of acetic acid vapor on atmospheric copper corrosion", J. Electrochem. Soc. 145 4140-4147. USA.
- Lull, S. V., (1992): "Arqueología de Europa, 2250-1200 A. C.: una introducción a la Edad del Bronce". Síntesis. Madrid.
- Maillard, R., (1970): "Diccionario universal de escultores". Ed. G.Gili. Barcelona.
- Mallo, C., (2003): "El taller de Cristino Mallo: [catálogo de exposición en] Castillo de Santa Bárbara, Alicante". Fundación Eduardo Capa, Alicante.
- Marín Medina, J, (1978): "La escultura española contemporánea (1800-1978): Historia y evaluación crítica". Edarcón. Universidad de Michigan.
- Martín, F. A., (1992): "Las civilizaciones Egeas del Neolítico y de la Edad de Bronce". Labor. Barcelona.

- Martínez Navarrete, M.I., (1988): "La Edad de Bronce en la submeseta suroriental: una revisión crítica" Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- Mazza, L. A., (1972): "La Protección Catódica. Técnicas de Control de la Corrosión". V Congreso Argentino de Ingeniería.
- Midgley, B., (1982): "Escultura, modelado y cerámica. Técnicas y materiales". Hermann Blume Ediciones. Madrid.
- Mills, John., (1990): "The Encyclopedia of Sculpture Techniques". B.T.Batsforf Ltd. London.
- Moral del Hoyo, S., (2002): "La cueva de el mirador: la edad del bronce en la Sierra de Atapuerca". Sergio Moral del Hoyo. Montecarmelo. Burgos.
- Morales Marina, J., et Al., (2001): "Curso teórico y práctico de introducción a la corrosión metálica". Universidad de La Laguna. Tenerife.
- Morales, E., Fernández y Varela, (2001): "Curso teórico y práctico de introducción a la corrosión metálica". Universidad de la Laguna. Sta. Cruz de Tenerife.
- Morcillo, M., Programa CYTED, (1998): "Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte 1". Mapas de Iberoamérica de Corrosividad Atmosférica. Proyecto MICAT. XV. CYTED. Canadá.
- Morcillo, M., et Al (1999): "Corrosión y protección de metales en atmósferas de Iberoamérica". Programa CYTED. Madrid.
- Moreno Cuadro, F., (1998): "Colección Capa. Alicante". Ayuntamiento de Alicante.
- Moreno Pabón, C. y Sorroche Cruz, A. (1999): "Fusión, interacción de metales no férricos con la utilización de modelo gasificable de poliestireno expandido, aplicados a la escultura". Departamento Escultura Universidad de Granada. Granada.
- Moreno Romera, M., (1992): "La Chapa en la escultura moderna del Siglo XX: La obra de Miguel Moreno Romera". Tesis doctoral. Universidad de Granada. Granada.
- Navarro, V., (1976): "Técnicas de la escultura". Ed. Meseguer. Barcelona.

- National Association of Corrosion Engineers. (1991): "Corrosion and metal artifacts; a dialogue between conservators and archeologists and corrosion scientists". Ed. Nace. Houston.
- Normand, B.; Balland, B.; Pébère, N.; Richard, C., (2004): "Prévention et lutte contre la corrosion: une approche scientifique et technique". Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne. Suisse.
- Notoya, T., (1991): "Localized corrosion on copper and the effect of anti-tarnishing pretreatment", J. Mater. Sci. Lett. Universidad de Michigan.
- Otero, E.; Bastidas, J.M., (1996): "Study of two new aqueous alkaline copper cleaning solutions and comparison with a conventional bath", Mater. Corros. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Madrid. Spain.
- Otero Huertas, E. (1997): "Corrosión y degradación de materiales". Ed. Síntesis. Madrid.
- Otieno Olego, V.; Huynh, N.; Notoya, T.; Bottle, S.E., D.P.; Schweinsberg, (1999): "Inhibitive effect of 4- and 5-carboxybenzotriazole on copper corrosion in acidic sulphate and hydrogen sulphide solutions", Corros. Sci., 41. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Madrid. Spain.
- Pächt, O., (1986): "Historia del Arte y metodología". Ed. Alianza. Madrid.
- Paine, R.M.; Srinivasan, B., (1982): "Cleaning and finishing of copper and copper alloys", Metals Handbook 9th Edition, Volumen 5, American Society for Metals (ASM), Ohio.
- Patón, J., (1999): "El hombre pensante de Miguel Moreno" Revistart, nº 42-X Año V. Barcelona.
- Peabody, A.W. y Woody, C.L., (1950): "Corrosión". H.H. UHLIG. Revista de Obras Publicas. Madrid.
- Péguin, P. y Chevalier, J. L., (1970): Corrosión, núm. 14, vol. 4. Revista de Obras Publicas. Madrid.
- Penny, N. (1993): "The materials of sculpture". Ed. Yale University. Philadelphia.
- Pietsch, E., (1959): "Corrosión y protección", por F. TÖDT. Traducción española por F. MUÑOZ, Ed. Aguilar. Madrid.

