

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



JOSÉ LUIS GÓMEZ ORDÓÑEZ, Catedrático de Urbanismo y Ordenación del Territorio y miembros del GRUPO DE URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

En el año 2004, la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía, que promueve, financia, proyecta y construye el metro ligero de Granada, solicitó a la Universidad de Granada la constitución de una Comisión de Expertos a la que encomendaría la realización de un Informe Técnico que debía pronunciarse sobre la alternativa de que dicho sistema de transporte público, de carácter metropolitano, a lo largo del Camino de Ronda, entre el río Genil y Villarejo, discurriese soterrado o en superficie.

El trabajo que aquí se expone no es el Informe de la Comisión de Expertos- que es obligado decir que se pronunció, mayoritariamente, en favor de la solución en superficie- sino el que se elaboró, desde la dirección de uno de sus miembros, el prof. J.L.Gómez Ordóñez, catedrático de Urbanismo, por un equipo de investigadores, en el seno del Laboratorio de Urbanismo. Este trabajo razona en sentido favorable al soterramiento, defendiendo, al mismo tiempo, un tratamiento, para la superficie del Camino de Ronda, muy aligerado del intenso tráfico automovilístico de hoy.

Aunque, posteriormente, la Junta y el Ayuntamiento acuerdan adoptar otro trazado, para el tramo entre Plaza Einstein y Villarejo, pasando por el Campus Universitario de Fuentenueva y La Caleta, el resto de la traza bajo el Camino de Ronda, fué finalmente soterrada.

La publicación seis años después, ya con las obras muy avanzadas, de este trabajo técnico, obedece al deseo de divulgar información, análisis y criterios de decisión, que tienen valor, a nuestro juicio y el de los universitarios y colegas que nos han impulsado a hacerlo, más allá de la solución adoptada en este caso concreto, ya que se inscribe en el empeño actual generalizado, en muchas ciudades en el mundo, a favor del transporte público y por la disminución del flujo de automóviles. Las decisiones sobre la movilidad son muy complejas, envuelven muchas variables y presentan relaciones muy trabadas con otras políticas a medio y largo plazo que tienen que ver con el crecimiento y las transformaciones urbanas. Impulsan esta publicación el afán y el convencimiento de ayudar a que tales procesos de planeamiento y proyecto sean, lo más que sea posible, razonables y beneficiosos para la ciudadanía. Contribuye, desde luego, a demostrar, que una línea de transporte público debe ser "un traje a la medida" para cada ciudad.

Debemos agradecer a la Junta de Andalucía la iniciativa impulsora de esta reflexión, aún más cuando no es habitual prestar esta atención a ámbitos de reflexión técnicos e independientes.

Granada, marzo del 2010.

SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL METRO LIGERO:

Este anexo ha sido elaborado por el Grupo de Investigación del Área de Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Universidad de Granada dirigido por el catedrático José Luis Gómez Ordóñez y realizado conjuntamente con los siguientes profesores, investigadores y becarios:

Prof. Luis Miguel Valenzuela Montes, Dr. geógrafo, Ciencias Ambientales.

Prof. Alejandro Grindlay Moreno, Dr. ing. C. C. y P, E.T.S. Ingenieros de C.C.y P.

Prof. Juan L. Rivas Navarro, Arquitecto, E.T.S. Arquitectura.

arquitecto David Cabrera Manzano.

Ing. de C.C.y P. Rafael Cortés Navarro.

Licenciado en Ciencias Ambientales Alberto Matarán Ruiz.

Emilio Molero Melgarejo, estudiante de 5º de ingeniería de C.C.y P.

Inserto en el cap. C.1 sobre Análisis y Evaluación Ambiental se encuentra un resumen del informe solicitado a los profesores Jerónimo Vida Manzano y Diego Pablo Ruiz Padillo del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada.

INDICE

SOBRE EL SOTERRAMIENTO CENTRAL DEL METRO LIGERO DE GRANADA. DEPARTAMENTO DE URBANISMO DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA.

0.- Resumen y conclusiones del presente anexo.	pag. 3
A.- Consideraciones generales.	7
0.-Cuadro explicativo de las relaciones entre movilidad y metro ligero.....	8
1.- Infraestructuras y movilidad.	10
2.- El metro ligero en algunas ciudades europeas. Dos grandes familias.	19
3.- El traNSgran y las oportunidades urbanísticas en el eje norte-sur.	24
B.- Sobre la movilidad en el recinto central de la ciudad.	28
1.- La escasez de calles anchas de la Granada central.	
C.- La movilidad en el Camino de Ronda.	
1.- Análisis y evaluación ambiental de diversos escenarios de movilidad.	37
2.- La sección compuesta del Camino de Ronda.	112
2.0.- Densidades de población y actividad.	
2.1.- Las anchuras de camino de ronda y las calles paralelas.	
2.2.- Capacidad viaria.	
2.3.- Ideas para mejorar la eficiencia norte-sur.	
3.- La circulación transversal: fricción con los flujos longitudinales norte-sur.	
4.- Un paseo peatonal en un tramo del Camino de Ronda: Nuevo Paseo de la Virgen.	
D.- El sistema global de transporte público.	124
1.- Geometrías de las ciudades y de sus metros ligeros.	126
2.- La cobertura total de la ciudad por el transporte público.	149
3.- Intermodalidad y aparcamientos.	153
E.- La fuerza urbana de las estaciones subterráneas.	164
1.- Las estaciones en la estructura general de la ciudad.	
2.- Estaciones como nuevos espacios colectivos.	
3.- Entornos y escena urbana ligada a las estaciones.....final	pag. 186

Entre las 186 páginas del presente ANEXO se encuentran 32 planos – de ellos, 19 se adjuntan en A.3 y 13 en A.4- elaborados todos ellos por el Grupo de Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Universidad de Granada.

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



0. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL PRESENTE ANEXO.

JOSÉ LUIS GÓMEZ ORDÓÑEZ, Catedrático de Urbanismo y Ordenación del Territorio y miembros del GRUPO DE URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

0- RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL PRESENTE ANEXO.

Razones sobre el soterramiento parcial del metro ligero (M.L.) de Granada.

0. Se razona en este escrito sobre una alternativa de trazado que discurre subterránea entre Villarejo y Avda. de América- puntos kilométricos 6.800 y 10.000 del anteproyecto elaborado por la Junta de Andalucía-.¹

El tramo soterrado, que podría por tanto tener una longitud máxima de 3.200 y mínima de 2.200 metros, contaría con estaciones similares a las del anteproyecto suprimiendo algunas como las de Politécnico, Obispo Hurtado y Río Genil para jerarquizar, así, a las que se mantienen en esta propuesta, que serán estaciones de importante intercambio modal metro ligero- peatón- autobús y fuerte centralidad de usos terciarios: se trata de las de Estación del ferrocarril- en el Anteproyecto se denomina Estadio de la Juventud-, Mendez Núñez y Recogidas.

Se modifica así el trazado propuesto por el anteproyecto para evitar las subidas y bajadas, que suponen barreras a la movilidad transversal en las calles y dan una imagen poco atractiva. En este tramo el anteproyecto propone 457 metros de rampa o 253 metros según hablemos de las opciones de soterramiento máximo y mínimo antes aludidas.

Se adelantan las más importantes ventajas y los más serios inconvenientes de esta opción:

A- Cómo más importante inversión en capital fijo ofrece a la ciudadanía la mayor amplitud de alternativas sobre el uso de la calle- peatón, coche, bicis, autobuses, verde...- y su calidad ambiental. Ofrece gradualidad en las políticas a adoptar aunque, a corto plazo, no ejerce la misma presión contra el automóvil que el M.L. superficial.

B- El modo subterráneo-central implica nula fricción entre los flujos de movilidad longitudinal, norte-sur, y transversal, este-oeste. Por tanto, es más eficiente desde el punto de vista de capacidad global del sistema.

C- Ofrece la oportunidad de construir, en las estaciones centrales, nuevos foros urbanos en lugares muy significativos de la ciudad. Ello exige un cuidado exquisito – y tiempo y dinero- en estos proyectos. Si no es así, las ventajas posibles se tornan en inconvenientes seguros.

¹ El tramo 6.800-7.200. entre el ferrocarril y la estación Avda. de Andalucía podría ir en superficie si se pueden arbitrar soluciones rápidas, aunque sea provisionales, mientras se ejecutan las obras, para mantener la fluidez mínima tolerable para el tráfico privado. Se explican en Anexos estas soluciones aunque su factibilidad no pueda ser comprobada por nosotros. Igualmente, podría ser superficial y excluirse, por tanto, del tramo soterrado en favor del cual aquí se argumenta, el tramo 9.400-10.000, para poder pasar por encima del río, si es que no fuese exigido subterráneo para llegar a la longitud de umbral mínimo por debajo de la cual se encarecen extraordinariamente los túneles profundos. La opción de túnel profundo se propone porque es la más capaz de eliminar las molestias de una obra larga que, tanto para un falso túnel como para una solución en superficie, pueden ser muy difíciles de aguantar en Granada.

D- Creo que la solución subterránea se aprovecha de la imagen potente de las soluciones metro que hasta ahora han caracterizado a las ciudades importantes del mundo(mayores del millón de habitantes). Es más eficiente para todos aquellos viajes metropolitanos largos y medios que no tengan su origen o destino en una de las tres estaciones centrales subterráneas. Es más capaz de centralizar la periferia y de producir plusvalías. Ello implica el control público adecuado de su aprovechamiento privado-público.

E- Desde el punto de vista de los costos y molestias generados durante el periodo de ejecución de las obras algunas experiencias de M.L. subterráneo se han revelado ejemplares mientras que las del M.L. superficial, en Granada, por su escasez de calles, deben ser objeto de una cuidadosa evaluación.

F- El M.L. subterráneo exige muy cuidados estudios geológicos y una seria evaluación y opción de los sistemas constructivos a emplear en el caso profundo: tuneladoras a sección completa, rozadoras con el N.M.A.-nuevo método austríaco-, ubicación de las bocas, sistema de estaciones separadas o no de la caverna...Esto exige dinero y tiempo para los proyectos.

G- El sistema soterrado conlleva mayores costos de consumo energético en climatización e iluminación de las estaciones y en seguridad, aunque se podría contar con participación privada importante en la financiación de este coste.

1. La más importante ventaja que comporta el soterramiento de un metro ligero es que otorga una libertad total de trazado a través de los centros históricos y económicos de las ciudades, permitiendo colocar las bocas de acceso al peatón en los lugares más emblemáticos. Sobre esta ventaja no se puede razonar en este informe porque el trazado está decidido así como que no sea objeto de discusión por parte de la Comisión.

El trazado propuesto, en la Granada central, discurre a lo largo del Camino de Ronda, donde se da la mayor concentración de actividades terciarias y residenciales de la aglomeración, de lo que damos prueba documental. Pues bien, en estos lugares más agobiados de las ciudades, por las actividades y, consiguientemente, por la movilidad generada por ellas (a lo que se han de añadir los tráfico que realizan la travesía norte-sur pero que por problemas de congestión o de accesos no utilizan la autovía de circunvalación), el espacio libre - viario, plazas, parques, interiores de manzana.- se ve muy solicitado por múltiples exigencias: aire limpio, brisa, vegetación, suelo permeable, espacio peatonal, para bicis, para transporte público, para el automóvil, al que no podremos nunca limitar por debajo de una movilidad y unas funciones vitales mínimas,...Se puede afirmar que el trazado subterráneo supone la máxima inversión en capital fijo en la ciudad y es la alternativa que ofrece el más amplio abanico de opciones para la sociedad, tanto a corto como a largo plazo, desde las opciones más ventajosas para la movilidad automóvil² como aquellas más favorables a la “naturalización” de la

² Esta Comisión, de manera unánime, valora muy positivamente las medidas de restricción de la movilidad automóvil pero no se puede ignorar que existen en su contra unos hábitos sociales cuya modificación necesitará un tiempo y unas políticas fuertes de transporte público como esta del metro ligero, en cualquiera de sus alternativas.

superficie viaria³. Constituye sin duda un valor positivo de esta opción el que de ella puedan derivarse políticas de gradual reducción del tráfico automóvil y de progresiva mejora de la calidad ambiental⁴ entre extremos más amplios, tanto en un sentido como en otro, que los que ofrece el metro ligero en superficie.

2. La primera línea de metro ligero discurrirá por el C. de Ronda, de sección cambiante entre 20 y 36 metros, eje central de un trío de calles contiguas cuya sección conjunta oscila entre 50 y 80 metros, y cuya eficiencia conectiva (únicamente existen en Granada este eje y la Gran vía para la movilidad urbana norte-sur) puede potenciarse extraordinariamente para todo tipo de flujos, con relativamente escasa inversión⁵. Esta potente axialidad norte-sur en una zona tan densa y central exige una irrigación conectiva transversal (autobuses, peatones, automóviles, vehículos comerciales...) que inevitablemente entra en conflicto con la movilidad longitudinal norte-sur, especialmente con la sección reservada para el metro ligero en superficie. Este conflicto se puede resolver sin que apenas lo note el metro ligero- por ejemplo dándole prioridad en todos los cruces- pero será a costa de las otras movilidades, transversales y giros a la izquierda; desgraciadamente este no es un juego de suma positiva: hay lo que hay y hay que repartirlo. Pero, si el metro ligero se soterra sí que habremos eliminado este problema, sin merma de la conectividad transversal.

3. Las estaciones de Recogidas, Méndez Núñez y Ferrocarril, subterráneas, aunque profundas, deben tener un hall de distribución en un primer nivel bajo la rasante de la calle tal que suponga una amplificación del nivel peatonal de la superficie. Han de ser muy luminosas, abiertas a la superficie con accesos mecánicos- ascensores y escaleras mecánicas- muy amplios y cómodos y con un buen diseño. Tan diferentes de las viejas estaciones como lo es el tranvía moderno del viejo tranvía que se anuló por ineficaz e incómodo. Han de atraer actividades que animen la escena urbana, comercio, kioscos, cajeros, librerías...y que puedan contribuir a la seguridad y mantenimiento de estos recintos. Están más cerca de las galerías y las plazas cubiertas de los centros comerciales que de las viejas y siniestras estaciones de metro. Además, estas estaciones⁶ son lugares de transbordo hacia autobuses que irradian y captan viajes amplificando la demanda y mejorando el rendimiento de la primera línea metropolitana. Sólo si se satisfacen estas exigencias de calidad estamos en condiciones de hacer una valoración positiva del soterramiento. Es decir, sólo si las estaciones se proyectan desde la

³ Véase en el plano C.4 de este Anexo, a efectos explicativos, una propuesta, posible gracias al trazado subterráneo, de inserción en el Camino de Ronda, sin merma de la movilidad automóvil, de una especie de nuevo Paseo de la Virgen, entre Obispo Hurtado y Virgen Blanca, exactamente de las mismas dimensiones del existente entre Puerta Real y el Salón. Esto se justifica desde una consideración conjunta de las tres calles contiguas de Arabial, C. de Ronda y P.A. de Alarcón cuya anchura oscila entre 50 y 80 metros y por tanto puede ser restringida en tramos anchos sin merma de la capacidad conectiva del eje.

⁴ Se ha realizado dentro del análisis ambiental de nuestro informe, ver C.1, un estudio de ruido en el Camino de Ronda que demuestra que hace falta reducir la movilidad al menos en un 50% para que el ruido sea soportable-bajándolo de casi los 77 actuales a 71 db, aún rebasando todavía los niveles admisibles. De aquí, también, las propuestas de reducción a dos carriles en el C. de Ronda.

⁵ Se adjunta un gráfico, C.2.3., con los proyectos que asegurarían una mayor eficiencia del eje.

⁶ Se adjuntan, a manera de ejemplo, sendas propuestas indicativas de como podrían ser las estaciones- y sus entornos - de Recogidas y Méndez Núñez. Véase el apartado E. del presente Anexo.

ambición de constituirse en nuevos focos urbanos, en los centros modernos de la ciudad como en el pasado lo fueron Bibrambla, Gracia, Triunfo o Puerta Real.

De esta manera se potencia, en el imaginario cívico colectivo, la imagen del metro ligero soterrado como icono de modernidad, de refuerzo de la identidad y el carácter de la ciudad, de la misma manera que en el metro ligero superficial lo hacen las ciudades que lo adoptan y exhiben su traza civilizada y confortable a lo largo de amplias y numerosas avenidas llenas de árboles y verdor. En Granada, ciudad metropolitana cercana al medio millón de habitantes, carente de esas condiciones⁷, parece razonable buscar esos valores paisajísticos, con la eficiencia funcional añadida, en el paisaje artificial de las estaciones, en la irradiación de los espacios peatonales en torno a los nuevos foros metropolitanos y en el refuerzo de la intermodalidad conseguido desde una buena coordinación del sistema global de transporte público.

4. La estructura axial norte-sur no sólo de la ciudad central sino de la aglomeración urbana en su conjunto, aún permite depositar más esperanzas en que una línea de metro ligero reforzará en mayor medida esa axialidad, entre Albolote y Armilla, mientras más fuerza simbólica posea, mientras más “parezca” (los tiempos son percibidos de manera diferente a la real y pesan mucho factores como la puntualidad o fiabilidad de la línea, máxima si es soterrada) reducir los tiempos de los viajes centro-periferia y periferia norte-periferia sur⁸- hablamos de longitudes de viaje de 6 y 12 kilómetros respectivamente-, mientras más áreas de centralidad sea capaz de generar en su entorno; y mayor será, si se consiguen esos objetivos, su contribución a la modernización y al reequilibrio de la aglomeración, aliviando la excesiva congestión del centro con una creciente centralización de los núcleos periféricos. También parece lógico que se refuercen, precisamente porque la inversión es más elevada en el M.L. subterráneo, los mecanismos de planeamiento y gestión, capaces de relacionar las plusvalías de los desarrollos urbanos derivadas de la mejora de accesibilidad y centralidad con su justa contribución a los gastos de construcción y explotación de la línea.⁹

5. Entre los argumentos que fundamentan una opción siempre se ha de contar con experiencias que lo avalen. Me permito citar a este respecto una docena de casos de un buen funcionamiento del metro ligero subterráneo en países vecinos. Serían las ciudades de Rouen y Rennes en Francia, de Bielefeld, Hannover, y Dortmund en Alemania, de Charleroi en Bélgica, de Catania, Módena, Perugia, Salerno y Cagliari en Italia y de Oporto en Portugal.

⁷ Se han analizado los planos de los recintos centrales de cinco ciudades, Granada, Lyon, Grenoble, Málaga y Brescia y se demuestra, comparativamente, la severa escasez de espacio viario ancho en nuestra ciudad. Véase ap. B de este Anexo.

⁸ Nos parece que la opción subterránea es más capaz de “comunicar” su mayor rapidez y puntualidad, sobre todo en los viajes medios y largos, precisamente en los que mayor competencia se ha de ganar frente al automóvil. Véanse los argumentos desarrollados en el ap.A

⁹ Se adjunta un plano de las posibles áreas a estudiar en este sentido. Véase plano A.3

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



A. CONSIDERACIONES GENERALES.

A.0. ESQUEMA EXPLICATIVO DE LAS RELACIONES ENTRE MOVILIDAD Y METRO LIGERO.

A.1. INFRAESTRUCTURAS Y MOVILIDAD.

A.2. EL METRO LIGERO EN ALGUNAS CIUDADES EUROPEAS.

A.3. EL TRANSGRAN Y LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS EN EL EJE N-S.

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



A.0. ESQUEMA EXPLICATIVO DE LAS RELACIONES ENTRE MOVILIDAD Y METRO LIGERO.

**UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO MODERNO: EL METRO LIGERO (LRT Light Rail Transit)
HÍBRIDO ENTRE METRO Y TRANVÍA CON CARACTERÍSTICAS DE UNO Y OTRO**

MODERNIZACIÓN Y MEJORA DEL TRANSPORTE PÚBLICO

OBJETIVO:

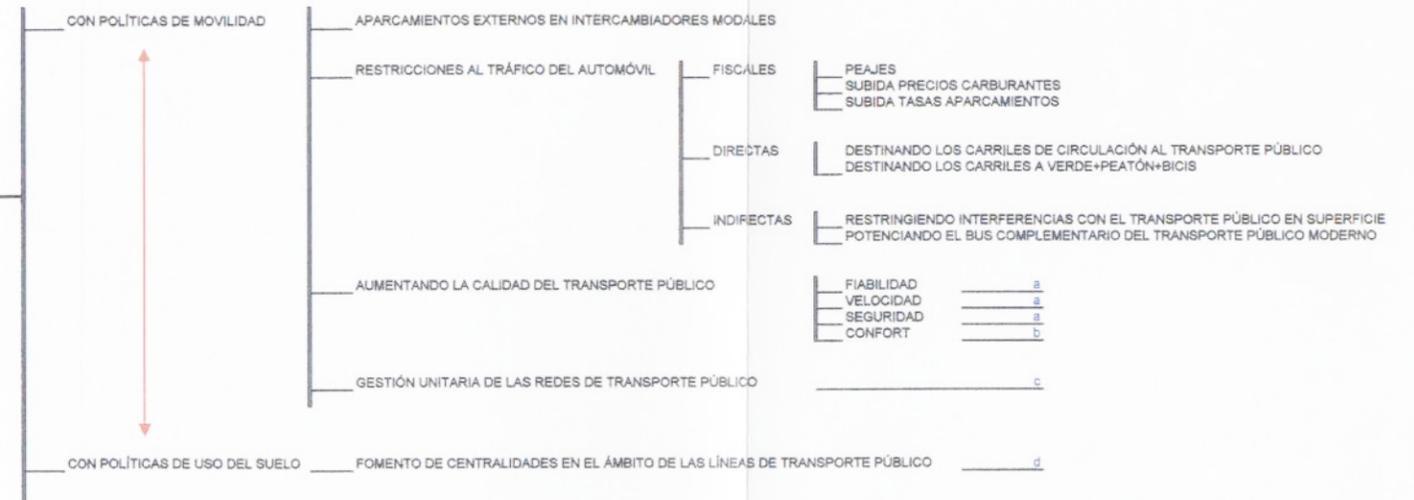
DISMINUIR LA MOVILIDAD DEL AUTOMÓVIL
SIN DISMINUIR LA ACCESIBILIDAD GLOBAL

MÉTODO:

AUMENTAR LA EFICIENCIA GLOBAL DEL
TRANSPORTE PÚBLICO

ECONOMÍAS EXTERNAS GENERADAS

- DISMINUCIÓN DE COSTES AMBIENTALES GENERADOS POR EL AUTOMÓVIL
(CO2, accidentes, ruido, tiempo atascos...)
- AUMENTO DE COSTOS PARA LOS USUARIOS DEL AUTOMÓVIL
- MEJORAS LOCALES AMBIENTALES Y URBANÍSTICAS DEL ENTORNO DE LAS LÍNEAS MODERNAS T.P.
- MEJORAS AMBIENTALES Y URBANÍSTICAS DE MAYOR ALCANCE
- RENTAS DE CENTRALIDADES INDUCIDAS



a. Se suele atribuir una mayor valoración al metro
 b. Se suele atribuir mayor valoración al tranvía
 c. Se da mayor experiencia de coordinación de todas las líneas y mayor subordinación y orientación del bus a la línea T.P. Moderna e el caso metro que en el caso tranvía
 d. En el caso tranvía se limita el espacio transitado y sus fachadas.
 En el caso metro las centralidades inducidas pueden ser más potentes.

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



A.1. INFRAESTRUCTURAS Y MOVILIDAD.

JOSÉ LUIS GÓMEZ ORDÓÑEZ, Catedrático de Urbanismo y Ordenación del Territorio y miembros del GRUPO DE URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

A.1-INFRAESTRUCTURAS Y MOVILIDAD.

La historia de las ciudades presenta sucesivos y consistentes períodos de crecimiento, aprovechamiento y agotamiento de sus infraestructuras. A cada escalón ó umbral que supone la construcción, la oferta de servicios, de infraestructuras, le sigue un rellano que ocupa un tiempo de relativa quietud; a lo largo de ese tiempo, va aumentando el uso, la demanda de esa infraestructura, aumentando sus costos marginales, y, posiblemente, su precio acercándose el sistema a un óptimo, rebasado el cual, disminuiría la utilidad de dicha infraestructura para sus usuarios.

Las ciudades se preparan, con mayor ó menor capacidad de previsión, cuando transitan esos rellanos, para nuevas inversiones y, en esa preparación, desarrollan planes, proyectos, programas... que vayan abriendo el camino a la nueva situación.

Un subsistema urbano que viene experimentando crecimientos, mejoras, sustituciones..., a veces discontinuas y bruscas, otras, frecuentes y suaves, es el que distribuye la accesibilidad en la ciudad, a través de la red de calles, de las redes de transporte público, de los espacios abiertos. Pues bien, debe resaltarse que los elementos de éste subsistema siempre se han proyectado vinculados al crecimiento de las ciudades y al fomento de las actividades que se desarrollan en ellas. Los ferrocarriles metropolitanos de Madrid y Barcelona, los tranvías de muchas ciudades españolas, los ferrocarriles – que antes de ser estatales ya fueron suburbanos y regionales – han sido promovidos por empresas de negocios eléctricos e inmobiliarios. El lobby automovilístico que derrotó al tranvía en los U.S.A, años 20, estableció, también, desde buen principio, sus relaciones generadoras de rentas del suelo y, la construcción de autopistas y vías arteriales ha estado siempre orientada a ejercer su rol motor de la urbanización.

En la segunda mitad del siglo XX, la construcción de las periferias de nuestras ciudades (iniciada en lugares alejados de la ciudad consolidada, y, durante años, mal dotados de accesibilidad), muestra que la relación infraestructura-suelo continúa siendo consistente aunque sea precaria y sus efectos difusos. Las carreteras y los ferrocarriles interurbanos crean expectativas de acceso en márgenes y núcleos discontinuos de suelo en los que se extiende la urbanización en mancha de aceite. En las grandes ciudades europeas se realizan planes de crecimiento,de reconstrucción de sus centros y de generación de ciudades satélites en base a la modernización de sus accesos viarios y, sobre todo, ferroviarios.

Sin embargo, el crecimiento exponencial de la motorización y el envejecimiento y la desvalorización del transporte público van caracterizando, paulatinamente, el abandono de las políticas que manejaban las infraestructuras de la movilidad como el instrumento central de refuerzo de la máquina urbana y metropolitana, inductor de grandes externalidades. La movilidad - en uno de los grandes repliegues de lo público hacia lo privado en este siglo XX - pasa a entenderse como mera mediación individual entre la producción y el consumo, entre la residencia y el trabajo, y se obscurece la percepción de que el dinamismo y la continua modificación de las pautas de viaje en la ciudad hoy no son menos intensos de lo que lo han sido a lo largo de todo el siglo, ya que los viajes que percibimos no son otra cosa que sombras de procesos urbanos afectando a las relaciones espaciales cuya transformación, en nuestra época, es crecientemente acelerada.

Esta manera de entender la infraestructura como mero soporte de flujos, como canal y no como fuente, ha determinado, metodológicamente, que la modelística de simulación del sistema de transporte, en su secuencia tradicional de submodelos de generación, reparto modal, distribución y asignación,(teorías acerca de la producción de viajes,

según sus motivos, su relación con un lugar de destino, su elección del modo de transporte y la de una ruta para el viaje), presente un carácter estático y de extrapolación al futuro de las tendencias y las características de la demanda que se aprecian en un momento dado, a pesar de que toda la historia, en este siglo, de la evolución de la movilidad de las ciudades informe de sus cambios radicales; cambios que, insistamos, sólo pueden entenderse volviendo a encajar el sistema de transporte en su rol de infraestructura generadora de transformaciones; dar acceso sería, utilizando un símil físico, transferir energía y facilitar cambios de estado: la verdadera naturaleza de la infraestructura de la movilidad es la de ser motor del cambio, la de crear caminos de inestabilidad, la de constituir un germen de desorden en procesos de evolución imprevisibles. También, para quienes destacan los riesgos en nuestras ciudades de la fractura social por el desigual acceso a los servicios, aparecen los lugares de concentración e intercambio entre modos de transporte como ocasiones de fortalecimiento social. Tal es el nuevo estatuto metodológico de la movilidad en el urbanismo.

La movilidad se muestra así como un efecto de la infraestructura, como una manifestación de la forma de la ciudad, a poco que se alargue la mirada más allá de un plazo muy corto, y no como mera demanda que emerja de un sistema de valores y de conductas relacionales que intenten realizarse en el espacio metropolitano. Conviene, desde esta hipótesis, analizar algunos aspectos de los modelos de transporte.

Los viajes basados en la vivienda suelen explicarse en base a datos de renta, motorización, composición de la familia, nº y tipo de empleos,...; también la elección del modo de transporte suele explicarse en base a los mismos parámetros, añadiéndose otros como la disponibilidad de medios de transporte público en las cercanías del domicilio.

Los cambios de residencia y lugar de trabajo, los de las pautas de comportamiento, (el creciente uso de T.V. y ordenadores está suprimiendo algunos viajes y generando otros), el fuerte cambio de los viajes, en número, destino, propósito y modo de viaje, al cambiar la edad de los miembros de la familia, los cambios de otros parámetros de estos submodelos,....., hacen que su extrapolación , a tres ó cuatro años, sea una operación habitualmente falta de rigor. Demasiados cambios para que puedan predecirse pautas de generación- atracción de viajes como, asimismo, su distribución y asignación modal; el sumodelo de distribución intenta, efectivamente, simular las interacciones entre orígenes y destinos, en base a aquellos potenciales de generación y atracción calibrados por los submodelos de generación según hipótesis, bien gravitatorias, bien de ocurrencia probabilística de oportunidades para que finalice el desplazamiento...y es, por tanto, difícilmente operable desde aquellas bases tan mutables en el marco de los procesos de urbanización, suburbanización y contraurbanización que las ciudades vienen experimentando.

Sin embargo, es en el estudio de cómo esa demanda de movilidad se ajusta a la red de calles y al sistema de transportes públicos, “eligiendo “ uno u otro itinerario, uno u otro modo de transporte, donde los instrumentos puestos en juego por el análisis económico, más se han aproximado, incluso en el corto plazo, a esa valoración de la demanda como una inducción – este es el término que suele emplearse en los estudios de transporte- de la oferta.

Efectivamente, los estudios de la movilidad desde el punto de vista económico, resaltan una peculiaridad – que no presenta el mercado de otros servicios – que es la circularidad entre demanda, coste y calidad, ya que, además de ser la demanda función del coste y el coste función de la calidad, en el caso de la movilidad, también, y de manera importante, la calidad es función de la demanda, es decir, del número de viajeros usando

la carretera, el autobús ó el ferrocarril, número que puede aumentar al mejorar la calidad – y, por tanto, el precio – hasta un nivel por encima del cual baja el uso de la infraestructura en razón de sus elevados costes.

Es importante hacer notar que, en países atrasados económicamente, las curvas de demanda son más sensibles al precio y, en ellos, el aumento de calidad – desplazamiento hacia arriba de la curva de la demanda -, supone, a niveles de calidad aún bajos, una disminución de los flujos, y, por tanto, una subutilización de la infraestructura de transporte. En países económicamente avanzados, en cambio, el aumento de flujo tiene más que ver con el aumento de calidad .

Ha de tenerse presente, igualmente, que un aumento de coste puede suponer un ahorro social al haber atraído, con una oferta de calidad a un mayor número de viajeros.

Subrayemos, en definitiva, que en la aproximación al problema de la asignación de viajes, se ha de tener en cuenta que la mejora de la oferta genera una nueva demanda y/ó cambios significativos en los individuos que la componen, lo cual comporta cambios en los orígenes y destinos de los viajes, en su longitud, en su motivación y en el modo de transporte en el que se realizan.

La oferta acaba encontrando su propia demanda específica y definiendo su “excedente” como integral de los beneficios de los usuarios, descontados sus costes. El particular universo de viajeros que ajustan sus hábitos de viaje a esa oferta, no tiene, probablemente, nada que ver con el que se manifestaría de ser otra la oferta. Es decir, aún cuando se mostrase constante el número de viajes en los diferentes modos de transporte tras un cambio en la oferta, podría asegurarse que han cambiado los sujetos del viaje, y, por tanto, sus orígenes y destinos y el resto de características de los viajes.

La elección del modo de viaje.

Los aspectos de la oferta del sistema de transporte que el viajero valora para optimizar su satisfacción, y que suelen valorarse como decisivos en la elección modal, han sido objeto de numerosísimos estudios. Hagamos a este respecto algunas consideraciones.

La elección entre modos alternativos de transporte que hace el individuo al realizar un desplazamiento, suele estar muy marcada por circunstancias familiares (nivel de motorización y composición de la familia y ocupación de sus miembros), por la renta, por el coste del aparcamiento en el lugar de trabajo ó en el destino del viaje, por la duración del viaje en transporte público unida a los trayectos a pié en origen y destino, por la frecuencia y comodidad de los modos alternativos....

El factor duración del viaje, para muchos analistas, se muestra decisivo, provocándose mucha resistencia a la aceptación del transporte público, cuando el tiempo total (caminando + esperas + transbordos + tiempos de viaje) es mayor de una hora y el recorrido superior a 15 kilómetros. Tiempos superiores a éste, en transporte público, podría pensarse que sólo son aceptados por viajeros obligados (que no pueden hacer el viaje de otra manera) ó por existir grandes dificultades de aparcamiento para el automóvil privado en el destino del viaje. Pues bién, en este umbral de resistencia al uso del transporte, en estos viajes largos, es donde el medio “ metro “, en las grandes ciudades(por encima del millón de habitantes) se ofrece, más ventajosamente, en la competición intermodal toda vez que admite viajes, podría estimarse, hasta de 25 Km., para viajeros con origen en dos círculos de radio 500 metros en torno a las dos bocas de cada una de las estaciones de metro. En las ciudades medias, para viajes entre 2 y 10 km., esa atracción es protagonizada por los metros ligeros. Y ello es así por la comodidad mucho mayor que ofrece al viajero respecto al autobús y, sobre todo, por la fiabilidad en la frecuencia. La predictibilidad del tiempo de viaje junto a la fiabilidad de su frecuencia se reconocen cómo factores importantes de valoración del tiempo

invertido en el transporte y, aún más, del ahorrado frente a un medio alternativo menos preciso. Algunos experimentos han mostrado el mayor valor asignado al tiempo gastado en el viaje en autobús – y aún más al empleado en caminar hasta la parada y esperarlo – que al que se ocupa en el viaje en automóvil. Claro que esa valoración diferente tiene que ver con que los viajes en coche constituyen, en mayor medida que los del bus, un tiempo retribuido; por otra parte, el transporte público, para desplazamientos largos, supone un tiempo muy valorado – costoso, quiere decirse – por los viajeros de rentas más altas que encuentran en el uso habitual del coche una menor desutilidad porque el empleo del tiempo está compensado por la comodidad, privacidad y relajamiento – intermediación familiar/laboral– que les proporciona el automóvil. Podría decirse, quizás con excesiva generalización, que en los viajes medios, de longitudes entre 5 y 7 km.,(unos 12 minutos de viaje que pueden alargarse a media hora con el tiempo caminando), la existencia del metro se revela decisiva para desviar viajes desde el automóvil, aunque dispute con el autobús esta captación. En distancias más cortas, el autobús presenta ventajas considerables salvo en lugares de extrema congestión ó para viajes con origen en áreas muy concentradas en torno a las estaciones.

La congestión viaria.

Los modelos de asignación trabajan sobre la hipótesis racional, (aunque no siempre resulte razonable), de minimizar una función de costo global de viaje: el coste total de todos los viajes realizados en las diferentes hipótesis de reparto modal y de carga sobre la red; en hora punta, desviar viajes al transporte público desde las vías arteriales – aunque los viajeros que se ven obligados ó invitados, de manera convincente, a dejar el coche, estimen costoso este abandono – resulta socialmente rentable y por tanto podría reconocerse esta rentabilidad social, subsidiando el sistema de transporte alternativo que hace bajar la congestión de las vías arteriales, y podría repercutirse, mediante tasas, tal subsidio, a todos los viajeros que han mejorado su utilidad manteniéndose en el modo privado. ¿No es sugerente este apunte de que, por ejemplo, una subida de los costos del carburante pudiera contribuir a la financiación del metro o del metro ligero?.

Aunque, en horas no-punta (que difícilmente se dan en áreas urbanas dotadas de una red viaria escasa o desordenada) este razonamiento pierda fuerza, el transcurrir del tiempo, el paso de pocos años, con la subida permanente de la curva de demanda de movilidad, juega a favor de la disposición de la oferta de modos de transporte que disuadan del uso del automóvil en las vías arteriales congestionadas; añadamos a esta contabilidad de costos de viaje, individuales y agregados, el beneficio que supone la importante eliminación de los impactos de la congestión (ruido, humos...). Insistiendo en el argumento anterior, debe resaltarse, también, la importancia que tiene valorar adecuadamente el coste social de la congestión; la disminución del nivel de servicio (velocidad y comodidad) de los automóviles circulando sobre las calles es proporcional a la densidad de ocupación de la calle. La disminución de tráfico, por tanto, en las horas punta, es la que tiene mayor valor social, desde este punto de vista, por representar grandes ventajas a los usuarios que permanecen en la calle.

Además, los costes energético y ambiental (humos, ruidos, accidentes) aumentan mucho cuando bajan los niveles de servicio y ello acentúa la conveniencia social de aumentar la capacidad de atracción del transporte público.

Lógicamente, el metro en las grandes ciudades y el metro ligero subterráneo en las medianas, que no ocupan espacio viario como el bus (que necesita para competir carriles reservados, que al restar espacio viario ven disminuído su efecto benefactor sobre los costes), es el medio de transporte idóneo para esta captación en horas punta, ofreciendo la garantía de fiabilidad de su frecuencia, horario y duración del viaje.

SISTEMAS DE TRANSPORTE PUBLICO. LOS METROS Y LOS METROS LIGEROS COMO SIGNO DE IDENTIDAD.

Las alternativas de inversión en transporte público (autobús, autobús exprés, tranvía, metro ligero, metro, ferrocarril suburbano...) suelen, con frecuencia, plantearse como opciones muy diferenciadas entre sí, y ajustadas cada una de ellas a situaciones específicas, de manera que las otras se presentan como inadecuadas. Así, incluso cuando se hacen análisis más afinados para elegir entre tales alternativas, la metodología de la evaluación busca los umbrales de separación, de descarte de una opción frente a otra; son infrecuentes los modelos de evaluación, aún entre los que se mueven en un ámbito estrictamente económico, que concluyan, ante un problema de decisión, en que haría falta un sistema de transporte público que cumpliese ciertos requisitos de calidad y de coste para el usuario y que posteriormente desplegase la gama muy extensa de soluciones, con diferentes costes y beneficios para la comunidad, que satisfacen aquellas exigencias.

La satisfacción de los deseos de movilidad puede afrontarse de muchas maneras y con una gran riqueza de matices: si es que puede hablarse de una solución óptima ó de un conjunto de nuevas soluciones subóptimas, es, básicamente, porque las tecnologías disponibles ofrecen un repertorio de recursos muy extenso y también porque el conjunto de personas implicadas presenta una gama muy amplia de preferencias, valores y posibilidades, y, sobre todo, porque son muy diferentes y difícilmente predecibles, los efectos que, a medio y largo plazo, tienen las alternativas que se planteen sobre la demanda. Los sistemas de transporte acaban siendo rasgos importantes del carácter de una ciudad porque sus ciudadanos acaban teniendo una percepción muy fina de las relaciones espaciales a través de los mismos. En muchas ciudades, el mapa mental de los ciudadanos es el de las líneas principales de su sistema de transporte público, de manera que algunas estaciones de transbordo resuenan con la significación del lugar en superficie del que son como prolongaciones subterráneas; proyectos recientes de estaciones como Madeleine en París desarrollan tal estrategia. El usuario de metro ó de metro ligero- los modernos tranvías se han propuesto desde estrategias de mercado de "adhesión" de los ciudadanos- experimenta el viaje en dicho modo de transporte como algo incorporado a la satisfacción del objetivo del viaje y lee, dormita, observa ó descansa como un satisfactorio y acostumbrado entreacto entre casa y trabajo, entre su domicilio y su encuentro con los amigos..., un intervalo en el que puede proyectar como goce anticipado la utilidad del extremo del viaje más deseado ó experimentar positivamente la demora en alcanzar el destino menos atrayente. Naturalmente, para que esta identificación con un modo de transporte se produzca se requieren unas mínimas condiciones de confort (buena parte del trayecto sentado ó al menos holgada y cómodamente instalado, sin que frenazos ó aceleraciones, balanceos del vehículo, entradas ó salidas de otros viajeros, mala ventilación... hagan deseable el final del viaje) que hagan que sólo una demora excesiva en gozar del aire libre y el cumplimiento razonable de un compromiso horario con las obligaciones temporalmente fijadas, reclamen el final del viaje.

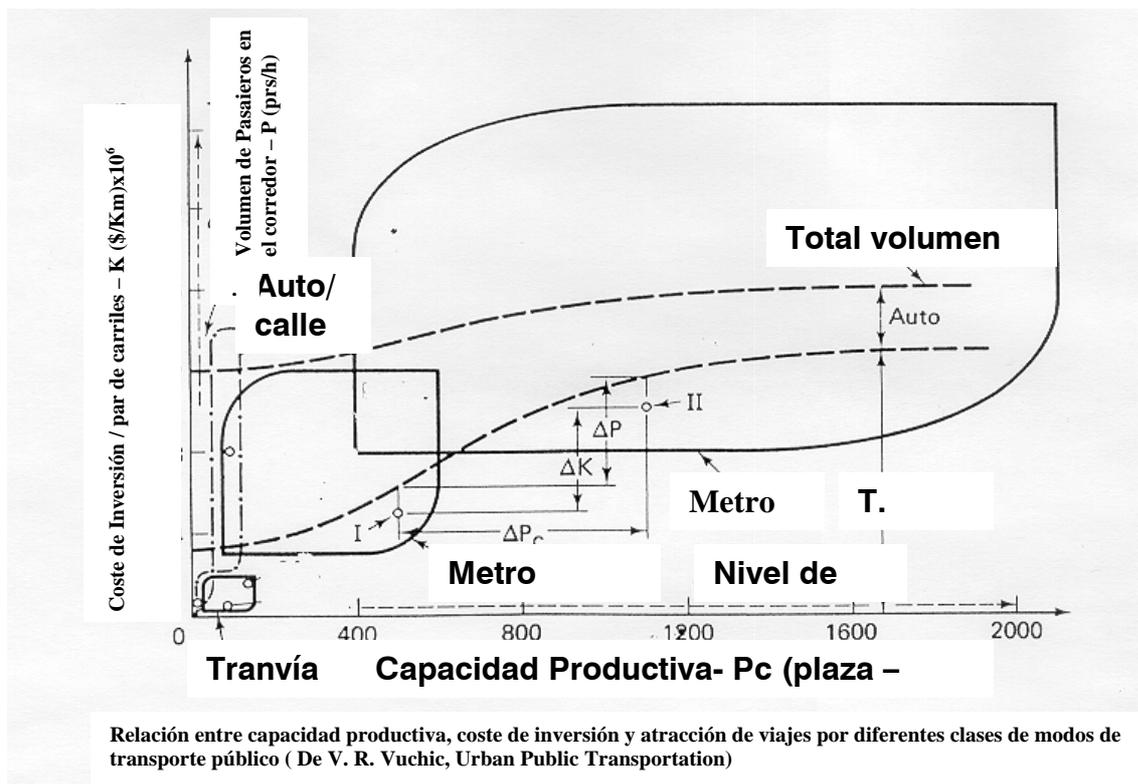
Desde esta perspectiva, los modos de transporte con vía propia son los únicos que pueden aspirar a esta identificación con los lugares y, por tanto a ese reconocimiento de los usuarios; el autobús normal puede no pasar por un lugar pero basta una demanda consistente -y una presión vecinal- para atraerlo; estar ó no dotado de servicio de autobús no es por ello un atributo del lugar; pero sí lo es estar enganchado a la red de metro. Los diferentes medios ferroviarios ó los autobuses exprés suburbanos definen una red, unas vías arteriales, cuyo espacio queda homogeneizado e identificado por su

común acceso al medio de transporte. Las paradas, con sus logotipos, denotan el umbral de acceso a un espacio común compartido, esporádica y regularmente, por grupos que se asocian en él de una manera que tienen algo que ver con la gente que se reúne en una iglesia ó en una chat-room.

Ningún ejemplo, quizás, más apropiado que una red de transporte sobre vía propia para caracterizar esos lugares modernos que son redes más que nodos, que son tiempo tanto como espacio, que concentran oportunidades de que sucedan cosas inciertas ó no previsibles. Desde esta perspectiva se puede apreciar bien cuanto tales sistemas de transporte difícilmente pueden ser entendidos ó valorados como "medios" entre orígenes y destinos, como mero consumo de tiempo.

Y también desde esta perspectiva identitaria, puede explicarse la atracción que estos modos ejercen desviando viajes desde el automóvil pudiendo constatarse como la proporción de viajes en transporte público es mucho más alta en las ciudades y en los lugares servidos por estos sistemas más capaces y más veloces.

Expliquémoslo más detenidamente: una importante característica de los modos de transporte es su capacidad de atracción y ésta depende de lo que la ingeniería de transporte denomina nivel de servicio (una función compleja que depende del precio para el usuario, de la calidad del servicio – comodidad de acceso y uso, confort, estética, limpieza, conducta de los viajeros...-, y de características como la velocidad de operación, la exactitud y la seguridad). Pues bien, como puede verse en la figura adjunta, tomada del texto ya citado de V.R.Vuchic, moviéndonos dentro de la familia ferroviaria, el cambio de un modo que se asemeje al tranvía por otro que se asemeje a los metros significa, principalmente, una mejora sustancial en el nivel de servicio y ello comporta el crecimiento del número de viajes para cualquier modo de transporte, al aumentar la inversión – mejorando la oferta -, pero este aumento es proporcionalmente mayor para los modos “ metro “.



Éste gráfico relaciona la inversión con una medida de productividad de los sistemas de transporte que es la capacidad productiva que se define como el producto de la capacidad de una línea (nº máximo de plazas que oferta la línea en un punto dado durante una hora) por la velocidad operativa (velocidad media de un recorrido entre los extremos de la línea). El peso de la velocidad en este indicador de productividad supone la consideración de la calidad del servicio, y por tanto, del interés de los viajeros junto al interés del operador del transporte, representado por el otro factor, la capacidad. La “anchura” de posibilidades que brindan las opciones metro y metro ligero, por ejemplo, yendo de una capacidad productiva, en el metro ligero, de 70 a 600 – casi de 1 a 10 – muestra la gama de valores que pueden estar soportando la decisión de inclinarse por estos sistemas.

En esta figura se ve también, cómo un hipotético sistema de transporte II tiene mayor capacidad productiva (Pc) y mayor atracción de viajeros (P) que un sistema alternativo I, pudiendo compensar aquellas ventajas el menor coste de inversión de este último.

Es, en cierto modo, una vuelta al argumento ya expuesto de que un coste mayor puede suponer un coste unitario menor.

SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO PARA LA CANTIDAD Y SISTEMAS PARA LA CALIDAD

Se ha visto que si algo caracteriza al transporte público es que no es fácil trazar líneas divisorias claras entre los diferentes sistemas; las características del camino (compartido con el automóvil, compartido pero preferente, exclusivo con interferencias ó rigurosamente exclusivo), las capacidades (media ó alta), la tecnología (del vehículo y de la vía), el nivel de servicio (calidad, seguridad, velocidad, exactitud...), los costes de inversión y de funcionamiento... constituyen un conjunto de características cuya valoración se escapa a la simpleza de oponer ó separar nítidamente entre sí el autobús, el tranvía ó el metro; la valoración tiene en cambio que familiarizarse con los solapes entre diferentes sistemas.

Características Técnicas, Operativas y Sistémicas de los Transportes públicos sobre rail.
(De V.R. Vuchic, Urban public transportation)

	Tranvía	Metro ligero	Metro	Ferrocarril regional
Características del vehículo/tren				
Mínimo operativo	1	1 (4 ejes)	1-3	1-3
Composición del tren máximo	3	2-4 (6-8 ejes)	4-10	4-10
Longitud del vehículo	14-23	14-30	15-23	20-26
Capacidad del vehículo (asientos/vehículo)	22-40	25-80	32-84	80-125
Capacidad del vehículo (espacios totales por vehículo)	100-180	110-250	140-280	140-210
Instalaciones fijas				
Exclusividad del camino (% longitud)	0-40	40-90	100	90-100
Control del vehículo	Manual/visual	manual/señales	Señales	Señales
Control de billetes	En el vehículo	En vehículo/en la estación	En la estación	En la estación/en el vehículo
Toma de energía	Cable aéreo	Cable aéreo	Tercer carril/ Cable aéreo	Cable aéreo/tercer carril
Estaciones				
Altura de la plataforma	Baja	Baja o alta	Alta	Baja o alta
Control del acceso	Ninguno	Ninguno o total	Total	Ninguno o total
Características operativas				
Velocidad máxima Km/hora	60-70	60-120	80-100	80-130
Velocidad operativa Km/hora	12-20	18-40	25-60	40-70
Máxima frecuencia en hora punta (unidades de tren por hora)	60-120	40-90	20-40	10-30
Horas valle, (unidades de tren por hora)	5-12	5-12	5-12	1-6
Capacidad (personas/hora)	4000-15000	6000-20000	10000-40000	8000-35000
Exactitud	Baja-Media	Alta	Muy alta	Muy alta
Aspectos del Sistema				
Malla y cobertura del área	Dispersa, buena cobertura	Buena cobertura en el centro. Frecuentes ramificaciones	Predominantemente radial; alguna cobertura central	Radial; limitada cobertura del centro
Espaciamiento de estaciones (m.)	250-500	350-800	500-2000	1200-4500
Duración media de viaje	Corta a media	Media a larga	Media a larga	Larga
Relaciones con otros modos	Posible alimentación a modos de alta capacidad	P+R, K+R, posibles alimentadores bus	P+R, K+R, alimentadores bus	P+R, K+R, alimentadores bus centro ciudad: andando, bus, metro ligero

Solapes que se muestran en este cuadro, expresando cómo un determinado sistema puede adaptarse a diferentes características operativas ó técnicas.

Puede verse como al metro ligero se le atribuyen cargas de pasajeros/hora y dirección entre 6000 y 20000, en horas punta lo que podría suponer, en horas normales, un umbral mínimo de unos 1500 viajeros/hora y sentido, cuando pasan por una estación entre 5 y 10 trenes por hora; la velocidad operativa normal del metro ligero -depende mucho del espaciamiento de las paradas- oscila entre 18 y 40 Km/hora cuando un autobus normal puede estar entre 15 y 25; las frecuencias de los metros ligeros pueden llegar desde 5 hasta 90 trenes a la hora.

La comparación de los metros con los metros ligeros, tan en boga en los últimos años, atribuyéndoles a cada uno características operativas específicas y bien diferenciadas, podría, en este sentido, mostrarse como impropia, toda vez que aparecen como sistemas similares en una amplia banda de solape de sus características, y es que, en realidad, los metros ligeros sólo son sistemas de metro que afrontan condiciones más bajas de la demanda a las que se adaptan con inversiones de umbral más bajas, en las primeras etapas de su funcionamiento, ó adoptando características operativas más ligeras (trenes más cortos, frecuencias más altas, vías menos segregadas).

Una familia de sistemas, por tanto, cuyas relaciones de convergencia, por otra parte, vienen siendo mejoradas, trabajando muchas ciudades en la integración de sus diferentes sistemas adoptados en diferentes momentos para diferentes áreas. Quizás, en este momento, la característica crecientemente apreciada de los líderes de la familia, el metro y el ferrocarril suburbano ó regional, aparte de su atractivo para los viajeros, sea su susceptibilidad de automatización (indicador importante de eficiencia del proceso de transporte como medida de la productividad del trabajo empleado en el sistema).

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



A.2. EL METRO LIGERO EN ALGUNAS CIUDADES EUROPEAS.

JOSÉ LUIS GÓMEZ ORDÓÑEZ, Catedrático de Urbanismo y Ordenación del Territorio y miembros del GRUPO DE URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

El metro ligero en algunas ciudades europeas. Dos grandes familias.

El metro ligero, como híbrido entre los históricos metro y tranvía, se viene implantando en casi todas las ciudades europeas que tienen más de 200.000 habitantes. Cabe constatar la importancia de las dos grandes empresas europeas Alstom y Siemens, el influjo positivo de estos proyectos sobre muchos sectores económicos relacionados- en muchos casos, véase el caso de Montpellier, por ejemplo, en el que constituye un objetivo central el desarrollo regional en sectores mecánico, electrónico..., a partir de la implantación de los metros ligeros- y la imagen de modernidad, de vigor local, de eficiencia y respeto al medio ambiente que se atribuyen a las ciudades que emprenden estas iniciativas y que saben construir acuerdos entre los diversos niveles administrativos y de gobierno y movilizar en su favor recursos europeos. Es notable el esfuerzo que hace cada ciudad por otorgarle un signo de identidad propio a su metro ligero, por hacerse “un traje a la medida”; no obstante, entre estas iniciativas cabe apreciar, de manera muy resumida, dos grandes familias:

a) Los metros ligeros franceses.

Está representada por Nantes, Grenoble, Estrasbourg, Lille, Lyon, Burdeos, Montpellier, Toulouse, Clermont...; todos ellos con todo, o la mayor parte de su trazado superficial pero con las notables excepciones de los casos de Rennes y Rouen adoptando una traza subterránea en su parte central.

Podría decirse que la “visualización” en superficie del metro ligero y de las cuidadas calles y plazas por las que discurre, tanto del centro como de la periferia, constituyen atributos positivos indiscutibles. En estas ciudades se ha sabido orientar mucha energía y competencia profesional hacia el diseño de estas calles, de su forma y su sección, de sus pavimentos, del verde, de algunos edificios del contorno...En estas ciudades, el tranvía moderno funciona como el mejor de los autobuses, como una línea distinguida que acerca la periferia al centro, que caracteriza de manera singular a la zona de la periferia a la que esa línea- o esas pocas líneas- sirve, la Universidad, el gran hospital, el parque tecnológico...-. En ese sentido, el proyecto del metro ligero ha sido sobre todo un proyecto de diseño de pavimentos, de rehabilitación de los centros y de promoción de proyectos estratégicos en las periferias. se ha de hacer notar igualmente que para la fruición visual mutua de tranvía y entorno urbano, la mayor parte del trazado discurre por calles anchas y plazas y espacios abiertos ya que en las angosturas todo lo que pudiera ser ventajoso se torna molesto.

b) Los metros ligeros alemanes.

Por la mayor tradición ferroviaria alemana y su renovación tecnológica obligada tras la destrucción de los 40, las ciudades alemanas constituyen ejemplos de alta movilidad sobre carriles de hierro, en toda la gama de viajes, urbano, suburbano, regional...

En estas ciudades se organiza el transporte público según un sistema completo y jerarquizado en el que las líneas de metro y metro ligero, U-bahn, constituyen las arterias principales y circulan bajo el suelo en el centro de las ciudades, saliendo a superficie en zonas menos densas, mientras en otras arterias circulan tranvías más o menos segregados de la circulación automóvil y finalmente, los autobuses rellenan los huecos no servidos por las anteriores líneas, sirviendo hasta el último rincón residencial de la periferia ó de la ciudad-región extensiva. Se han de hacer notar en este modelo las características de diversidad de medios de transporte, su jerarquía – longitud de los

recorridos y velocidad y frecuencia mayores en unas pocas líneas muy importantes, a las que las otras categorías complementan y alimentan – y la buena articulación entre los diferentes elementos de lo que se considera a todos los efectos un sistema de transporte público unitario y global.

Es notable la recurrencia a que el metro o metro ligero, en sus tramos subterráneos, coincida espacialmente con las zonas más peatonalizadas mientras que los tranvías circulan por arterias donde la circulación automóvil es igualmente importante. No se piense que el metro ligero subterráneo está limitado a ciudades grandes porque lo encontramos en ciudades como Bielefeld que tiene una población en su área central de unos 150.000 habitantes albergando hasta 350.000 si consideramos también el área periférica.

Si con algún rasgo fuerte hemos de caracterizar una y otra familia, se podría señalar que la francesa exhibe más el metro ligero y la reurbanización asociada como símbolos visibles de confort y modernidad mientras que la familia alemana exhibe una mayor eficiencia, más anclada en la tradición, aunque también, en años recientes incorpora avances muy notables en el confort y la luminosidad de sus estaciones subterráneas y en su entorno, tanto interior como exterior- las calles peatonales de Duisbrg y Hannover con el metro ligero en su subsuelo constituyen buenos ejemplos- y en el diseño de sus vehículos, siguiendo la estela francesa.

En este trabajo se ofrecen muchas imágenes de ambas familias y algunos listados de ciudades que ya disponen, han iniciado o comienzan sus proyectos de mejora del transporte público en una u otra línea. Insistiendo en que lo razonable es que cada ciudad encuentre su propia estrategia en consonancia con su energía, su ambición y sus capacidades y en armonía con su estructura urbana propia.

DATOS DE SISTEMAS DE METRO LIGERO EN ALGUNAS CIUDADES EUROPEAS:

RENNES:

- Aglomeración urbana de 36 ayuntamientos con una población total de 370.000 habitantes. (Granada cuenta con 415.000 en 32 municipios).
- Una línea completamente subterránea con 15 estaciones.
- 5 aparcamientos para coches próximos a estaciones con un total de 1700 plazas.
- Antes de la construcción del metro en 2001, se producían en la aglomeración 160.000 viajes al día en transporte público. (En Granada hoy se hacen 140.000). Después de construir la línea de metro y reorganizar las otras cinco líneas de autobús, se registran 240.000 viajes al día; es decir se ha producido un incremento del 50 % en los viajes realizados en transporte público.

ROUEN:

- Área metropolitana de 382.000 habitantes.
- Red de metro ligero en Y con una longitud de 15,1 kilómetros y la mayor parte del ramal común, 2,2 kilómetros, discurriendo bajo la superficie en la zona central de la ciudad, con cinco estaciones subterráneas a ambos lados del río Sena.
- Las líneas de metro ligero conducen 57.000 viajeros al día a una velocidad comercial de 20 kilómetros por hora.

NANTES:

- El primer tranvía moderno francés.
- El SIMAN (Sindicato intermunicipal de la aglomeración de Nantes, agrupando 19 municipios y medio millón de habitantes), para el ejercicio de sus competencias en el ámbito de los transportes, se asocia con una sociedad de economía mixta de los transportes públicos de la aglomeración de Nantes (SEMITAN) en la que tiene el 65% de las acciones.
- La Cámara de Comercio e Industria de Nantes tiene el 10%, la Caja de Previsión y Ahorros otro 10%, la Caja de Depósitos y Desarrollo el 14, 95%, y tres asociaciones de usuarios tiene cada una una acción.

BRESCIA:

- 600.000 habitantes en la aglomeración urbana.
- METROBUS iniciando su construcción; similar al sistema VAL de Lille, Toulouse, Vancouver, y Rennes. Una línea de 18 kilómetros, en forma de T.
- 5,8 kilómetro en túnel profundo bajo el centro de la ciudad, 2,4 kilómetros en túnel superficial y 9,8 kilómetros elevado. Con 23 estaciones, 8 de ellas subterráneas.
- Vehículos de pequeña dimensión, 30x 2,5 metro, 200 plazas por coche, eléctricos con guía automática.
- La obra subterránea, en palabras en la Web de los responsables del Ayuntamiento “permitirá que la vida y la actividad de la ciudad puedan proseguir con normalidad”. La duración de las obras se estima en 7 años.
- La financiación está a cargo 50/50 de Estado+ Región y Municipios+privados.

OTRAS CIUDADES ITALIANAS:

- CATANIA: Ciudad de 370.000 habitantes, con un total de 700.000 en el área metropolitana; tiene 4 estaciones subterráneas en su línea de metro ligero.
- CAGLIARI: Metro ligero en construcción; de una línea de 8 kilómetros con siete estaciones, dos kilómetros son subterráneos.
- MODENA: de los 16 kilómetros de la red de metro ligero, 3 kilómetros, en el centro de la ciudad, están siendo soterrados.
- En PERUGIA y SALERNO también las líneas de metro ligero están parcialmente soterradas.

COPENHAGUE:

- El nuevo y moderno sistema de transporte público se proyecta subterráneo “para no quitar superficie de calle al peatón y al ciclista”.
- Se crea la Orestad Corporation, totalmente pública- el 55% del ayuntamiento y el 45% del gobierno danés- con dos finalidades simultáneas: 1) construir el metro, 2) urbanizar suelo, de propiedad pública, para vender parcelas a promotores y constructores. Los capitales son conseguidos en el mercado financiero y pagados con los beneficios de la urbanización. Los dos desarrollos urbanos más importantes son el nuevo campus universitario y la nueva ciudad de Orestad.
- En total, la línea, en Y, tendrá 21 kilómetros de longitud, de los que 9,7 serán subterráneos y 3,2, elevas.
- La velocidad media será de 40 kilómetros por hora.

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



A.3. EL TRANSGRAN Y LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS EN EL EJE N-S.

UN EJE CENTRAL PARA LA AGLOMERACIÓN URBANA DE GRANADA: EL TRANSGRAN - Tranvía Norte-Sur granadino

- a. En este plano se muestran las oportunidades de crecimiento y desarrollo urbanos abiertas y reguladas por el Plan General de Ordenación Urbana de Granada y el Plan de la Aglomeración Urbana de Granada en el ámbito de la primera línea metropolitana de metro ligero.
- b. También se muestran en el mismo ámbito, las piezas importantes de suelo ya dedicadas a usos terciarios y de equipamiento así como las que, potencialmente, se destinan a tales usos, de carácter supramunicipal.

El argumento que se presenta es el siguiente: entre los suelos del apartado b se incluyen aquellos que ya están dedicados a actividades que podríamos denominar centrales por su carácter público o uso masivo (universidad, grandes centros comerciales, hospitales, recintos deportivos...) así como los que por indicación del Plan de Ordenación de la Aglomeración se orientan a tales actividades.

Los suelos del apartado a constituyen sectores de suelo urbanizable y piezas de suelo urbano que, no estando orientados por el planeamiento hacia usos terciarios, podrían ser reorientados, en los Planes Parciales y Estudios de Detalle que los han de desarrollar, para albergar mayores intensidades de actividades centrales —oteleros, comercial, oficinas,...- precisamente por la alta accesibilidad que le otorga su cercanía a la línea de metro ligero proyectada.

Algunas de las estaciones del metro ligero como las de Recogidas y Plaza Einstein – de las que se desarrollan algunos esquemas urbanísticos de mayor detalle- también son susceptibles de convertirse en focos de centralidad que generan flujos peatonales intensos en tales espacios en base al incremento de suelo público bajo el nivel de las calles actuales y a la disposición en ese suelo de actividades comerciales y de servicios que animarían esas focalidades y podrían contribuir a los costos de construcción y mantenimiento- iluminación, climatización, ventilación,...- de tales espacios.

Pues bien, considerando tan solo los suelos señalados en a, una revisión de sus planes sectoriales y de detalle que estimase un incremento de edificabilidad destinada a usos terciarios de un 15% respecto a los aprovechamientos actuales y que, de este incremento, sólo la mitad fuese destinado a contribuir a la financiación de la construcción de la línea de metro ligero, significaría un incremento en superficie edificada terciaria de :

$$S \times OC \times D \times 0.15 \times 0.5$$

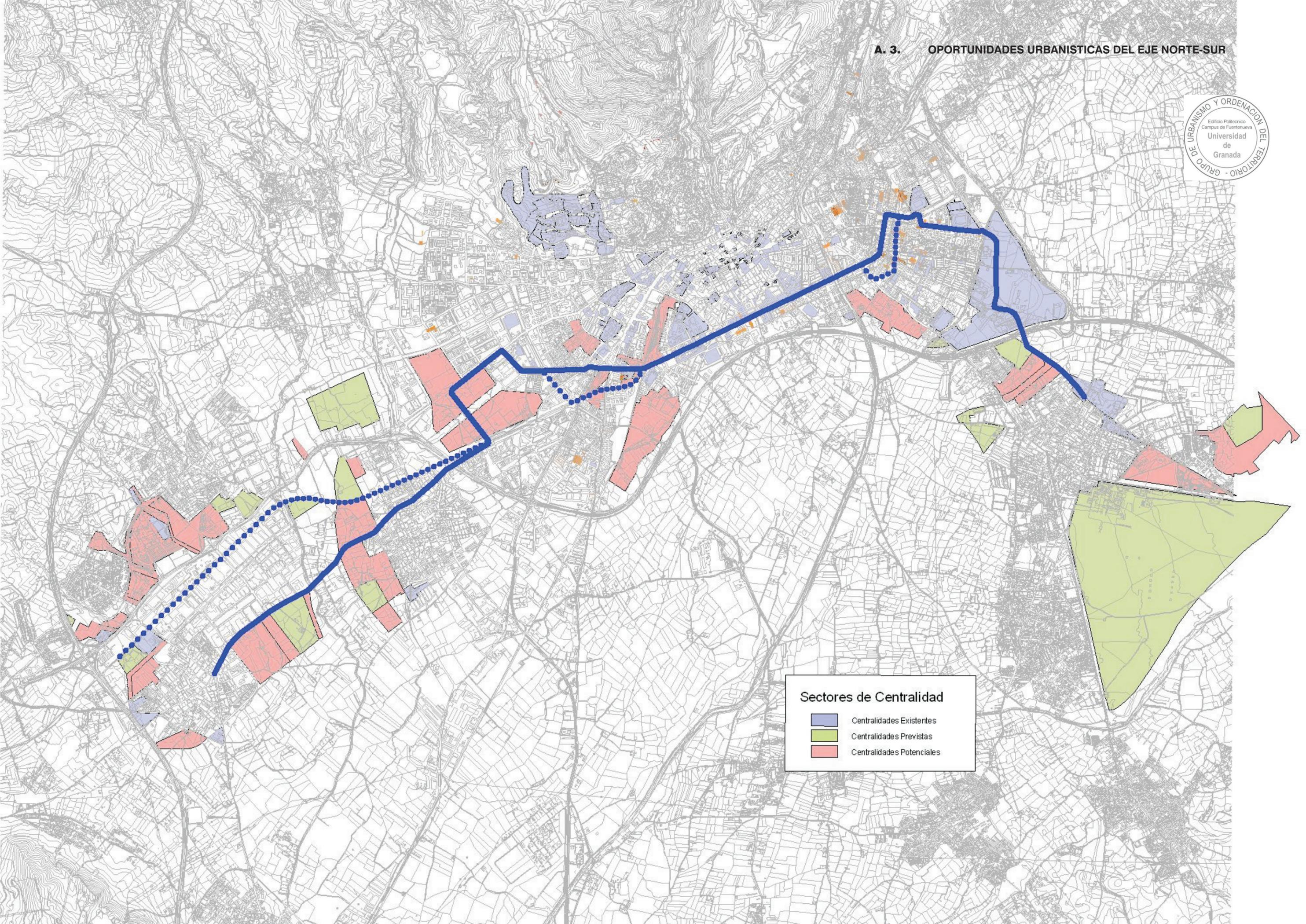
m2 de suelo terciario público, siendo S la superficie bruta de los sectores, OC un coeficiente de ocupación de suelo que ciframos en un 50%, D la densidad que estimamos en 0,75m2/m2.

Así sólo desde la construcción de estos suelos a, se generaría por esta vía una renta anual de unos 12,5 millones de euros, lo que supone a lo largo de 20 años, la acumulación de una renta de 250 millones de euros; es como si cada año se generase una plusvalía equivalente a la construcción de 1,5 km de túnel de metro.

Pero el beneficio de esta operación se amplía además con la generación de viajes de estas actividades centrales próximas al eje del transporte público y por tanto con una disminución de los gastos de explotación del mismo. Un tercer factor positivo de esta terciarización inducida sobre estos suelos entorno al eje central es su competitividad respecto a otras alternativas más alejadas que al ver disminuídas sus ventajas también disminuirán su demanda de movilidad y, consecuentemente, los costos de la movilidad del tráfico automóvil.

Salvando las distancias entre ambas ciudades, análogamente a como París ha construido su línea Métro-Metro Este-Oeste Rápido- que tiene en sus nuevas y suntuosas estacione algunos de los símbolos arquitectónicos más importantes de la ciudad contemporánea- Madeleine, Bibliothèque François Mitterrand, Châtelet- también podemos encontrar en Granada, una nueva Gran Vía para el transporte colectivo de la aglomeración urbana, atravesándola de Norte a Sur y enhebrando una buena parte de sus nuevas centralidades: es por esto que se propone para esta primera línea de metro ligero el nombre de Trans Gran.

A. 3. OPORTUNIDADES URBANISTICAS DEL EJE NORTE-SUR



Sectores de Centralidad

	Centralidades Existentes
	Centralidades Previstas
	Centralidades Potenciales

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



B. SOBRE LA MOVILIDAD EN EL RECINTO CENTRAL DE LA CIUDAD.

JOSÉ LUIS GÓMEZ ORDÓÑEZ, Catedrático de Urbanismo y Ordenación del Territorio y miembros del GRUPO DE URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

B. SOBRE LA MOVILIDAD EN EL RECINTO CENTRAL DE LA CIUDAD.

La escasez de calles anchas de la Granada central.

En el breve plazo de tiempo de que hemos dispuesto para elaborar este trabajo, se han podido analizar cuidadosamente los recintos centrales de cinco ciudades: Granada, Lyon, Grenoble, Brescia y Málaga. En todas ellas se ha trabajado sobre la cartografía digital de un recinto central de 1 Km².

Se hace patente en los planos y curvas que se adjuntan en este apartado B. que todas las ciudades analizadas, a la inversa que Granada, tienen pocos tramos de calles estrechas y mucha longitud de calles anchas; es un rasgo de lo que denominamos como curvas características específicas de cada ciudad.

Granada tiene en su Km.2 central más de 10 kilómetros de calles de una anchura 4 metros y solo 4 Km. de calles de anchura de 16 metros. Esas cifras para Málaga son de 5 y 9 Km. respectivamente.

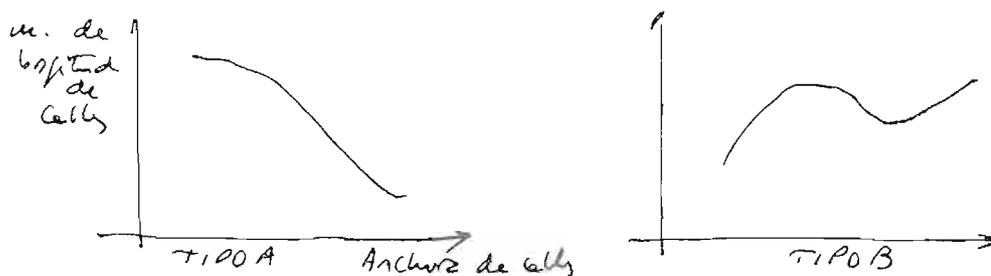
El porcentaje de calles de 16 metros respecto a la longitud total de calles es en Granada del 11% mientras que en Grenoble y en Lyon superan el 40%, con 9 y 12 Km. de calles anchas, respectivamente.

De manera muy simple queda así demostrado que en las ciudades francesas, el metro ligero que tan exitosamente se ha insertado en sus recintos centrales, ha podido disponer del doble o el triple número de kilómetros de calles anchas para implantarse superficialmente de lo que dispone en Granada.

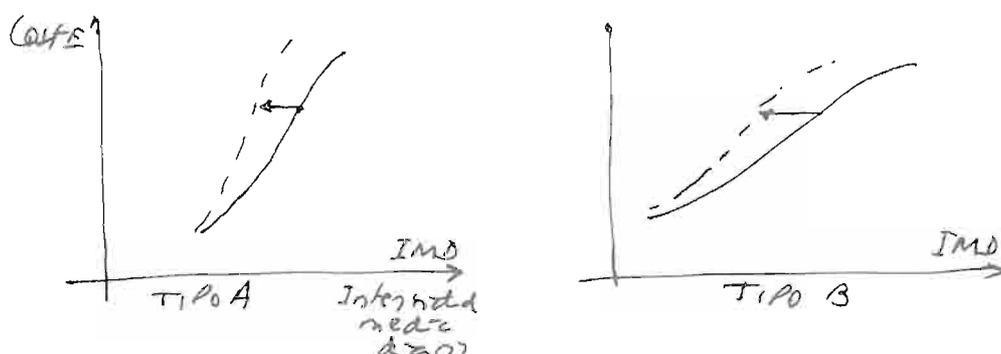
Basta este análisis para evidenciar los riesgos de importar modelos teóricos y técnicos de unas ciudades a otras. Aquí se desarrollan los argumentos teóricos esenciales que explican que las implicaciones para el conjunto de la movilidad de la supresión de carriles en unas u otras ciudades es muy diferente siendo mucho mayor el impacto en Granada que en otras ciudades.

Se verá, en efecto, que Granada presenta una curva característica (A) muy diferente de la de Grenoble (B), por ejemplo, por hablar de ciudades de rango parecido.

A estas dos curvas características



corresponden dos estados diferentes de la demanda, poniendo en relación los costos de congestión (tiempo, incomodidad...) con el número de vehículos circulando por las calles. Estos dos estados vendrían definidos por las curvas siguientes:



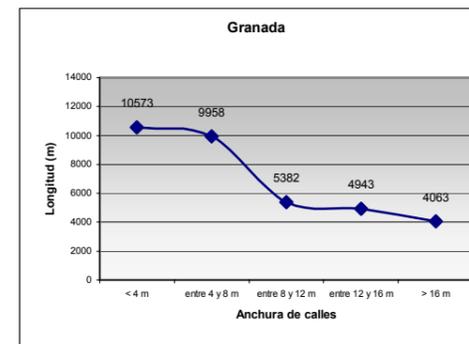
El efecto de cerrar calles o restar carriles al tráfico automóvil es el de aumentar el costo o la congestión para una I.M.D. menor, es decir, el de aumentar la pendiente de las curvas cote-intensidad de tráfico; lo cual puede ayudar a desviar viajes desde el automóvil al transporte público pero exige también una oferta adecuada de esta red colectiva. No obstante, la movilidad obligada automóvil (residentes, carga y descarga, taxis, emergencias,...) resulta particularmente agravada en cuanto al coste de viaje, en ciudades cuya trama viaria pertenece a la familia A cual es el caso de Granada.

La movilidad en el centro de las ciudades debe ser muy atenuada para mejorar la calidad ambiental de la ciudad de mayor valor histórico-patrimonial; debe atenuarse en la mayor medida posible pero no se puede rebajar más allá, 1) de lo que suponga una desincentivación de la rehabilitación residencial ya que esta actividad necesitará de viajes obligados en coche y de un aprovechamiento para la residencia de buena parte de los aparcamientos existentes en el centro y 2) del umbral que no pueda ser atendido por una oferta suficiente y confortable de transporte público.

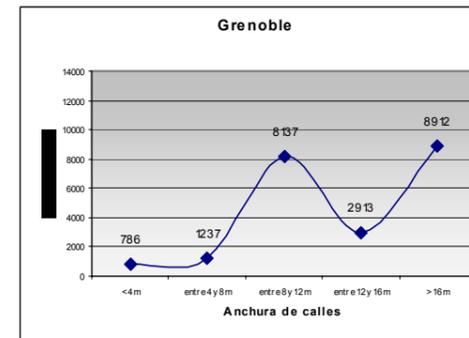
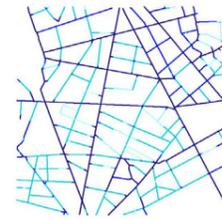
Para alcanzar el objetivo de mejorar la tasa de movilidad captada por el transporte público con origen/destino el centro, se ha de mantener una cierta oferta viaria para uso automóvil- para la demanda obligada antes aludida- y procurar que esa oferta no resulte congestionada ya que son mucho más perniciosos los efectos de una circulación automóvil en pocas calles pero con niveles de congestión muy altos que una circulación automóvil más generalizada pero de escasa intensidad y velocidad moderada. Esto se consigue disponiendo una buena oferta de T.P. y disuadiendo a muchos automovilistas de la circulación, encareciendo el aparcamiento o prohibiendo la circulación a los no residentes.



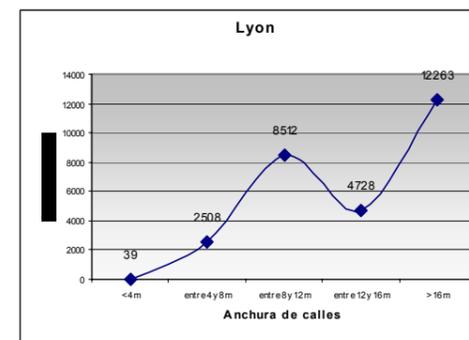
GRANADA



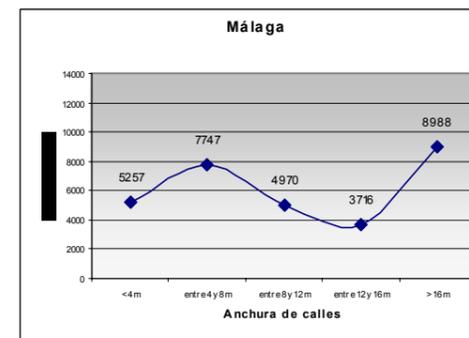
GRENOBLE



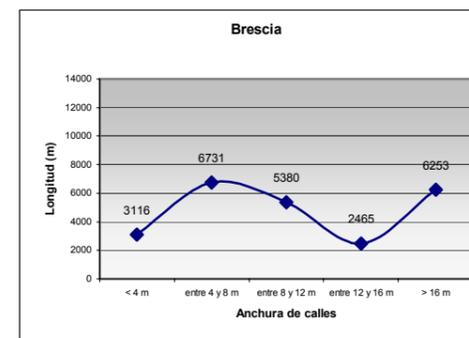
LYON



MALAGA



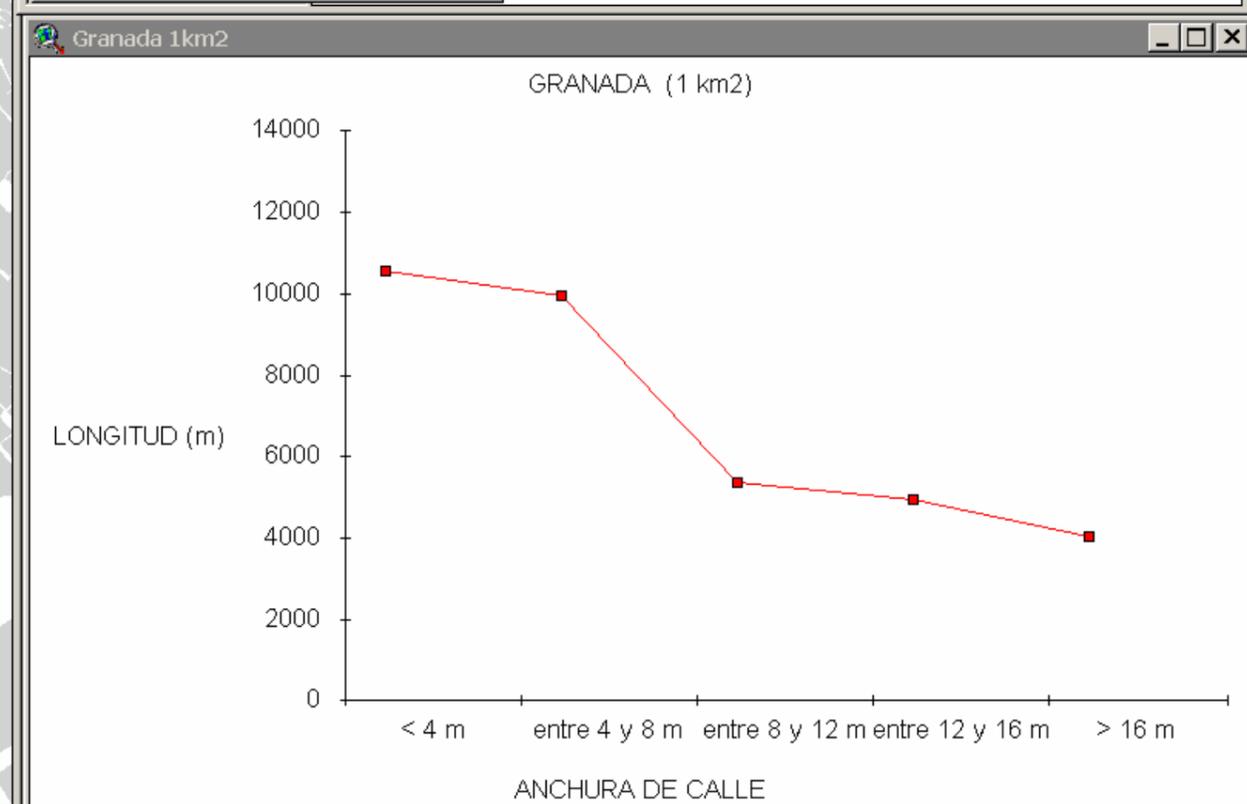
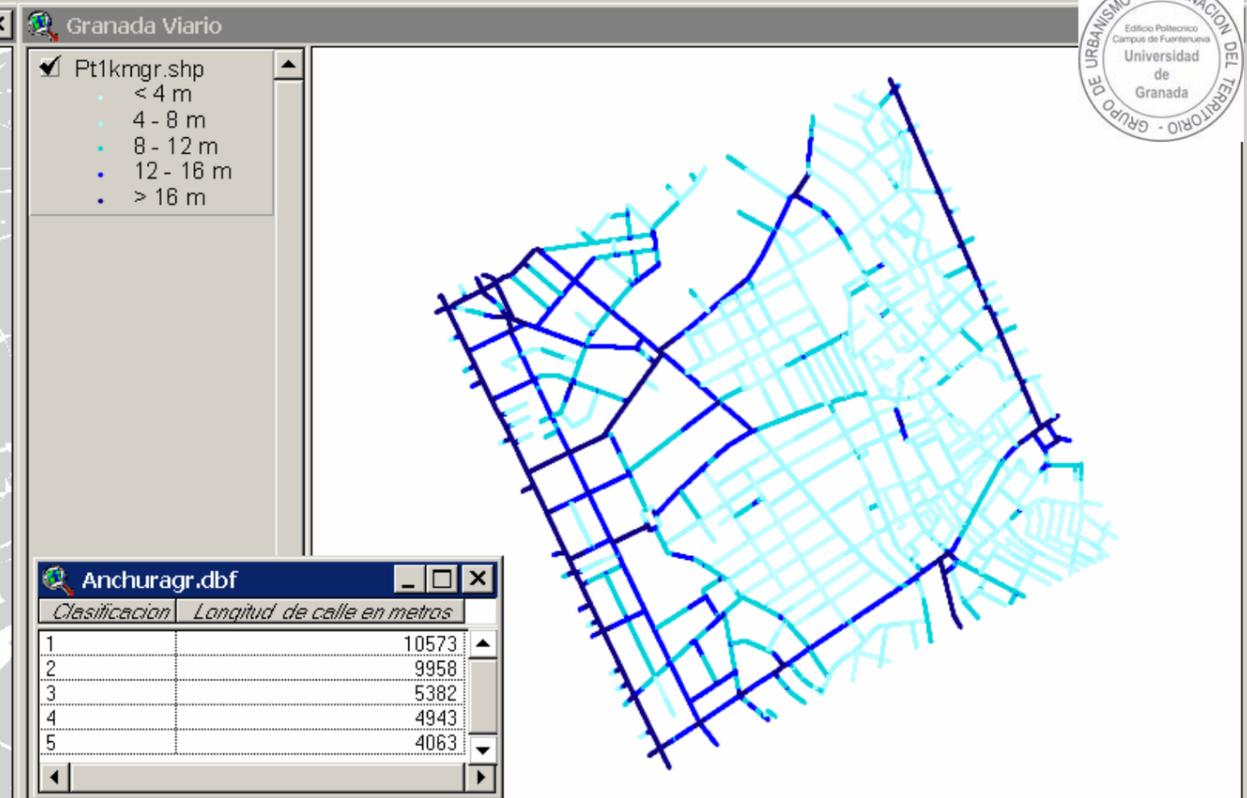
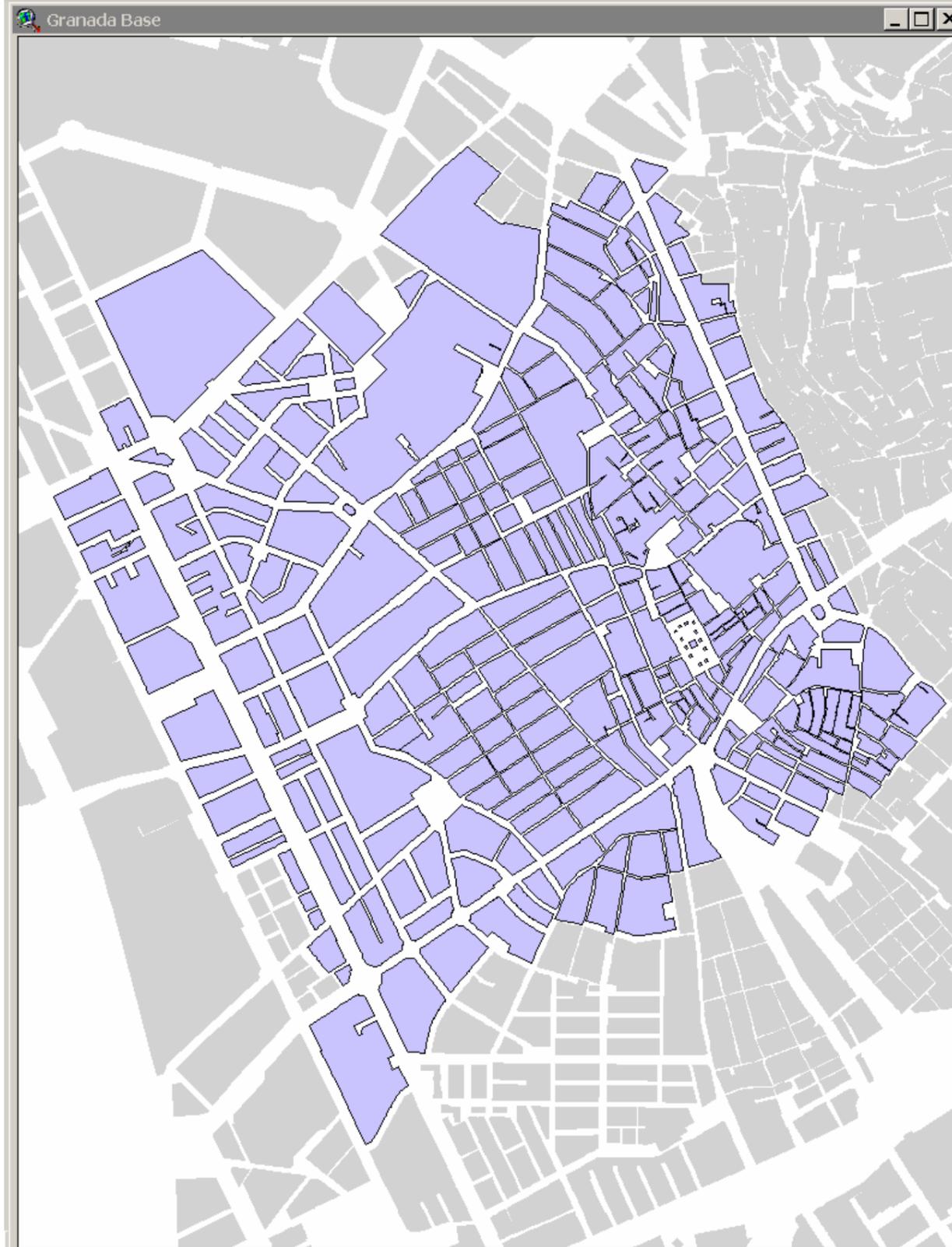
BRESCIA



Análisis de la Red Viaria
(en un kilómetro cuadrado central)

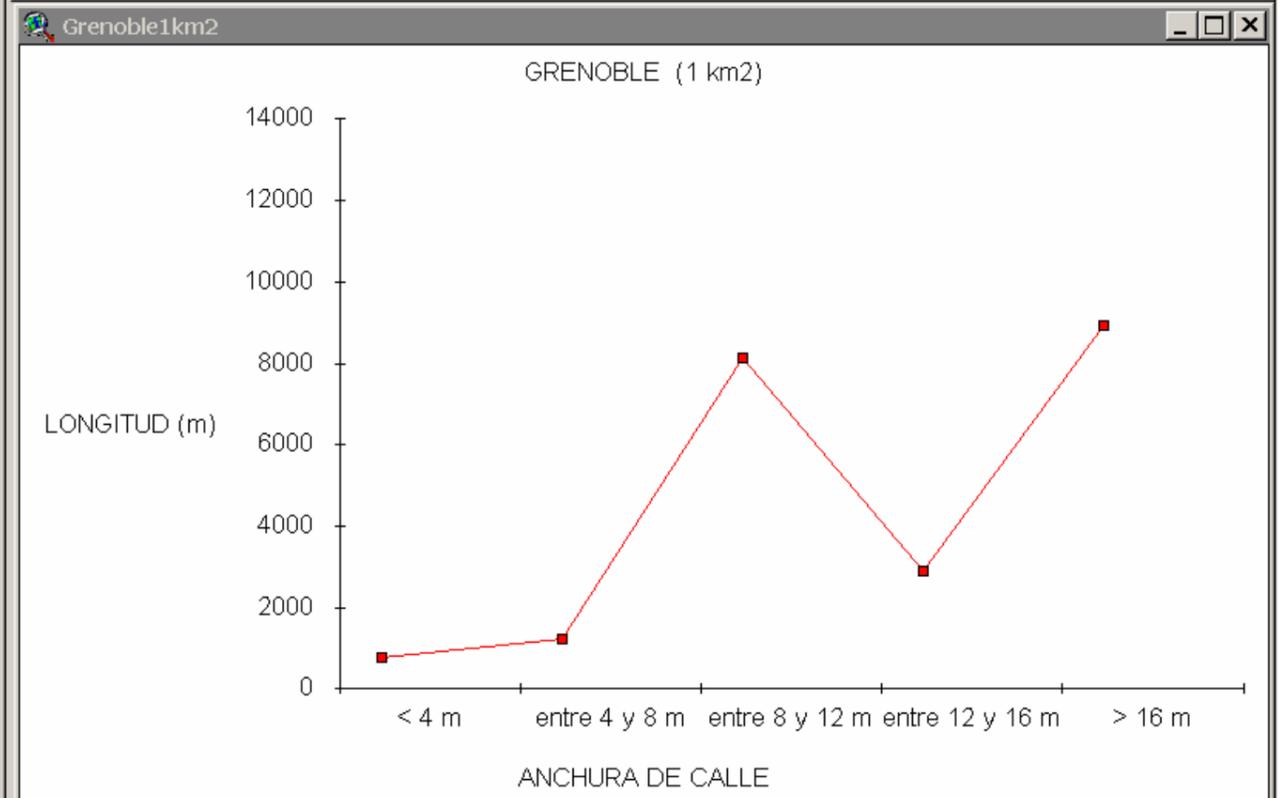
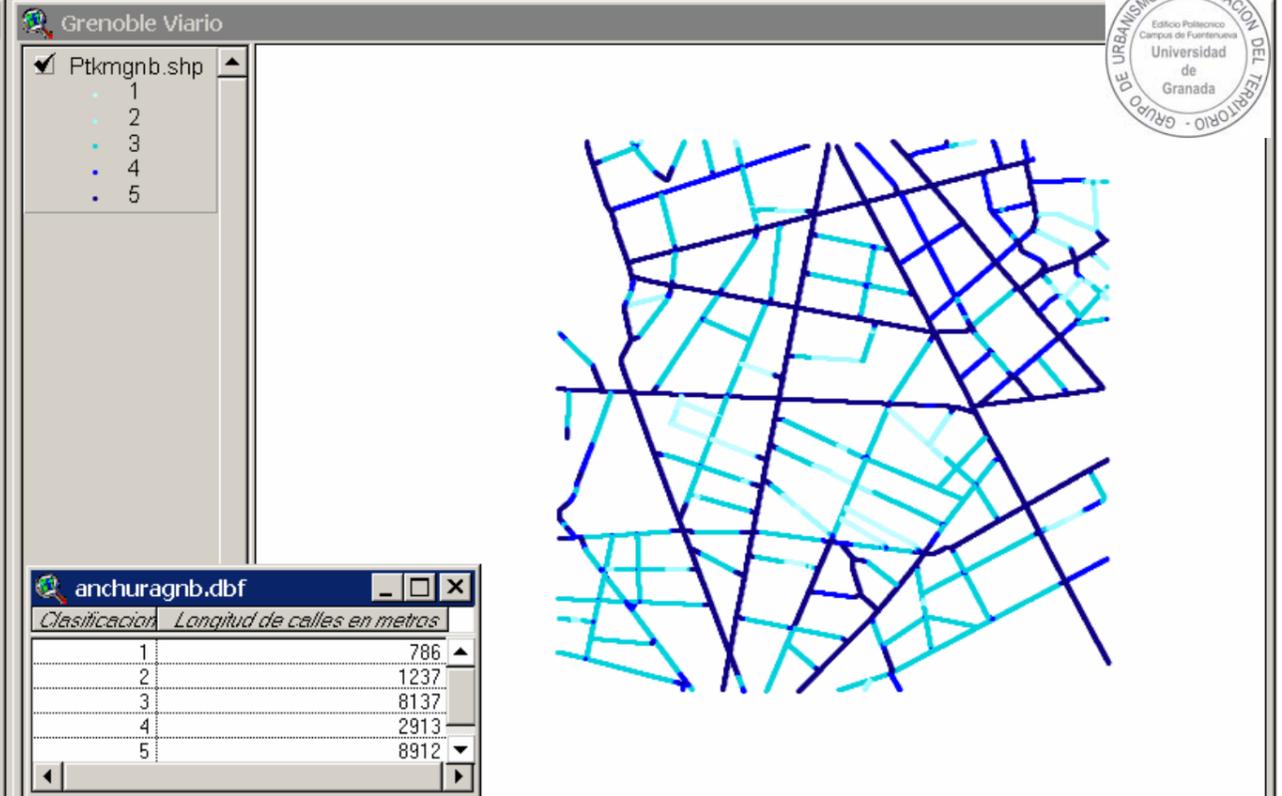
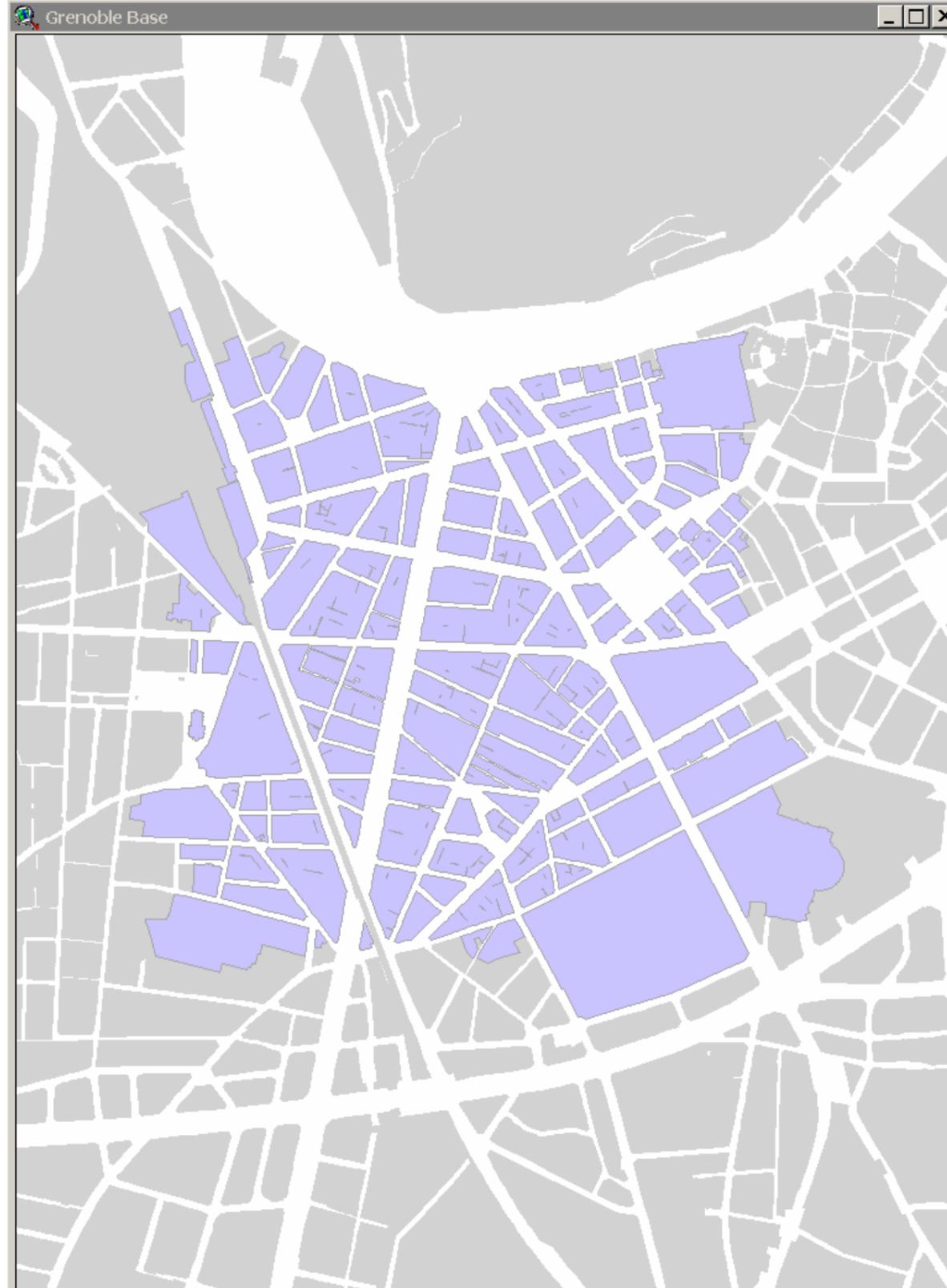