- Pischel, G., (1983): "El gran libro de la Escultura". Ed. Desclee de Brouwer. Bilbao.
- Pita Andrade, J. M., (1975): "Miguel Moreno". Catálogo Exposición Caja de Ahorros La General. Granada.
- Pleenderleith, H.J., (1967): "La conservación de antigüedades y obras de arte", versión española de Arturo Díaz Martos. Ed. Iccorrea. Madrid.
- Pletcher, D.; Walsh, F., (1990): "Industrial Electrochemistry". Chapman & Hall. Cambridge.
- Plowman, John., (1995): "Enciclopedia de las técnicas escultóricas". Ed. Acanto. Barcelona.
- Polo, J.L., (1999): "Modelado de diagramas de impedancia en procesos de corrosión", Tesis Doctoral, Universidad Pontificia Comillas de Madrid.
- Pourbaix, M., (1969): "Une methode electrochimique rapide de predetermination de la corrosion atmospherique. Repports Techniques", Cebelcor. Bruselas.
- Pourbaix, M., (1974): "Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions", NACE, Houston, USA.
- Pourbaix, M., (1987): "Lecciones de corrosión electroquímica". Versión castellana del Instituto Español de la Corrosión y Protección. Madrid.
- Prados Torreira, L., (1992): "Exvotos ibéricos de bronce del Museo Arqueológico Nacional". Lourdes Prado Torreira. Dirección General de Bellas Artes y Archivos. Madrid
- Raclot, B., (1948): "Métaux et Corrosion". Pág. 23 - Nº 98. Revista de Obras Públicas. Madrid.
- Revie, W., (2000): "Uhlig's Corrosion Handbook", Wiley-Interscience; 2nd Ed. Universidad de Michigan.
- Reyero, C., (2002): "Escultura, museo y estado en la España del siglo XIX: historia, significado y catálogo de la colección Capa". Fundación Eduardo Capa, Alicante.
- Rich, Jack C., (1974): "The Materials and Methods of Sculpture". Dover Publications, Inc. New York
- Rivas, A.M., (1988): "Introducción a la soldadura eléctrica". Ed. Paraninfo. Madrid.

- Roberge, P. R., (1999): "Handbook of Corrosion Engineering", McGraw Hill. New York.
- Rodrigo, A. et Al. (1957): "El más joven orfebre de España es también el mejor". Juventud. Madrid.
- Rodrigo, A. et Al. (1957): "La orfebrería granadina, maestra de maestros". Juventud, Madrid.
- Rodríguez, J., (1997): "Miguel Moreno. Escultor". Catálogo para la exposición "Miguel Moreno. Escultor" nº 93, octubre de 1997. Centro Cultural Puerta Real. Fundación Caja de Granada. Granada.
- Rodríguez de Berlanga y Rosado, M, (1825-1909). "El nuevo bronce de Itálica". Málaga.
- Romero, J.; García, J.A. & García, A., (1996): "Curso introductorio a la Óptica Fisiológica". Comares. Granada.
- Rosier, Pascal. (1990): "La sculpture: Méthodes et Matériaux nouveaux". Dessain et Tolra. Paris
- Rozenfeld, L., (1972): "Atmospheric corrosion of metals". NACE. Houston.
- Rudel, J., (1986): "Técnica de la escultura". Ed. F.C.E. México.
- Sahlinglatzin, (1970): "La técnica de la soldadura". Ed. Blume. Madrid.
- Schütze A., O. (1954): "Moldeo y fundición". Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- Schultze, J.W.; Wippermann, K., (1987): "Inhibition of electrode processes on copper by AHT in acid solutions", *Electrochim. Acta*, 32 823-831. Universidad de Michigan.
- Schwartz, S.H., (1999): "Visual Perception; a clinical orientation". 2nd Edition. MacGraw-Hill. New York.
- Scott, David A., (1994). "Ancient and historic metals conservation and scientific research: proceedings of a symposium." Edited by David A. Scott. Getty Conservation Institute. Marina del Rey. California
- Scott, D. A., (2002): "Copper and bronze in art: corrosion, colorants, conservation". Getty Conservation Institute. Los Angeles.
- Selz, J. (1964): "La escultura moderna. Orígenes y evolución" Ed. Eco. Barcelona.