0 de 5 seleccionado,





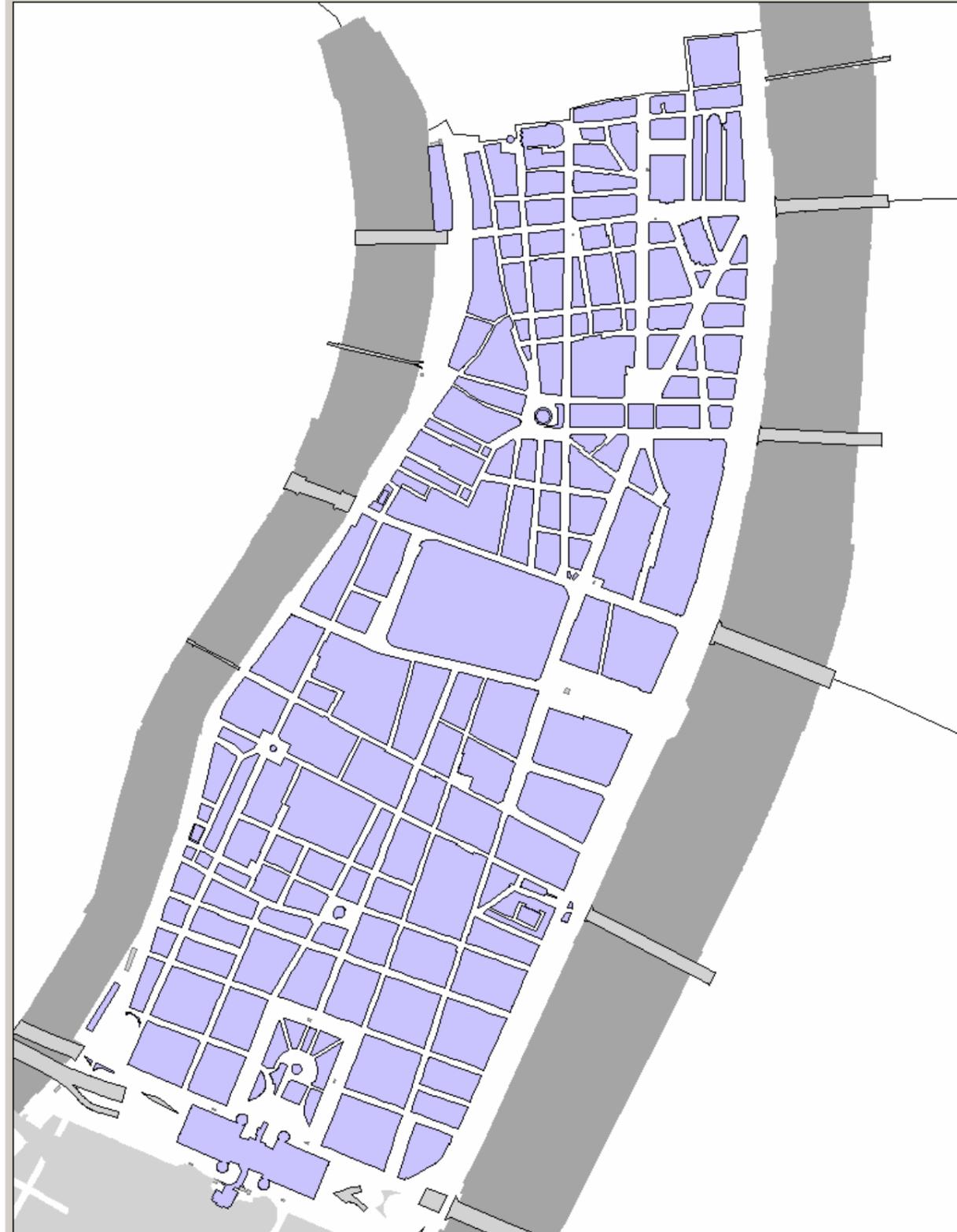
0 de 5 seleccionado,



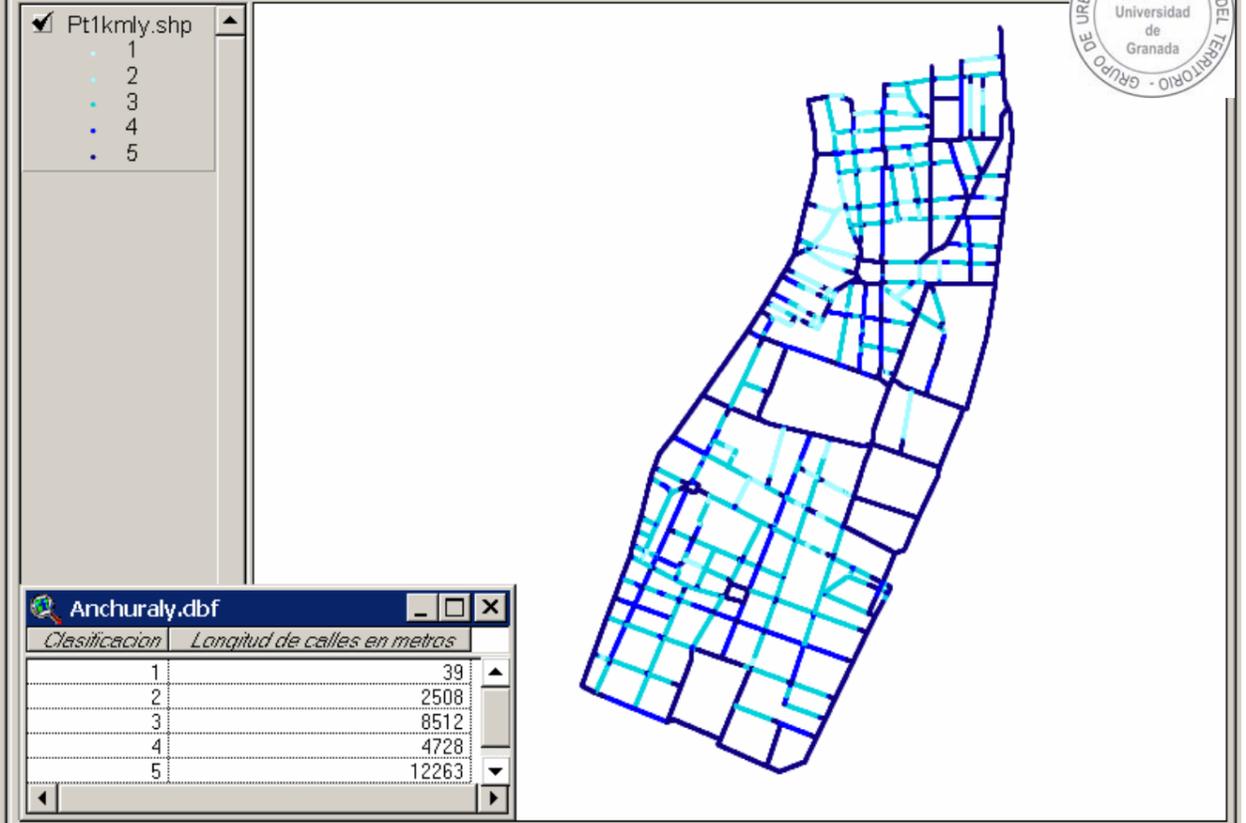


0 de 5seleccionado,

Lyon Base

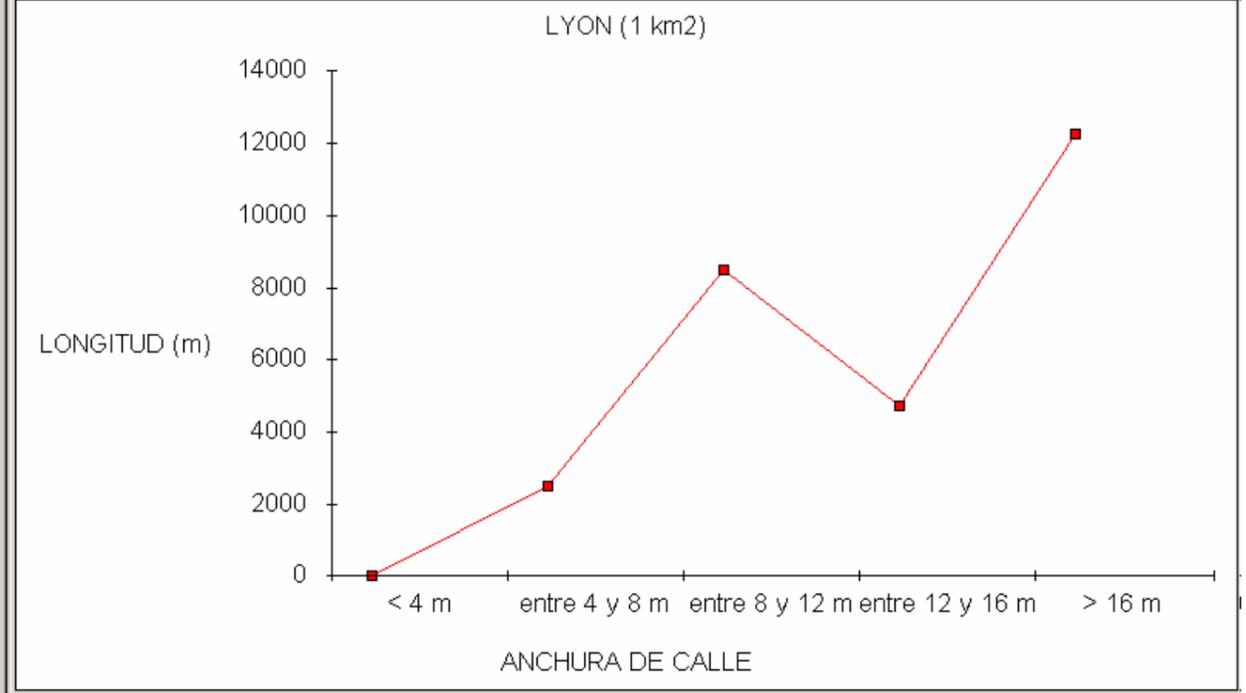


Lyon Viario



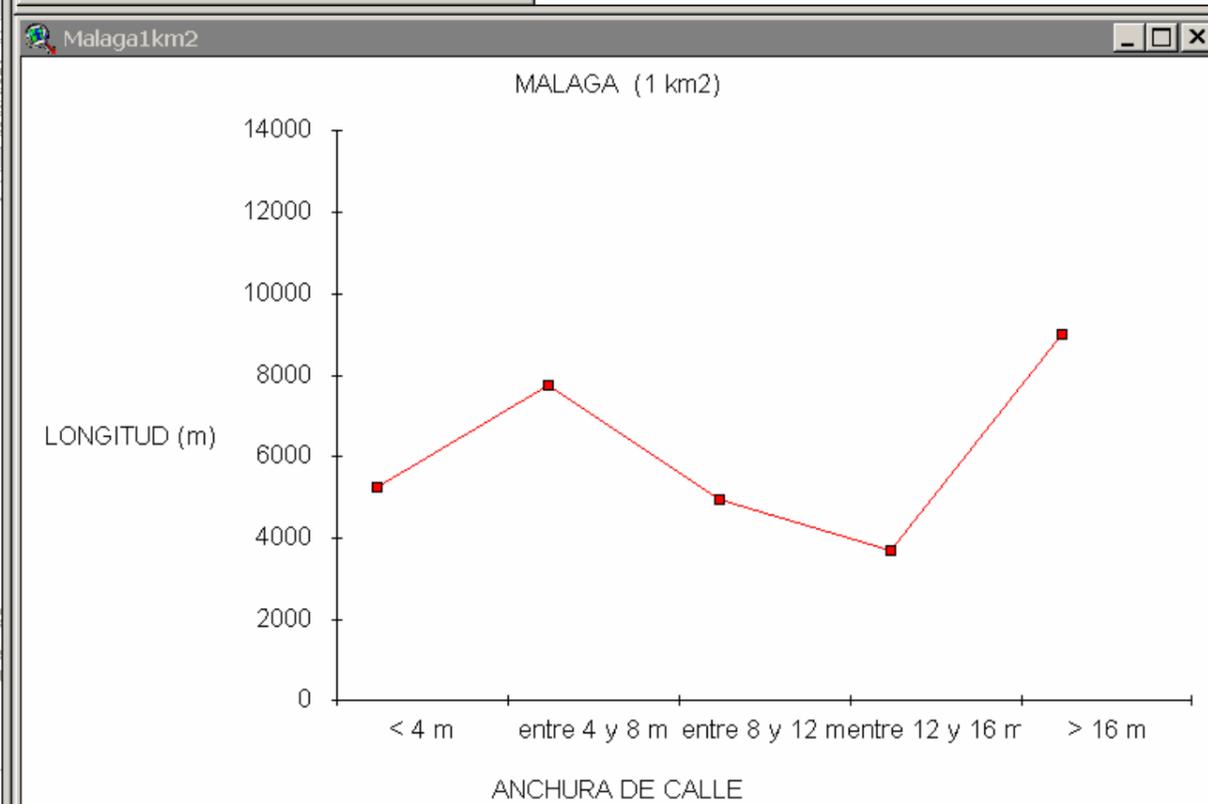
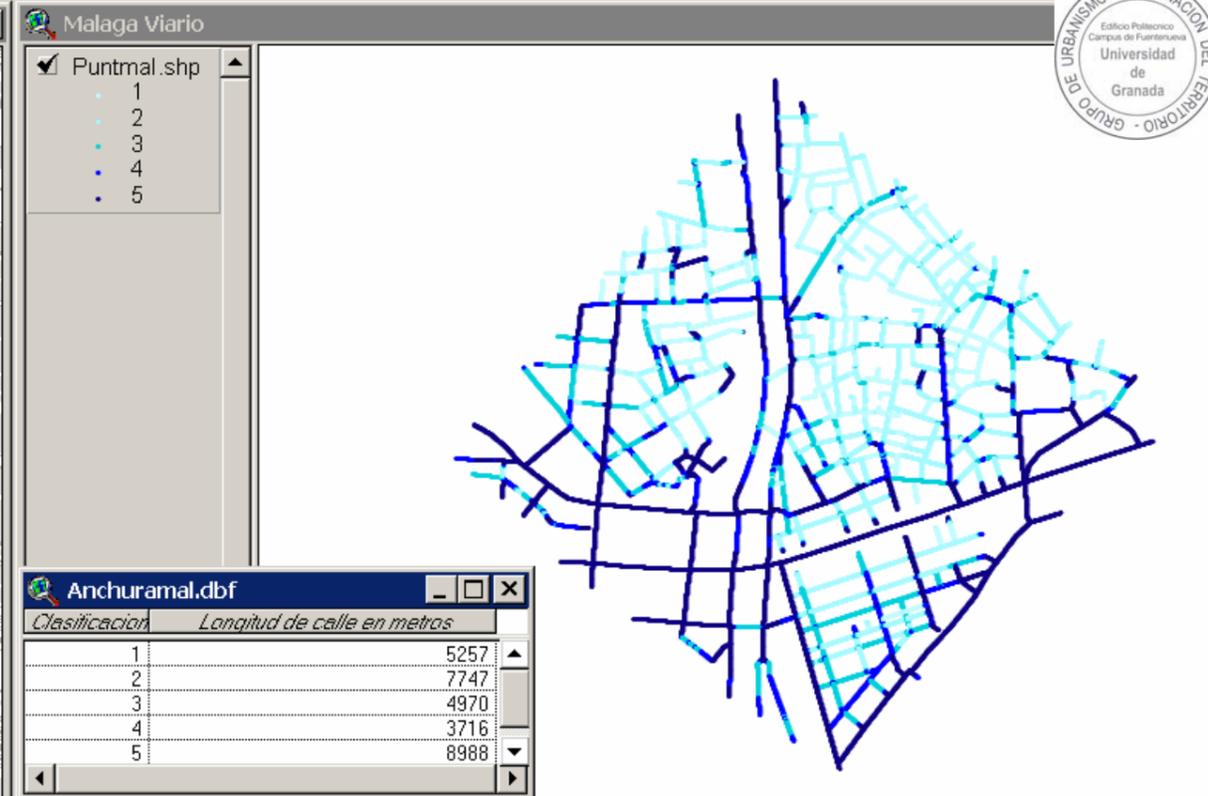
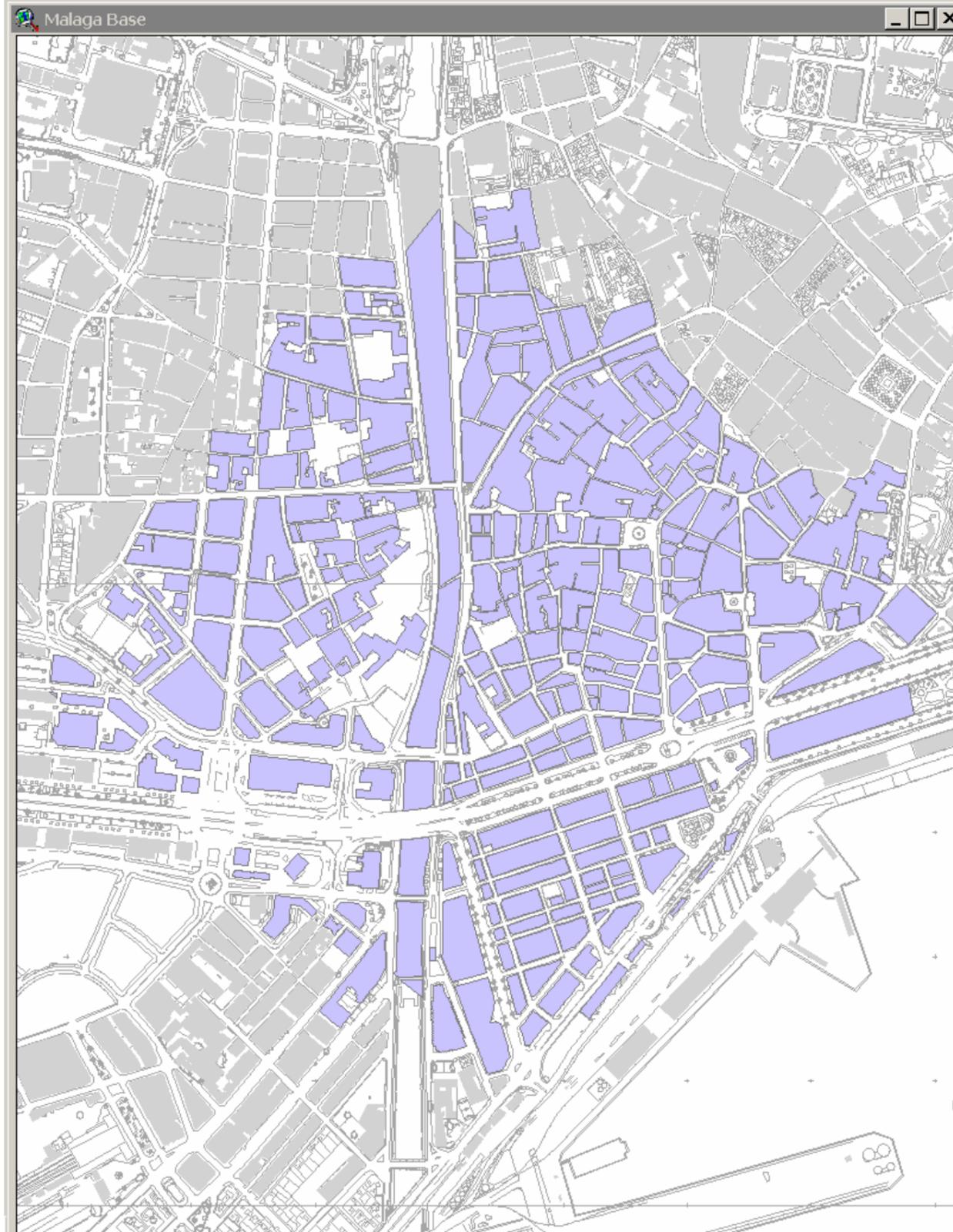
Clasificación	Longitud de calles en metros
1	39
2	2508
3	8512
4	4728
5	12263

Lyon1km2





0 de 5 seleccionado,





0 de 5 seleccionado,

Brescia Base



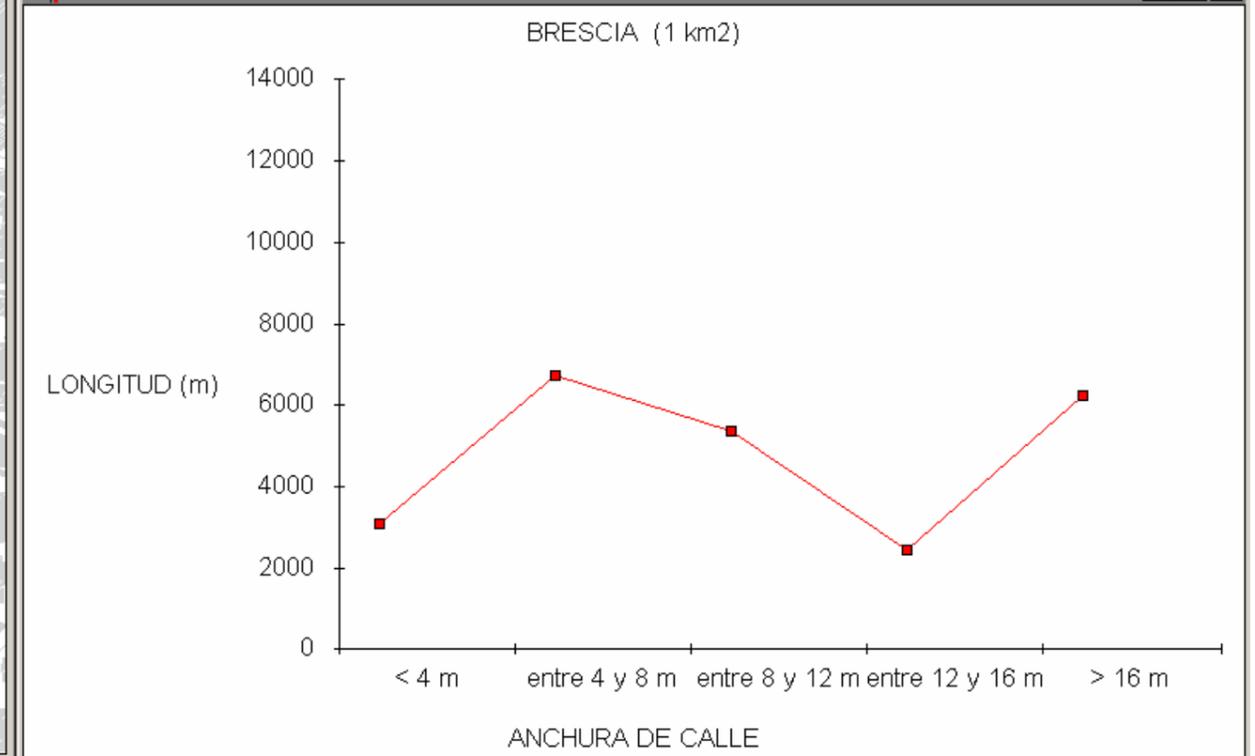
Brescia Viario

✓ Ptbrc.shp

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Clasificación	Longitud de calles en metros
1	3116
2	6731
3	5380
4	2465
5	6253

Brescia 1kn2



INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



C.1. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIVERSOS ESCENARIOS DE MOVILIDAD.

C.1. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIVERSOS ESCENARIOS DE MOVILIDAD EN EL CNO. DE RONDA DE GRANADA

Índice

Resumen: planteamiento y conclusión general.

- 1. Metodología: hipótesis, escenarios e indicadores.**
- 2. Informes sobre la calidad del aire.**
 - 2.1. Informe sobre la calidad del aire: alteraciones en la composición de la atmósfera.**
 - 2.2. Informe sobre la calidad del aire: el ruido¹.**
- 3. Evaluación comparativa de la incidencia ambiental de los escenarios.**
- 4. Conclusiones finales.**
- 5. Referencias bibliográficas.**

¹ Este apartado sobre el “Ruido” ha sido elaborado por los Profesores Titulares del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada, D. Diego Pablo Ruiz Padillo y D. Jerónimo Vida Manzano, ambos constituyen la sección departamental, Unidad Ambiental de Física Aplicada (UAFA).

Resumen: planteamiento y conclusión general.

Planteamiento: este informe valora la incidencia ambiental del nuevo modo de transporte, el metro ligero a su paso por el Cno. de Ronda, contrastando una serie de escenarios (incluida la situación actual) que suponen diferentes modos de organización de la sección viaria, derivados de la conjugación de opciones en superficie o en subterráneo.

Las alternativas planteadas son comparadas mediante la evaluación de cuatro criterios ambientales básicos, representados por 8 indicadores, seleccionados por su relevancia ambiental, tanto en las relaciones generales entre transporte y medio ambiente, como en la particular problemática del medio ambiente urbano de la aglomeración urbana de Granada, que destaca por su negativa situación en parámetros como la contaminación acústica y química frente a otras ciudades andaluzas (ver informes sobre calidad del aire). Los indicadores elaborados se apoyan en datos e informaciones provenientes, esencialmente, de los trabajos realizados hasta el momento para el trazado del Metro Ligero de Granada (Ayuntamiento de Andalucía: Estudio Informativo, 2002; Anteproyecto, 2003), así como también en algunas estadísticas (Agenda Local 21 de Granada, 2003; Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) y en algunos estándares genéricos (p.ej.: CE, Delft, 2003) que permiten hacer extrapolaciones a los escenarios diseñados.

En la metodología (apartado 1) se desglosan, por un lado los escenarios dibujados (ver secciones), y las hipótesis previstas para cada uno de ellos, y por otro, el “modus operandi” a la hora de definir y calcular los indicadores aplicados a cada uno de los escenarios apuntados, que son finalmente contrastados en el apartado 3 (evaluación comparativa de la incidencia ambiental de los escenarios).

Conclusión general: La comparación final de escenarios no es determinante respecto a las posibilidades que ofrece cada opción, más bien es un modelo de valoración tendencial del medio ambiente urbano en función de que se acentúen, más o menos, determinadas posibilidades (restricción, al tráfico, coordinación del transporte público, dotación de espacios libres, ...).

La consecución de una cierta calidad ambiental no depende tanto de una opción subterránea o una contraria superficial, sino más bien de cómo se proyecte de forma integral la sección urbana o escenario, en cada caso. Así, a veces hay un cierto paralelismo entre los escenarios B (metro ligero en superficie) y E (metro ligero subterráneo +bus-bici-peatón), ya que ambos escenarios, sobre todo el segundo significaría una mayor renovación del medio ambiente urbano.

Si la comparación de escenarios sugiere que la calidad ambiental dependerá en buena medida de aquel escenario que incida más en la organización física de la ciudad, parece lógico pensar que el escenario E (subterráneo+bus-bici-peatón) es el que ofrece más ventajas y posibilidades: conjugación urbanística en superficie, mayor diversidad de modos de movilidad, mayor eficiencia superficial y mayor fiabilidad del metro ligero subterráneo. Consiguientemente, este escenario podría contribuir progresivamente, con una adecuada gestión complementaria de la movilidad, a una más intensa regeneración del medio ambiente urbano, ya que estratégicamente permite muchas más opciones para una gestión integral de la movilidad y la calidad ambiental.

1. METODOLOGÍA: HIPÓTESIS, ESCENARIOS E INDICADORES.

1.1. Definición de escenarios e hipótesis

La primera tarea necesaria a fin de caracterizar el escenario correspondiente a la situación actual, ha sido dividir en cuatro tramos el eje en cuestión de principio a fin, desde el final de la Avda. del Sur hasta el inicio de la Avda. de América, siendo cada tramo descrito por su correspondiente sección tipo. La valoración de los cuatro tramos ha servido para optar por extrapolar el tramo 3º al conjunto del eje viario que constituye el Cno. de Ronda, de forma que este tramo representa al escenario de la situación actual y por ende la base comparativa sobre la que referenciar el comportamiento de los diversos indicadores en los distintos escenarios. La elección del citado tramo (entre Recogidas y Alhamar), se hace fundamentalmente porque su sección tipo de 24 m. es la más estrecha del Cno. de Ronda, que en otros tramos llega a superar los 30 m. (p.ej. en el tramo 2º) o incluso los 35 m.; por consiguiente, las opciones alternativas se ajustan siempre a este tramo con una sección más estrecha. Concretamente, se han definido los siguientes escenarios:

- A. Situación actual:** que se refiere a la organización vigente de la traza del Cno. de Ronda, caracterizado por una sección de 24 m. de anchura (de fachada a fachada) correspondiente al tramo entre Recogidas y Alhamar.
- B. Metro Ligero en Superficie:** que plantea un trazado con plataforma reservada, pero con prioridad en los cruces del metro respecto al automóvil.
- C. Híbrido (Anteproyecto):** sería una propuesta cercana a la del anteproyecto, que supone un escenario híbrido, ya que alterna a lo largo del Cno de Ronda, tramos en superficie y tramos en subterráneo, lo que supone un 16 % en superficie y el resto entre rampas y subterráneo, lo que nos lleva a considerar un 84% del trazado en subterráneo.
- D. Metro Ligero Subterráneo+Situación Actual en Superficie:** supondría un trazado subterráneo en todo el eje, manteniendo en superficie la actual organización de la sección tipo transversal del Cno. de Ronda.
- E. Metro Ligero Subterráneo+Bus-Bici-Peaton:** el trazado sería subterráneo, lo que permitiría aprovechar la situación, para liberar la sección de carriles de tráfico a favor de un incremento de las superficies, peatonal, de verde urbano y de transporte público (carril bus).

Una vez establecidos los escenarios, explicamos las hipótesis formuladas, una principal y transversal (aplicada al conjunto de criterios e indicadores), y otra parcial y sectorial, sólo aplicada a la evaluación de la calidad ambiental del aire (ruido, contaminantes), de forma que la primera sería una hipótesis sobre la captación de la demanda de viajeros, mientras que la segunda sería sobre la reducción (eliminación) viaria de carriles para el tráfico rodado, considerando que esta relativa supresión viaria fuese equivalente o directamente proporcional a una reducción del flujo de vehículos privados.

1.2. Hipótesis sobre la captación de la demanda de viajeros

Los escenarios son evaluados a partir, fundamentalmente, de las hipótesis de reducción del tráfico privado que se darían en los escenarios planteados, lo cual a su vez deriva de las hipótesis de captación de demanda de viajes que maneja el Estudio Informativo (moderada,

intermedia y optimista). Así, sobre la base de la Intensidad Media Diaria (IMD) de vehículos en el Cno. de Ronda, al que caracterizamos de forma unitaria mediante las cifras correspondientes al tramo 3º (aforo de 2000, incluido en Estudio Informativo), se aplican unos porcentajes de reducción del flujo -en coherencia con las captaciones previstas-, adoptándose **las siguientes hipótesis para los escenarios alternativos al “A” (situación actual):**

En el escenario B se contempla una reducción de la IMD de entre el 10 y el 12 %, como consecuencia de una captación moderada (10 %) o intermedia (12 %) de captación de viajes en el tramo considerado. En este caso, a la hora de aplicar los indicadores se toma el valor más alto del 12%.

En el escenario C se contempla una reducción del 10 %, o sea, una captación moderada o más restrictiva, ya que la alternancia entre subterráneo y superficie, podría generar mayores dificultades para mantener la regularidad en la velocidad comercial, lo que acabaría redundando en la capacidad de carga del sistema.

En los escenarios D y E, los dos “subterráneos” en la totalidad del eje, el primero sin alterar la sección actual, y el segundo proponiendo un reparto alternativo de la sección, serían los más eficientes y por tanto con mayor capacidad de atracción; el primero porque podría conseguir una velocidad comercial más alta (superior a los 22 Km/h. que se prevé en superficie) al no verse afectado por las interrupciones del tráfico privado; y el segundo, porque añadiría un carril reservado para el BUS, lo que podría garantizar una velocidad comercial considerablemente superior a los 12 Km/h., que tienen actualmente los autobuses urbanos de Granada.

Finalmente, es necesario aclarar que los porcentajes de captación de la demanda propuestos por el Estudio Informativo, que dan pie a las hipótesis anteriores, son los proyectados para el horizonte temporal más inmediato de los considerados, esto es 2007 (en general, con presupuestos más o menos concordantes con los del Estudio Informativo del Metro Ligero de Málaga, 2002), con lo que la velocidad comercial en superficie o en subterráneo del metro ligero, junto a los datos recientes de capacidad de carga de viajeros del autobús urbano en el eje de estudio, son variables esenciales para plantear diferentes niveles de reducción del tráfico privado, y consecuentemente las ventajas y desventajas ambientales de cada escenario, en relación al ruido, aire, eficiencia superficial, congestión, etc.. Asimismo otros criterios de valoración, como el verde urbano o el efecto barrera, están vinculados a los diversos repartos de la sección propuestos.

1.3. Hipótesis sobre la reducción viaria de carriles para el tráfico

Esta hipótesis, tienen un carácter parcial, o sea, que no se aplica al conjunto de indicadores, sino tan sólo a la evaluación de la calidad ambiental del aire (ruido y contaminantes químicos) en la que como ya se ha dicho se desarrollan sendos informes parciales, dada la importancia de estas dos variables ambientales.

En los dos casos se aplica esta hipótesis, que considera que la supresión de carriles para el tráfico rodado fuese equivalente o directamente proporcional a una reducción del flujo de vehículos privados. Se plantea, por consiguiente, una visión a más largo plazo del escenario urbano, que necesariamente se verá abocado a la generación de forma interactiva de: un incremento progresivo de captación de la demanda por el metro ligero y el transporte público en su conjunto, políticas de restricción al tráfico privado, y reasignación a otra vías paralelas (C/Arabial y C/Pedro Antonio de Alarcón) de un porcentaje de los flujos de tráfico que

actualmente soporta el Cno. de Ronda, y que no podrá seguir soportando en un escenario de eliminación del 50 % de la capacidad viaria (carriles para el tráfico rodado).

Además, el interés de valorar los escenarios desde esta hipótesis para estos aspectos concretos, estriba en el hecho de que tanto para el nivel de presión sonora como para el de emisiones de contaminación, no se alcanzarían niveles más satisfactorios o incluso deseables, de acuerdo a las normativas nacionales o europeas, hasta que no se consiga una reducción del tráfico de entre el 40 y el 50 %.

1.4. Criterios e indicadores

Los criterios considerados en esta evaluación tienen una perspectiva global vinculada a los efectos ambientales genéricos de la movilidad, así como a otra más particular, relativa al medio ambiente urbano en el que se propone la inserción del proyecto. Asimismo, la selección y el diseño final de los indicadores aplicados está mediatizado por la disponibilidad de información precisa y relevante, lo que no siempre sucede, y por la posibilidad de alcanzar resultados que apoyen las hipótesis de forma razonablemente rigurosa y lógica.

Son cuatro los criterios principales:

- **A. La calidad ambiental del aire**, que indaga en la presión acústica, y en la contaminación química de la atmósfera como consecuencia del tráfico.
- **B. La eficiencia en la utilización de recursos**, que valora el uso de la energía de las diferentes opciones y la capacidad de transportar viajeros por superficie viaria utilizada.
- **C. La integración urbana**, que valora las posibilidades para el incremento de las superficies peatonal y de verde urbano, así como también la incidencia del efecto barrera.
- **D. La afección al tráfico**, que tiene en cuenta, primero, la reducción y/o eliminación de carriles/superficie viaria para el tráfico de vehículos, y segundo, derivado de lo anterior el nivel de servicio o la congestión que puede provocar cada alternativa.

Consiguientemente, la calidad, la eficiencia, la integración y la afección, son criterios ambientales que permiten aproximarse a unas tendencias que seguiría el medio ambiente urbano, en función de que se apueste de forma más o menos acentuada por un determinado modelo de desarrollo y organización física de la ciudad, como consecuencia de la implantación de este nuevo sistema de transporte público (más o menos verde, reducción de la contaminación, regeneración urbana...).

1.4.1 Diseño y condicionantes de los indicadores aplicados

Una vez presentados los escenarios a evaluar y los argumentos que soportan a las hipótesis y los criterios considerados, se trata de obtener indicadores (primero en valores absolutos), reducibles a valores relativos o porcentajes que permitan confrontar los diferentes escenarios, poniendo de manifiesto de forma tendencial las ventajas e inconvenientes que podrían suponer. Queda claro que en la definición de los indicadores han influido diversos factores relativos a la información disponible, los objetivos planteados y la validez metodológica, lo que se ha traducido finalmente en la definición de los siguientes:

- **1. Nivel de presión sonora continua o equivalente (decibelios)**, que sirve para caracterizar el ruido del Cno. de Ronda como consecuencia del tráfico según las diferentes hipótesis que arroja cada escenario (ver informe parcial).

- **2. Nivel de concentración (en microgramos por metro cúbico) de Dióxido de Nitrógeno.** En este caso, el indicador establece una relación más o menos proporcional entre los porcentajes de reducción del tráfico, según cada escenario, y la reducción del nivel de concentración de contaminantes. Asumiendo que las hipótesis de reducción del tráfico serían equivalentes a la disminución relativa de carriles para el tráfico rodado en cada alternativa.
- **3. Eficiencia superficial de la movilidad en la ocupación de suelo (viajeros día/m²),** que significa la cantidad de viajeros por metro cuadrado ocupado, en modos públicos y privados, que serían transportados en cada uno de los escenarios previstos. **Los viajeros transportados por cada modo que asumimos serían:**
 - o **para el vehículo privado,** serían los correspondientes a los flujos de IMD (multiplicado siempre cada vehículos por el estándar de ocupación de 1,25);
 - o **para el metro ligero,** tanto en superficie como en subterráneo derivan de las hipótesis de captación intermedia, que para las paradas previstas en el Cno. de Ronda oscilan entre los 9.500 y los 16.000 viajeros día, con lo que el valor medio que se asume es de 12.750 viajeros día (ver Anejo 5, Estudio Informativo del Metro Ligero de Granada, 2002);
 - o **para el Carril-Bus,** tenemos en cuenta también datos de los trabajos del Estudio Informativo (Documento Resumen de Explotación de los trabajos de campo en transporte público en la ciudad de Granada, 2003). Así, después de ver las líneas de autobús que operan en el Cno. de Ronda (líneas 4, 5, 6, 10, 11 y 22) que transportan el 41,1 % de los viajeros en autobús urbano, asumimos el número de viajeros que utilizan la línea 11 a su paso por las paradas del Cno. de Ronda, 2935 viajeros día, y esta cifra la incrementamos en un 10 % (3.228,5 viajeros día), ya que el Carril-Bus dotaría de mayor regularidad, fiabilidad y velocidad comercial (12 Km/h., actualmente) a la línea, lo que acabaría redundando en un incremento de la captación de viajeros por parte del autobús.
- **4. Eficiencia en el consumo de energía del vehículo privado (Gj/veh.-Km.)** por escenarios, en este caso se aplican los estándares del estudio de CE-Delft, 2003 (ver referencias bibliográficas), del que tomamos un valor intermedio de 3,66 Mj/Km para el vehículo privado. De esta forma expresamos al final el indicador en GigaJuios/Veh.-Km, tras poner en relación el citado estándar, la IMD correspondiente a cada escenario y la longitud total del Camino de Ronda (3.103m.).
- **5. La superficie de zona verde y peatonal (m²),** vendría dada directamente por la suma de las superficies ocupadas por las “medianas verdes” previstas en las diversas secciones (escenarios), más la superficie peatonal correspondiente a las aceras y además la superficie de estancia prevista para las estaciones (paradas) superficiales o subterráneas. La longitud de la mediana en todos los casos se hace sobre la base de los tramos actualmente implantados en el eje en cuestión (medición sobre el plano catastral 1:2.000), lo que da un valor de 2.836 m² que se aplica también a la longitud de las aceras.
- **6. El efecto barrera** sería la suma por escenarios de los productos obtenidos en cada modo, al multiplicar el número de calzadas por la frecuencia, y todo ello multiplicado

a su vez por la anchura de la calzada a cruzar de cada escenario, y dividido finalmente por 1000 (**Modo Metro Ligero (Carriles*Frecuencia Vehículos/minuto) + (Modo Vehículo Privado)+(...) *Anchura de Calzada/1000**). Las frecuencias son derivadas en cada modo asumiendo:

- **para el vehículo privado**, dividiríamos la Intensidad Media Horaria de vehículos de cada escenario por 60’;
 - **para el Metro Ligero en Superficie**, tras asumir frecuencias de 1 tranvía cada cuatro minutos, tendríamos 0,25/minuto;
 - **para el Bus, asumimos**, tras valorar al igual que el caso anterior, los trabajos del Estudio Informativo, 1 autobús cada 8 minutos, lo que nos da 0,12/minuto.
- **7. La congestión (intensidad/capacidad viaria del escenario)**, sería la relación entre la intensidad de tráfico, según los escenarios de reducción del mismo (IMD) asumidos y la capacidad viaria que tendría cada escenario (número de carriles para el tráfico rodado). De forma que asumimos para cada escenario (De la Hoz y Pozueta, 1989; MOPT, 1993) las siguientes capacidades: **escenario A, 2000 veh./hora; escenario B, 800 veh./hora; escenario C, 1.680 veh./hora; escenario D, 2000 veh./hora; escenario E, 800veh./hora.**
- **8. La afección a la capacidad viaria (reducción porcentual del número de carriles para el tráfico rodado)**, sería la pérdida relativa de superficie viaria para el tráfico rodado como consecuencia de la supresión de carriles.

Una vez descritos los criterios y sus correspondientes indicadores pasamos a mostrar las secciones por tramos del Cno. de Ronda, las secciones que se proponen para cada escenario, y los datos asociados al cálculo de diversos indicadores.

Tabla 1. Tráfico y Características Urbanas de los TRAMOS del Cno. de Ronda.

TRAMO	Tráfico (IMD)	Uso del suelo	Sección (m) (*)	Altura viviendas (**)	Densidad de Población (Hab./Ha) (**)
1º	18.290 dirección Málaga 10.395 dirección Motril TOTAL: 28.685	Residencial plurifamiliar en bloques abiertos+ Equipamientos deportivos y espacios libres con media/ alta intensidad comercial	4 carriles (dos por sentido) a4/p2/c8,5/m2/c5, 3/p2/a3,5 TOTAL: 26,8	6	250-350
2º	21.932 16.370 TOTAL: 38.302	Residencial plurifamiliar en patio de manzana con elevada intensidad comercial y de servicios	4 carriles (dos por sentido) a4/p2/c6/m1,8/c5, 75/p+vs+p7/a4 TOTAL : 30,55	6/8	500-850
3º	22.998 21.694 TOTAL: 44.692	Residencial plurifamiliar en patio de manzana con elevada intensidad comercial y de servicios.	4 carriles (dos por sentido) a3,1/c8/m1/c8/p1, 8/a3,1 TOTAL: 24	8/10	550-900
4º	25.958 17.757 TOTAL: 43.715	Residencial plurifamiliar en bloque abierto con media/alta intensidad comercial	4 carriles (dos por sentido) a3,8//p1,8/c8,6/m 1,5/c6,4/p+vs+p5. 5 TOTAL: 30,6	6	250-550

(*)Reparto de la sección tipo de la vía del tramo en cuestión:

a=acera, p=aparcamiento, c= calzada, m= mediana, vs=vía de servicio, B=bus, b=bici, M=metro. Medición sobre plano digital catastral 1:2.000.

(**)Valor dominante a lo largo de la vía

Tabla 2. Reducción del N° de carriles/sup.viaria para el tráfico rodado por TRAMOS (hipótesis de reducción de la IMD en proporción equivalente a la reducción superficial de carriles para el tráfico rodado).

ESCENARIOS	A	B	C	D	E
TRAMO 1º (entre Avda. del Sur y Gabriel Miró, 608m)	0 %	50 %	34,54 % (420mx2c)	0 %	50 %
TRAMO 2º (entre Gabriel Miró y Emp. Eugenia, 975m)	0 %	50 %	0 %	0 %	50 %
TRAMO 3º (entre Emp. Eugenia y Alhamar, 740m)	0 %	50 %	25,67 % (380mx2c)	0 %	50 %
TRAMO 4º (entre Alhamar y Cruz de Lagos, 780m)	0 %	50 %	14,74 % (230mx2c)	0 %	50 %
Longitud Total: 3.103 m.	0 %	50 %	16,60 % (1.030mx2c)	0 %	50 %

Tabla 3. Escenarios con variación de la IMD sobre las dos hipótesis (captación de la demanda y disminución del tráfico equivalente a la reducción de carriles para el tráfico rodado).

Escenarios		Tráfico (IMD)	Uso del suelo	Sección (m) (*)	Altura viviendas (**)	Densidad de Población (Hab./Ha) (**)
A	SITUACIÓN ACTUAL (caracterizada por Tramo 3°)	22.998 21.694 TOTAL: 44.692	Residencial plurifamiliar en patio de manzana con elevada intensidad comercial y de servicios	4 carriles (dos por sentido) a3,1/c8/m1/c8/p1,8/a3,1 TOTAL: 24	8/10	550-900
B	METRO LIGERO EN SUPERFICIE	Reducción 12/52% (***) respecto a la situación actual	Ídem.	<u>Pierde 2 carriles</u> 2 carriles (1 por sentido) a3,5/p1,8/c3,5/m0,5/M7/m0,5/c3,5/a3,5 TOTAL: 24	8/10	550-900
C	HÍBRIDO	Reducción del 10%/ variable según tramos	–	<u>Alternaría las secciones de los escenarios A y B (según anteproyecto)</u>	–	–
D	SUBTERRÁNEO +SITUACIÓN ACTUAL EN SUPERFICIE	Reducción 15/55% respecto a la situación actual	Ídem.	4 carriles (dos por sentido) a3,1/c8/m1/c8/p1,8/a3,1 TOTAL: 24	8/10	550-900
E	SUBTERRÁNEO +BUS-PEATÓN-BICI EN SUPERFICIE	Reducción 15/55% respecto a la situación actual	Ídem.	<u>Pierde 2 carriles</u> 2 carriles (1 por sentido) a4/B4/m0,5/c6,5/m0,5/p2/m0,5/b2/a4 TOTAL: 24	8/10	550-900

(*) Reparto de la sección tipo de la vía del tramo en cuestión: **a**=acera, **p**=aparcamiento, **c**=calzada, **m**=mediana, **vs**=vía de servicio, **B**=bus, **b**=bici, **M**=metro. Medición sobre plano digital catastral 1:2.000. (**) Valor dominante a lo largo de la vía. (***) El primer porcentaje corresponde a hipótesis de captación de la demanda y el segundo porcentaje a la disminución del tráfico equivalente a la reducción superficial de carriles para el tráfico rodado.

Tabla 4. Variación de la IMD por escenarios sobre la hipótesis de captación de la demanda de viajeros.

Escenarios	IMD Actual	Reducción (%)	IMD Futura
A	44692	0	44692
B	44692	12	39329
C	44692	10	40223
D	44692	15	37988
E	44692	15	37988

SECCIONES POR TRAMOS

Figura 1. Sección Tramo A del Cno. de Ronda.

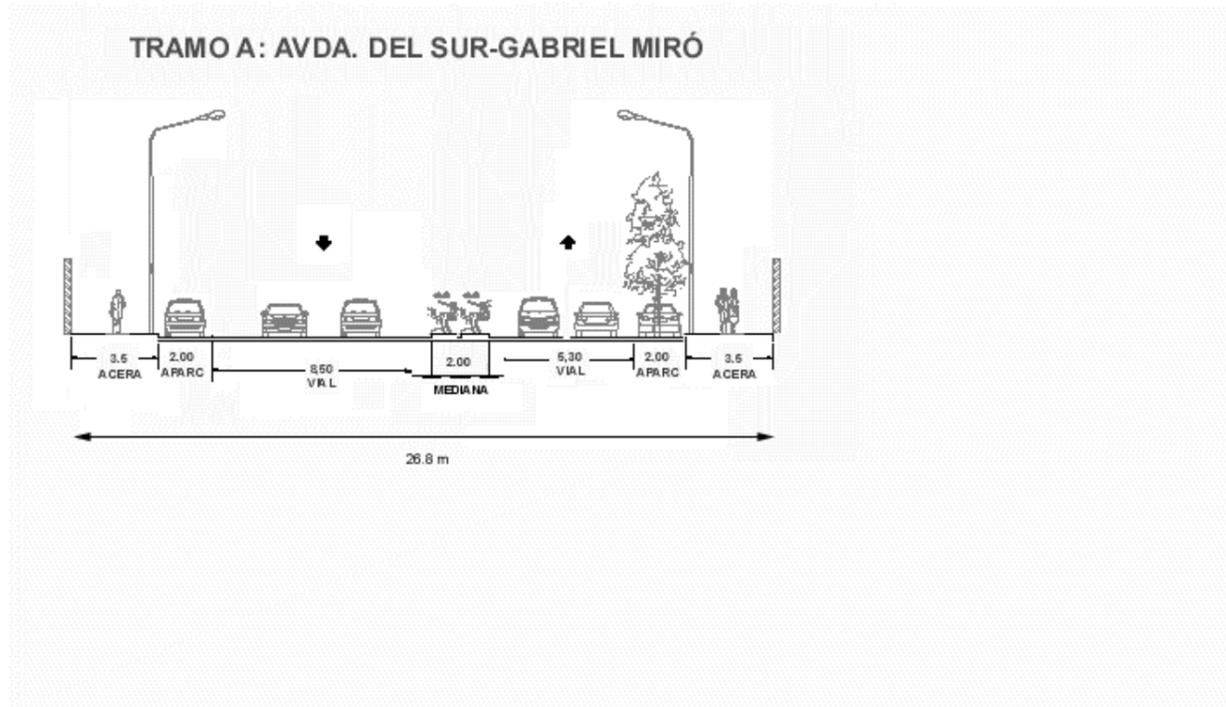


Figura 2. Sección Tramo B del Cno. de Ronda.

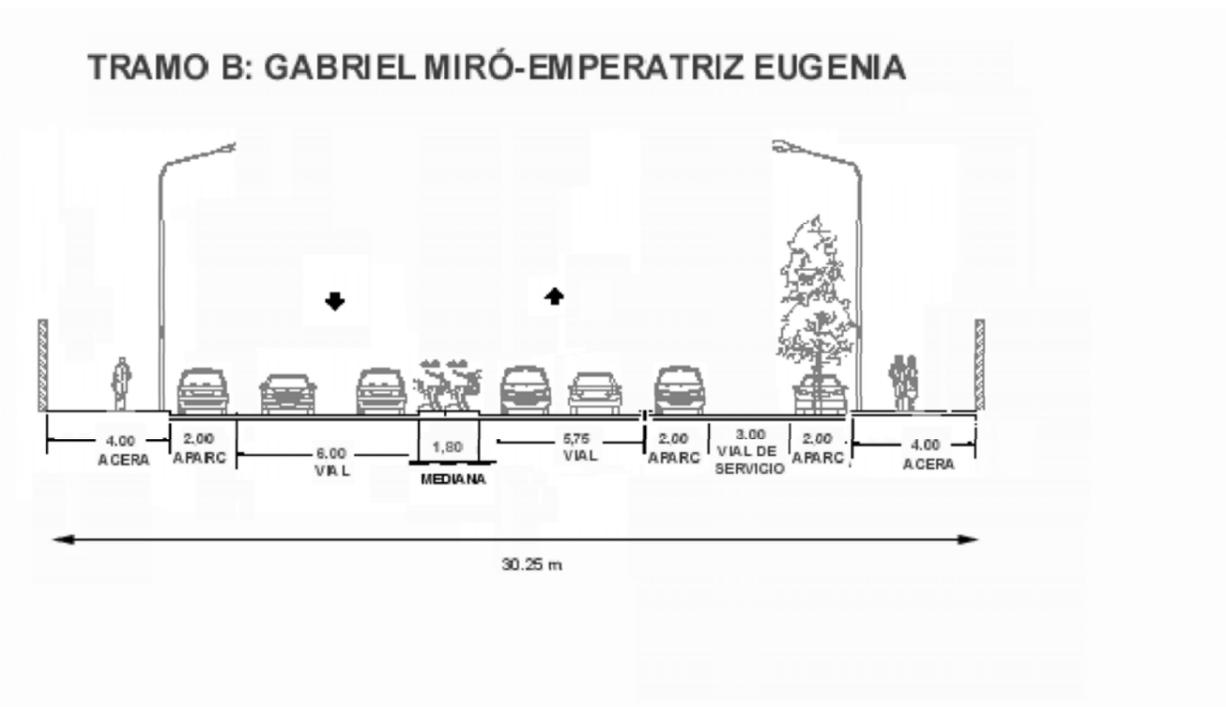


Figura 3. Sección Tramo C del Cno. de Ronda.

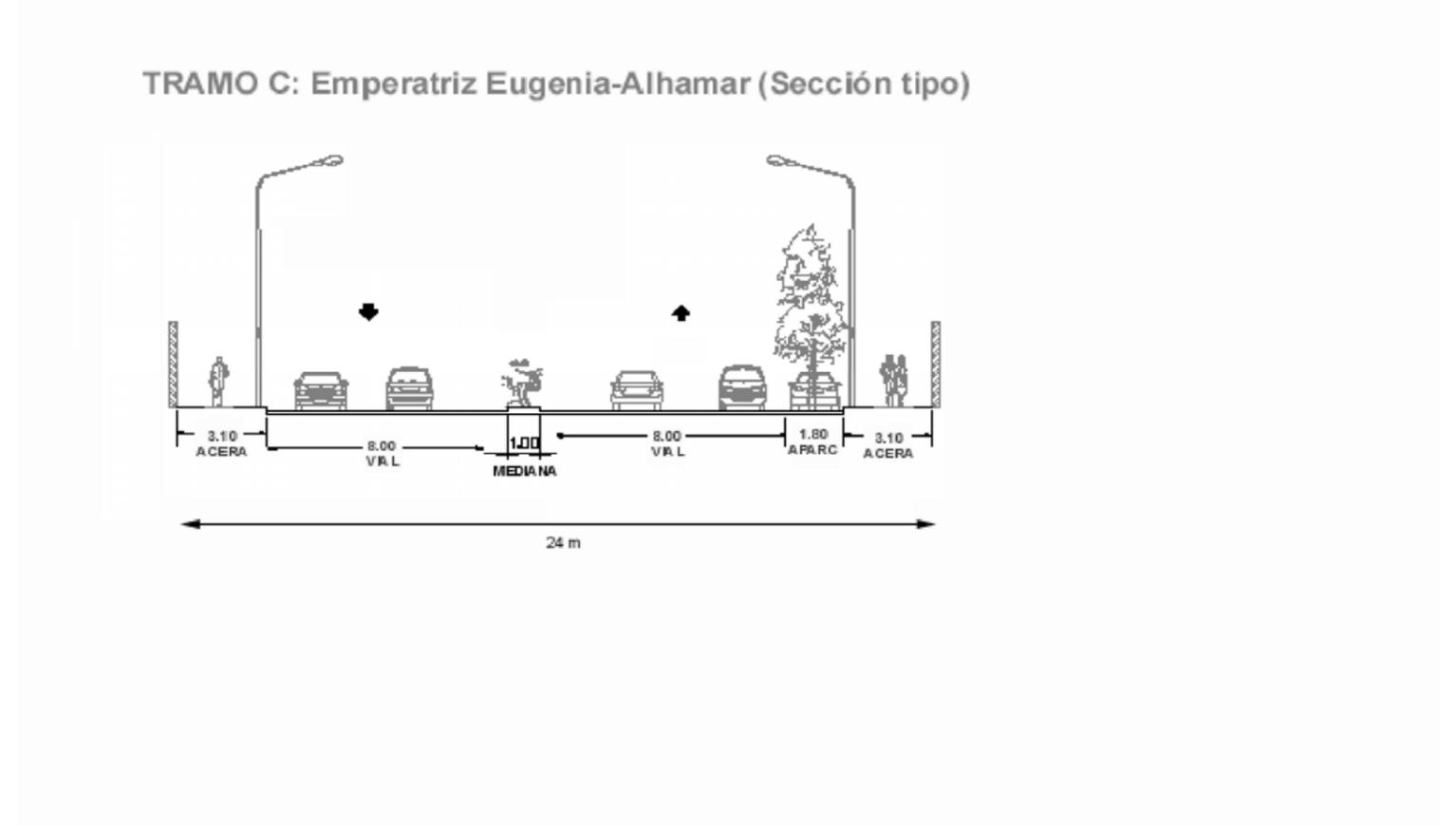
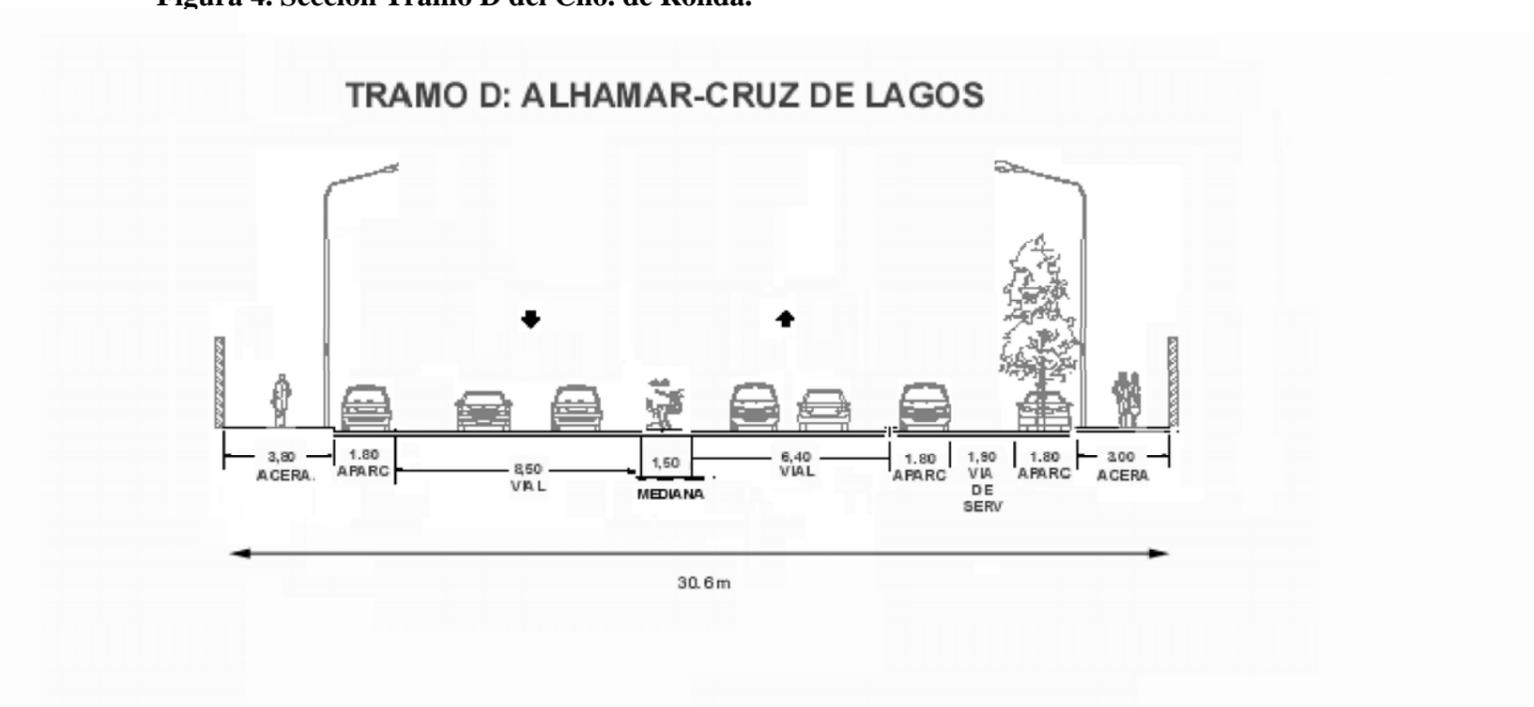


Figura 4. Sección Tramo D del Cno. de Ronda.



SECCIONES / ESCENARIOS

Figura 5. Escenario A: Situación Actual (caracterizada por el tramo C del Cno. de Ronda).

TRAMO C: Emperatriz Eugenia-Alhamar (Sección tipo)

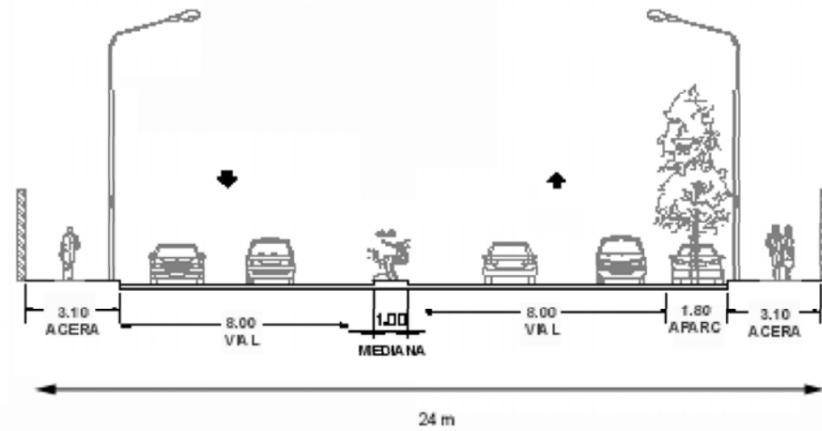
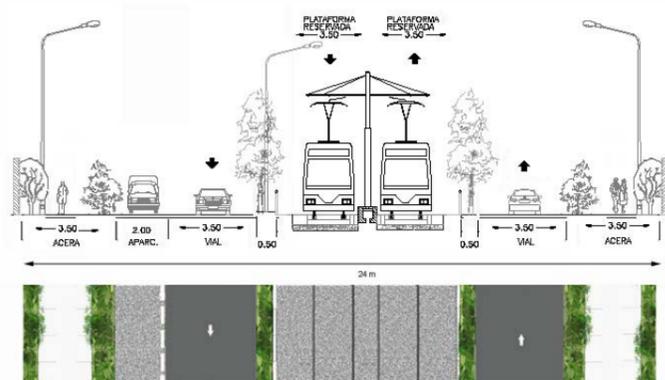


Figura 6. Escenario B: Metro Ligero en Superficie.

Metro ligero con plataforma reservada



ESCENARIO C: HÍBRIDO (SOBRE LA BASE DEL ANTEPROYECTO, ALTERNANDO SECCIONES DE LOS ESCENARIOS A Y B)

ESCENARIO D: METRO LIGERO SUBTERRÁNEO+SITUACIÓN ACTUAL EN SUPERFICIE (SECCIÓN ESCENARIO A: SITUACIÓN ACTUAL)

Figura 7. Escenario E.: Metro Ligero Subterráneo+Bus-Bici-Peaton.

METRO LIGERO SUBTERRÁNEO+CARRIL BUS-CARRIL BICI+AMPLIACIÓN DE ACERAS

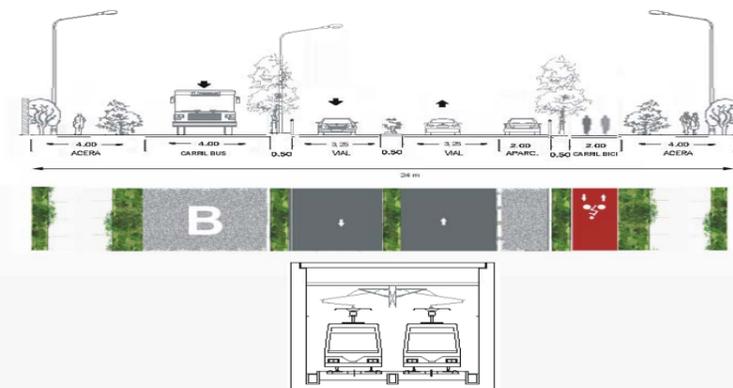


Figura 8. Plano del entorno del Cno. de Ronda: tramos de las secciones y verde urbano.

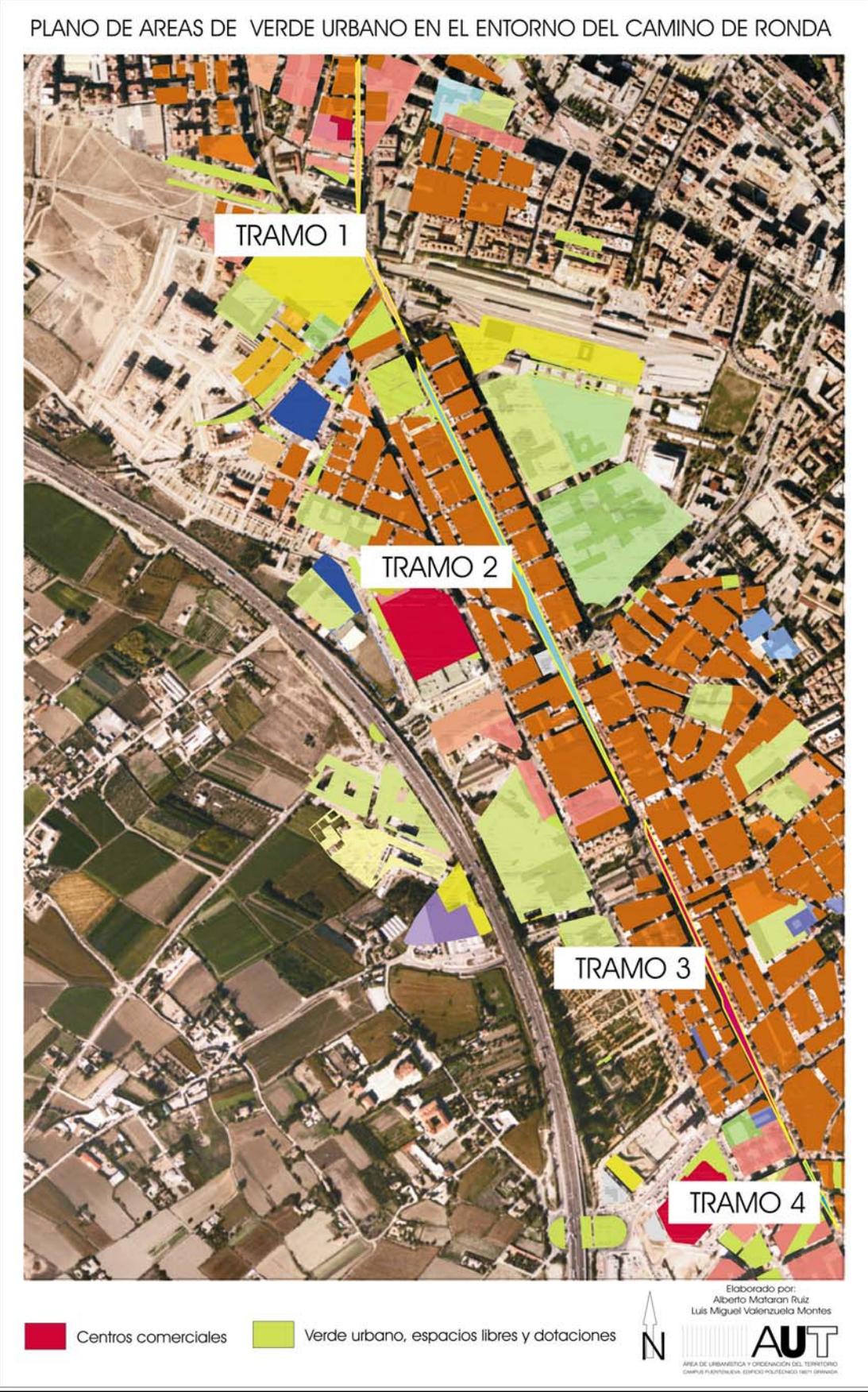


Tabla 5. Estadísticas Asociadas al Cálculo de la Eficiencia Superficial Modal: Viajeros día/Modo.

Escenarios	Viajeros día Tráfico (Vehículo Privado)	Viajeros día Metro Ligero (Superficie y Subterráneo)	Viajeros día Superficie Carril-Bus	Indicador (Viajeros día/Superficie)
A Situación Actual (caracterizada por tramo 3°)	55.865	–	–	1,12
B Metro Ligero en Superficie (plataforma reservada)	49.161,25	12.750	–	1,42
C Híbrido: alternando superficie y subterráneo (anteproyecto)	50.278,75	12.750	–	0,98
D Subterráneo +Situación actual en superficie	47.485	12.750	–	0,80
E Subterráneo+Bus-Peaton-Bici en superficie	47.485	12.750	3.228,5	1.16

Tabla 6. Estadísticas Asociadas al Cálculo de la Eficiencia Superficial Modal: superficie por calzada modal (m²).

Escenarios	Superficie Carril Tráfico (vehículo Privado)	Superficie Metro Ligero en Superficie (Flujo)	Superficie Metro Ligero Subterráneo	Superficie Carril-Bus
A Situación Actual (caracterizada por tramo 3°)	49.648 m ²	–	–	–
B Metro Ligero en Superficie (plataforma reservada)	21.721	21.721	–	–
C Híbrido: alternando superficie y subterráneo (anteproyecto)	40.378	7.210	16.584	–
D Subterráneo +Situación actual en superficie	49.648	–	24.824	–
E Subterráneo+Bus-Peaton-Bici en superficie	20.169,50	–	24.824	12.412

Tabla 7. Estadísticas Asociadas al Cálculo del Efecto Barrera.

Escenarios	N° de Carriles por modo	Frecuencia (Flujo)	Anchura Calzada	Indicador del Efecto Barrera
A Situación Actual (caracterizada por tramo 3°)	4/Tráfico	31/minuto	17,8m.	2,20
B Metro Ligero en Superficie (plataforma reservada)	2/Tráfico 2/Tranvía	27,3/minuto 0,25/minuto	17m.	0,93
C Híbrido: alternando superficie y subterráneo (anteproyecto)	4/Tráfico (84%) 2/Tráfico (16%) 2/Tranvía	27,9/minuto 0,25/minuto	17,8m.	1,66
D Subterráneo +Situación actual en superficie	4/Tráfico	26,36/minuto	17,8m.	1,87
E Subterráneo+Bus- Peatón-Bici en superficie	2/Tráfico 2/Tranvía 1/Bus	26,36/minuto 0,25/minuto 0,12/miuto	16m.	0.85

Tabla 8. Distribución de Viajes en Líneas Urbanas de Autobús de Granada.

Línea	Viajes	% de viajes urbanos
LINEA 1	5782	5,4%
LINEA 3	8579	8,1%
LINEA 4	11942	11,2%
LINEA 5	7196	6,8%
LINEA 6	3980	3,7%
LINEA 7	7498	7,1%
LINEA 8	14627	13,8%
LINEA 9	9812	9,2%
LINEA 10	5830	5,5%
LINEA 11	12072	11,4%
LINEA 13	366	0,3%
LINEA F	405	0,4%
LINEA C	4479	4,2%
LINEA U	4899	4,6%
LINEA 20	2998	2,8%
LINEA 22	2662	2,5%
LINEA 23	---	---
LINEA 30	836	0,8%
LINEA 31	942	0,9%
LINEA 32	1414	1,3%
LINEA 33	---	---
TOTAL URBANOS	106320	100%

Fuente: Estudio Informativo y Anteproyecto de la Línea de Metro Ligero de Granada, Documento Resumen de Explotación de los Trabajos de Campo en Transporte Público en la Ciudad de Granada (Julio, 2003).

Tabla 9. Estadísticas Asociadas al Cálculo de la Superficie Verde y Peatonal (incluyendo la estancial).

Escenarios	Medianas de Verde	Superficie Verde (m²)	Anchura/Sup. Acera (m²)	Sup. Estancia (m² -4 paradas)	Superficie Peatonal+Estancial (m²)	Superficie Total: Verde+Peatonal+ Estancial ((m²)
A Situación Actual (caracterizada por tramo 3°)	1x2.836 m	2.836	2x3,10 / 17.299	-	17.299	20.135
B Metro Ligero en Superficie (plataforma reservada)	2x0,50x2836	2.836	2x3,50 / 19.852	4x40x12x2= 1.920 (4 estaciones. superficiales)	23.692	26.528
C Híbrido: alternando superficie y subterráneo (anteproyecto)	1x2.836	2.836	2x3,50 / 19.852	2x40x12x20= 1920 (2 estaciones superficiales) + 2x60x4x2= 960 (2 estaciones subterráneas)	22.732	25.568
D Subterráneo +Situación actual en superficie	1x2.836	2.836	2x3,10 / 17.299,60	4x60x4x2= 1.920 (4 estaciones superficiales)	19.219,60	22.055,60
E Subterráneo+Bus- Peatón-Bici en superficie	3x0,50x2.836	4.254	2x4 / 22.688	4x60x4x2= 1.920 (4 estaciones superficiales)	24.608	28.862

2. INFORMES SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE

INTRODUCCIÓN

Cuando se está hablando de una intervención sobre el medio ambiente urbano, una de las principales cuestiones a considerar será la calidad del aire; esta afirmación es válida desde el momento en el que las ciudades comienzan a tener un ambiente atmosférico insano fruto de altos niveles de inmisión de contaminantes, debidos a la interacción generalmente sinérgica de numerosas fuentes de emisión en el ecosistema urbano-industrial, de determinadas condiciones climatológicas y de una estructura urbana con un diseño y una planificación no demasiado sensibles a cuestiones ambientales relevantes, como el ruido. En cualquier caso, a lo largo de este informe nos referiremos a la calidad del aire en un sentido amplio, tal y como plantea la Ley 7/1994 de Protección Ambiental de Andalucía:

*“Se entiende por calidad del aire la adecuación a niveles de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que la produzcan, que garanticen que las **materias o formas de energía**, incluidos los posibles ruidos y vibraciones, presentes en el aire no impliquen molestia grave, riesgo a daño inmediato o diferido, para las personas y para los bienes de cualquier naturaleza.”*

2.1. INFORME SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE: ALTERACIONES EN LA COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA.

2.1.1. Alteraciones en la composición de la atmósfera: importancia del problema.

Nos disponemos a abordar ahora el concepto de calidad del aire desde la perspectiva de las características que lo hacen respirable, es decir, adecuado para el ecosistema urbano y, sobre todo, para sus principales sujetos, las personas.

Los elementos que conforman esa masa atmosférica que llamamos aire, le confieren las características que lo hacen respirable. Los ciclos naturales que gobiernan las concentraciones de estas sustancias, se ven alterados progresivamente por la actividad humana. **Normalmente las principales alteraciones se producen sobre las concentraciones de los compuestos que se encuentran de forma natural en el aire, o sobre la composición total de dicho aire**, introduciendo en este caso otros compuestos extraños, generalmente tóxicos que afectan gravemente al recurso que respiramos. Así, el conocimiento de estas graves afecciones ha supuesto que alrededor del 20% de la ciudadanía andaluza considere este tipo de contaminación atmosférica como el problema ambiental más importante, tanto a nivel global como a nivel local (Instituto de Estudios Sociales de Andalucía, 2003), aunque este porcentaje queda en sexto lugar ya que es superado en esos dos niveles (local y global) por cuestiones como el ruido o la erosión. Si bien, según el Ecobarómetro de 2003 (Consejería de Medio Ambiente) un 31,1 % de la ciudadanía andaluza cree que el calentamiento global derivado de ese efecto invernadero es uno de los principales problemas globales

Si a la importancia general del problema se le une la circunstancia particular de que **el tráfico es la principal actividad responsable de esas alteraciones atmosféricas en las ciudades**, se justifica de forma clara la inclusión de este apartado en el Informe sobre el metro ligero. Aunque dados los altos costos que suponen un análisis completo de la contaminación atmosférica, no vamos a llegar al nivel de precisión aplicado en el caso de las emisiones sonoras, dónde se ha dispuesto de datos recogidos periódicamente mediante sonómetros portátiles. De este modo vamos a considerar únicamente el análisis de una serie de estudios

previos, que serán combinados con los datos que aportan las estaciones meteorológicas que tiene instaladas en Granada la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Así mismo, tendremos en cuenta algunos estándares de emisión que permiten hacer ciertas valoraciones respecto a los gases más problemáticos, sobre todo por su incidencia en la salud local.

2.1.2. El transporte como principal contribuyente de la contaminación atmosférica en Granada

Si bien en general está justificada la inclusión de este estudio sobre contaminación atmosférica en un análisis ambiental de la movilidad urbana, en el caso de Granada la justificación es mucho mayor, ya que el volumen de tráfico es el principal factor responsable de que en nuestra ciudad la atmósfera esté altamente contaminada y de que se emitan altas cantidades de gases que producen el llamado “efecto invernadero”.

Así en la Agenda 21 Local (Hernández del Águila, *et al.*, 2003) se concluye que. “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 (...)”. Esta afirmación del Diagnóstico Ambiental de la Agenda 21 Local del Ayuntamiento de Granada (Hernández del Águila, *et al.*, 2003) está basada en una serie de datos suministrados por la Consejería de Medio Ambiente, cuyas gráficas más significativas incluimos en este informe, ya que han sido utilizadas para hacer algunas estimaciones comparativas de los escenarios de implantación del metro ligero que se contrastan en este informe de carácter ambiental, considerando el año 2000 como referencia última, ya que es también el año del aforo de tráfico que se utiliza en el Estudio Informativo del Metro Ligero de Granada, cuyos datos dan pie a las hipótesis (escenarios) consideradas en este informe. Así, en primer lugar, la tabla siguiente del Informe de Medio Ambiente de 2000 de dicha Consejería de Medio Ambiente, demuestra claramente la **mala situación de Granada respecto a otras ciudades del entorno con mayor número de habitantes y con mayor actividad industrial.**

Para la obtención de la mayor parte de los datos que comentamos en este informe (incluidos los que han dado lugar a la tabla anterior), la Consejería de Medio Ambiente tiene **tres instalaciones de medida en la capital, una en la Avenida de Cádiz (Justo al final del Camino de Ronda), otra en la Avenida de la Constitución y otra que se encontraba en el Camino de Ronda hasta el año 2001 en que fue trasladada a la zona Norte, junto a la Carretera de Jaén.** Las dos primeras, junto con la del Camino de Ronda nos aportan datos relativos a zonas con altos niveles de tráfico, por lo que las medidas de inmisión serán similares a las que se producen en otros lugares de la ciudad que soporten niveles de tráfico también parecidos, como las saturadas intersecciones entre las entradas a la ciudad y el Camino de Ronda, calle que pasa por ser el objeto principal de nuestro estudio.

Tabla 10. Clasificación de las zonas de Andalucía según objetivos de calidad de+l aire.

ZONAS	Valores Límites							
	SO ₂			PM ₁₀		NO ₂		Pb
	Horario	Diario	Anual	Diario	Anual	Horario	Anual	Anual
	Salud Humana	Salud Humana	Ecosist	Salud Humana	Salud Humana	Salud Humana	Salud Humana	Salud Humana
Sevilla	3	3		2	1	2	2	3
Córdoba	3	3		1	1	3	2	3
Málaga	3	3		2	2	3	2	3
Costa del Sol	3	3		2	2	3	3	3
Granada	3	3		2	2	2	1	3
Núcleos de 50.000-250.000 hab.	3	3		2	2	3	3	3
Zona Industrial de Huelva	3	3		1	1	3	3	3
Zona Industrial de Algeciras	3	3		1	1	3	3	3
Zona Industrial Alcalá de Guadaira	3	3		1	1	3	3	3
Zona Industrial de Bailen	3	3		1	1	3	3	3
Zona Industrial de Puente Nuevo	3	3		2	3	3	3	3
Zona Industrial de Carboneras	3	3		3	3	3	3	3
Areas Forestales y Espacios Naturales	3	3	3	3	3	3	3	3
Zonas Agrícolas	3	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: Modificada del Informe de Medio Ambiente 2000 (Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía).

- **Categoría 1:** formada por aquellos puntos en donde la evaluación del contaminante analizado sobrepasa el valor límite más el margen de tolerancia en la forma definida.
- **Categoría 2:** formada por aquellos puntos en donde la evaluación del contaminante analizado se encuentra entre el valor límite y el valor límite más el margen de tolerancia, en la forma definida.
- **Categoría 3:** el resto de zonas, es decir, aquellas donde la evaluación del contaminante analizado se encuentra por debajo del valor límite en la forma definida.

Las tres siguientes gráficas del monóxido de carbono medido en la cabina de la Avenida de Cádiz, constituyen la justificación más clara de que el tráfico es el responsable de la mayor parte de la contaminación atmosférica de la ciudad de Granada. Así, la evolución diaria determina **picos en las horas con mayor tráfico en los días laborables (figura 9)**, algo que no ocurre en los días de fiesta (figura 10); mientras que la evolución semanal incluye **valles durante los domingos**, cuando disminuye sensiblemente el nivel de tráfico (figura 11).

Figura 9.

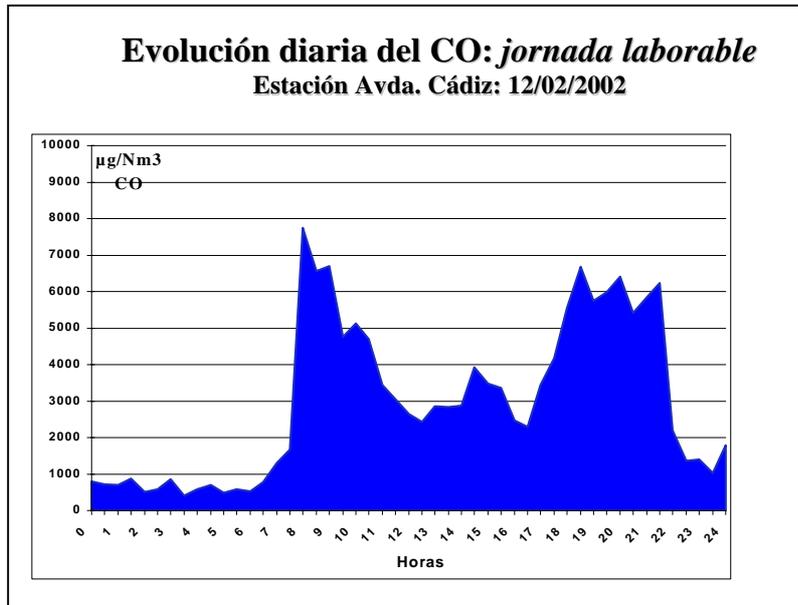


Figura 10.

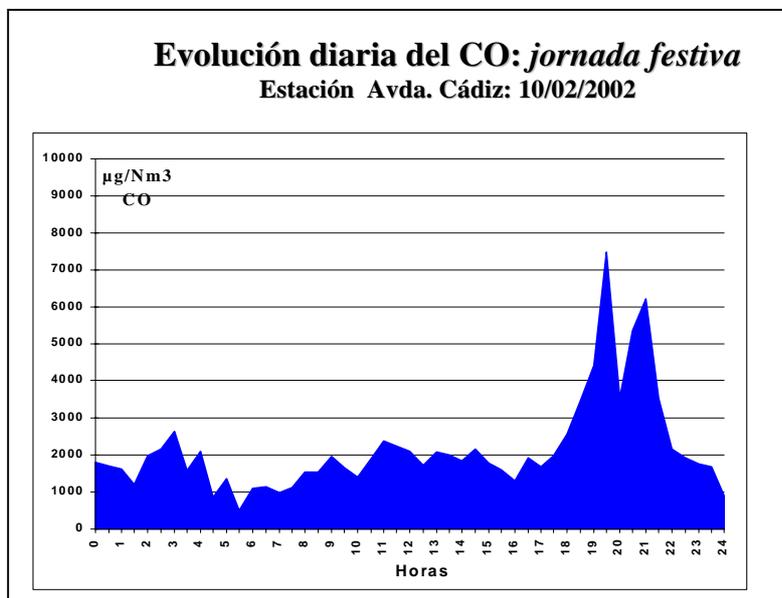
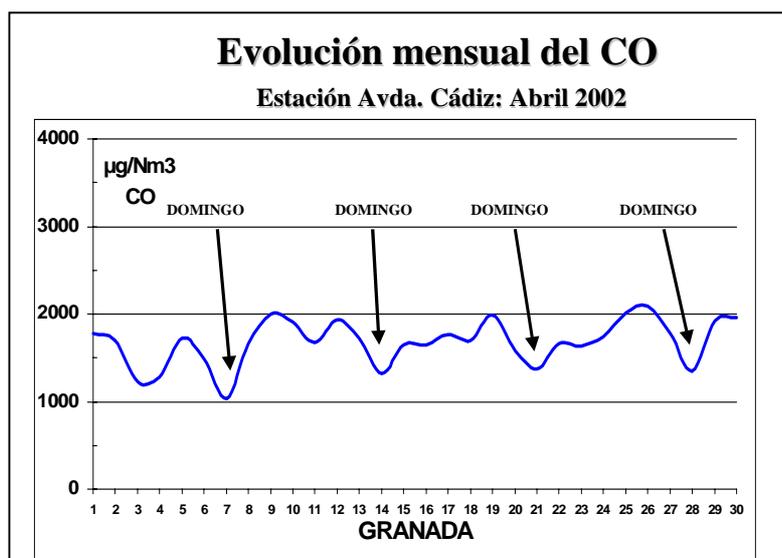


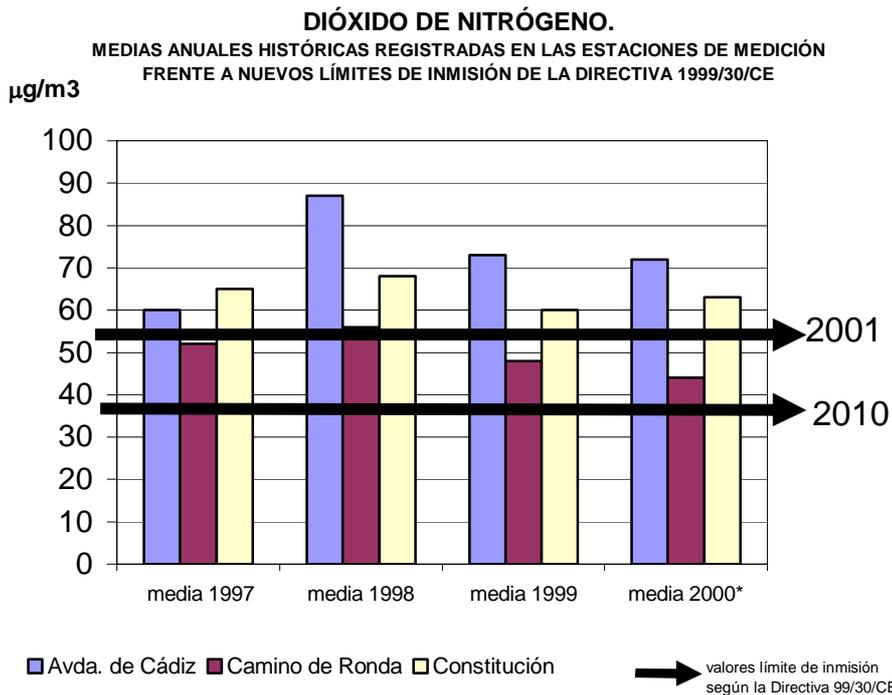
Figura 11.



Fuente: Diagnóstico Ambiental Agenda Local 21 de Granada (Hernández del Águila, *et al*, 2003).

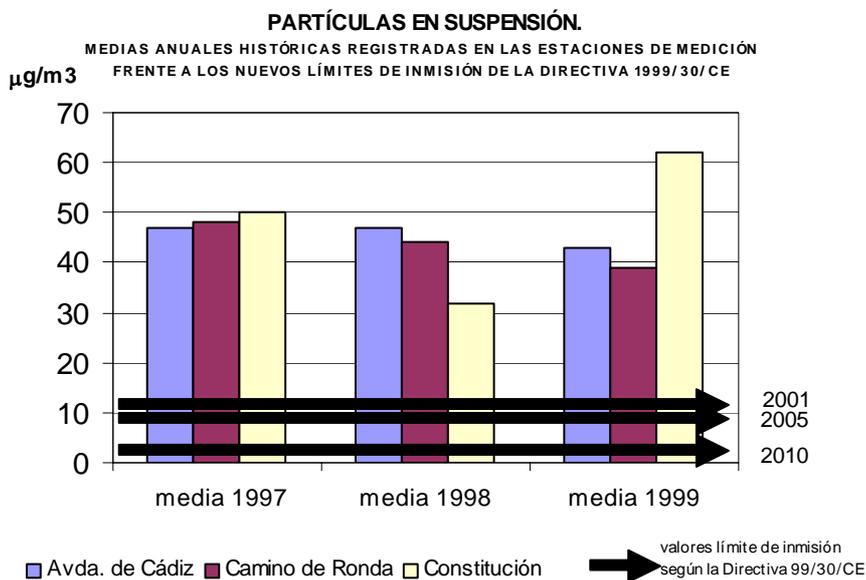
Siguiendo con el análisis anterior, tal y como se puede observar en la mayoría de las figuras que vamos a mostrar a lo largo de este informe, existen importantes incumplimientos de la legislación, la mayoría detectados en la zona de la Avenida de Cádiz y en la Avenida de la Constitución, que son lugares muy transitados; mientras que la cabina que había instalada en el Camino de Ronda recogió datos importantes, pero suponemos que la menor densidad de tráfico supuso picos menores que en la cabina existente en la intersección de esta calle con la Avenida de Cádiz al adentrarse en el populoso barrio del Zaidín. Esta relación más o menos directa entre la densidad de tráfico y la contaminación por partículas en suspensión y dióxido de nitrógeno, nos hace pensar que cualquier actuación que reduzca el tráfico reducirá las medias de inmisión de los contaminantes con una cierta proporcionalidad, y a lo mejor, bajando hasta los valores límite que vamos a considerar en este estudio, y que son los horizontes temporales de las últimas directivas europeas en la materia: La Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de septiembre sobre Evaluación y Gestión de la Calidad del Aire Ambiente que dio lugar posteriormente a la **Directiva 1999/30/CE relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente.**

Figura 12.



Fuente: Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada. (*) La cabina de Camino de Ronda se traslada a Granada Norte.

Figura 13.



Fuente: Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada.

21.3. Aproximación a la distribución urbana de la contaminación.

Este análisis de los lugares más contaminados nos lleva a considerar la **importancia de peatonalizar o rediseñar las principales intersecciones aprovechando la colocación de estaciones de metro ligero**, con la intención de reducir el colapso de vehículos y el peligro de la alta contaminación excesivamente localizada que estos producen, tal y como

demostraremos más adelante. Por lo tanto, una vez argumentada la relación entre el tráfico y la contaminación atmosférica, con la intención de ahondar un poco más en el problema de nuestra capital, nos disponemos a valorar los datos recopilados, por EGMASA (1998), sobre las partículas en suspensión y el dióxido de nitrógeno, para el conjunto de la ciudad y no sólo tomando los datos emitidos por las tres cabinas de medida que utiliza habitualmente la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Los siguientes **mapas de contaminación por dióxido de nitrógeno** fueron elaborados para toda la ciudad, como decíamos, en el marco del "Estudio Piloto de la Contaminación Atmosférica en Granada", desarrollado por EGMASA (1998) en colaboración con la Consejería de Medio Ambiente, el grupo LED de la Universidad de París VII, el ERLAP (European Reference Laboratory for Air Pollution) del Centro de Investigación del ISPRA (Italia) y el grupo POM de la Universidad de Toulouse III. La elaboración de los dos primeros mapas se produjo en diferentes condiciones atmosféricas, de manera que el primero se elaboró en condiciones favorables para la dispersión (periodo ciclónico) y el segundo en un periodo de estabilidad o anticiclónico que produce una mayor inmisión de contaminantes. El tercer mapa sería una comparativa entre los dos primeros, y permite confirmar la existencia de determinadas zonas con mayores niveles de contaminación.