- Snyder, D., (1992): "Fifteen years of outdoor corrosion of trivalent and hexavalent chromium electrodeposits". Metal Finishing. Universidad de Michigan.
- Sorroche Cruz, A., (1998): "Nuevas técnicas y nuevos materiales en la fundición escultórica actual. El uso del poliestireno expandido". Universidad de Granada. Granada.
- Speller, F.N., (1951): "Corrosion Causes and Prevention". McGraw-Hill. New York.
- Spencer, K. A. y Lewis D. A., (1959): "Anticorrosion Manual. Corrosion Prevention and Control". Londres.
- Spillman, N.I. & Werner, J.S., (1990): "Visual Perception: The Neurophysiological Foundations". Academic Press. New York.
- Sullivan, E. J., (1996): "Realistas españoles contemporáneos: Amalia Avía; Antonio López García" Galería Marlborough. Madrid.
- Tabasso, M. L y Mecchi, A. M. (1992): "Envejecimiento natural y artificial para evaluar los tratamientos para impermeabilización del mármol". Materiales de construcción. vol, 42. nº, 226. pp. 5-26. CSIC. Madrid.
- Terrero, J., (1991): "Armas y objetos de bronce extraídos en los dragados del puerto de Huelva". Diputación Provincial de Huelva. Huelva.
- Tödt, F., (1959): "Corrosión y Protección", Ed. Aguilar. Madrid.
- Uhlig, H.H., (1950): "Corrosión". Pág. 6, Nº 29, Revista de Obras Publicas. Madrid.
- Uhlig, Herbert H., (1979): "Corrosión y control de corrosión". Ed. Urmo. Bilbao.
- Ulzurrun, C., (2002): "Curro Ulzurrun, 1997-2002: exposición organizada por la Fundación Eduardo Capa, Castillo de Santa Barbara". Fundación Eduardo Capa. Alicante.
- UNE 112-017:92 (1992): "Recubrimientos metálicos. Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina". Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR. España.
- Villar Ribot, F., (1974): "Aproximación a una vida y obra: Miguel Moreno" Patria. Granada.

- Villar Ribot, F., (1974): "La línea en la obra escultórica de Miguel Moreno" Ideal. Granada.
- Villar Ribot, F., (1974): "Más allá de los signos". Catálogo exposición Galería Carlos Marsá. Granada.
- Villar, F. et al (2001): "El IV bronce de Botorrita (Contrebia Belaisca): arqueología y lingüística". Universidad de Salamanca. Salamanca.
- Walters, F.H., (1991): "Design of corrosion inhibitors", J. Chem. Educ. Philadelphia.
- Wandell, B.A., (1995): "Foundations of Vision". Sunderland: Sinauer Associates. California.
- West, J. M., (1986): "Corrosión y oxidación: fundamentos". D.F. Limusa. México.
- Wieczoreck, E. y Leben, H., (1960): "Tecnología fundamental para el trabajo de los metales". Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- Wyszecky, G. y Stiles, W. S., (1982): "Color Science. Concepts and methods, quantitative data and formulae. 2ª ed. Wiley and Sons. New York.
- Zancada Pérez, E., (2006): DVD Multimedia interactivo. Título: Ars Magna: Historia del Arte universal. Ed. Planeta. Barcelona.
- Zoccola J.C., et. Al., (1978): "Atmospheric Factors Affecting the Corrosion of Engineering Metals", STP 646, American Society for Testing and Materials. USA.

Direcciones páginas webs.

<http://codinahermanos.com>

<http://www.corrosion-doctors.org>

<http://www.fundacioncapa.net>

<http://www.miguelmoreno.com>

http://www.uniovi.es/QFAnalitica/quimica_fisica/ElectroCorro/ElectroCorro.htm