Figura 14. Distribución municipal del dióxido de nitrógeno en periodos ciclónicos (Fuente: EGMASA, 1998).

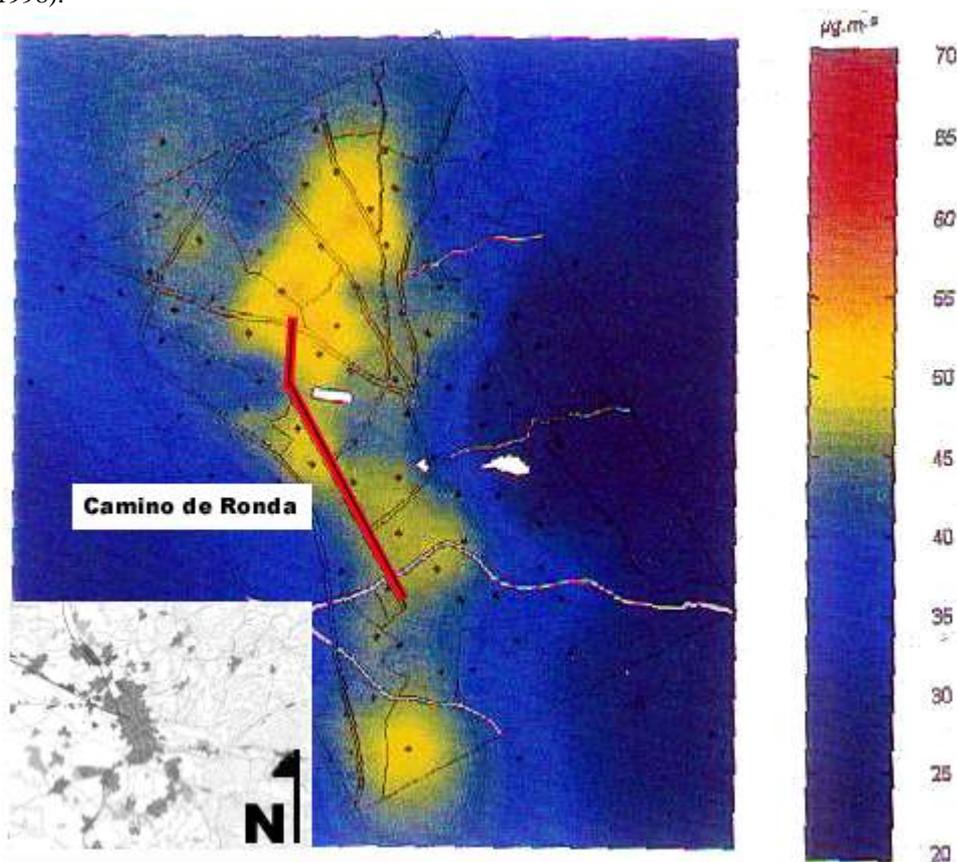


Figura 15. Distribución municipal del dióxido de nitrógeno en periodos anticiclónicos
(Fuente: EGMASA, 1998).

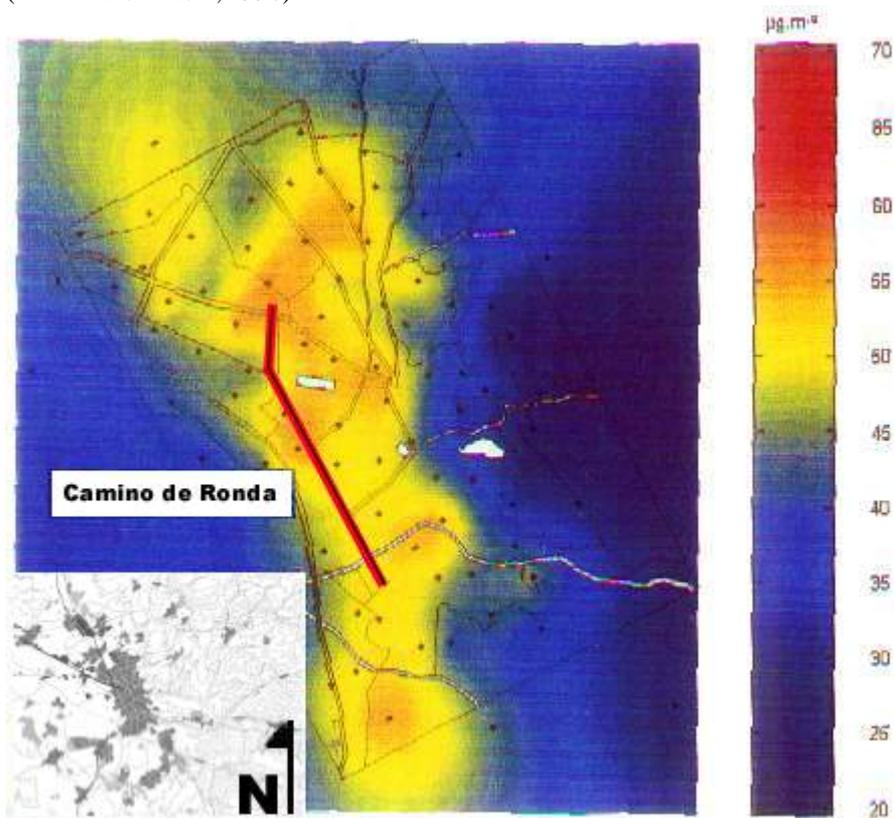
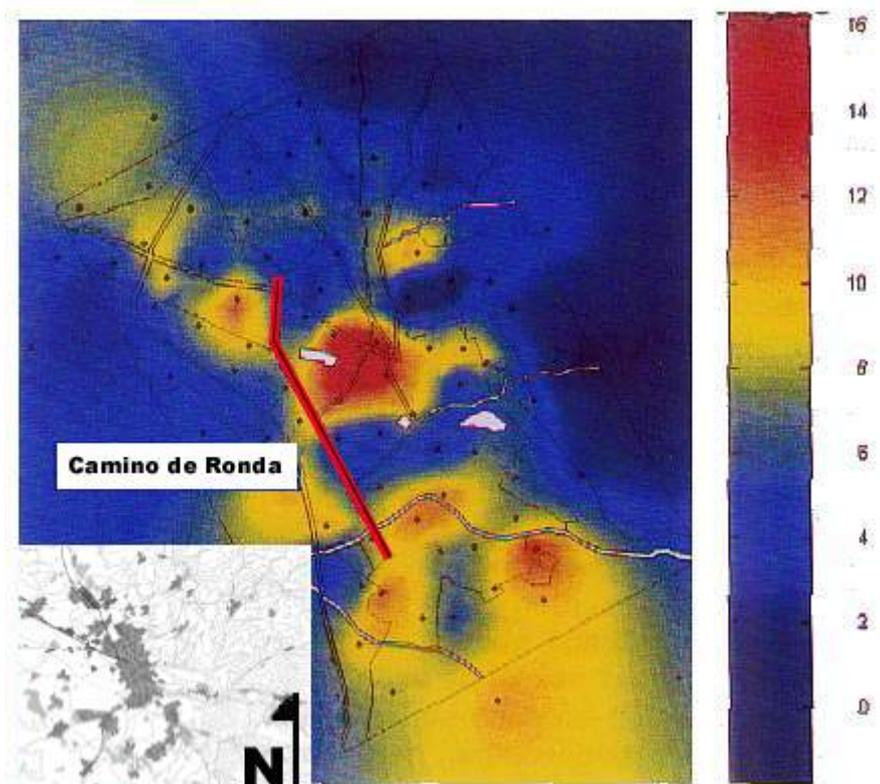


Figura 16. Diferencia entre la distribución en periodos ciclónicos y anticiclónicos
(Fuente:EGMASA,1998).



En los tres mapas aparece el Camino de Ronda como una zona altamente contaminada, aunque será en el segundo mapa en el que se demuestre claramente que frente a una contaminación distribuida por toda la calle, será marcada la tendencia a que **los altos niveles de contaminación coincidan sobre todo con las intersecciones con mayor tráfico como la que existe a la altura de la Calle Méndez Núñez,** algo que coincide con el análisis de las estaciones que presentamos posteriormente. Esas cabinas de la Junta de Andalucía, situadas en puntos de alta saturación de tráfico midieron incluso mayores niveles de contaminación de los que se señalan en los planos anteriores para dichas zonas. Por lo tanto, con altos niveles de tráfico las medias anuales de inmisión son todavía más preocupantes que las mediciones temporales, lo que justifica la peligrosidad de concentrar el tráfico en determinadas zonas. Por último, las zonas de color rojo del tercer mapa describen los lugares más contaminados, que coinciden con las zonas de mayor producción por un lado, que serán las más saturadas de tráfico como las intersecciones o entradas del centro, entre las cuales se encuentra esta de Méndez Núñez. Así mismo, esas manchas rojas determinan zonas de acumulación, existiendo una gran mancha roja en el norte de la ciudad, que corresponde a la acumulación de los contaminantes del área metropolitana en esta zona, lo cual supone que aunque reduzcamos la contaminación de una calle o una serie de lugares muy afectados, **si mantenemos la densidad total de tráfico seguirán existiendo niveles altos de contaminación sobre zonas altamente pobladas como esta del norte.**

Este análisis geográfico de la contaminación ha demostrado que **la situación topográfica y climatológica de Granada también determinan junto con el tráfico la existencia de altos niveles de contaminación,** que se ven incrementados en determinados puntos por un urbanismo que ha permitido la construcción de **edificios de gran altura para calles excesivamente estrechas, dificultándose aún más la dispersión de los contaminantes atmosféricos.**

Para terminar con este epígrafe cabe destacar de nuevo que la mayor parte de estos contaminantes proviene del tráfico, que encuentra problemas para discurrir por esta trama urbana, como los encuentra este sistema urbano para la depuración de los contaminantes que dicho tráfico crea. De este modo, se podría afirmar algo que se viene diciendo desde hace mucho tiempo en nuestra ciudad: **la estructura urbana no está preparada para absorber los altos niveles de tráfico que actualmente circulan por las calles de Granada, incluyendo las principales arterias como el Camino de Ronda.** Por lo tanto, la única solución viable sería la disminución del tráfico proponiendo nuevos métodos de transporte, restringiendo los accesos y reduciendo el espacio dedicado a los automóviles, sobre todo en determinadas zonas con edificios altos y rodeadas de calles sinuosas como el Camino de Ronda. En cualquier caso, el problema del tráfico debe tener una solución integral, ya que si se trasladan flujos de unas calles a otras similares (eje: restricción del centro para cargar el Camino de Ronda), probablemente sigamos teniendo los mismos problemas de contaminación, ya que los máximos se localizarán en otras zonas concretas y los contaminantes difundirán produciendo niveles inadmisibles en gran parte del área urbana.

2.1.4. Contaminación atmosférica y movilidad: hipótesis y evaluación de escenarios.

Una vez mostrada la situación de nuestra ciudad respecto a la contaminación atmosférica y tras haber argumentado las dificultades para elaborar modelos predictivos que evalúen la incidencia de una nueva organización local del transporte, nos disponemos a realizar una evaluación de los cinco escenarios (secciones e hipótesis) que se proponen para el metro ligero (a su paso por el Cno. de Ronda) en este informe de carácter ambiental. Sin embargo,

debido al carácter de este tipo de contaminación atmosférica y a la escasez de medios para elaborar este estudio, no hemos diferenciado entre los distintos periodos de tiempo, centrándonos en datos anuales, frente a la mayor certeza de los modelos apoyados en estudios horarios, diarios y mensuales (Hickman, 1999). Esto es debido a que los factores que interaccionan (temperatura, humedad,...) son numerosos y además los datos de partida con los que contamos no son excesivamente fiables, de manera que el estudio debe asumir simplicidad para no caer en graves errores. **Así mismo, la decisión de simplificar el estudio guarda relación con nuestra intención casi única de comparar alternativas mediante la utilización de ciertos indicadores, que en este caso puede ser el NO₂ sobre todo, y en cierta medida las partículas en suspensión medidas como PM₁₀.**

Considerando que los datos de la IMD (aforos de tráfico, 2000) usados en el Estudio Informativo del Metro Ligerero de Granada (2002), fueron tomados entre el 1 de enero y el 6 de marzo de 2000, para nuestro análisis utilizaremos los datos de contaminación atmosférica que suministraba la estación que la Consejería de Medio Ambiente tenía situada en el Camino de Ronda hasta Diciembre de 1999. Sin embargo, para considerar las variaciones que se pudieran producir en 2000, y debido a la similitud de situaciones (en lo que respecta a volumen de tráfico y altura de edificios) también haremos algunas referencias a la estación de la Avenida de Cádiz. Los datos de la Avenida de la Constitución serán considerados, ya que casi siempre marcan los máximos de contaminación, lo cual puede servir de idea para plantearse el verdadero impacto en las zonas más saturadas de tráfico y la necesidad de un transporte público eficaz en metro ligerero.

A tenor de las valoraciones y premisas anteriores y en consonancia con las hipótesis, procuramos **una simulación siguiendo un modelo simple de relación lineal que permite obtener un orden de magnitud de las alteraciones que se pueden producir según las diferentes alternativas, de esta forma presentamos en la tabla 11** los cinco escenarios evaluados en este informe, con una descripción esquemática de sus características principales, incluyendo el volumen de tráfico que será reducido primero por la hipótesis de captación de flujos de viajeros por parte del nuevo transporte público y considerando otra hipótesis también valorada en el informe parcial sobre el ruido, esto es, que la reducción de la capacidad viaria para el tráfico rodado fuese equivalente o directamente proporcional a una reducción del flujo de vehículos privados.

Por tanto, considerando que **la disminución de la contaminación será debida principalmente a la disminución de la cantidad de vehículos que atraviesan la zona en cuestión**, podría suceder bien, que sean durante las horas punta donde más claramente se noten estas las restricciones al tráfico, con una eficaz política integral de gestión de la movilidad urbana, o bien, **se corre el peligro real de dilatar esos atascos durante un mayor número de horas**, con lo que los máximos alcanzarán niveles inferiores (algo importante para la salud de las personas), pero existirá un nivel medio importante, con numerosos picos determinados por la extensión de los atascos. En el mismo sentido, la disminución de la contaminación media en una calle, dependerá también de la cantidad de contaminación que se produzca en otras calles, de manera que si esa dilatación de los atascos se produce también en el espacio, **colapsando las arterias adyacentes, el volumen de contaminación media puede incluso incrementarse** (los vehículos producen una mayor contaminación cuando están en un atasco que cuando circulan de manera más dinámica), disminuyendo la calidad ambiental de una zona aún mayor de la ciudad, e incrementando las concentraciones en el lugar de acumulación natural de la ciudad: la zona norte.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, cobra sentido para nuestra hipótesis (dada la cantidad de datos necesarios y factores físicos y espaciales interactuantes) sencilla de una relación lineal entre la reducción del tráfico y la disminución de la contaminación atmosférica, el que se detecte cuál debería ser la reducción del tráfico aproximada que permitiría alcanzar los límites que plantean las directivas europeas sobre contaminación atmosférica que citábamos al principio de este apartado. De ahí que como hacemos en el otro informe parcial dedicado a la calidad del aire sobre el ruido, conjugemos de forma progresiva las dos hipótesis de reducción del tráfico privado, yendo de una previsible menor reducción por captación de la demanda (entre el 10 y el 15%) a una muy considerable mayor reducción (en torno al 50%), si la restricción superficial al tráfico supusiese una reducción equivalente del flujo de vehículos.

Tabla 11. Escenarios para la predicción de niveles sonoros sobre las dos hipótesis: captación de la demanda y disminución del tráfico equivalente a la reducción e carriles rodado.

Escenarios	Tráfico (IMD)	Uso del suelo	Sección (m) (*)	Altura viviendas (**)	Densidad de Población (Hab./Ha) (**)
A	SITUACIÓN ACTUAL (caracterizada por Tramo 3°) 22.998 21.694 TOTAL: 44.692	Residencial plurifamiliar en patio de manzana con elevada intensidad comercial y de servicios	4 carriles (dos por sentido) a3,1/c8/m1/c8/p1,8/a3,1 TOTAL: 24	8/10	550-900
B	METRO LIGERO EN SUPERFICIE Reducción 12/52% (***) respecto a la situación actual	Ídem.	<u>Pierde 2 carriles</u> 2 carriles (1 por sentido) a3,5/p1,8/c3,5/m0,5/M7/m0,5/c3,5/a3,5 TOTAL: 24	8/10	550-900
C	HÍBRIDO Reducción del 10%/ variable según tramos	–	<u>Alternaría las secciones de los escenarios A y B (según anteproyecto)</u>	–	–
D	SUBTERRÁNEO +SITUACIÓN ACTUAL EN SUPERFICIE Reducción 15/55% respecto a la situación actual	Ídem.	4 carriles (dos por sentido) a3,1/c8/m1/c8/p1,8/a3,1 TOTAL: 24	8/10	550-900
E	SUBTERRÁNEO +BUS-PEATÓN-BICI EN SUPERFICIE Reducción 15/55% respecto a la situación actual	Ídem.	<u>Pierde 2 carriles</u> 2 carriles (1 por sentido) a4/B4/m0,5/c6,5/m0,5/p2/m0,5/b2/a4 TOTAL: 24	8/10	550-900

(*) Reparto de la sección tipo de la vía del tramo en cuestión: a=acera, p=aparcamiento, c= calzada, m= mediana, vs=vía de servicio, B=bus, b=bici, M=metro. Medición sobre plano digital catastral 1:2.000. (**) Valor dominante a lo largo de la vía. (***) El primer porcentaje corresponde a hipótesis de captación de la demanda y el segundo porcentaje a la disminución del tráfico equivalente a la reducción superficial de carriles para el tráfico rodado.

Figura 12. Estándares de emisiones (NOx) para diferentes modos de transporte urbano (Fuente, CE-Delft, 2003).

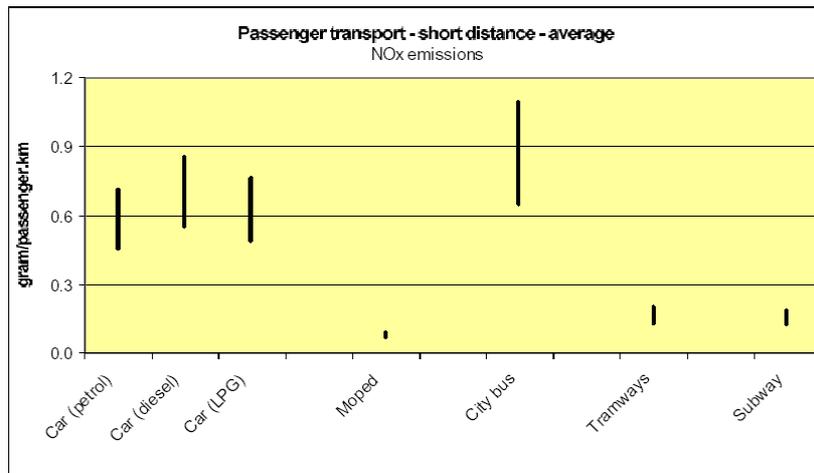


Figura 13. Estándares de emisiones (PM10) para diferentes modos de transporte urbano (Fuente, CE-Delft, 2003).

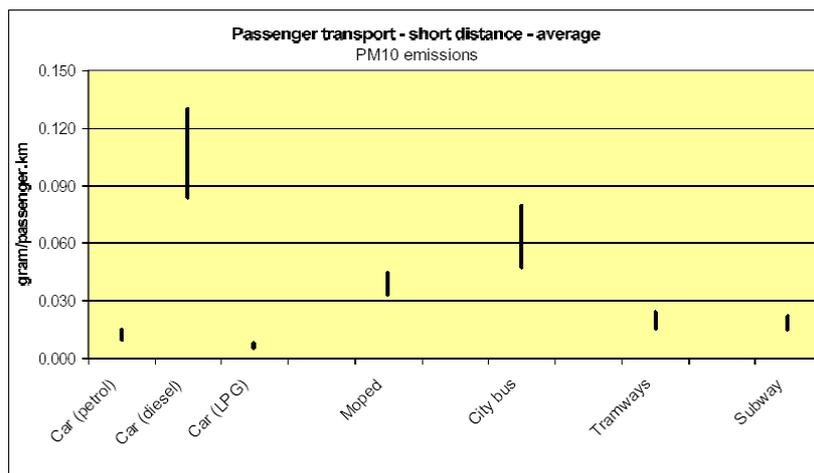
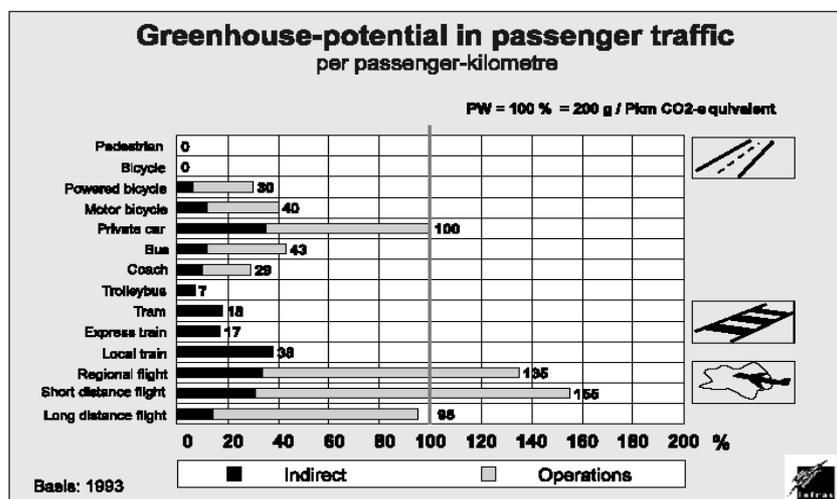


Figura 14. Potencial de contribución al efecto invernadero de diferentes modos de transporte urbano (Fuente, INFRAS, 1997).



Por último resulta oportuno, antes de proceder a la descripción del contexto particular que evaluamos, mostrar una serie de estándares que ponen de manifiesto las diferencias entre modos de transporte respecto a su contribución potencial a la contaminación y al efecto invernadero, ya que sobre esta base genérica estadística (figuras 12 a 14) cabe plantear bastantes reflexiones en torno a las alternativas en un medio urbano concreto a la hora de evaluar, planificar y gestionar la movilidad, o más exactamente, el reparto modal de la misma.

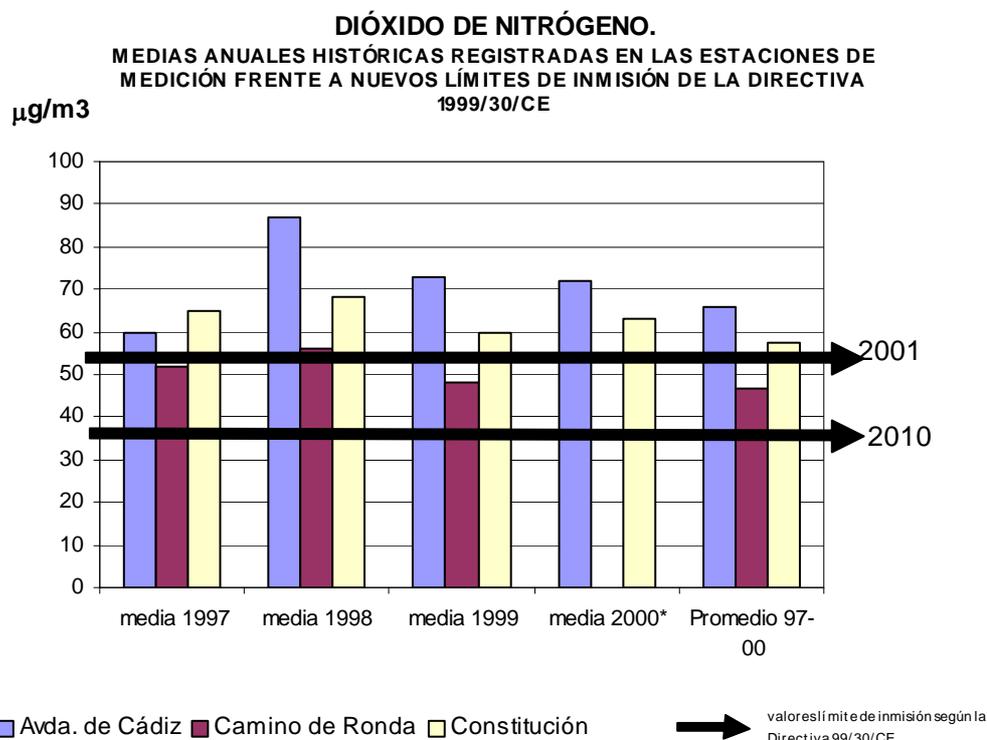
2.1.4.1. Análisis por escenarios de las dos hipótesis.

Escenario A: Situación actual

Esta será la situación que se va a tomar como referencia para analizar todas las alternativas. La idea será considerar el año 2000 para que así sea comparable con los datos de tráfico descritos en el anteproyecto, si bien en lo que respecta a los datos de contaminación, a parte del análisis realizado en la introducción de este capítulo, se va a considerar una media de tres años (1998-1999-2000) para que así los resultados tengan una mayor adecuación a la realidad, tratando de reducir las posibles interacciones de otra serie de fenómenos ajenos al tráfico, pero importantes para la contaminación atmosférica.

Así mismo, como ya se hizo al principio, se va a hacer referencia a los valores límites de inmisión de la Directiva 1999/30 que marcan en cierta medida los objetivos que deben ser cumplidos en los próximos años (horizontes temporales de 2001, 2005 y 2010).

Figura 15.



Fuente: Modificado de Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada. (*) La cabina de Camino de Ronda se traslada a Granada Norte.

Escenario B: Metro Ligeró en Superficie

Tabla 12. Valores de las Partículas en Suspensión en el Escenario B sobre las dos hipótesis.

Cabina / PS Escenario B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio 97-99	Hipótesis CD (*) -12%	Hipótesis RT (**) -52%
Avda. de Cádiz	45,67	40,19	21,92
Camino de Ronda	39,3	34,58	18,86
Constitución	43,2	38,02	20,74

(*) CD= hipótesis sobre la captación de la demanda;

(**) RT= hipótesis sobre la disminución del tráfico equivalente a la reducción superficial de carriles para el tráfico rodado.

Tabla 13. Valores del Dióxido de Nitrógeno en el Escenario B sobre las dos hipótesis.

Cabina/ NO ₂ Escenario B ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio 97-00	Hipótesis CD - 12%	Hipótesis RT -52%
Avda. de Cádiz	73	64,24	35,04
Camino de Ronda	52	45,76	24,96
Constitución	64	56,32	30,72

Figura 16.

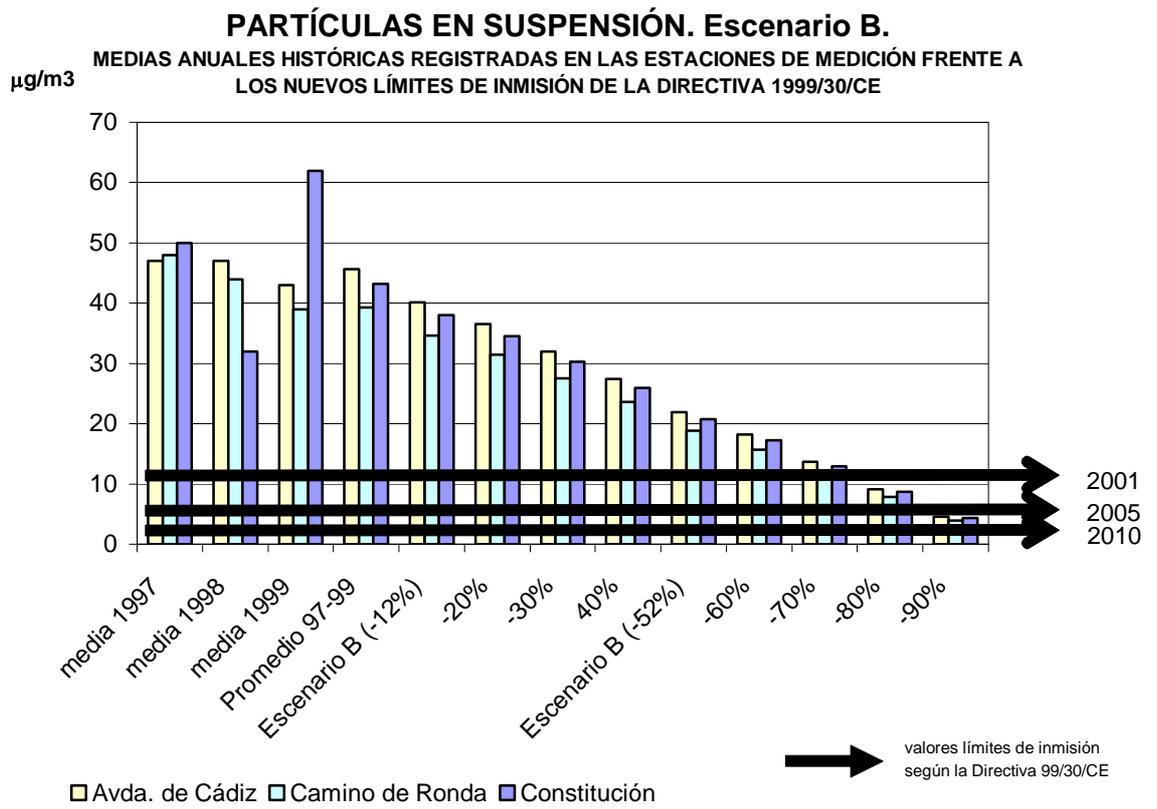
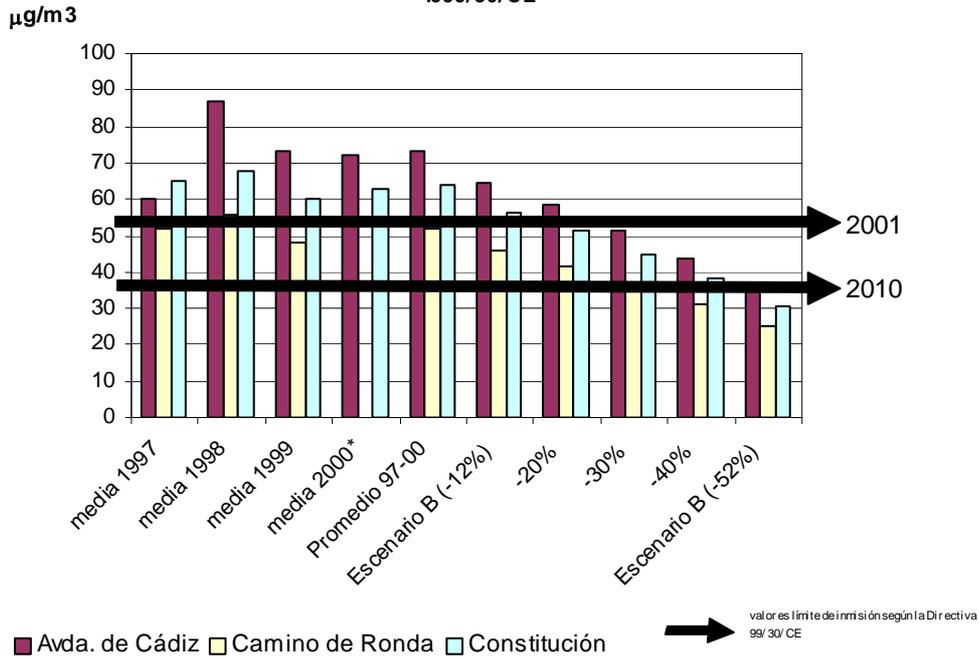


Figura 17.

DIÓXIDO DE NITRÓGENO. Escenario B.
MEDIAS ANUALES HISTÓRICAS REGISTRADAS EN LAS ESTACIONES DE MEDICIÓN FRENTE A NUEVOS LÍMITES DE INMISIÓN DE LA DIRECTIVA 1999/30/CE



Fuente: Modificado de Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada. (*) La cabina de Camino de Ronda se traslada a Granada Norte.

Escenario C: Híbrido (Anteproyecto)

Tabla 14. Valores de las Partículas en Suspensión en el Escenario C sobre las dos hipótesis.

Cabina / PS Escenario C (µg/m³)	Promedio 97-99	Hipótesis CF -10%	Hipótesis RT -50%
Avda. de Cádiz	45,67	41,1	22,83
Camino de Ronda	39,3	35,37	19,65
Constitución	43,2	38,88	21,6

Tabla 15. Valores del Dióxido de Nitrógeno en el Escenario C sobre las dos hipótesis.

Cabina/ NO ₂ Escenario C (µg/m³)	Promedio 97-00	Hipótesis CF - 10%	Hipótesis RT -50%
Avda. de Cádiz	73	65,7	36,5
Camino de Ronda	52	46,8	26
Constitución	64	57,6	32

Figura 18.

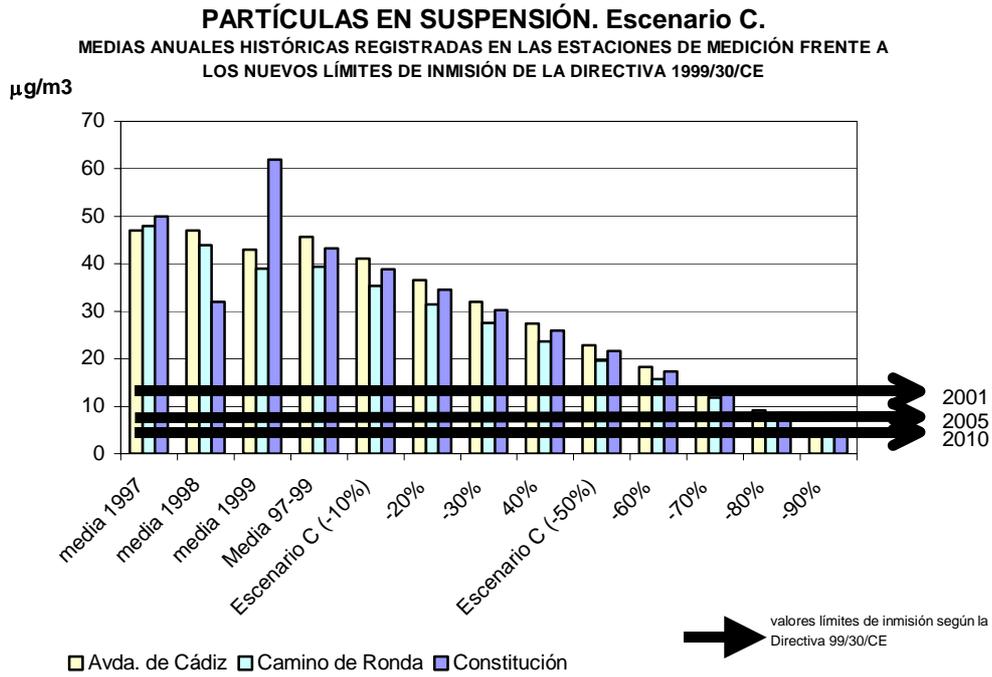
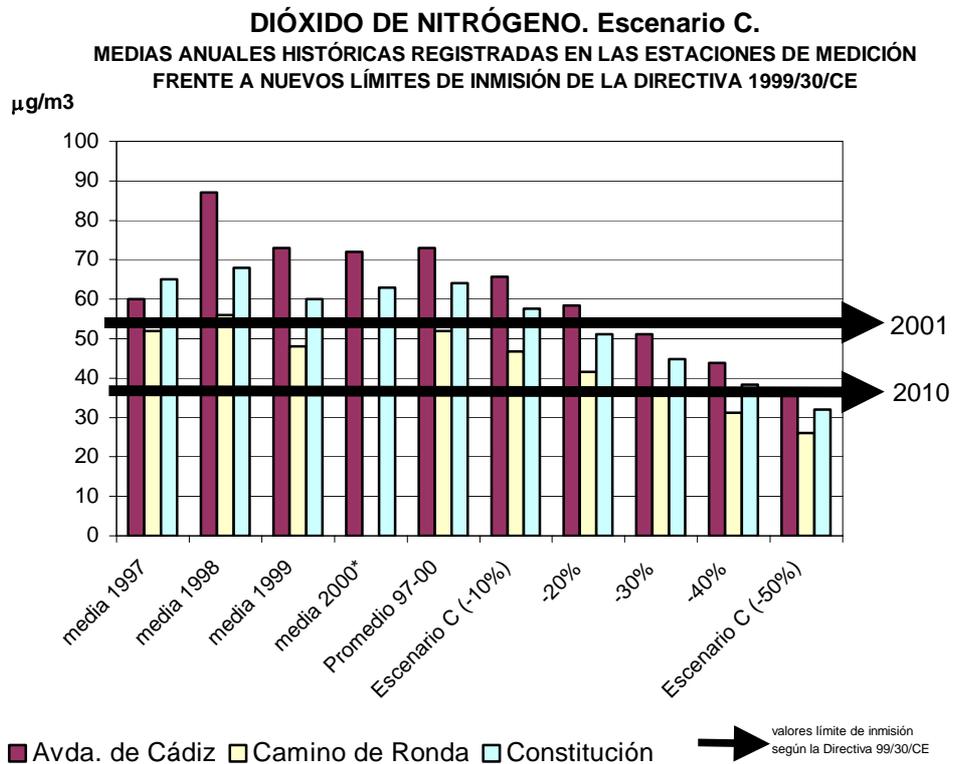


Figura 19



Fuente: Modificado de Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada. (*) La cabina de Camino de Ronda se traslada a Granada Norte.

Escenario D: Subterráneo + Situación Actual en Superficie

Tabla 16. Valores de las Partículas en Suspensión en el Escenario D sobre las dos hipótesis.

Cabina / PS Escenario D ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio 97-99	Hipótesis CF -15%	Hipótesis RT -55%
Avda. de Cádiz	45,66667	38,81667	20,55
Camino de Ronda	39,3	33,405	17,685
Constitución	43,2	36,72	19,44

Tabla 17. Valores del Dióxido de Nitrógeno en el Escenario D sobre las dos hipótesis.

Cabina/ NO ₂ Escenario D ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio 97-00	Hipótesis CF - 15%	Hipótesis RT -55%
Avda. de Cádiz	73	62,05	32,85
Camino de Ronda	52	44,2	23,4
Constitución	64	54,4	28,8

Figura 20.

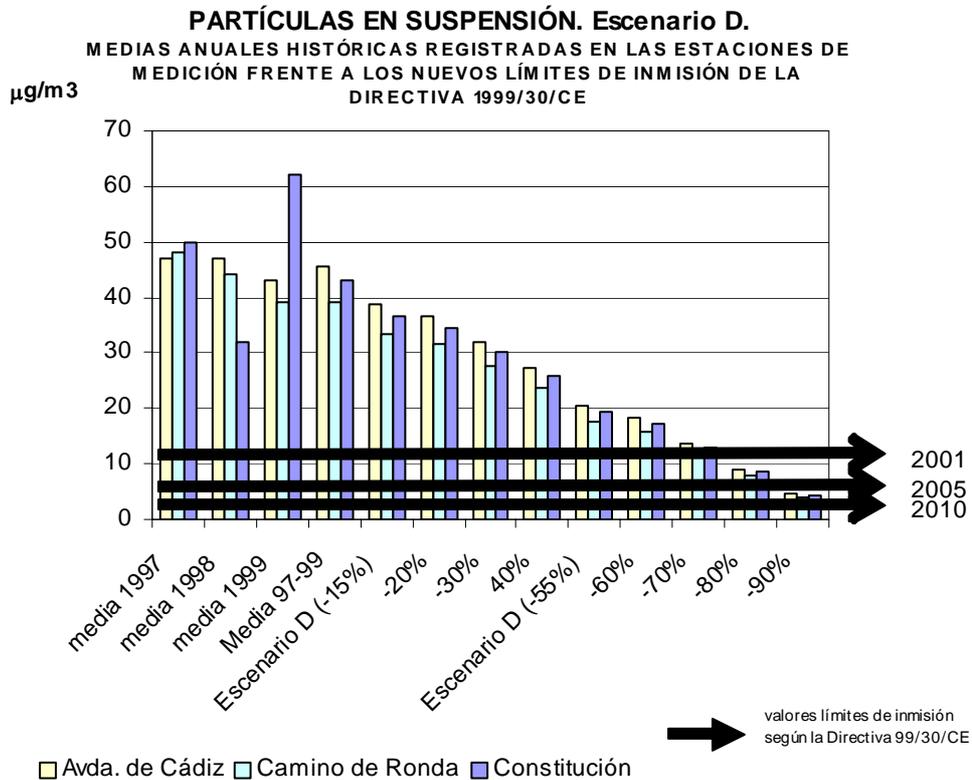
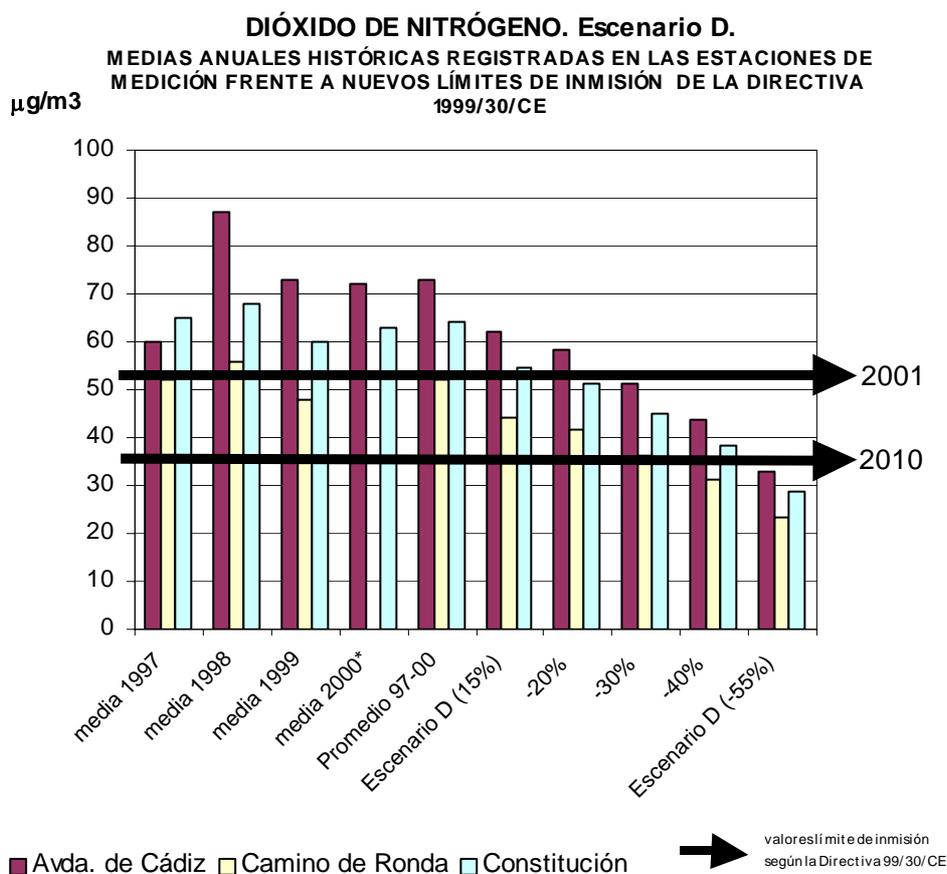


Figura 21.



Fuente: Modificado de Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada. (*) La cabina de Camino de Ronda se traslada a Granada Norte

Escenario E: Subterráneo + Bus-Peatón-Bici

Tabla 18. Valores de las Partículas en Suspensión en el Escenario E sobre las dos hipótesis

Cabina / PS Escenario E ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio 97-99	Hipótesis CF -15%	Hipótesis RT -55%
Avda. de Cádiz	45,67	38,82	20,55
Camino de Ronda	39,3	33,41	17,69
Constitución	43,2	36,72	19,44

Tabla 19. Valores del Dióxido de Nitrógeno en el Escenario E sobre las dos hipótesis

Cabina/ NO ₂ Escenario E ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio 97-00	Hipótesis CF -15%	Hipótesis RT -55%
Avda. de Cádiz	73	62,05	32,85
Camino de Ronda	52	44,2	23,4
Constitución	64	54,4	28,8

Figura 22.

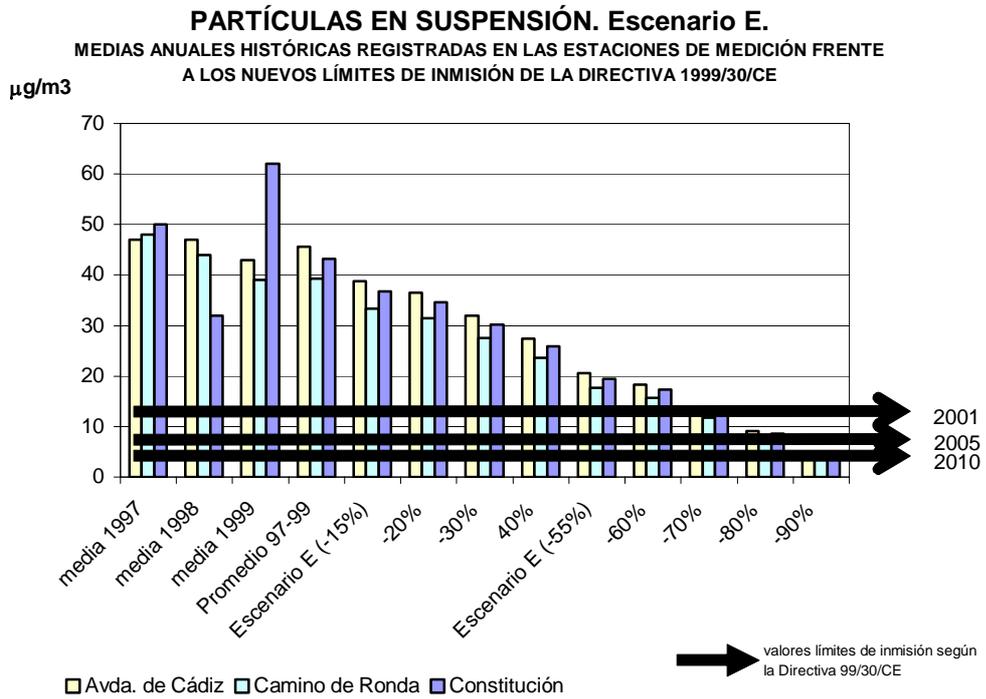
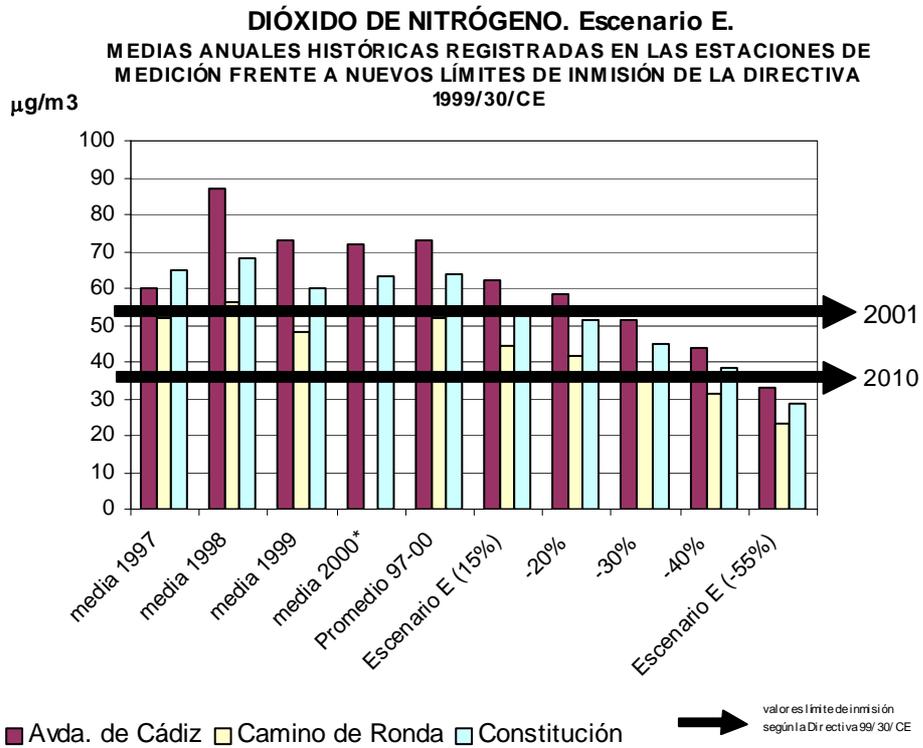


Figura 23.



Fuente: Modificado de Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada. (*) La cabina de Camino de Ronda se traslada a Granada Norte.

2.1.4.2.. Evaluación comparativa entre los diferentes escenarios.

Una vez descritos los diferentes escenarios, cabe realizar un análisis comparativo de los mismos para tratar de obtener unas conclusiones que ayuden a la decisión de soterrar o no el metro ligero de Granada a lo largo del Camino de Ronda. Debe quedar claro que estas serán conclusiones parciales del análisis ambiental completo de los diferentes escenarios.

Tal y como adelantamos anteriormente vamos a utilizar el dióxido de nitrógeno como principal indicador de la contaminación atmosférica por varias razones: la primera es que las series de datos que tenemos son bastante completas, y además se pueden comparar con el análisis cartografiado de toda la ciudad que presentamos al principio de este capítulo; en segundo lugar existe una relación directa entre la contaminación por dióxido de nitrógeno y el tráfico, algo que no ocurre tan claramente en el caso de las partículas en suspensión cuyas fuentes de emisión son mucho más diversas, ya que, entre otras se pueden incluir las obras, el viento del Sahara y otros procesos de combustión como las calderas, que también afectan al dióxido de nitrógeno, aunque en su caso supondrían un incremento del nivel base de este gas contaminante.

Por lo tanto, comenzamos el análisis del dióxido de nitrógeno prestando especial atención a la figura 24, en la que se observa como las medias históricas de **los niveles de inmisión existentes en el Camino de Ronda estaban por debajo de los límites planteados por las directivas para 2001.**

En el caso de los límites a alcanzar en el año 2010, parece que considerando la absorción de flujos y siguiendo la relación lineal sería posible acercarse al cumplimiento de la legislación europea, aunque esta situación dependerá de otros factores. En este sentido, serían claramente los escenarios subterráneos (D y E) que absorben un flujo mayor, los que de antemano supondrían una reducción más cercana al nivel de inmisión que plantea la directiva.

Las medidas tomadas en las otras dos estaciones situadas en zonas saturadas de tráfico próximas al Camino de Ronda, nos permiten realizar correcciones a la afirmación anterior. De este modo, la reducción por absorción de flujos no alcanzaría ni siquiera los límites marcados para 2001 en ninguno de los casos para la cabina de la Avenida de Cádiz, aunque sí los alcanzaría en los escenarios D y E para la Avenida de la Constitución. Este elemento nos permite reflexionar de nuevo acerca de la **necesidad de restringir el tráfico rodado en las zonas más saturadas** como única manera de reducir los niveles de inmisión a cifras aceptables.

Así, si nos fijamos en las estimaciones realizadas tras completar la absorción de flujos con la restricción al tráfico rodado, nos encontramos con que todos los escenarios cumplirían con la legislación en 2010, aunque todavía aparece la zona saturada de la Avenida de Cádiz muy cerca de los límites de inmisión. Estos datos confirman la hipótesis anterior sobre la necesidad de restringir el tráfico, marcando siempre la distancia metodológica entre la estimación mediante relación lineal y las medidas reales de inmisión que se podrían alcanzar.

En cualquier caso, esta restricción se puede alcanzar mediante la solución superficial (que la incluye en su diseño) y mediante la opción subterránea (que debería incluir una remodelación urbana en superficie). En este sentido, el porcentaje de flujo absorbido por el metro ligero subterráneo puede suponer un mejor escenario para que la ciudadanía pueda recuperar para el

disfrute peatonal el Camino de Ronda, cuya situación actual es de una grave degradación ambiental.

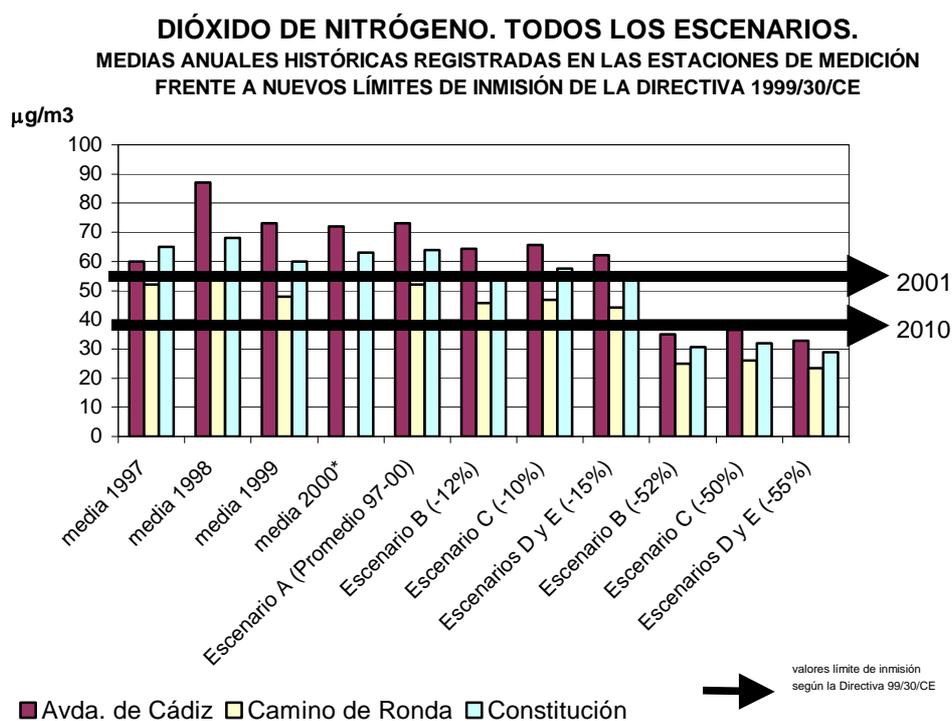
Tabla 20. Comparación de Escenarios para los Valores del Dióxido de Nitrógeno sobre la Hipótesis de Captación de la Demanda.

Cabina/ NO ₂ (µg/m ³)	Escenario A (Promedio 97-00)	Captación de la Demanda		
		Escenario B (-12%)	Escenario C (-10%)	Escenarios D y E (-15%)
Avda. de Cádiz	73	64,24	65,7	62,05
Camino de Ronda	52	45,76	46,8	44,2
Constitución	64	56,32	57,6	54,4

Tabla 21. Comparación de Escenarios para los Valores del Dióxido de Nitrógeno sobre la Hipótesis de Disminución del Tráfico equivalente a la eliminación de carriles para el tráfico rodado.

Cabina/ NO ₂ (µg/m ³)	Escenario A (Promedio 97-00)	Restricción al tráfico rodado		
		Escenario B (-52%)	Escenario C (-50%)	Escenarios D y E (-55%)
Avda. de Cádiz	73	35,04	36,5	32,85
Camino de Ronda	52	24,96	26	23,4
Constitución	64	30,72	32	28,8

Figura 24. Fuente: Modificado de Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada. (*) La cabina de Camino de Ronda se traslada a Granada Norte



A pesar de que será el dióxido de nitrógeno el que nos indique de una forma más real lo que pueden suponer cada uno de los diferentes escenarios, también hemos querido incluir los siguientes datos sobre las partículas en suspensión que determina principalmente la dificultad de que en una ciudad como Granada se alcancen los límites de inmisión que pide la directiva para el conjunto de la Unión Europea.

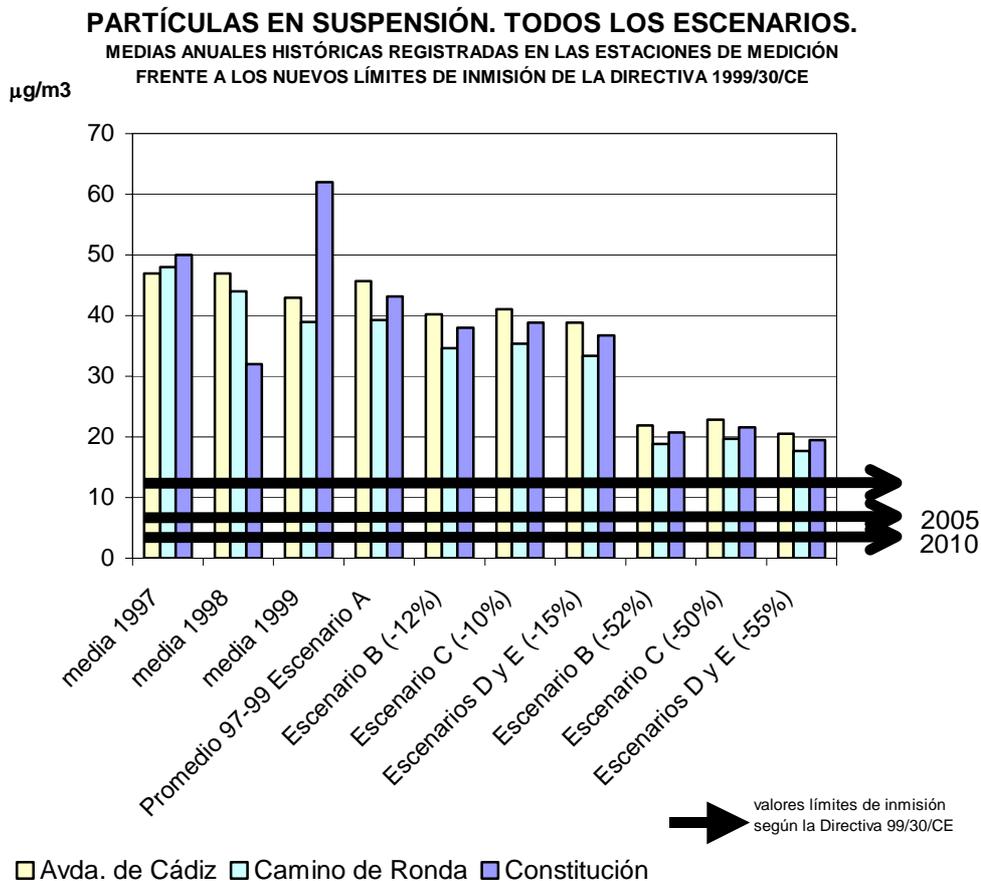
Tabla 22. Comparación de Escenarios para los Valores de las Partículas en Suspensión de Nitrógeno sobre la Hipótesis de Captación de la Demanda.

Cabina/ PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Escenario A (Promedio 97-00)	Captación de la Demanda		
		Escenario B (-12%)	Escenario C (-10%)	Escenarios D y E (-15%)
Avda. de Cádiz	45,67	40,19	41,1	38,82
Camino de Ronda	39,3	34,58	35,37	33,41
Constitución	43,2	38,02	38,88	36,72

Tabla 23. Comparación de Escenarios para los Valores de las Partículas en Suspensión sobre la Hipótesis de Disminución del Tráfico equivalente a la eliminación de carriles para el tráfico rodado.

Cabina/ PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Escenario A (Promedio 97-00)	Restricción al tráfico rodado		
		Escenario B (-52%)	Escenario C (-50%)	Escenarios D y E (-55%)
Avda. de Cádiz	45,67	21,92	22,83	20,55
Camino de Ronda	39,3	18,86	19,65	17,69
Constitución	43,2	20,74	21,6	19,44

Figura 25.



Fuente: Modificado de Informes de Contaminación Atmosférica de la Consejería de Medio Ambiente y Agenda Local 21 de Granada.

2.1.5. Conclusiones en torno a la contaminación atmosférica.

Una vez desarrollado el informe y a modo de resumen del mismo, cabe realizar las siguientes consideraciones ordenadas siguiendo el esquema metodológico empleado a la hora de elaborar este estudio:

1º. En primer lugar, queremos destacar la demostración empírica de que la movilidad es la principal actividad responsable de la contaminación atmosférica en Granada. Y dentro de esta, el tráfico de los vehículos privados sería el principal contribuyente a dicha contaminación, seguidos a gran distancia por los transportes públicos que utilizan combustibles convencionales, mientras que el metro ligero no emite ningún tipo de contaminación atmosférica de carácter químico. Sin embargo las características de este tipo de contaminación suponen numerosas limitaciones a la hora de abordar estudios como este. Nosotros hemos asumido estas limitaciones y creemos que sería necesario elaborar un estudio más completo de las realidades de la contaminación atmosférica de la ciudad, y de las posibilidades de mitigarla con nuevos modos de transporte público y las intervenciones urbanísticas que llevan aparejados. En cualquier caso de entre las limitaciones que hemos encontrado, podemos destacar: la falta de series de datos completas que abarquen toda la ciudad, y no sólo tres puntos; las dificultades para considerar numerosos factores interactuantes como la

climatología, las diferentes fuentes de emisión o los que marca el la estructura urbana; y por último, la consecuente dificultad a la hora de modelizar las relaciones entre la contaminación atmosférica y el tráfico de forma fiable.

2º. Queremos hacer referencia a la existencia de determinados elementos de la ciudad de Granada, que la hacen todavía más susceptible a los procesos de contaminación atmosférica. Estos elementos suponen dificultades para la difusión de los contaminantes producidos por el excesivo tráfico que soporta la ciudad. De entre los mismos podemos destacar los siguientes: una climatología con numerosas situaciones anticiclónicas y de inversión atmosférica; un urbanismo y una estructura urbana con calles generalmente estrechas y edificios en algunos casos demasiado altos; y finalmente la situación topográfica en la que se encuentra la ciudad, hundida en lo que se denomina una olla, rodeada de montañas por todos sus flancos exceptuando por la vega, aunque las posibilidades de dispersión de contaminantes hacia este espacio verde están limitadas por los bloques resultado del urbanismo desarrollista de los 70 y los 80, por la estrechez de las calles que los separan y por la nueva fuente de contaminantes que sería la Circunvalación construida a principios de los años 90.

3º. Para simplificar el análisis, hemos decidido elaborar una comparativa de escenarios mediante la utilización de ciertos indicadores, principalmente el NO_2 , y en cierta medida las partículas en suspensión medidas como PM_{10} . Esto es debido a que contamos con más y mejores medidas del NO_2 , y a que los niveles de inmisión de este gas tienen una relación más directa con el tráfico que otros contaminantes como las PM_{10} .

4º. Los límites de inmisión que hemos considerado como referencia provienen principalmente de la normativa que debería cumplir la ciudad de Granada, es decir, básicamente de la Directiva 1999/30/CE relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente.

5º. En relación con la posibilidad de cumplir la legislación anterior respecto al NO_2 y a las partículas en suspensión PM_{10} , hemos tratado de hacer una simulación siguiendo un modelo simple de relación lineal que nos permite obtener un orden de magnitud de las alteraciones que se pueden producir según los diferentes escenarios para, de esta manera, compararlos entre ellos sin la necesidad de atender a los modelos complejos muy utilizados en este tipo de análisis, pero cuya extrapolación de un caso a otro no suele aportar resultados satisfactorios.

6º. En sexto lugar, de los resultados obtenidos, destacamos que para alcanzar esos estándares y en general una calidad de vida adecuada, existe la imperiosa necesidad de restringir el tráfico en las zonas más saturadas como el propio Camino de Ronda y sus principales intersecciones. Por lo tanto de entre los escenarios planteados, serán los que eliminen más espacio a los coches los que mejores resultados en materia de contaminación ambiental supongan, siguiendo la hipótesis de una reducción del tráfico proporcional a la reducción de la capacidad viaria, si bien habría que gestionar esa reducción del tráfico de forma que sea asumible por la estructura urbana y las demandas de movilidad, para evitar una congestión perniciosas.

7º. En este sentido, cabe destacar que en los datos estudiados encontramos supuestas incongruencias, como la aparición de niveles mayores en las medidas puntuales que en las medidas para el conjunto de la ciudad, debido probablemente a los diferentes periodos considerados, y a que en las medias anuales aparecen las calefacciones como fuentes de contaminación para el NO_2 . En cualquier caso, la hipótesis que barajamos es que los lugares

saturados de tráfico sufren niveles bastante mayores que el resto de la ciudad, lo cual justifica claramente nuestra propuesta destacada en el párrafo anterior.

8°. Así, situamos la importancia que tendría un proceso de peatonalización de esos entornos urbanos, fijándonos mucho en la posibilidad que brindarían las estaciones del metro ligero para rediseñar las principales intersecciones, que son grandes atractoras del tráfico y consecuentemente importantes focos generadores de contaminación como ha quedado de manifiesto en la observación de los mapas de contaminación del estudio de EGMASA (1998).

9°. También resulta significativo que el mayor porcentaje de flujo absorbido por el metro ligero subterráneo (alrededor de un 15% frente a un 10-12%) puede suponer una mejor oportunidad tanto para la reducción de la contaminación ambiental local y global (pudiendo alcanzar en algunos casos los estándares fijados por las directivas), como para que la ciudadanía pueda recuperar para el disfrute peatonal gran parte del Camino de Ronda (Escenario E), cuya situación actual es de una grave degradación ambiental

10°. Por último, destacamos que cualquier intento de restringir el tráfico rodado debe incluir una remodelación integral de una basta zona urbana, de manera que no se traslade el problema de un lugar a otro, corriendo el peligro de crear situaciones peores a la de partida. Por lo tanto, la necesidad de recuperar la calle para el peatón no debe significar la entrega de las calles aledañas a la vorágine del tráfico, si no que debe suponer por el contrario una reordenación para disminuir el tráfico global y reducir las situaciones de saturación insostenibles que sufrimos actualmente. Como se puede observar en los gráficos sólo a partir de una reducción del tráfico, del 40 ó el 50%, cabe esperar que se alcancen los valores marcados por las directivas europeas.

2.2. INFORME SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE: EL RUIDO²

2.2.1. Introducción: conceptos previos.

El sonido es una alteración física en un medio (gas, líquido o sólido) que se manifiesta en forma de onda que puede ser detectada por el oído. Las ondas sonoras viajan por un medio físico, que posee masa y elasticidad, por lo que no viajan a través del vacío. La transición de sonido a ruido es algo esencialmente subjetivo, aunque existe cierto consenso sobre los límites por encima de los cuales el sonido pasa a ser desagradable y se convierte en ruido.

De esta forma, se podría definir el ruido como el sonido indeseado, no armonioso y que produce una sensación desagradable. La única diferencia entre sonido y ruido no es, por tanto, de tipo físico, sino de carácter subjetivo y difícilmente cuantificable. Como ejemplo de los niveles sonoros a los que suele estar expuesta la población la siguiente tabla proporciona los niveles de presión sonora ponderada asociados a varias actividades cotidianas:

Tabla 24. (Fuente: Agencia Europea del Medio Ambiente).

Actividad	L,dBA
Umbral de audibilidad a 1000Hz	0
Sensación de silencio completo	0-20
Zona urbana tranquila entre 2- 4 a.m.	35-45
Conversación normal (interior)	45-55
Automóvil detenido a 7.5 m	45-55
Automóvil a 50 km/h a 7.5 m	60-80
Camión a 50 km/h a 7.5 m	80-95
Motocicleta a 50 km/h a 7.5 m	75-100
Discoteca (interior, Leq)	85-100
Nivel máximo tren de pasajeros	95-100
Avión a reacción (despegue, a 100 m)	110-115
Posibles daños auditivos	>120

La Organización Mundial de la Salud ha sugerido un valor estándar de orientación para los niveles medios de ruido al aire libre de 55 dBA, que es aplicable durante el periodo diurno con objeto de evitar interferencias significativas en las actividades de la población.

La creciente preocupación de los ciudadanos por los elevados niveles sonoros a los que se ven sometidos a lo largo del día, ha ocasionado múltiples protestas y manifestaciones en los últimos años. Cuando el sonido alcanza niveles desagradables hablamos de ruido. La contaminación acústica es parte del deterioro ambiental de la sociedad actual. Este nivel de ruido está íntimamente relacionado con la estructura urbanística de los núcleos de población y con la densidad de tráfico en los distintos municipios. No cabe duda que el trazado de una vía de metro ligero puede afectar tanto directa como indirectamente a los niveles sonoros que soporta la población residente en las calles por las que discurre su trazado. El tráfico de vehículos expresado en términos del tipo de vehículos, de su densidad, de su velocidad, etc., así como el peatonal, pueden variar condicionados por el metro ligero y por una decisión ciertamente importante: si el trazado es subterráneo o en superficie.

² Este apartado sobre el Ruido ha sido elaborado por los Profesores Titulares del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada, D. Diego Pablo Ruiz Padillo y D. Jerónimo Vida Manzano, ambos constituyen la sección departamental, Unidad Ambiental de Física Aplicada (UAFA).

De ahí que el ruido se incluya como un factor -entre otros ambientales y urbanísticos- a tener en cuenta en la toma de una decisión final. Con este objetivo, aprovechamos la experiencia acumulada y las bases de datos que ya disponemos sobre niveles sonoros registrados en el trazado en cuestión (Con. De Ronda de Granada), para realizar una estimación de los niveles sonoros futuros analizando diferentes escenarios y posibilidades.

2.2.2. El problema del ruido como contaminante.

Según se indica en el *Libro Verde de la Comisión Europea* sobre política futura de la lucha contra el ruido, una gran parte de los europeos consideran el ruido ambiental causado por el tráfico y las actividades industriales y recreativas como su principal problema ambiental local, especialmente en las zonas urbanas. Se ha estimado que alrededor del 20% de la Unión Europea (unos 80 millones de personas) está expuesta a unos niveles de ruido que los científicos y los expertos sanitarios consideran inaceptables, que molestan a la mayor parte de las personas, que perturba seriamente el sueño y que, incluso, se teme provoquen efectos nocivos en los sistemas cardiovasculares y psicofisiológicos.

Una prueba del interés de los ciudadanos con respecto al problema de la contaminación acústica, es la encuesta sobre medio ambiente del *Eurobarómetro* de 1995, en la que se mostró que el ruido era el quinto ámbito, por orden de importancia, de quejas relacionadas con el medio ambiente local, y el único que mostraba un aumento significativo desde 1992.

En Andalucía el ruido no es mejor considerado que en Europa. Así lo indica el último *Ecobarómetro* hecho público por la Consejería de Medio Ambiente en 2002, que muestra que entre los asuntos que más preocupan a los andaluces cuando tienen que valorar la situación del medio ambiente en su localidad destacan, en primer lugar, el ruido con un 40,6%, seguido de la suciedad de las calles (32,5%) y la falta de zonas verdes (31%).

2.2.2.1 Costes asociados al ruido.

Los costes económicos del ruido han sido examinados de diversas maneras, y no existen referencias para una evaluación normalizada de éstos. En la actualidad se calcula que las pérdidas económicas anuales en la Unión Europea inducidas por el ruido ambiental se sitúan entre los 13 000 millones de euros y los 38 000 millones de euros. A esas cifras contribuyen, por ejemplo, la reducción del precio de la vivienda, los costes sanitarios, la reducción de las posibilidades de explotación del suelo y el coste de los días de abstención al trabajo. Pese a algunas incertidumbres, puede afirmarse casi con seguridad que las pérdidas anuales son del orden de decenas de miles de millones de euros.

2.2.2.2 Tendencias en la exposición al ruido ambiental.

Las tendencias del problema en los últimos 15 años son que, si bien existen pruebas de la reducción de los niveles de ruido en los llamados *puntos negros* (nivel de presión sonora ponderado A por encima de 70 dB A, considerado inaceptable por los expertos), datos recientes demuestran que el número de personas que viven en las llamadas *zonas grises* (nivel entre 55-65 dB A, a partir del cual las personas comienzan a sentir molestias serias) ha aumentado, debido principalmente al rápido crecimiento en volumen del tráfico rodado. Una serie de estudios llevados a cabo ha determinado que 170 millones de ciudadanos europeos viven en estas *zonas grises*.

2.2.3. Normativa aplicable.

La normativa referente a la contaminación acústica ha cambiado durante los últimos años. La publicación de la Directiva 2002/49/CE de la Unión Europea consigue establecer un

planteamiento común del problema del ruido ambiental, considerándolo como uno de los mayores problemas medioambientales en Europa. Esta Directiva persigue que todos los Estados miembro empleen métodos comunes de evaluación del ruido y lo valoren en función de indicadores armonizados.

Con la transposición de la Directiva 2002/49/CE se dota de una mayor estructura y orden al panorama normativo español sobre ruido. Aparece así la Ley 37/2003 del Ruido, norma general reguladora en materia de ruido en el ámbito estatal y, posteriormente, el Decreto 326/2003 sobre protección contra la contaminación acústica en Andalucía.

2.2.3.1 Normativa autonómica.

Decreto 326 / 2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía (BOJA n ° 243 de 18.12.2003). Este reglamento establece límites de ruido en función del uso del suelo y de las franjas horarias. Así establece cinco zonas:

1. *Áreas de silencio:* zonas de alta sensibilidad acústica que requieren especial protección contra el ruido, son zonas de uso sanitario, docente, cultural, y espacios naturales protegidos.
2. *Áreas levemente ruidosas:* zonas de considerable sensibilidad acústica, que requieren una protección alta contra el ruido, son zonas residenciales, espacios recreativos y zonas verdes.
3. *Áreas tolerablemente ruidosas:* zonas de moderada sensibilidad acústica, que requieren protección media, son zonas de hospedaje, de oficinas, comerciales, deportivas y de uso recreativo.
4. *Áreas ruidosas:* zonas de baja sensibilidad acústica, que requieren una menor protección contra el ruido, son zonas para uso industrial, portuarios y de servicios públicos.
5. *Áreas especialmente ruidosas:* son zonas de nula sensibilidad acústica, corresponden a sectores del territorio afectados por servidumbres sonoras a favor de infraestructuras de transporte, autovías, autopistas, rondas de circunvalación, ejes ferroviarios, aeropuertos y áreas de espectáculo al aire libre.

Tabla 25. Niveles límite de ruido ambiental en fachadas de edificaciones.

Niveles Límite (dBA)		
Área de sensibilidad acústica	Día (7 – 23)	Noche (23 – 7)
	L _{Aeq} día	L _{Aeq} noche
Tipo I (área de silencio)	55	40
Tipo II (área levemente ruidosa)	55	45
Tipo III (área tolerablemente ruidosa)	65	55
Tipo IV (área ruidosa)	70	60
Tipo V (área especialmente ruidosa)	75	65

2.2.4. Metodología experimental.

Una correcta planificación de la campaña de medidas es fundamental para que la base de datos obtenida sea representativa de la realidad del lugar y pueda posteriormente servir de apoyo de las acciones a desarrollar en la política contra el ruido. La metodología a seguir depende en gran medida de las características del municipio y de los objetivos que se persigan. En el caso que nos ocupa no nos interesa un mapa de ruidos, sino una caracterización de la situación actual del Cno. de Ronda de Granada, por el que discurrirá el metro ligero. Esta caracterización debe permitir observar la bondad del modelo utilizado para realizar las previsiones de niveles sonoros en los distintos escenarios que se han contemplado y que se describen más adelante. Teniendo esto en cuenta, las medidas experimentales se han realizado bajo los siguientes criterios:

2.24.1 Metodología Espacial

Se han elegido puntos distribuidos de forma equidistante a lo largo de las vías, procurando incluir zonas abiertas (como cruces, parques, río Genil, etc.) y zonas cerradas caracterizadas por presentar dimensiones constantes o casi constantes en lo relativo a altura de edificios, anchura de calles y acerado, etc. En todo caso, los tramos sujetos a estudio y la nomenclatura empleada son los siguientes:

Tabla 26. Tramos viarios objeto de estudio.

TRAMO	DESCRIPCIÓN	LONGITUD (m)
1º	Entre Avenida del Sur y Gabriel Miró	608
2º	Entre Gabriel Miró y Emperatriz Eugenia	975
3º	Entre Emperatriz Eugenia y Alhamar	740
4º	Entre Alhamar y Cruz de Lagos	780

2.2.4.2 Metodología Temporal

Dado que se pretende obtener una representación media de los niveles sonoros en cada tramo, las medidas se realizaron en series temporales largas en horario diurno, preferentemente en días laborables aunque también se realizaron medidas en algunos días festivos por ser de interés para el tema objeto de este trabajo. Para la división del día en mañana-tarde-noche se tuvo en cuenta el Decreto 326/2003 de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía que considera como horario diurno de 7 a 23 h y horario de noche de 23 a 7 h. En cada uno de los puntos se procedió a un registro de los datos de 16 horas de duración, tras lo cual se calcularon el nivel continuo equivalente y los principales descriptores en cada uno de los tramos horarios siguientes: **7:45–9:00, 9:00–13:30, 14:00–15:00, 15:00–16:30, 16:30–19:00, 19:00–20:00, 20:00–21:30, 21:30–23:00**

2.2.4.3 Índices de Valoración del Ruido

Intentar describir las variaciones en el nivel de ruido con un valor instantáneo, resulta poco representativo, pues un instante después el ruido puede ser totalmente diferente del medido. La molestia o daño que produce el ruido no sólo depende de la su intensidad y de su frecuencia, sino que depende de su energía y por tanto de su duración. Es necesario introducir magnitudes que permitan cuantificar límites y establecer si estamos ante un sonido tolerable o intolerable, y para este fin se introducen una serie de **índices de valoración del ruido o descriptores del ruido**, que suelen emplearse para cuantificar los sonidos tanto estables como inestables en el tiempo, estos indicadores son (**ver descripción concreta en Apéndice 1**):

- Nivel de presión sonora (L)
- Nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq})
- Nivel máximo (L_{max})
- Niveles percentiles
- Nivel L_{10}
- Nivel L_{50} o nivel medio
- Nivel L_{90}

2.2.4.4 Metodología de Cálculo (modelo de predicción)

Los estudios y análisis que hemos efectuado hasta la presente permiten afirmar que la contaminación acústica ambiental tiene su origen en las actividades humanas. De todas ellas y en la mayoría de los puntos analizados, la fuente de ruido que produce más molestias es el tráfico. Según los estudios de la Junta de Andalucía, en torno al 80 % del ruido soportado en las ciudades andaluzas tiene su origen en el tráfico de vehículos, lo que concuerda con nuestras campañas de recogidas de datos en diferentes ciudades andaluzas.

Teniendo esto en cuenta, para caracterizar el nivel sonoro en las ciudades bajo situaciones y escenarios futuros es necesario emplear modelos predictivos para ruido de tráfico cuyo comportamiento sea representativo para la zona de estudio y el margen de error en la predicción sea mínimo.

Entre las distintas posibilidades de cálculo, se ha seguido la **RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 6 de agosto de 2003 relativa a las Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisiones correspondientes (2003/613/CE)**, la cual, de conformidad con el artículo 6 y el anexo II de la Directiva 2002/49/CE, recomienda la adopción de métodos de cálculo provisionales para la determinación de los indicadores comunes L_{den} y L_{night} para el ruido del tráfico rodado, ferroviario, procedente de aeronaves e industrial a los Estados miembros que no cuenten con métodos de cálculo nacionales o deseen cambiarlos.

En lo relativo al ruido procedente del tráfico rodado recomienda el **MÉTODO NACIONAL DE CÁLCULO FRANCÉS «NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB)»**, contemplado en el «Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6» y en la norma francesa «XPS 31-133», que es el empleado en este trabajo.

2.2.5. Niveles sonoros en el ámbito de estudio: el Cno. de Ronda.

Las medidas experimentales realizadas permiten caracterizar la situación acústica actual y también observar su evolución durante las horas del día. Así, en las Tablas siguientes se muestra en primer lugar el nivel equivalente medio registrado en cada tramo de LUNES a SÁBADO y también los mismos valores medios en DOMINGO para algunos tramos en horario sólo de mañana (de 8 a 10 horas). Tal y como puede observarse, el trazado objeto de estudio se caracteriza por presentar unos niveles sonoros muy constantes a lo largo del mismo, sin apenas variación de un tramo a otro. La reducción experimentada en domingo refuerza el comentario anterior de que el tráfico de vehículos se erige como la principal fuente de contaminación acústica ambiental.

Tabla 27. Nivel equivalente medio experimental en cada uno de los tramos viarios registrado de LUNES a SÁBADO en horario DIURNO.

TRAMO	DESCRIPCIÓN	Leq (dBA)
1°	Entre Avenida del Sur y Gabriel Miró	74,2
2°	Entre Gabriel Miró y Emperatriz Eugenia	74,2
3°	Entre Emperatriz Eugenia y Alhamar	74,2
4°	Entre Alhamar y Cruz de Lagos	74,7

Tabla 28. Nivel equivalente medio experimental en algunos tramos viarios registrado en DOMINGO en horario de MAÑANA.

TRAMO	DESCRIPCIÓN	Leq (dBA)
1°	Entre Avenida del Sur y Gabriel Miró	-
2°	Entre Gabriel Miró y Emperatriz Eugenia	70,3
3°	Entre Emperatriz Eugenia y Alhamar	-
4°	Entre Alhamar y Cruz de Lagos	67,7

Tabla 29. Nivel equivalente en función de la hora del día estimado a partir de las medidas experimentales de nivel sonoro en dos puntos aleatorios de los tramos 1° y 2°.

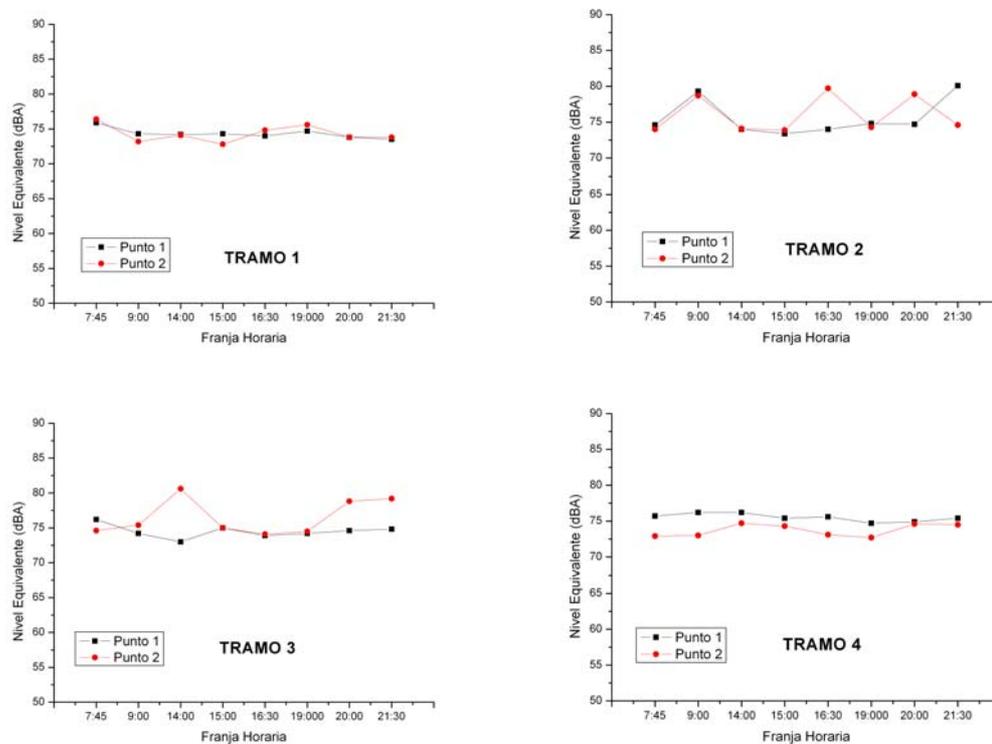
TRAMO FRANJA HORARIA	1°		2°	
	Punto 1 Leq (dBA)	Punto 2 Leq (dBA)	Punto 1 Leq (dBA)	Punto 2 Leq (dBA)
07:45 - 09:00	75,9	76,4	74,6	74,0
09:00 - 13:30	74,3	73,2	79,3	78,7
14:00 - 15:00	74,2	74,1	74,0	74,1
15:00 - 16:30	74,3	72,8	73,4	73,9
16:30 - 19:00	74,0	74,8	74,0	79,7
19:00 - 20:00	74,7	75,6	74,8	74,3
20:00 - 21:30	73,8	73,8	74,7	78,9
21:30 - 23:00	73,5	73,8	80,1	74,6
Nivel MEDIO	74,4	74,1	74,3	74,2

Tabla 30. Nivel equivalente en función de la hora del día estimado a partir de las medidas experimentales de nivel sonoro en dos puntos aleatorios de los tramos 3° y 4°.

TRAMO FRANJA HORARIA	3°		4°	
	Punto 1 Leq (dBA)	Punto 2 Leq (dBA)	Punto 1 Leq (dBA)	Punto 2 Leq (dBA)
07:45 - 09:00	76,2	74,6	75,7	72,9
09:00 - 13:30	74,2	75,4	76,2	73,0
14:00 - 15:00	73,0	80,6	76,2	74,7
15:00 - 16:30	75,0	75,0	75,4	74,3
16:30 - 19:00	73,9	74,1	75,6	73,1
19:00 - 20:00	74,2	74,5	74,7	72,7
20:00 - 21:30	74,6	78,8	74,9	74,6
21:30 - 23:00	74,8	79,2	75,4	74,5
Nivel MEDIO	74,6	74,7	75,5	73,8

Como se observa en las figuras siguientes, en horario diurno (7 a 23 horas) los niveles de presión sonora mantienen una gran regularidad y constancia en cada uno de los tramos objeto de estudio, siendo pequeña la variación experimentada por los niveles en cada uno de los puntos de medida en las distintas franjas horarias. En todo caso, esta variación sin llegar a ser significativa, es mayor en los tramos 2° y 3°:

Figura 26. Nivel equivalente experimental por franjas horarias para cada tramo.



Teniendo todo esto en cuenta, la situación actual de los 4 tramos queda razonablemente bien caracterizada por un nivel equivalente medio de **74,3 dBA**, representativo de las condiciones medias diurnas de todo el trazado con independencia de la hora del día.

2.2.6. El modelo de predicción francés aplicado en las zonas de estudio.

Se ha procedido en primer lugar a evaluar la bondad del modelo elegido en Granada, comparando nuestros datos experimentales con las estimaciones generadas por el mismo. Con este objetivo la información empleada, necesaria para la aplicación del modelo francés al trazado formado por los cuatro tramos, se resume en la Tabla siguiente:

Tabla 31. Características de los tramos e información necesaria para la predicción sonora.

TRAMO	Tráfico (IMD)	Uso del suelo	Sección (m) (*)	Altura a viviendas (**)	Densidad de Población (Hab./Ha) (**)
1º	18.290 dirección Málaga 10.395 dirección Motril TOTAL: 28.685	Residencial plurifamiliar en bloques abiertos+ Equipamientos deportivos y espacios libres con media/ alta intensidad comercial	4 carriles (dos por sentido) a4/p2/c8,5/m2/c5,3/ p2/a3,5 TOTAL: 26,8	6	250-350
2º	21.932 16.370 TOTAL: 38.302	Residencial plurifamiliar en patio de manzana con elevada intensidad comercial y de servicios	4 carriles (dos por sentido) a4/p2/c6/m1,8/c5,7 5/p+vs+p7/a4 TOTAL : 30,55	6/8	500-850
3º	22.998 21.694 TOTAL: 44.692	Residencial plurifamiliar en patio de manzana con elevada intensidad comercial y de servicios.	4 carriles (dos por sentido) a3,1/c8/m1/c8/p1,8/ a3,1 TOTAL: 24	8/10	550-900
4º	25.958 17.757 TOTAL: 43.715	Residencial plurifamiliar en bloque abierto con media/alta intensidad comercial	4 carriles (dos por sentido) a3,8//p1,8/c8,6/m1, 5/c6,4/p+vs+p5.5 TOTAL: 30,6	6	250-550

(*)Reparto de la sección tipo de la vía del tramo en cuestión:

a=acera, p=aparcamiento, c= calzada, m= mediana, vs=vía de servicio, B=bus, b=bici, M=metro. Medición sobre plano digital catastral 1:2.000.

(**)Valor dominante a lo largo de la vía

En las pruebas realizadas, se ha distinguido entre tráfico ligero y pesado y se han considerado diferentes velocidades medias, sin superar los 50 km/h máximo para este tipo de vías. El resultado se muestra en las siguientes Tablas:

Tabla 32. Aplicación del modelo francés a la situación actual con v=30Km/h.

MODELO FRANCÉS aplicado a		30 km/h			
la SITUACIÓN ACTUAL		dBA			
	IMD	Sección (m)	L _{eq} ligeros	L _{eq} pesados	L _{eq} Total
Tramo 1°	28.685	26,80	72,3	70,0	74,3
Tramo 2°	38.302	30,55	72,9	70,6	75,0
Tramo 3°	44.692	24,00	74,7	72,4	76,7
Tramo 4°	43.715	30,60	73,5	71,2	75,5

Tabla 33. Aplicación del modelo francés a la situación actual con v=40Km/h.

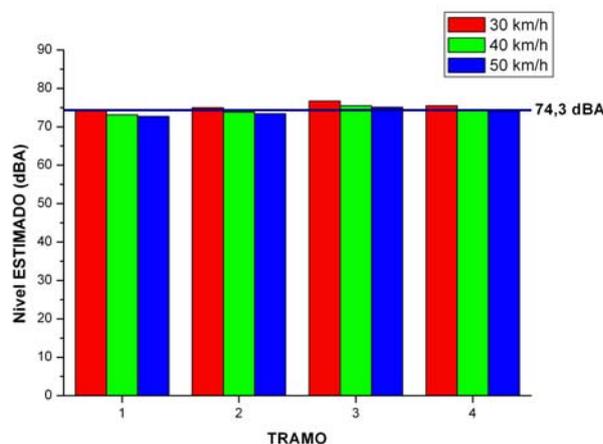
MODELO FRANCÉS aplicado a		40 km/h			
la SITUACIÓN ACTUAL		dBA			
	IMD	Sección (m)	L _{eq} ligeros	L _{eq} pesados	L _{eq} Total
Tramo 1°	28685	26,80	71,1	68,8	73,1
Tramo 2°	38302	30,55	71,7	69,4	73,8
Tramo 3°	44692	24,00	73,5	71,2	75,5
Tramo 4°	43715	30,60	72,3	70,0	74,3

Tabla 34. Aplicación del modelo francés a la situación actual con v=50Km/h.

MODELO FRANCÉS aplicado a		50 km/h			
la SITUACIÓN ACTUAL		dBA			
	IMD	Sección (m)	L _{eq} ligeros	L _{eq} pesados	L _{eq} Total
Tramo 1°	28685	26,80	71,1	67,8	72,7
Tramo 2°	38302	30,55	71,7	68,4	73,4
Tramo 3°	44692	24,00	73,5	70,2	75,1
Tramo 4°	43715	30,60	72,3	69,0	74,0

Si combinamos esta información con el nivel equivalente medio experimental calculado anteriormente para todo el trazado (74,3 dBA), observamos que el comportamiento del modelo es satisfactorio en las vías consideradas y que su aplicabilidad a la predicción de niveles sonoros en los distintos escenarios planteados, que se comentan más adelante, está plenamente justificada.

Figura 27. Predicción del modelo francés de la situación actual en función de la velocidad media de la vía para cada tramo y comparación con resultado experimental.



2.2.7. Análisis de Alternativas.

Teniendo en cuenta las consideraciones y resultados expuestos anteriormente, se ha procedido a ejecutar el modelo francés para predecir los niveles sonoros ambientales en los distintos escenarios contemplados para el trazado del Metro Ligerero en Granada, sobre las dos hipótesis barajadas (sobre la captación de demanda y sobre la reducción superficial de carriles de tráfico).

Tabla 35. Escenarios para la predicción de niveles sonoros (sobre la hipótesis de reducción de la IMD en proporción equivalente a la reducción de carriles para el tráfico rodado).

Escenarios		Tráfico (IMD)	Uso del suelo	Sección (m) (*)	Altura viviendas (**)	Densidad de Población (Hab./Ha) (**)
A	SITUACIÓN ACTUAL (caracterizada por Tramo 3º)	22.998 21.694 TOTAL: 44.692	Residencial plurifamiliar en patio de manzana con elevada intensidad comercial y de servicios	4 carriles (dos por sentido) a3,1/c8/m1/c8/p1,8/a3,1 TOTAL: 24	8/10	550-900
B	METRO LIGERO EN SUPERFICIE	Reducción del 50 % respecto a la situación actual	Ídem.	<u>Pierde 2 carriles</u> 2 carriles (1 por sentido) a3,5/p1,8/c3,5/m0,5/M7/m0,5/c3,5/a3,5 TOTAL: 24	8/10	550-900
C	HÍBRIDO	Reducción variable según tramos (ver Tabla 36)	–	<u>Alternaría las secciones</u> de los escenarios A y B (según anteproyecto)	–	–
D	SUBTERRÁNEO +SITUACIÓN ACTUAL EN SUPERFICIE	Sin reducción respecto a la situación actual	Ídem.	4 carriles (dos por sentido) a3,1/c8/m1/c8/p1,8/a3,1 TOTAL: 24	8/10	550-900
E	SUBTERRÁNEO +BUS-PEATÓN-BICI EN SUPERFICIE	Reducción del 50 % respecto a la situación actual	Ídem.	<u>Pierde 2 carriles</u> 2 carriles (1 por sentido) a4/B4/m0,5/c6,5/m0,5/p2/m0,5/b2/a4 TOTAL: 24	8/10	550-900

(*) Reparto de la sección tipo de la vía del tramo en cuestión:

a=acera, p=aparcamiento, c= calzada, m= mediana, vs=vía de servicio, B=bus, b=bici, M=metro. *Medición sobre plano digital catastral 1:2.000.*

(**) Valor dominante a lo largo de la vía

Tabla 36. Reducción del N° de carriles/sup.viaria para el tráfico rodado por TRAMOS (hipótesis de reducción de la IMD en proporción equivalente a la reducción superficial de carriles para el tráfico rodado).

ESCENARIOS	A	B	C	D	E
TRAMO 1° (entre Avda. del Sur y Gabriel Miró, 608m)	0 %	50 %	34,54 % (420mx2c)	0 %	50 %
TRAMO 2° (entre Gabriel Miró y Emp. Eugenia, 975m)	0 %	50 %	0 %	0 %	50 %
TRAMO 3° (entre Emp. Eugenia y Alhamar, 740m)	0 %	50 %	25,67 % (380mx2c)	0 %	50 %
TRAMO 4° (entre Alhamar y Cruz de Lagos, 780m)	0 %	50 %	14,74 % (230mx2c)	0 %	50 %
Longitud Total: 3.103 m.	0 %	50 %	16,60 % (1.030mx2c)	0 %	50 %

2.2.7.1 Justificación de la reducción óptima de la IMD: sobre la hipótesis de captación de la demanda de viajeros.

Asumiendo que cualquier alternativa de metro ligero pasa, ineludiblemente, por una alteración de los flujos de vehículos. A la hora de establecer la reducción de la Intensidad Media Diaria de tráfico (IMD) con la que trabajar en la predicción de niveles sonoros, se ha realizado un estudio sobre el Tramo 3°, que en este informe ambiental, como se ha establecido en las pautas metodológicas, caracteriza de forma unitaria la “situación actual” del Cno. de Ronda, considerando diversas reducciones de la IMD -y velocidades-, sobre la hipótesis de la captación de demanda de viajeros (ver Tablas, 37 a 39).

Tabla 37. Predicción de niveles sonoros sobre la hipótesis de captación de la demanda de viajeros. $V=30\text{km/h}$.

Escenarios	IMD Actual	Reducción (%)	IMD Futura	L_{eq} ligeros	L_{eq} pesados	L_{eq} Total
A	44692	0	44692	74,7	72,4	76,7
B	44692	12	39329	74,1	71,8	76,1
C	44692	10	40223	74,2	71,9	76,2
D	44692	15	37988	74,0	71,7	76,0
E	44692	15	37988	74,0	71,7	76,0

Tabla 38. Predicción de niveles sonoros sobre la hipótesis de captación de la demanda de viajeros. $V=40\text{km/h}$.

Escenarios	IMD Actual	Reducción (%)	IMD Futura	L_{eq} ligeros	L_{eq} pesados	L_{eq} Total
A	44692	0	44692	73,5	71,2	75,5
B	44692	12	39329	72,9	70,6	74,9
C	44692	10	40223	73,0	70,7	75,0
D	44692	15	37988	72,8	70,5	74,8
E	44692	15	37988	72,8	70,5	74,8

Tabla 39. Predicción de niveles sonoros sobre la hipótesis de captación de la demanda de viajeros. $V=50\text{km/h}$.

Escenarios	IMD Actual	Reducción (%)	IMD Futura	L_{eq} ligeros	L_{eq} pesados	L_{eq} Total
A	44692	0	44692	73,5	70,2	75,1
B	44692	12	39329	72,9	69,6	74,6
C	44692	10	40223	73,0	69,7	74,7
D	44692	15	37988	72,8	69,5	74,4
E	44692	15	37988	72,8	69,5	74,4

Como puede apreciarse en las Tablas, el nivel equivalente predicho en este tramo para las diferentes velocidades y escenarios es muy parecido y su variación poco significativa con las reducciones planteadas. Si ejecutamos el modelo francés aumentando la reducción de la IMD para cada escenario en intervalos de +5% sobre la situación planteada en la columna tercera de las tablas 37 a 39, encontramos que no es hasta un valor en torno al 40 o 50% que encontramos una reducción significativa en los niveles predicho con respecto a los niveles actuales (figuras 28, 29 y 30).

Con todo, en ningún caso estos niveles se acercan a los 55 dBA recomendados por la OMS pero se pueden situar dentro de los valores límites contemplados en el Decreto 326/2003 si la zona viaria objeto de este estudio queda finalmente incluida en un área de sensibilidad acústica Tipo IV o V.

Figura 28. Predicción de niveles sonoros aumentando la reducción de la IMD expresada en la Tabla 37 en cada escenario el porcentaje indicado. V=30 km/h.

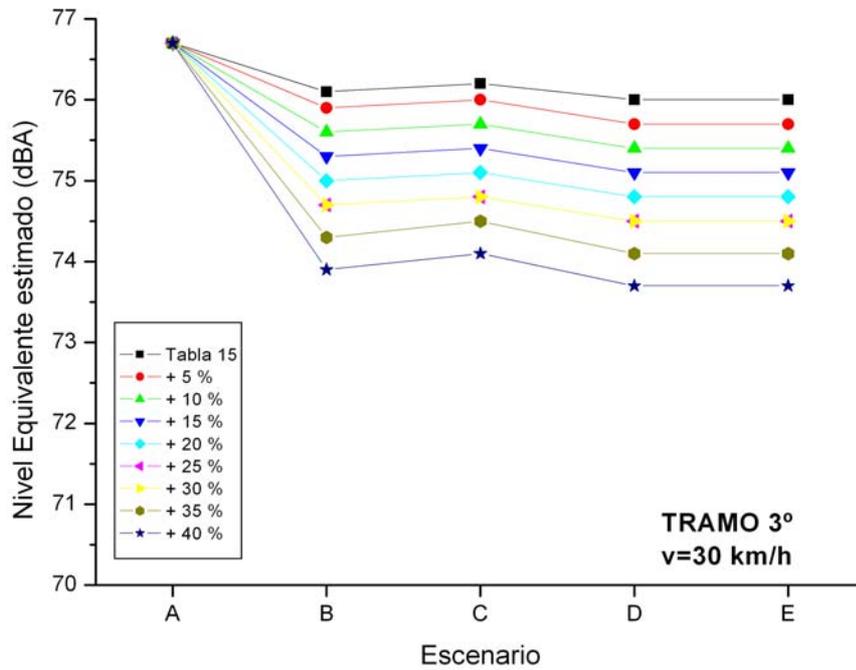


Figura 29. Predicción de niveles sonoros aumentando la reducción de la IMD expresada en la Tabla 38 en cada escenario el porcentaje indicado. V=40 km/h.

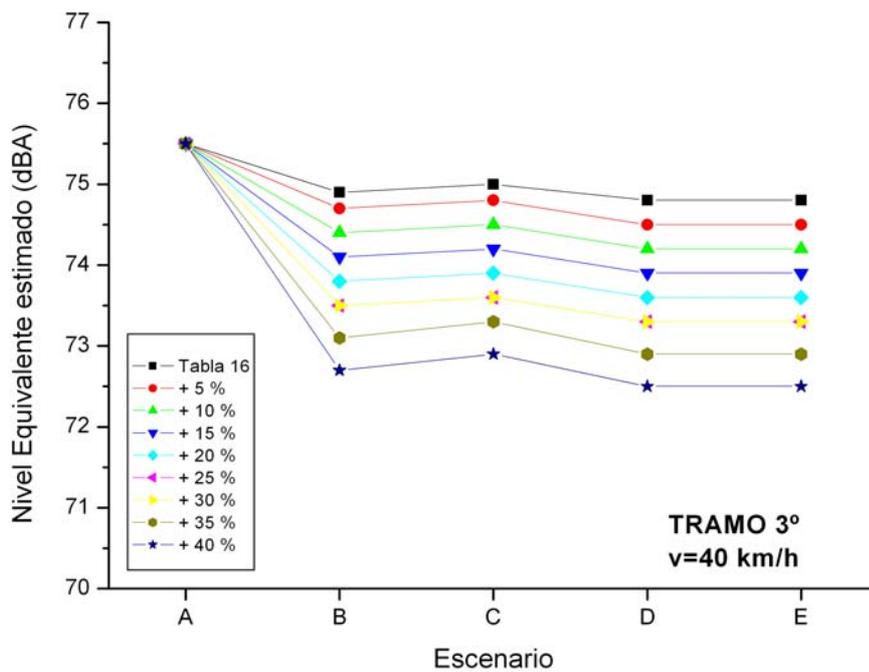
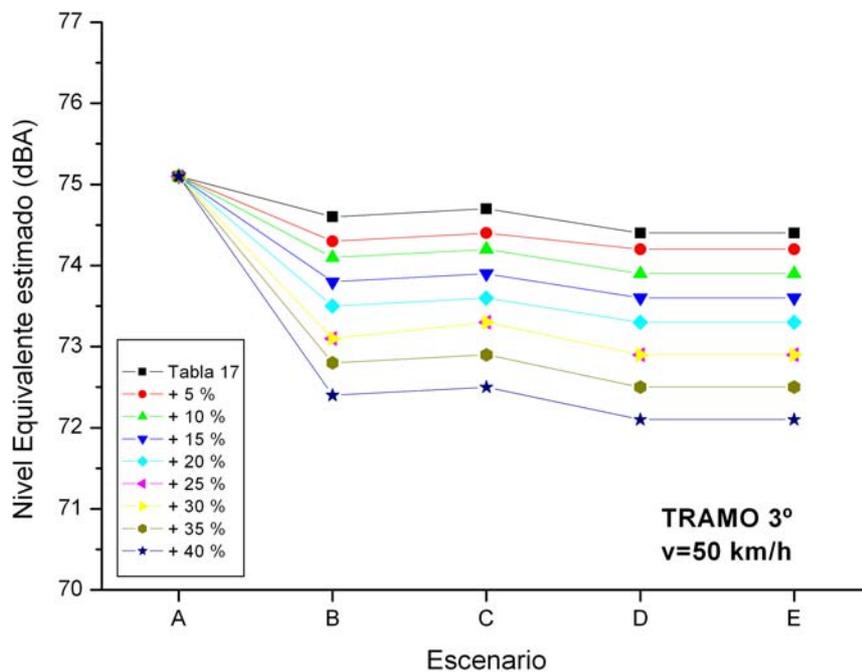


Figura 30. Predicción de niveles sonoros aumentando la reducción de la IMD expresada en la Tabla 39 en cada escenario el porcentaje indicado. V=50 km/h.



Considerando este nivel de reducción de tráfico, la predicción para el caso de las zonas abiertas del tramo, tales como cruces, parques o Río Genil, nos da los siguientes resultados:

Tabla 40. Predicción para las ZONAS ABIERTAS con una reducción óptima del tráfico (IMD).

Escenarios	Reducción IMD (%)	30 km/h	40 km/h	50 km/h
		L _{eq} Total	L _{eq} Total	L _{eq} Total
A	0	75,6	74,4	74,1
B	52	72,9	71,7	71,3
C	50	73,0	71,8	71,5
D	55	72,6	71,4	71,1
E	55	72,6	71,4	71,1

2.2.7.2. Predicción de niveles sonoros: sobre la hipótesis de reducción de la IMD en proporción equivalente a la reducción superficial de carriles para el tráfico rodado.

Finalmente, el modelo francés aplicado a cada uno de los tramos considerados y según las características de los distintos escenarios presentados ofrece los siguientes resultados para el nivel equivalente:

Tabla 41. Predicción para el TRAMO 1° en función de la velocidad.

TRAMO 1°: AVDA DEL SUR Y GABRIEL MIRO 608 m				
Escenarios	Reducción IMD (%)	30 km/h	40 km/h	50 km/h
		L _{eq} Total	L _{eq} Total	L _{eq} Total
A	0	76,2	75,0	74,7
B	50	73,2	72,0	71,6
C	34,54	74,4	73,2	72,8
D	0	76,2	75,0	74,7
E	50	73,2	72,0	71,6

Tabla 42. Predicción para el TRAMO 2° en función de la velocidad.

TRAMO 2°: GABRIEL MIRO-EMPERATRIZ EUGENIA 975 m				
Escenarios	Reducción IMD (%)	30 km/h	40 km/h	50 km/h
		L _{eq} Total	L _{eq} Total	L _{eq} Total
A	0	75,6	74,4	74,1
B	50	72,6	71,4	71,1
C	0	75,6	74,4	74,1
D	0	75,6	74,4	74,1
E	50	72,6	71,4	71,1

Tabla 43. Predicción para el TRAMO 3° en función de la velocidad.

TRAMO 3°: EMPERATRIZ EUGENIA-ALHAMAR 740 m				
Escenarios	Reducción IMD (%)	30 km/h	40 km/h	50 km/h
		L _{eq} Total	L _{eq} Total	L _{eq} Total
A	0	76,7	75,5	75,1
B	50	73,7	72,5	72,1
C	25,67	75,4	74,2	73,8
D	0	76,7	75,5	75,1
E	50	73,7	72,5	72,1

Tabla 44. Predicción para el TRAMO 4° en función de la velocidad

TRAMO 4°: ALHAMAR-CRUZ DE LAGOS 780 m				
Escenarios	Reducción IMD (%)	30 km/h	40 km/h	50 km/h
		L _{eq} Total	L _{eq} Total	L _{eq} Total
A	0	75,6	74,4	74,1
B	50	72,6	71,4	71,1
C	14,74	74,9	73,7	73,4
D	0	75,6	74,4	74,1
E	50	72,6	71,4	71,1

Al representar gráficamente la reducción del nivel equivalente experimentado en cada uno de los escenarios para los diferentes tramos en función de la velocidad (figuras 31 a 33), se aprecia que la variación que experimentan los niveles sonoros son semejantes en cada tramo con independencia de la velocidad de los vehículos, apareciendo ciertos escenarios como los más aconsejables. También se aprecia que en el caso más variable, escenario C, la reducción en el tramo 2° es la menor:

Figura 31. Disminución estimada con respecto a la situación actual, escenario A, del nivel equivalente para el caso de velocidad del tráfico 30 km/h.

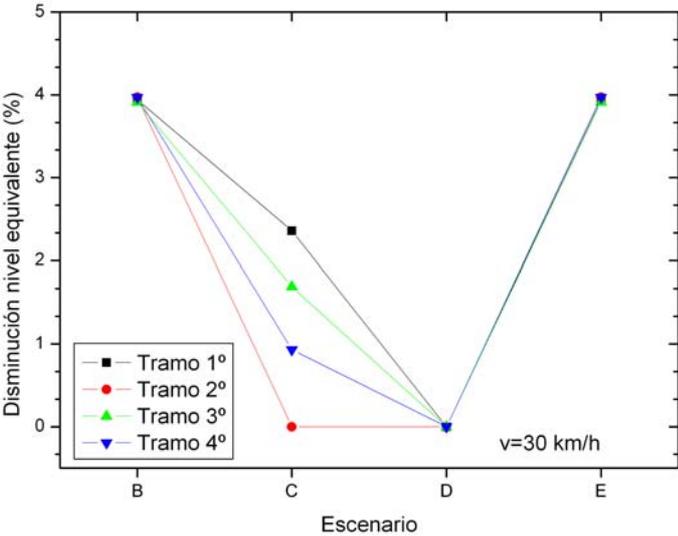


Figura 32. Disminución estimada con respecto a la situación actual, escenario A, del nivel equivalente para el caso de velocidad del tráfico 40 km/h.

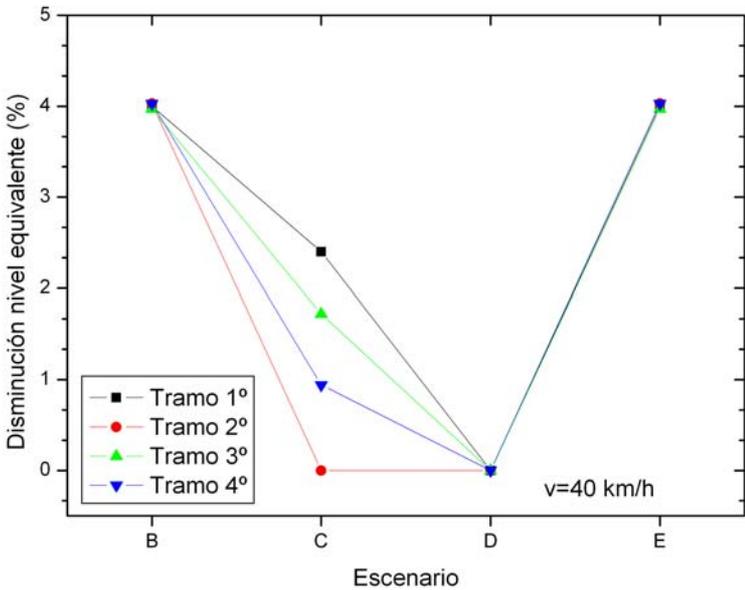
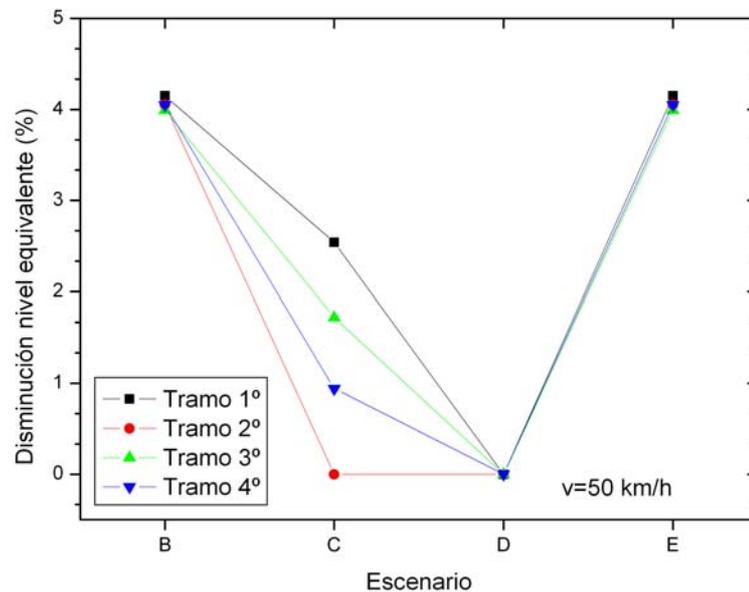


Figura 33. Disminución estimada con respecto a la situación actual, escenario A, del nivel equivalente para el caso de velocidad del tráfico 50 km/h.



A la vista de las figuras y tablas anteriores, finalmente, es posible extraer las siguientes conclusiones:

1°. El **escenario C**, HIBRIDO, reduce el nivel equivalente en los tramos considerados, aunque esta reducción es variable en el mismo sentido que lo es la reducción del tráfico. **No es la mejor alternativa** desde el punto de vista acústico. En todo caso es peor para el tramo 2° que para el resto.

2°. El **escenario D no presenta ninguna mejora ni deterioro** frente a la situación actual desde el punto de vista de los niveles sonoros ambientales.

3°. El **escenario B**, METRO EN SUPERFICIE, y el **escenario E**, METRO SUBTERRÁNEO con modificación de la circulación en superficie, tienen igual efecto sobre los niveles sonoros ambientales. La reducción del nivel equivalente en estos dos escenarios con la reducción del IMD propuesta, alcanza de media el 4%, suficiente para acercar los niveles ambientales al valor deseable de 70 dBA siendo **las mejores opciones** desde el punto de vista acústico.

2.2.8. Estimación del impacto sonoro en los diferentes escenarios: afección a la población.

Si analizamos la tipología urbana del trazado, generalmente la edificación forma calles generalmente en U, es decir, con edificaciones en ambos lados, y los ruidos generados en ellas sufren escasas pérdidas en los rebotes entre fachadas, debido al bajo coeficiente de absorción de las mismas.

Aunque las vías no son estrechas, es previsible que no más de un 10-20 % del ruido directo escape por la parte superior. Si a ello unimos el tipo de asfalto, poco drenante, vegetación existente, escasa, y densidad de población alta en todos los tramos, podemos concluir que el ruido generado no va a estar especialmente amortiguado. La limitación del caudal de tráfico

contemplado en el escenario B o la peatonalización de parte de la vía además de la limitación del caudal que incluye el escenario E, seguramente facilitará el que los niveles registrados en el futuro no sean insoportables para los habitantes de estas zonas, máxime si se mantienen más cercanos a los 70 dBA que a los 80 dBA.

Teniendo esto en cuenta, es posible valorar la influencia que tendrían los cambios propuestos en los escenarios contemplados en el nivel de ruido predicho a nivel de fachada, y como afectaría ello a la población de esa zona. Para ello se va a utilizar un índice de impacto que denominamos índice de afección por ruido (IAR) obtenido de la siguiente forma:

$$IAR = (L_{eq\ fachada} - 65) d \quad (\text{dBA hab/Ha})$$

donde $L_{eq\ fachada}$ es el nivel continuo equivalente a nivel de fachada y d la densidad media de población en la zona (habitantes/Ha).

Este índice calcula cuánto excede el nivel continuo equivalente en fachada del valor de 65 dBA multiplicado por la densidad media de habitantes afectados. Representa una dosis colectiva de ruido soportado por una comunidad en exceso del valor límite de 65 dBA. De esta forma obtenemos un valor numérico expresado en dB hab/Ha que nos ofrece una cuantificación de la afección de la población en el área en la que se efectúa esa variación del nivel sonoro.

La elección del valor de 65 dBA como valor de referencia se justifica por las indicaciones ofrecidas en las “Guías para ruido comunitario”, documento hecho público por la Organización Mundial de la Salud en 1999, que consideran que para proteger a la población de molestias serias ocasionadas por el ruido durante el día, el nivel de presión sonora en terrazas, balcones y espacios de vivienda exterior no debería exceder de 65 dBA de ruido continuo y estable (Guideline values of Guidelines for Community Noise, WHO 1999). En la comunidad científica, este límite es prácticamente considerado como el valor máximo aceptable y recomendable de nivel continuo equivalente diario. Este valor representa, asimismo, en el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica de Andalucía el número límite de nivel continuo equivalente durante el día en las zonas tolerablemente ruidosas en las que se encuadran las zonas comerciales y de oficinas. Aunque el trayecto analizado se corresponde más con una zona residencial, debido a los altos niveles sonoros medidos se ha optado por la clasificación menos restrictiva posible y más realista de acuerdo con las medidas experimentales para la zona en cuestión.

A continuación, se muestra en tablas la disminución relativa del IAR en los distintos escenarios previstos, lo cual nos informa del grado de beneficio sonoro que recibe la población en las zonas estudiadas. Dicha disminución está calculada como la diferencia en porcentaje entre el IAR en la situación actual (A) y cada uno de los escenarios estudiados.

Tabla 45. Reducción del IAR en el TRAMO 1 en función de la velocidad.

TRAMO 1°: AVDA DEL SUR Y GABRIEL MIRO. 300 hab/Ha			
Escenarios	30 km/h	40 km/h	50 km/h
	Porcentaje reducción IAR %	Porcentaje reducción IAR %	Porcentaje reducción IAR %
A	0%	0%	0%
B	28,3 %	31,9 %	33,0 %
C	6,6 %	7,5 %	7,7 %
D	0 %	0%	0%
E	28,3 %	31,9 %	33,0 %

Tabla 46. Reducción del IAR en el TRAMO 2 en función de la velocidad.

TRAMO 2°: GABRIEL MIRO-EMPERATRIZ EUGENIA 675 hab/Ha			
Escenarios	30 km/h	40 km/h	50 km/h
	Porcentaje reducción IAR %	Porcentaje reducción IAR %	Porcentaje reducción IAR %
A	0%	0%	0%
B	28,3 %	31,9 %	33,0 %
C	0%	0 %	0%
D	0 %	0%	0%
E	28,3 %	31,9 %	33,0 %

Tabla 47. Reducción del IAR en el TRAMO 3 en función de la velocidad.

TRAMO 3°: EMPERATRIZ EUGENIA-ALHAMAR 725 hab/Ha			
Escenarios	30 km/h	40 km/h	50 km/h
	Porcentaje reducción IAR %	Porcentaje reducción IAR %	Porcentaje reducción IAR %
A	0%	0%	0%
B	25,6 %	28,6 %	29,7 %
C	11,1%	12,4 %	12,9 %
D	0 %	0	0
E	25,6 %	28,6 %	29,7 %

Tabla 48. Reducción del IAR en el TRAMO 4 en función de la velocidad.

TRAMO 4°: ALHAMAR-CRUZ DE LAGOS 400 hab/Ha			
Escenarios	30 km/h	40 km/h	50 km/h
	Porcentaje reducción IAR %	Porcentaje reducción IAR %	Porcentaje reducción IAR %
A	0%	0%	0%
B	28,3 %	31,9 %	33,0 %
C	6,6 %	7,4 %	7,7 %
D	0	0	0
E	28,3 %	31,9 %	33 %

Como puede observarse en las tablas anteriores, una conclusión general es que las opciones B y E, es decir, el **Metro Ligero en Superficie (plataforma reservada)** y el **Metro Subterráneo con carril bus en superficie** son las opciones que más reducirían el impacto acústico de las vías estudiadas, alcanzando la reducción porcentajes entre el 25–33 % dependiendo del tramo considerado. El escenario híbrido C nos da índices de reducción considerablemente menores entre el 0 y 13 %, mientras que las opciones que mantienen escenarios sin cambios en el tráfico rodado como el A y el D lógicamente no registran ninguna mejora.

Apéndice 1. Índices de Valoración el Ruido

Nivel de presión sonora (L)

Se define como el logaritmo de la razón de la presión sonora medida, entre una presión de referencia, multiplicado por una constante de proporcionalidad que, si es igual a 10, da como unidad de medida los *decibelios* (dB). Su expresión es:

$$L = 10 \log \frac{p_A^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p_A}{p_0}$$

en donde

p_A = nivel de presión sonora medido instantáneamente

p_0 = presión sonora de referencia: mínima presión audible de una onda sonora a 1000 Hz.

Esta magnitud tiene gran importancia, por ser la que proporcionan instantáneamente los sonómetros.

Nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq})

Es el nivel en dB de un ruido constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado durante un período de tiempo T. Salvo que se indique lo contrario, se sobreentiende la red de ponderación frecuencial A, que es básicamente un parámetro que da más peso a los ruidos de frecuencias más molesta para el oído humano. Es un nivel sonoro promediado en el tiempo y se suele abreviar *nivel equivalente*. Es una cantidad que se mide directamente con un *sonómetro integrador* o se estima a partir de las lecturas de uno no-integrador. Se define como:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

El nivel equivalente se basa en una ponderación de tiempo uniforme, mientras que el nivel sonoro con ponderación temporal se basa sobre una *ponderación exponencial de tiempo*, que da lugar a niveles sonoros influidos fundamentalmente por los sonidos que han ocurrido más recientemente, frente a los producidos en cualquier momento durante el intervalo temporal al que se refiere el L_{eq} . Es posible aproximar la expresión anterior para medidas discretas L_i tomadas cada cierto intervalo de tiempo t_i de la siguiente forma:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_i t_i 10^{\frac{L_i}{10}} \right]$$

Es frecuente calcular el *nivel equivalente de 1 hora y de 8 horas* ($L_{eq}1h$ y $L_{eq}8h$) También se suelen calcular otras variaciones de este índice.

En concreto, la nueva regulación europea, nacional y autonómica aconseja la estimación del nivel equivalente de 24 horas, ya sea mediante medida directa o estimación a partir de los niveles equivalente mañana, tarde y noche incluyendo algún tipo de penalización durante las horas de tarde y de noche.

Nivel máximo (L_{max})

Es el máximo nivel de presión sonora registrado por el sonómetro durante el tiempo de medida y por ello se suele denominar nivel de ruido de pico. En ocasiones se emplea la ponderación frecuencial C (que prácticamente no altera los registros) indicando entonces el mayor valor absoluto de la presión sonora instantánea desde el inicio de la medición y se designa por L_{Cpk} .

Niveles percentiles

Desde el punto de vista del daño producido por el ruido es importante el nivel y el tiempo, dado que exposiciones en el trabajo a niveles mayores de los permitidos exigen tiempos de exposición menores. Por otra parte, es conveniente dar un análisis estadístico del ruido que incluya estos dos parámetros: nivel y tiempo. Para ello se introducen los *niveles porcentuales o percentiles*, que suelen emplearse, aunque no de forma exclusiva, como índices de valoración del *Ruido de Tráfico de vehículos automóviles*.

Nivel L_{10}

Es el nivel sonoro en dBA que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de observación. Describiría el *nivel de pico* de ruido (no debe ser confundido con L_{max})

Nivel L_{50} o nivel medio

Es el nivel sonoro en dBA que se sobrepasa durante el 50% del tiempo de observación. Es una descripción del *ruido medio*. Es posible calcular el nivel equivalente (L_{eq}) a partir del nivel medio, siempre que se conozca la dispersión de los niveles y la distribución resultante sea gaussiana, mediante la siguiente ecuación:

$$L_{eq} = L_{50} + 0.115\sigma^2$$

donde σ es la desviación típica de la distribución.

Nivel L_{90}

Es el nivel sonoro en dBA que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de observación. Así definido, proporcionaría el *ruido de fondo*.

Apéndice 2. Variables del ruido en medio urbano originado por el tráfico.

Una vez establecido que el principal factor del ruido en nuestras ciudades es, de forma general, el ruido de tráfico, es importante evaluar los distintos factores que influyen en los niveles de ruido medidos. Para ello se ha procedido a predecir el nivel de ruido usando el modelo NMPB-Routes-96 que arroja como resultado el nivel continuo equivalente en función de las distintas variables involucradas en el problema. Antes de mostrar los resultados obtenidos analicemos las variables que van a influir en los resultados.

En primer lugar, la producción de ruido por parte del tráfico rodado depende fundamentalmente del volumen de tráfico (expresado normalmente como la intensidad media horaria IMH ó diaria IMD - número de vehículos que transitan en la vía por cada hora o por día). En la mayor parte de los modelos, el impacto del volumen de tráfico en el nivel sonoro responde a una expresión logarítmica que involucra principalmente la IMH y que permite obtener el nivel equivalente básico. Este nivel equivalente básico se ve incrementado por otros factores que pueden significar incrementos de hasta el 30 % del nivel básico anterior. Estas nuevas variables que contribuyen a incrementar el ya de por sí elevado ruido de tráfico que soportan nuestras ciudades, son las siguientes:

1. Cuando el **caudal de vehículos es bajo**, éstos pueden considerarse como fuentes sonoras puntuales, en las cuales la relación entre intensidad sonora y la distancia es de tipo cuadrático, es decir, al doblar la distancia del receptor u oyente, disminuye en 6 dB el nivel sonoro. Sin embargo, debido a la **alta densidad de vehículos**, éstos no pueden ser tratados como individualidades y por lo tanto no se comportan como una fuente sonora puntual, siendo la relación entre intensidad sonora y distancia de tipo lineal-cuadrático. Ello quiere decir que al doblar la distancia el nivel sonoro no disminuye en 6 dB como antes, sino entre 3 y 6 dB, por lo que se produce un aumento importante en el receptor.
2. Los vehículos circulan por **pavimentos asfaltados**, adoquinados, etc., muy reflejantes del sonido. De esta forma, podemos decir que el tipo de pavimento influye muy significativamente en el nivel sonoro, y por ejemplo, en el caso límite de la carretera se comportara como un espejo sonoro, en una dirección determinada desde la carretera hacia un edificio, viaja el doble de la intensidad y por lo tanto el nivel será 6 dB mayor. Por ello interesará que el plano horizontal sea absorbente, tanto el asfaltado como los márgenes, aceras, etc.
3. Dentro de la **topografía urbana**, el ruido generado por el tráfico se encuentra encerrado entre los muros de los edificios que delimitan la vía de circulación. Muchas reflexiones se dirigen a los edificios próximos y la energía que no absorben las fachadas sale reflejada para ir hacia las vecinas, donde vuelven a reflejarse en una sucesión infinita. Al final, se constata que manteniendo constante la densidad de tráfico, cuanto más ancha sea una calle tanto más disminuye el nivel de ruido, y cuanto más altas sean las fachadas de sus edificios, tanto menor será esta disminución.
4. Otros factores como la **pendiente de la calzada** son importantes en el caso de que la presencia de vehículos pesados sea significativa. Por ello los modelos incluyen también correcciones en función del porcentaje de vehículos pesados y de la pendiente de la calzada. La **influencia de la velocidad**, por otra parte, no es significativa en media en el caso del tráfico urbano, ya que cuando las velocidades de los vehículos son bajas (utilización de marchas cortas), los niveles de ruido son prácticamente independientes de la velocidad.

Teniendo en cuenta todos estos factores, se ha aplicado el modelo francés para la predicción de niveles sonoros en las vías significativas en este estudio. A partir de los datos medidos experimentalmente en las distintas vías se ha procedido en primer lugar a comprobar la bondad del modelo elegido.

Apéndice 3. Comentarios sobre el impacto sonoro del metro ligero en los diferentes escenarios.

Aunque una estimación del impacto sonoro del metro ligero mediante modelos de predicción necesitaría una cierta cantidad de información no disponible actualmente, si se pueden realizar afirmaciones generales bastante correctas sobre la cantidad y el tipo de afección sonora esperable por el metro ligero.

La causa principal del ruido es el rozamiento entre los raíles y las ruedas, debido al contacto acero-acero. Las otras fuentes de ruido como compresores, sistemas de ventilación, etc son de mucha menor importancia. Mención aparte merecen las vibraciones, principalmente de baja frecuencia, que pueden transmitirse desde los vagones hasta los edificios cercanos. En cualquier caso, la rugosidad del contacto ruedas-raíl y el tipo de unión de los raíles con el pavimento es vital a la hora de determinar el impacto sonoro producido por el metro ligero.

Resultados de medidas experimentales y de modelos predictivos ensayados en diferentes circunstancias (“Prediction of noise from trams”, J Mandula et al., Applied Acoustics, 63 (2002), 373-389, “Noise emisión of Light-Rail Vehicles”, H.Leeuwen, Proc. Euronoise 2003) arrojan las siguientes conclusiones:

- Raíles sobre asfalto u hormigón pueden producir a 25 m niveles de exposición sonora (1 segundo) de hasta 83 dBA.
- Raíles con silenciadores en balasto, pueden producir hasta 78 dBA de nivel de exposición sonora.
- En promedio, el nivel de exposición sonora de un metro ligero a 25 m es de 78 dBA.

Traducido a niveles continuos equivalentes (niveles medios), podemos afirmar lo siguiente:

- En promedio, la emisión del metro ligero es comparable a la producida por 11 vehículos.
- El impacto en valores medios en las vías analizadas sería despreciable, habida cuenta de los elevados valores de ruido ambiental medidos en las diferentes vías.
- La principal afección podría producirse en los niveles máximos o de pico en condiciones de deficiente mantenimiento del contacto raíles-ruedas.
- La inclusión de los niveles de emisión del metro en los escenarios del apartado anterior supone un incremento del IAR menor del **1 %**.

En definitiva, con unas buenas condiciones de instalación y de trazado, no es de esperar que el metro ligero suponga ninguna afección sonora significativa. Para lograr un impacto mínimo es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Optimización de la forma del raíl y de las ruedas para reducir el contacto entre ambos elementos.
- Uso de materiales amortiguadores entre el raíl y el suelo, para amortiguar las vibraciones.
- Adecuada construcción y trazado de la forma de la vía.
- Uso de frenos con sistema antibloqueo y antirruído para reducir la fricción con los raíles.

3. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA INCIDENCIA AMBIENTAL DE LOS ESCENARIOS.

A continuación, tras haber formulado en el primer apartado las pautas metodológicas (definición de escenarios y diseño de indicadores) y haber desarrollado en el segundo, sendos informes sobre la calidad del aire (ruido y contaminación), es oportuno abordar la comparación de escenarios aplicando ya los indicadores diseñados y recopilados. Así, este análisis muestra tanto los valores absolutos y relativos (porcentuales) de los indicadores por escenarios, (tablas 49 y 50) como sobre todo las dinámicas relativas, positivas o negativas de los indicadores, en función de los escenarios a examen (tabla 51, figuras 34 y 35).

Como se estableció al principio, esta comparación relativa de los escenarios se hace sobre la hipótesis de captación de la demanda, que supone una reducción equivalente del tráfico rodado (IMD, 2000). Las hipótesis generales de reducción del tráfico en función de la demanda de viajeros que logra captar cada escenario de Metro Ligero, se apoyan en diversos estudios relacionados con el Estudio Informativo y Anteproyecto del Metro Ligero de Granada (Ayesa-Junta de Andalucía, 2000, 2002, 2003).

Esto significa, que la mayoría de los indicadores que, por supuesto, están mediatizados en sus valores por las secciones propuestas, son dependientes de la hipótesis asumida, salvo en el caso de la superficie verde y peatonal, que sería independiente de la captación de la demanda y dependiente del dibujo de las secciones propuestas. También inciden en los resultados obtenidos y en la posibilidad de aplicación de los escenarios los estándares utilizados para el consumo de energía, la congestión, el ruido, o la emisión de contaminantes.

Asimismo, se recuerda que cada escenario se corresponde con las secciones tipo dibujadas, todas ellas encajadas en una sección de 24m. (la zona más estrecha del Cno. de Ronda) correspondiente a la situación actual en el tramo 3º del Cno. de Ronda comprendido entre Recogidas y Alhamar; y también, que la cifra base sobre la que estimar las variaciones (positivas o negativas) de los indicadores será siempre la del escenario A ó “situación actual”.

El análisis comparativo con base en los indicadores permite hacer una valoración de las alternativas o tendencias que supondría cada escenarios en función de su incidencia sobre criterios esenciales en las relaciones entre movilidad y medio ambiente urbano: a) la calidad ambiental del aire; b) la eficiencia en la utilización de recursos; c) la integración urbana); y d) la afección al tráfico. Estos criterios son desglosados en 8 indicadores (2 dos por criterio) que sirven para confrontar los escenarios en las tablas y figuras que siguen.

Tabla 49. Indicadores de evaluación ambiental de los escenarios sobre la hipótesis de captación de la demanda. Valores absolutos.

ESCENARIOS	Ruido	Aire	EficienciaSuelo	Energía	Verde+Peatonal	Efecto Barrera	Congestión	Afección Cap.Viaria
SituaciónActual	76,70	52,00	1,12	507,07	20.135,00	2,20	0,93	49.648,00
MetroLigeroSuperf	76,10	45,76	1,42	446,22	26.528,00	0,93	2,04	21.721,00
Híbrido+Antepro	76,20	41,84	0,98	456,37	25.568,00	1,66	0,94	40.378,00
Subterráneo+Actual	76,00	35,00	0,80	431,01	22.055,60	1,87	0,79	49.648,00
Subterráneo+Bus+Bici	76,00	35,00	1,16	431,01	28.862,00	0,85	1,97	20.169,00

Tabla 50. Indicadores de evaluación ambiental de los escenarios sobre la hipótesis de captación de la demanda. Valores relativos.

ESCENARIOS	Ruido	Aire	EficienciaSuelo	Energía	Verde+Peatonal	Efecto Barrera	Congestión	Afección Cap.Viaria
SituaciónActual	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
MetroLigeroSuperf	99,21	88,00	126,78	87,99	131,75	42,27	219,35	43,75
Híbrido+Antepro	99,34	80,46	87,50	90,00	126,98	75,45	101,07	81,32
Subterráneo+Actual	99,08	67,30	71,42	85,00	109,53	85,00	84,94	100,00
Subterráneo+Bus+Bici	99,08	67,30	103,57	85,00	143,34	38,63	211,82	40,62

Tabla 51. Evaluación ambiental de los escenarios sobre la hipótesis de captación de la demanda. Dinámicas positiva y negativas de los indicadores.

ESCENARIOS	Ruido	Aire	EficienciaSuelo	Energía	Verde+Peatonal	Efecto Barrera	Congestión	Afección Cap.Viaria
SituaciónActual	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MetroLigeroSuperf	0,79	12,00	26,78	12,01	31,75	57,72	-119,35	-56,25
Híbrido+Antepro	0,66	19,54	-12,50	10,00	26,98	24,54	-1,07	-18,68
Subterráneo+Actual	0,92	32,70	-28,58	15,00	9,53	15,00	15,06	0,00
Subterráneo+Bus+Bici	0,92	32,70	3,57	15,00	43,34	61,36	-111,82	-59,38

Figura 34. Comparación relativa de los indicadores según escenarios sobre la hipótesis de captación de la demanda.

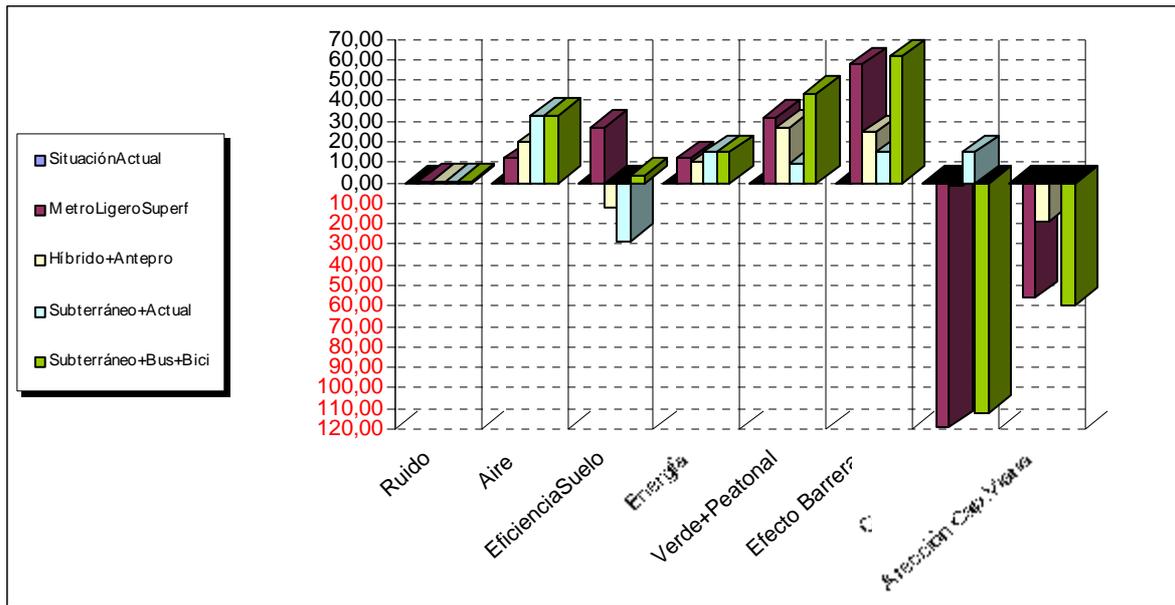
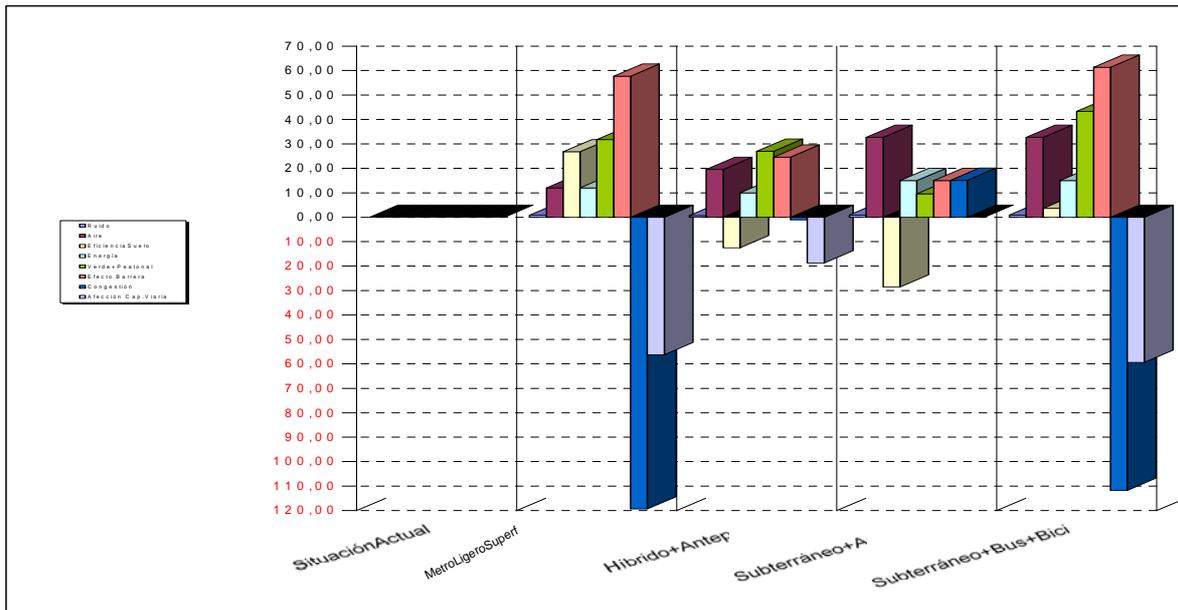


Figura 35. Comparación relativa de los escenarios sobre la hipótesis de captación de la demanda.



3.2. Análisis comparativo de resultados.

Haciendo un análisis comparativo de los criterios e indicadores aplicados a los escenarios propuestos, sobre la hipótesis de reducción del tráfico (IMD) en función de la captación de la demanda, las observaciones más relevantes, a nuestro juicio, serían:

- **Respecto al ruido**, apenas si hay diferencia entre los escenarios, ya que la situación actual está en 76,7 decibelios (nivel continuo equivalente) y el escenario E, el más favorable al respecto, está en 76, lo que no significa un cambio apreciable en la percepción y tolerancia del ruido.
- **Respecto a la contaminación atmosférica**, los dos escenarios “subterráneos, el D, manteniendo la situación actual en superficie, y el E, renovando la sección superficial urbana (bus, acerado, bici), presentan el valor más bajo de contaminación, con 35 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ambos escenarios, dada su mayor reducción del tráfico al habersele asignado una hipótesis de captación de la demanda de viajeros del 15%.
- **Respecto a la eficiencia superficial modal** el escenario con un indicador más positivo sería el B, o sea, Metro Ligero en Superficie con plataforma reservada, que transportaría 1,42 viajerosdía/ m^2 lo que supone un incremento relativo del 26,78 % respecto a la situación actual. El segundo mejor escenario sería el E, con un incremento del 3,57% (1,16 viajero día/ m^2).. En sentido contrario, los escenarios C (híbrido) y D (subterráneo +situación actual) presentan valores negativa, con disminuciones respecto a la situación actual, del 12,50 % y del 28,58 %, respectivamente.
- **Respecto al consumo de energía**, lógicamente, al reducirse el tráfico, en todos los casos también disminuye el consumo de energía debido a la movilidad, siendo los dos escenarios subterráneos en los que más disminuye el consumo de energía (un 15 % en ambos casos).
- **Respecto a la superficie de verde urbano y peatonal** (incluyendo la estancial por paradas y estaciones del metro ligero), destaca de forma clara sobre los demás el escenario E (+43,34%), que supone una mayor renovación de la sección urbana a favor del peatón y de la calidad ambiental (verde), así en este escenario se pasaría de los 20.135 m^2 que hay en la actualidad a 28.682 m^2 . El segundo mejor escenario sería, el B, metro ligero en superficie, con 26.528 m^2 (+31,75%).
- **Respecto al efecto barrera**, en este caso, como en el indicador anterior, las opciones que más mejoran la integración urbana de la movilidad, serían la B (en superficie), que reduce el citado efecto un 57, 42 % respecto a la situación actual, y la E, que lo hace en un 61,36%. La opción que menos contribuiría a reducir el efecto barrera sería la D (subterráneo+situación actual), que lo hace sólo en un 15%.
- **Respecto a la congestión**, el único escenario que arroja en la relación entre intensidad de tráfico y capacidad viaria, sería el Subterráneo que mantiene la sección actual en superficie, con un ratio de 0,79 frente al 0,94 de la situación actual. Los escenarios más negativos serían el B (metro ligero en superficie) y el E (subterráneo+bus-bici-peatón), en ambos casos se desbordaría con mucho la capacidad de la vía, ya que presentan, respectivamente, cocientes de 2,04 y 1,97.

- **Respecto a la afección sobre la capacidad viaria**, el escenario que hace disminuir más la calzada, superficie viaria para el tráfico rodado, es el E, que lo haría en un 59,38%, seguido de cerca, por el B, Metro Ligero en Superficie, donde disminuiría en 56,25%. Mientras que el escenario D (subterráneo+situación actual), no afectaría y el C (híbrido) reducirá la superficie de calzada para el tráfico rodado en un 18,68%.

4. CONCLUSIONES FINALES

1º. La comparación final de escenarios no es determinante respecto a las posibilidades que ofrece cada opción, más bien es un modelo de valoración tendencial del medio ambiente urbano en función de que se acentúen, más o menos, determinadas posibilidades (restricción, al tráfico, coordinación del transporte público, dotación de espacios libres, ...). En este sentido, la posibilidad de contrastar las hipótesis y los estándares asumidos mediante trabajos más complejos y empíricos serviría para calibrar mejor las tendencias de cada escenario. De lo anterior se deriva la necesidad de implantar y desarrollar lo antes posible un observatorio o sistema de indicadores del transporte público en la aglomeración urbana de Granada, con una perspectiva amplia, que sirva para ayudar a la gestión de la movilidad urbana, incidiendo también en la planificación urbanística.

2º. El análisis de los diversos indicadores, a pesar de sus limitaciones, apunta con suficiente claridad que la regeneración ambiental y urbana del Cno. de Ronda tras la implantación del metro ligero, bien sea en alguno de los escenarios planteados, o bien en cualquier otro posible (parecido), no será apreciable si no se adopta una estrategia global urbana que ponga en relación la gestión de la movilidad y el modelo de ciudad, mediante la consecución progresiva y tangible de los criterios aquí evaluados de: calidad ambiental del aire, integración urbana, espacios libres e interacciones con el tráfico.

3º. Las ventajas o inconvenientes de los escenarios dependerán también de la ponderación que se haga, en el tiempo y en el espacio, de los indicadores contrastados. Así, según a qué, cómo y cuánto, de prioridad la planificación urbanística y de la movilidad tendría más sentido uno u otro escenario.

4º. El ruido es uno de los aspectos ambientales que más preocupan a los ciudadanos andaluces como lo indica el último *Ecobarómetro* hecho público por la Consejería de Medio Ambiente en 2002, ya que los ciudadanos al valorar la situación del medio ambiente en su localidad destacan como principal problema, el ruido con un 40,6%, seguido de la suciedad de las calles (32,5%) y la falta de zonas verdes (31%). Si a esta situación general unimos dos hechos, que la situación particular de la ciudad de Granada, como una de las más ruidosas de nuestro entorno regional, y que el tráfico como pone de manifiesto este apartado es el principal causante del ruido, queda clara la importancia capital de actuar sobre la movilidad y el modelo de ciudad para mejorar sensiblemente este aspecto ambiental.

5º. Ahondando en lo anterior, los análisis sobre la calidad del aire han puesto de manifiesto que los escenarios D y E (ambos subterráneos) son los que más contribuirían a mejorar este aspecto ambiental, pero sólo a partir de una reducción importante del tráfico, superior al 40 o incluso el 50 %, lo que entonces posibilitaría aproximarse a los niveles sonoros y de contaminación, más o menos satisfactorios, según lo que marcan las directrices normativas europeas, nacionales locales.

6º. La consecución de una cierta calidad ambiental no depende tanto de una opción subterránea o una contraria superficial, sino más bien de cómo se proyecte de forma integral la sección urbana o escenario, en cada caso. Así, a veces hay un cierto paralelismo entre los escenarios B (metro ligero en superficie) y E (metro ligero subterráneo +bus-bici-peatón), ya que ambos escenarios, sobre todo el segundo significaría una mayor renovación del medio ambiente urbano.

7º. Los escenarios B (metro ligero en superficie) y E (metro ligero subterráneo +bus-bici-peatón), que suponen una mayor modificación de la sección urbana, presentan buenos resultados en bastantes indicadores, sin embargo, son también los que presentan mayores inconvenientes para el tráfico, ya que con las hipótesis de captación de la demanda previstas, no tendrían capacidad suficiente para asumir el tráfico actual, que se vería abocado previsiblemente a una importante congestión. Esta circunstancia no inhabilita, a nuestro juicio, a estas opciones, sino que las potenciaría más bien, al sugerir la necesidad de reducir, restringir y reasignar itinerarios y tráfico si verdaderamente se quiere conseguir un transporte público eficiente, ambiental y logísticamente.

8º. Si la comparación de escenarios sugiere, por tanto, que la calidad ambiental dependerá en buena medida de aquel escenario que incida más en la organización física de la ciudad, parece lógico pensar que el escenario E (subterráneo+bus-bici-peatón) es el que ofrece más ventajas y posibilidades: conjugación urbanística en superficie, mayor diversidad de modos de movilidad, mayor eficiencia superficial y mayor fiabilidad del metro ligero subterráneo. Consiguientemente, este escenario podría contribuir progresivamente, con una adecuada gestión complementaria de la movilidad, a una más intensa regeneración del medio ambiente urbano, ya que estratégicamente permite muchas más opciones para una gestión integral de la movilidad y la calidad ambiental.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

(CE) van Essen, H, Bello, O., Dings, J., y van den Brink, R. (2003). “To shift or not to shift, that’s the question: The environmental performance of freight and passenger transport modes in the light of policy making”. Delft CE. Holanda.

Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. (2000). “Informe de Medio Ambiente 2000”. Sevilla.

De la Hoz, C y Pozueta, J. (1989): “Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras urbanas”. Comunidad de Madrid (Recogido en Manchón, L.F. y Santamera, J.A, 2000).

Rubio, J. (1993): “Carreteras Urbanas”. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de septiembre sobre Evaluación y Gestión de la Calidad del Aire Ambiente

Directiva 1999/30/CE relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente

EGMASA (1998). “Estudio Piloto de la Contaminación Atmosférica en Granada”. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. No publicado.

Hernández del Águila, Cifuentes Vélez, E., Juárez Alcázar, E., López Galán, J.S., López Gómez, J., y Morales Bailón, B.E. (2003). “La Agenda 21 Local de Granada: Pensar y participar en la construcción de una ciudad más sostenible”. Ayuntamiento de Granada, Delegación de Medio Ambiente, Salud y Consumo. Granada.

Hickman, A.J. (1999): “Methodology for calculating transport emissions and energy consumption”. Transport Research Laboratory.

(INFRAS) Maibach, M., Schenkel, P., Peter, D., y Gehrig, S. (1997). „Environmental indicators in transport: Measures for ecological comparisons between various means of transports”. Infrass. Zurich. Suiza.

Instituto de Estudios Sociales de Andalucía.(2003), “Ecobarómetro 2003”. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Sevilla.

Leeuwen, H.(2003): “Noise emisión of Light-Rail Vehicles”, Proc. Euronoise 2003.

Ley 7/1994 de Protección Ambiental de Andalucía

Mandula, J. et al. (2002): “Prediction of noise from trams”. Applied Acoustics, 63 (2002), 373-389.

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



C.2. LA SECCIÓN COMPUESTA DEL CAMINO DE RONDA.

C.3. LA CIRCULACIÓN TRANSVERSAL.

C.4. EL NUEVO PASEO DE LA VIRGEN.

- C.2-. LA SECCIÓN COMPUESTA DEL CAMINO DE RONDA.
- C.3-. LA CIRCULACIÓN TRANSVERSAL.
- C.4-. UN NUEVO PASEO DE LA VIRGEN EN C. DE RONDA.

En el plano C.2.1 se representan las anchuras del Camino de Ronda, oscilando, a veces en tramos muy cortos, entre 24 y 38 metros. Sólo este dato orienta a estudiar con sumo cuidado la gestión circulatoria de esta calle; pero si atendemos al plano C.2.0 que evidencia la grandísima concentración en su entorno de población y actividades económicas- se ha hecho un esfuerzo importante para sintetizar esta información, habiéndose contado con datos proporcionados por el Ayuntamiento de Granada y la Cámara de Comercio-, puede verse que esta fuerte frontalidad de la ciudad al Oeste, en el Camino de Ronda, cuenta con otras dos calles paralelas y próximas, Arabial y Pedro A. de Alarcón, distantes tan sólo 180 metros, y que las tres calles deben ser consideradas en conjunto, unitariamente. Así, se presentan las anchuras sumadas de las tres calles próximas como si de una sola se tratase, pudiendo observarse una banda de variación de tal anchura entre 50 y 80 metros.

Resulta evidente que la capacidad del eje norte-sur está condicionada por sus secciones más estrechas y que el número total de carriles de circulación podría ser el de los que se puedan encajar en aquellas secciones más estrechas, las de 50 metros, pudiendo variar longitudinalmente a lo largo de los diversos tramos de una calle pero manteniéndose constante, cuando consideramos las tres calles, en número de 4 en cada sentido, véase plano C.2.2; añadiéndose a las anchuras destinadas a la circulación cuando la sección total es más ancha que la mínima, las destinadas a aceras, mediana separadora entre circulaciones de diferente sentido en una misma calle, los espacios de aparcamientos de rotación y ligados a la residencia, en horas nocturnas y festivos, carga y descarga, paradas de taxis y de autobuses.....

Ello supone una capacidad de unos 7000 vehículos/hora, es decir, alrededor de 10000 personas/hora en ambos sentidos; a grandes rasgos, podría decirse que los automóviles conducirán, a sección llena, una cifra de viajeros del orden de la que viajará en el metro ligero.

El plano C.4 lleva al extremo polémico este argumento de la sección conjunta, apoyándose en el hecho de que las secciones de Camino de Ronda y Arabial coinciden, en sus secciones más anchas, en el tramo comprendido entre Obispo Hurtado y Virgen Blanca, lo que nos hace proponer- entiéndase bien, como idea provocadora pero posible- un nuevo Paseo de la Virgen- todas sus dimensiones son similares al de las Angustias, entre Puerta Real y el Salón, como antesala del parque García Lorca al Oeste y como arranque de las calles que conducen, hacia el este, a las plazas y a los monumentos del centro.

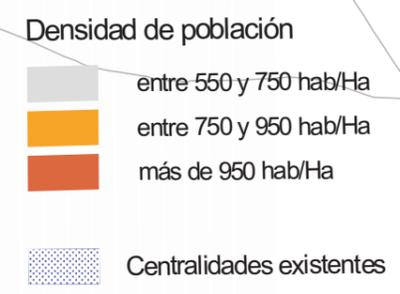
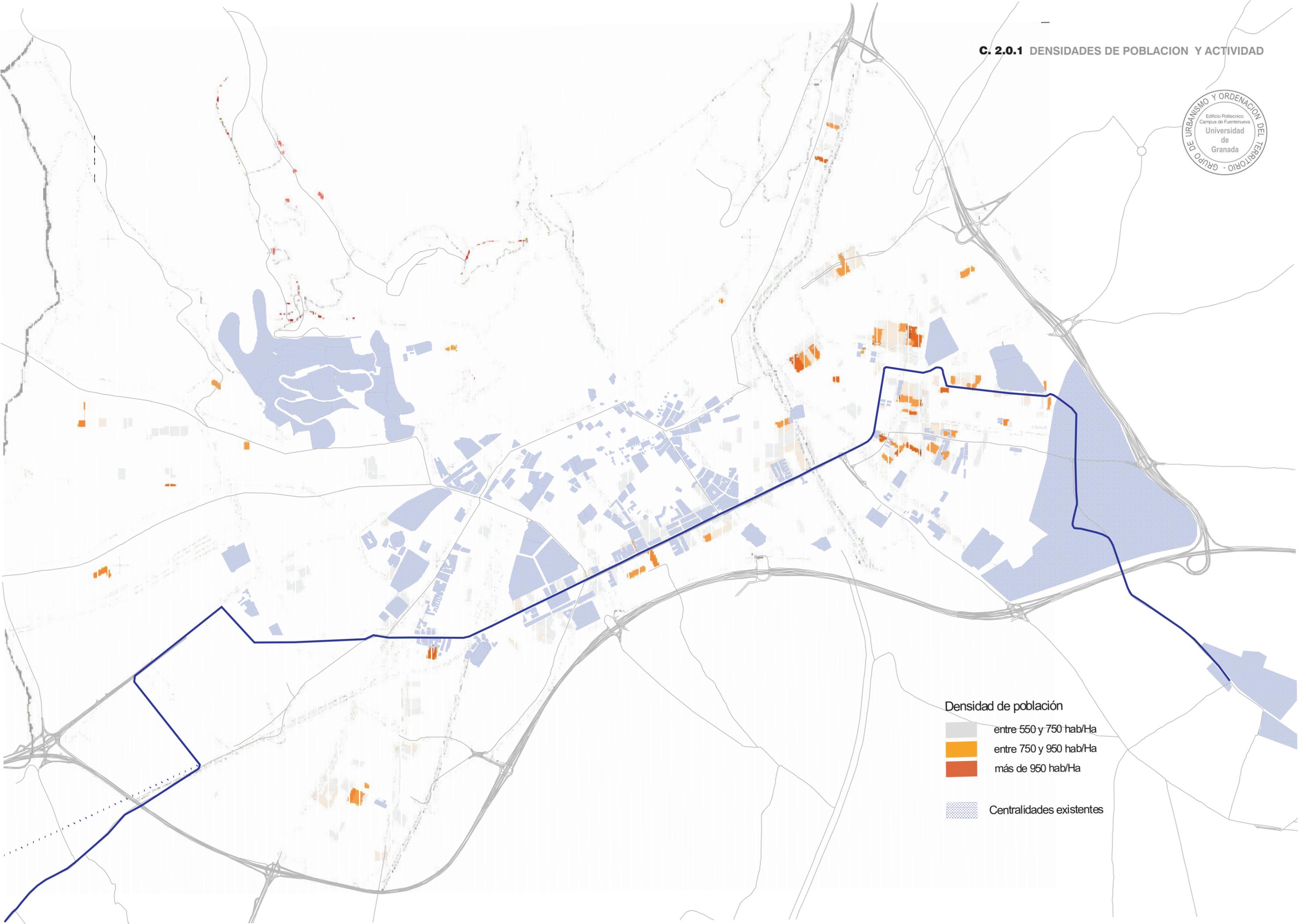
Por otra parte resulta muy sugerente, en este ámbito de razonamiento, atender a ciertos estrangulamientos que tiene la red viaria de Granada en el entorno del eje central y cuya solución mejoraría notablemente la eficiencia de dicho eje; las acciones correctoras se apuntan detalladamente en el plano 2.3 y casi todas ellas están recogidas por el PGOU de Granada: Se trataría de darles prioridad y ligarlas como inversiones paralelas a la construcción del metro ligero. Incluso podrían formar parte de un bloque de obras previo a dicha construcción, que disminuirían notablemente las molestias de las obras del metro ligero, ganando, así, un tiempo de espera para una más cuidadosa redacción del proyecto constructivo- análisis geotécnicos si ha de haber tramos soterrados....- de la primera línea metropolitana.

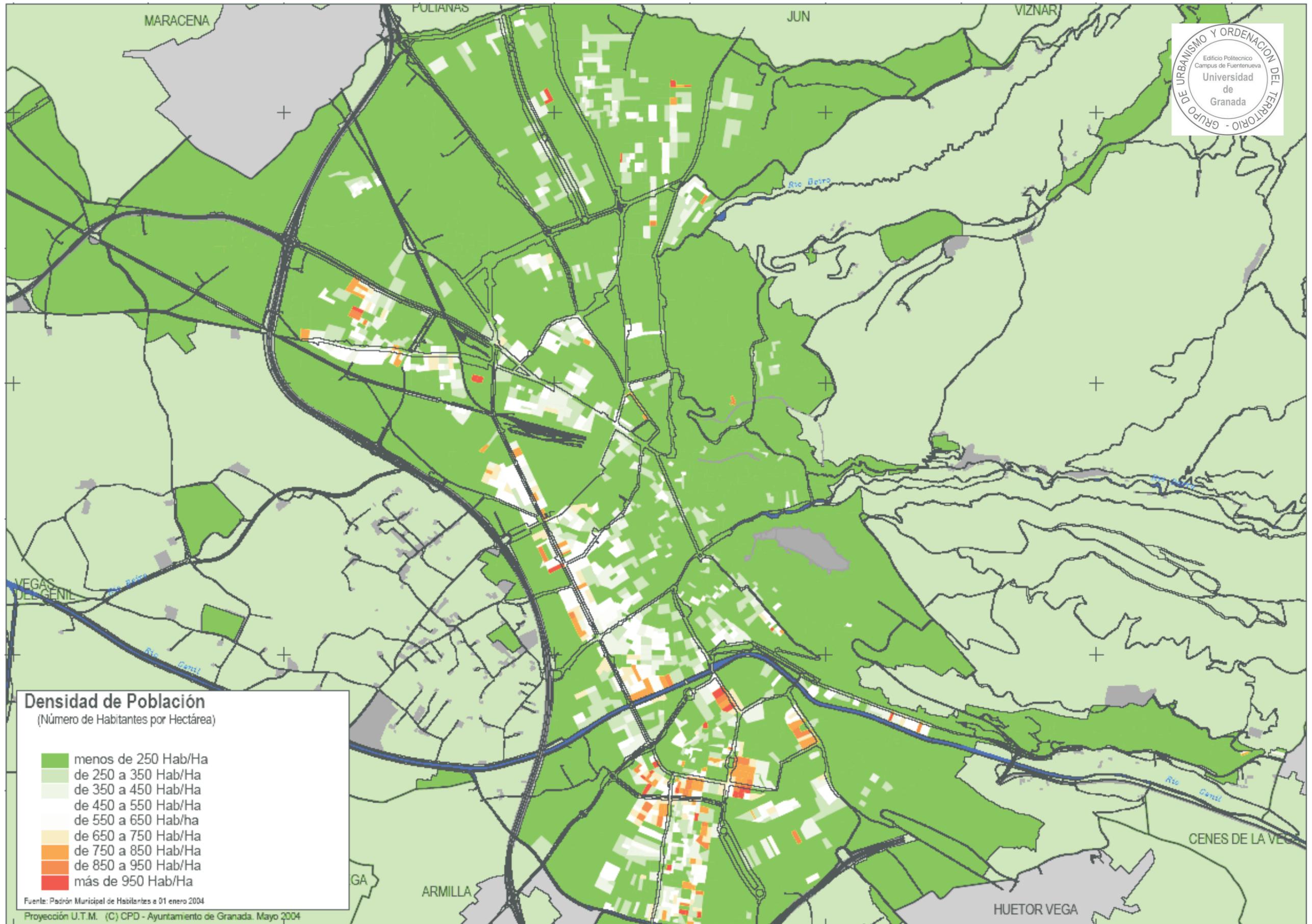
Los planos C.3.1 y C.3.2 describen los flujos transversales a la dirección norte-sur, con sus sentidos de circulación y sus giros, minimizando los giros a la izquierda para no afectar demasiado a la capacidad; es evidente que todos los viajes con origen o destino el centro de Granada, que atraviesan alguna o las tres calles del eje, interfieren con los flujos longitudinales. Esta interferencia puede resolverse repartiendo el tiempo verde de los ciclos semafóricos entre las dos corrientes de tráfico, dando preferencia, constante o variable, según las horas, a unos u otros sentidos y direcciones de circulación.

En cualquier caso, es innegable la importancia de este argumento respecto al impacto de la opción de metro ligero superficial en la accesibilidad general de la ciudad, toda vez que o se resta tiempo de verde al metro ligero para que circulen los movimientos transversales o se les reduce el tiempo a estos, de manera que no se puede olvidar este conflicto en la toma de decisiones.

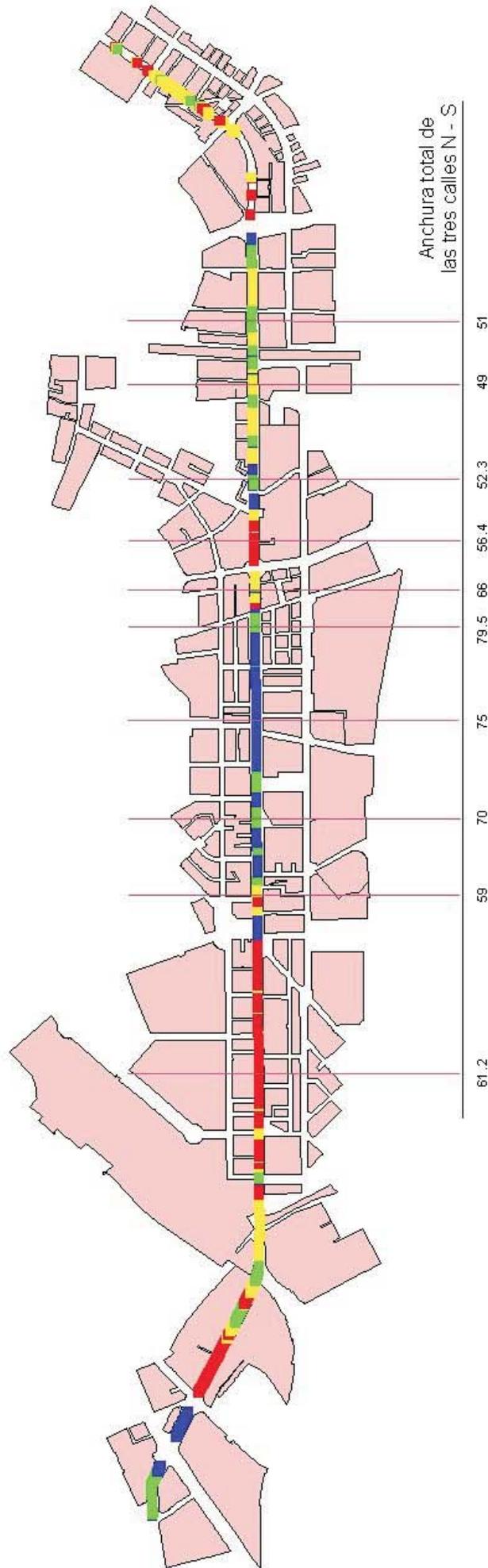
A este respecto, que la movilidad transversal y los giros, se produjesen como pasos inferiores transversales al camino de Ronda, no sería una solución adecuada a este conflicto por cuanto aumentarían considerablemente las barreras a la circulación peatonal y desvalorizarían la escena urbana.

C. 2.0.1 DENSIDADES DE POBLACION Y ACTIVIDAD

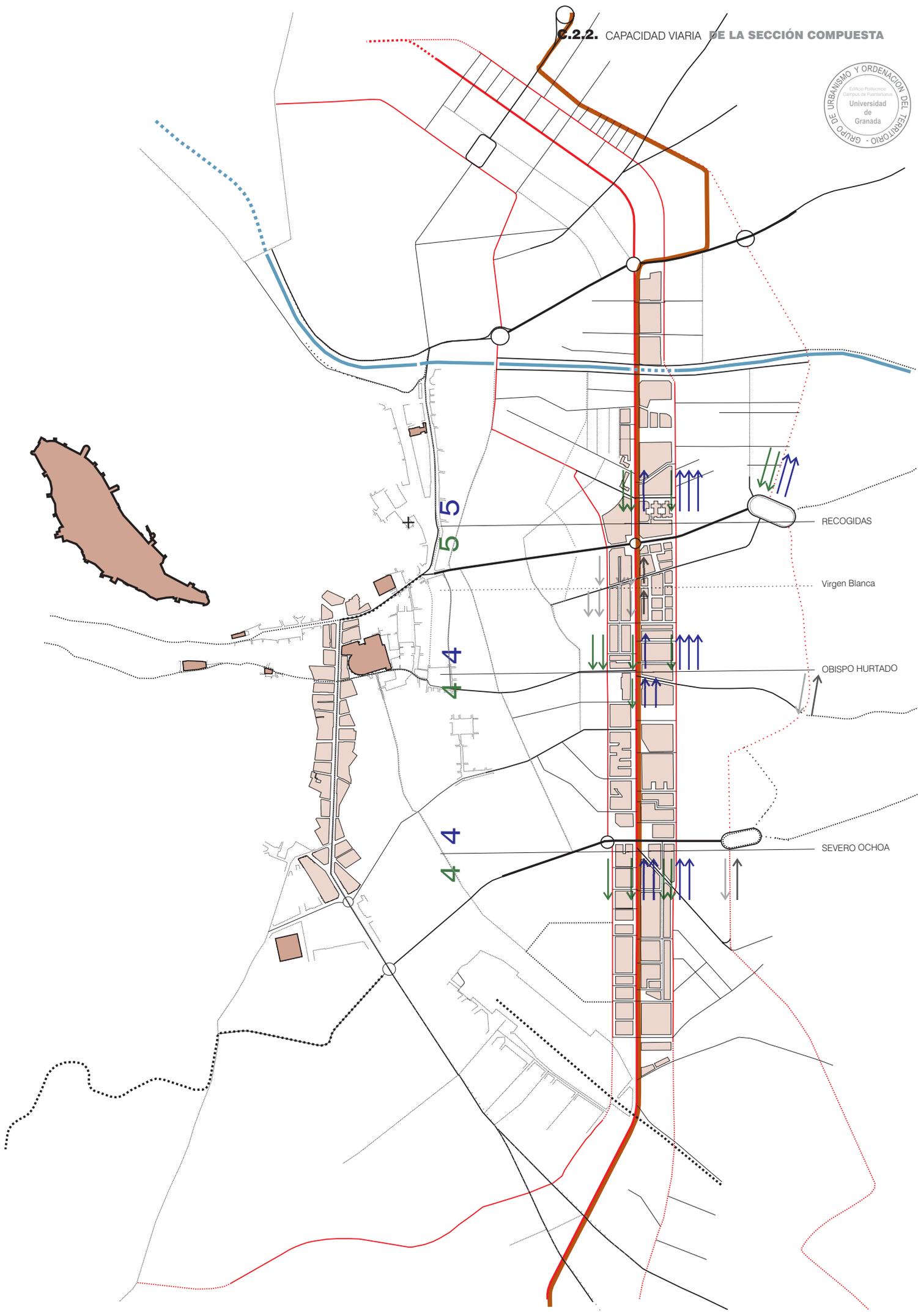




C.2.1. LAS ANCHURAS DEL CAMINO DE RONDA Y LAS CALLES PARALELAS.



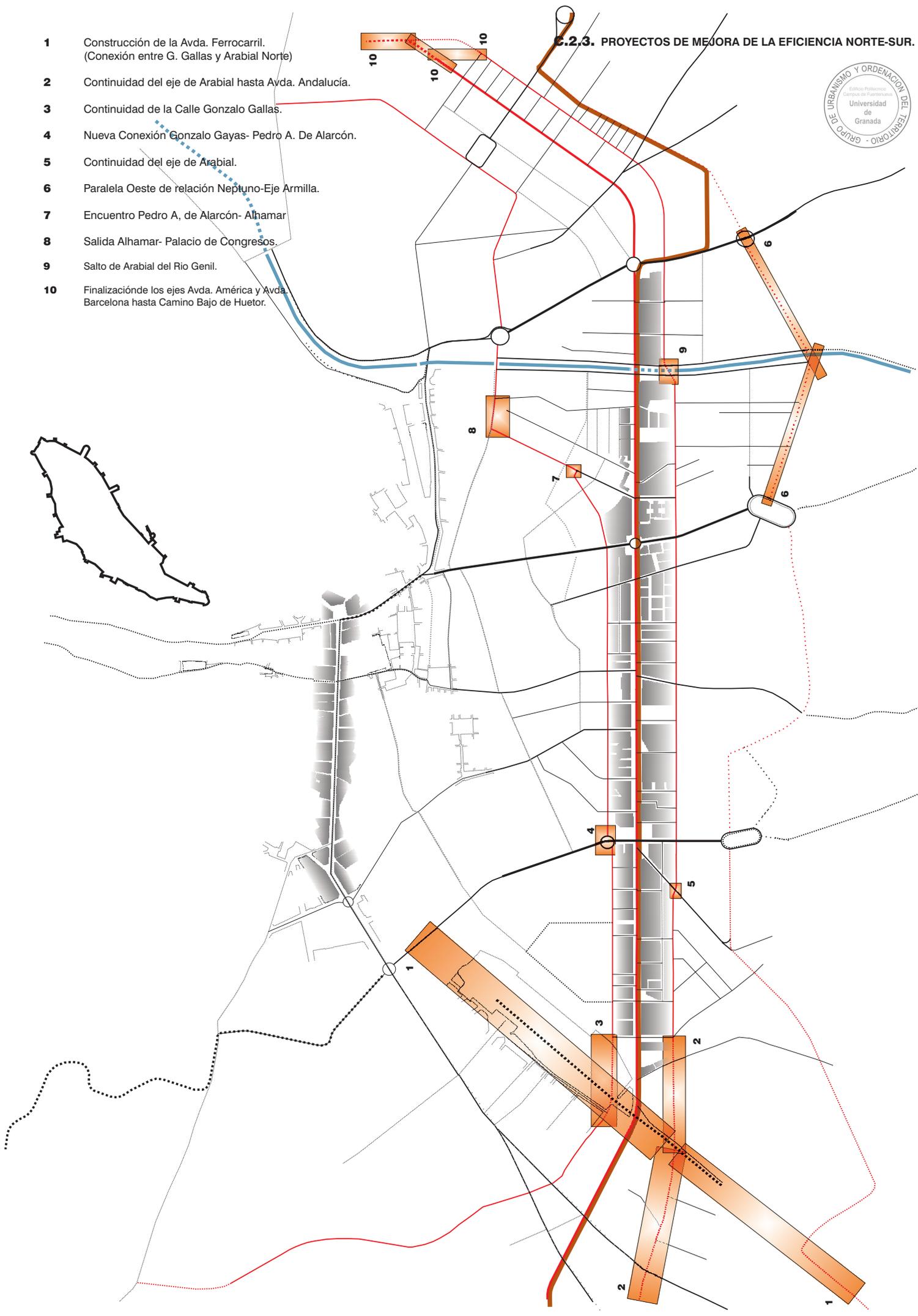
2.2.2. CAPACIDAD VIARIA DE LA SECCIÓN COMPUESTA



C.2.3. PROYECTOS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA NORTE-SUR.

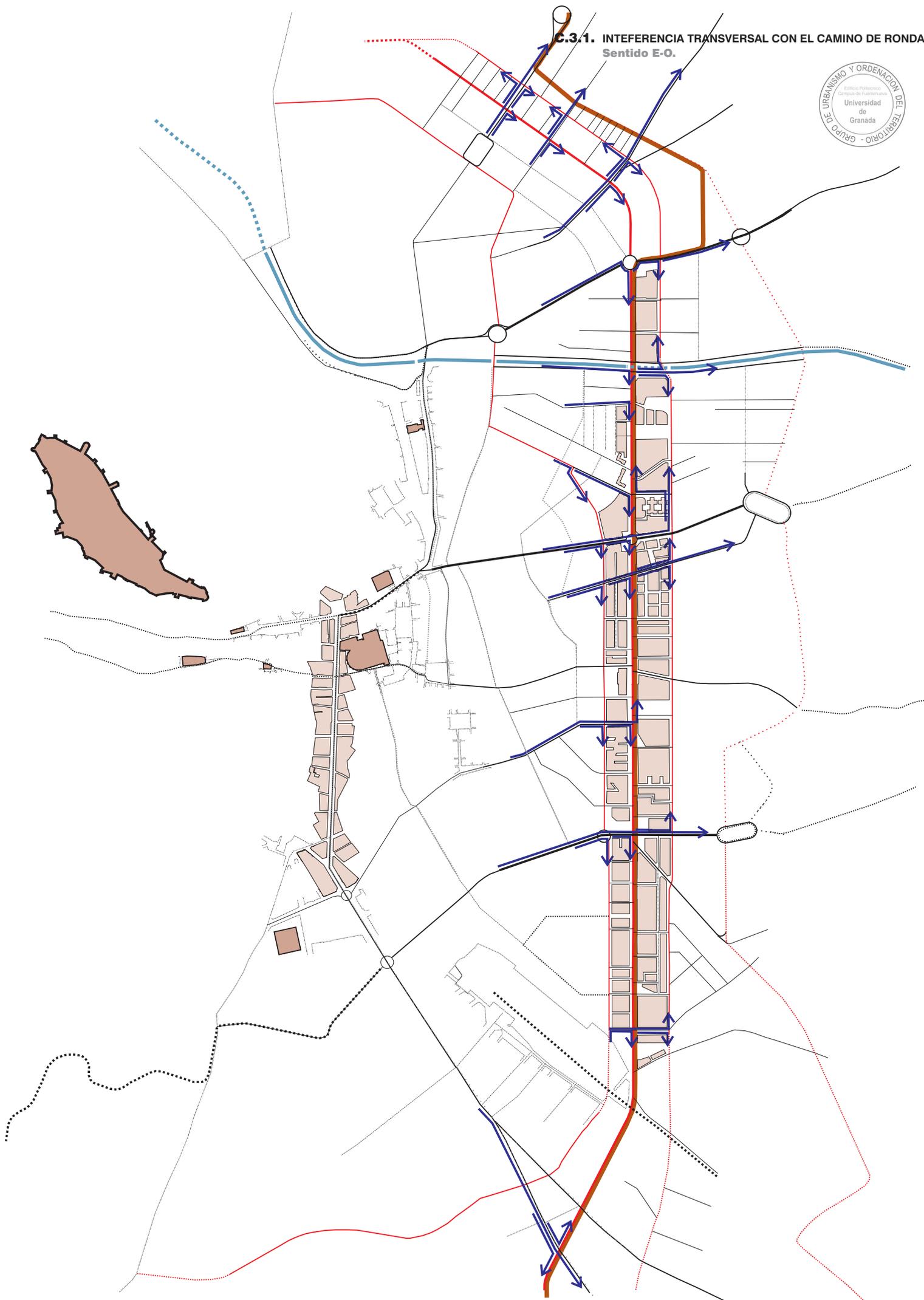


- 1 Construcción de la Avda. Ferrocarril.
(Conexión entre G. Gallas y Arabial Norte)
- 2 Continuidad del eje de Arabial hasta Ayda. Andalucía.
- 3 Continuidad de la Calle Gonzalo Gallas.
- 4 Nueva Conexión Gonzalo Gayas- Pedro A. De Alarcón.
- 5 Continuidad del eje de Arabial.
- 6 Paralela Oeste de relación Neptuno-Eje Armilla.
- 7 Encuentro Pedro A, de Alarcón- Alhamar
- 8 Salida Alhamar- Palacio de Congresos.
- 9 Salto de Arabial del Rio Genil.
- 10 Finalizaciónde los ejes Avda. América y Avda. Barcelona hasta Camino Bajo de Huetor.

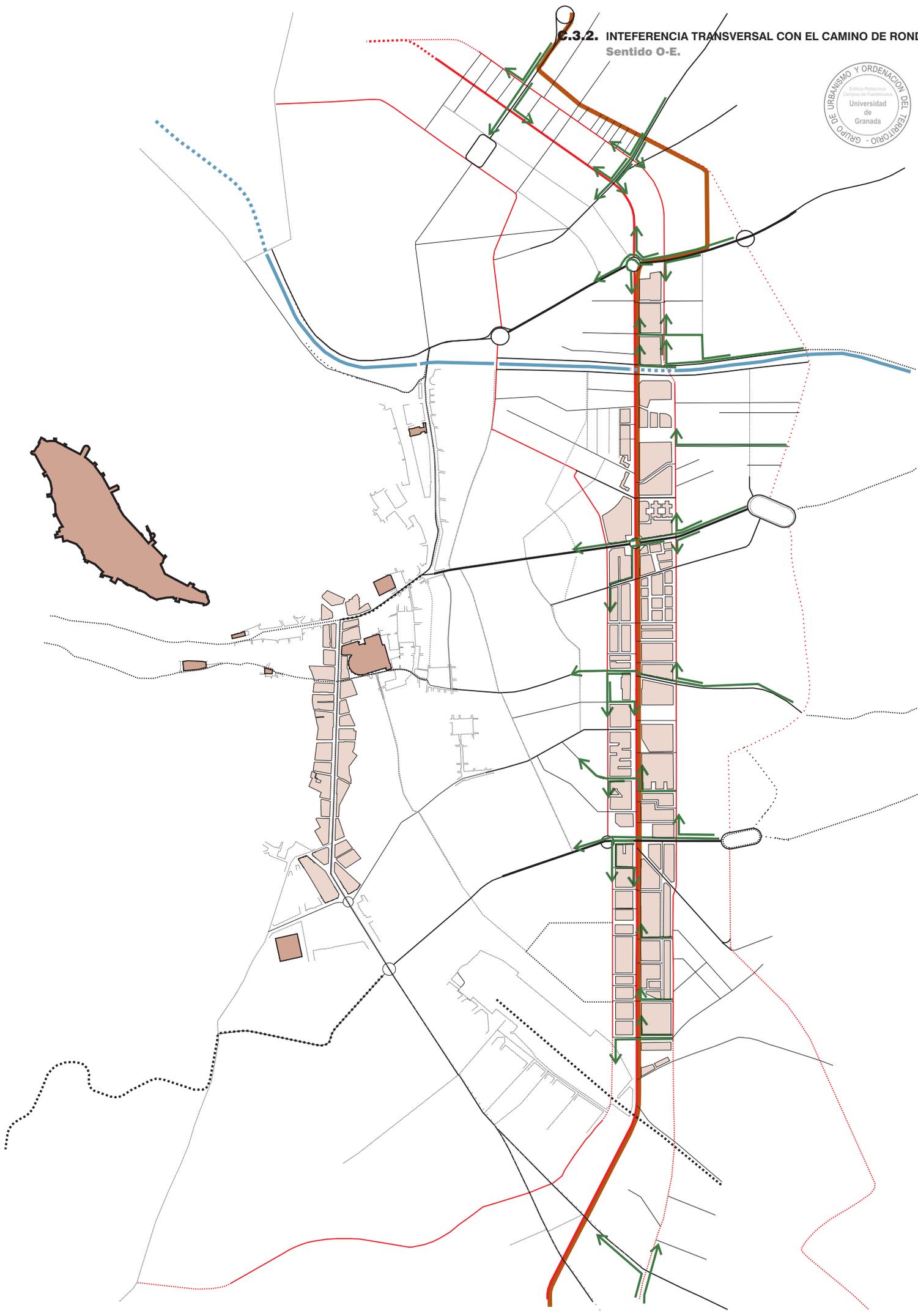


C.3.1. INFERENCIA TRANSVERSAL CON EL CAMINO DE RONDA.

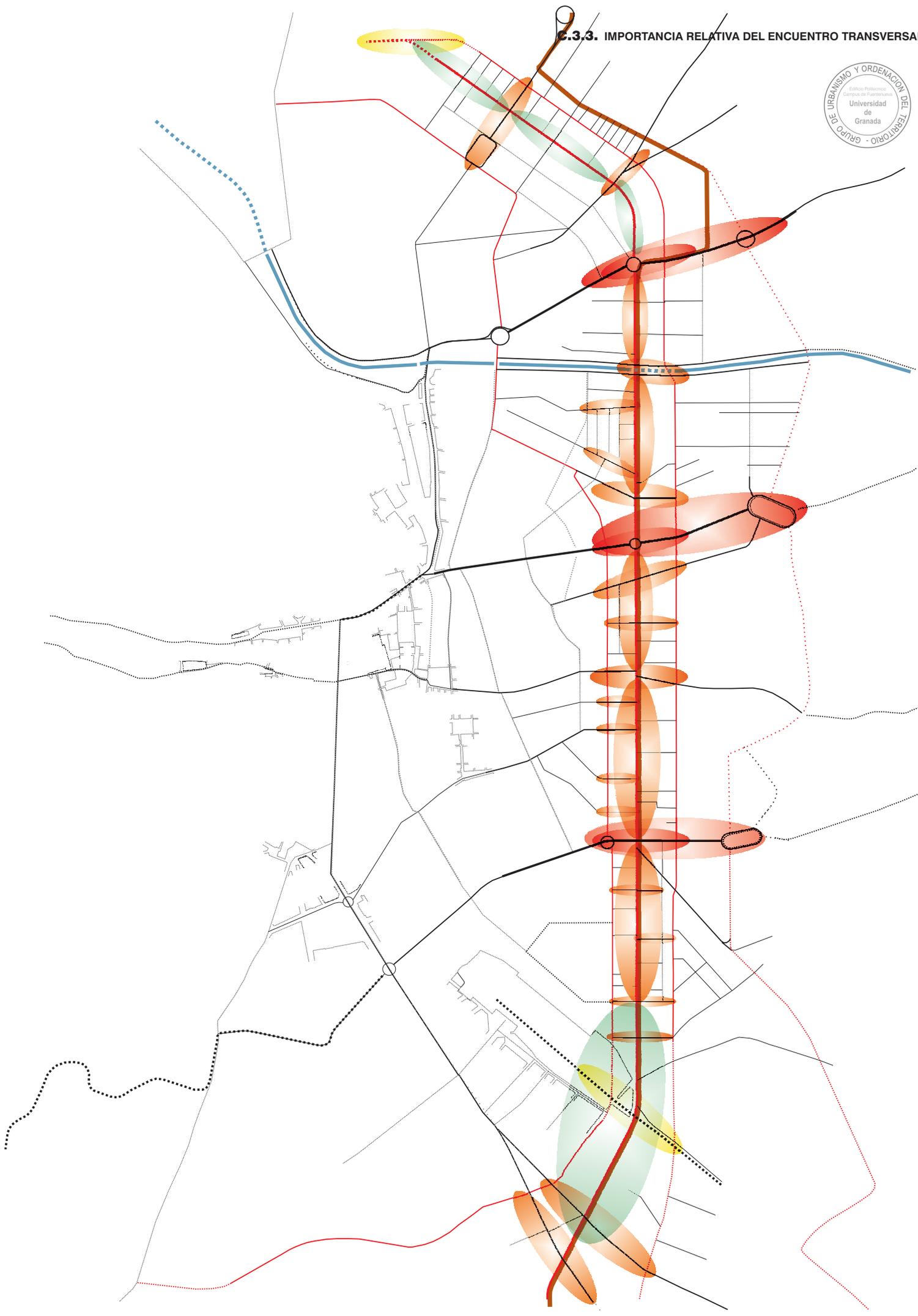
Sentido E-O.



C.3.2. INTEFERENCIA TRANSVERSAL CON EL CAMINO DE RONDA.
Sentido O-E.



C.3.3. IMPORTANCIA RELATIVA DEL ENCUENTRO TRANSVERSAL.



C.4. UN PASEO PEATONAL EN UN TRAMO DEL CAMINO DE RONDA: NUEVO PASEO DE LA VIRGEN.

ESCALA: 1/2000



INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



D. EL SISTEMA GLOBAL DE TRANSPORTE PÚBLICO.

JOSÉ LUIS GÓMEZ ORDÓÑEZ, Catedrático de Urbanismo y Ordenación del Territorio y miembros del GRUPO DE URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



D.1. GEOMETRÍAS DE LAS CIUDADES Y SUS METROS LIGEROS.

D.2. LA COBERTURA TOTAL DE LA CIUDAD POR EL TRANSPORTE PÚBLICO.

D.4. INTERMODALIDAD Y APARCAMIENTOS

D.1-. GEOMETRÍAS DE LAS CIUDADES Y DE SUS METROS LIGEROS.

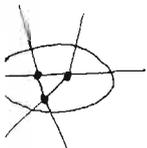
Se describen muy sucintamente estas características en unas pocas ciudades al efecto de reforzar esta línea de reflexión, muy fértil en el proyecto de un sistema de transporte público en cualquier ciudad. La forma de las ciudades y la estructura del sistema de transporte público están tan entrelazadas que no debiera haber proyecto alguno que no pasase por el análisis de esta relación si se quiere lograr un buen servicio que frene el crecimiento de la movilidad automóvil..

Parece importante dejar constancia de que no hay una sola línea de metro ligero que deje de enlazar centro y periferia en trazados de varios kilómetros de longitud; los tramos centrales de estas líneas no pueden considerarse más que como el motor esencial de la movilidad atraída y generada por los centros, de manera que, hacia el exterior de esos tramos centrales, la línea aporta signos de centralidad y también capta viajes con destino al centro, ramificándose hacia el exterior de un tronco común central.

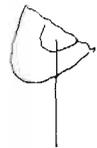
En Bruselas, el cruce de las dos arterias potentes de transporte público que atraviesan el centro, una subterránea E-O y otra más ligera N-S, (hay una tercera de circunvalación parcial de la ciudad histórica) marca una referencia de máxima centralidad de la aglomeración. Tal centro de la ciudad, el antiguo recinto amurallado, tiene un diámetro topológico de unos 2 km.



También adopta una forma de cruce central de dos líneas potentes el sistema de transporte público de Hannover. En el caso de Dortmund se trata de tres líneas cortándose en un triángulo inscrito en el corazón elíptico de la ciudad-ejes de 1000 y 1350 m.- con tres estaciones de transbordo en sus vértices.



En Amsterdam, la ciudad semielíptica más antigua tiene semiejes de 0.6x1km. y la expansión del XIX la agranda hasta dimensiones de 1.75x2km; en esta ciudad las líneas de autobuses y tranvías siguen las órbitas elípticas de los canales y sus radiales y de entre todas las líneas, una, la que bordea el Amstel, el río germinal de la ciudad, es una línea de metro.



Dos ciudades como Bilbao y Charleroi entrelazan en su centro, reforzando así las frecuencias del tramo de solape, las dos líneas que se alargan a uno y otro lado de la aglomeración.



Helsinki y Copenhague presentan una línea más potente de transporte público subterránea en casi todo su recorrido; en Helsinki hay dos estaciones centrales distantes 600 m. mientras que las dos siguientes, a uno y otro lado, ya se distancian 1200 m.; los autobuses en esta ciudad cortan transversalmente al metro como los dientes de un peine. En Copenhague, un área central de 1kmx1km. tiene un potente centro de líneas de autobús en pleno corazón de la ciudad mientras que la única línea de metro ligero, subterránea, “para no quitar espacio a peatones y bicicletas”, es perimetral a ese cuadrado central en cuyo interior hay muchas calles peatonalizadas pero cuenta también con muchas en las que circula el automóvil.

La ciudad de Bielefeld, con un área central rectangular de 850x1250 m. es atravesada en su centro, en sentido longitudinal, por una línea que discurre en superficie en la mitad sur y subterránea en la norte, abriéndose en este extremo en tres ramales. El perímetro

está servido por las líneas 1,2 y 4 siendo la línea 1 la que, en superficie, se cruza con la subterránea central.

.....

Un rasgo importante de esta observación comparativa es el de las frecuencias más cortas alcanzadas en los centros de las ciudades, por superposición de líneas diferentes que provenientes de lugares periféricos alejados, confluyen en el centro común.

Otro sería el de la esencial intermodalidad buscada en las estaciones, entre metro ligero de superficie o subterráneo, entre bus y tranvia, entre movilidad regional y urbana, entre automóvil y transporte público..

Destaquemos también el confort peatonal perseguido por los proyectos en los entornos de las estaciones importantes y la intensidad de usos comerciales y de servicios igualmente incentivada a lo largo de estas líneas.

D.2.-. LA COBERTURA TOTAL DE LA CIUDAD POR EL T.P.

En el Documento-Síntesis se ha mencionado el objetivo de que ningún lugar de la ciudad, sea central o periférico, sea lugar de residencia, de empleo o de recreo, deje de estar servido por el transporte público.

Esta es una medida que se habrá de ir realizando gradualmente y a la que debe contribuir el funcionamiento unitario de la red (no solo de sus políticas tarifarias sino la coordinación de sus frecuencias, de sus trazados, de la información al usuario...).

Otro objetivo es que los lugares centrales de la aglomeración metropolitana sean accesibles a una parte importante de la aglomeración sin realizar más de dos transbordos y, preferiblemente, con un solo transbordo.

Para la satisfacción de los objetivos anteriores se habrán de coordinar los trazados de las diferentes líneas de metro ligero con los autobuses rápidos y de largo recorrido y, finalmente, se habrán de rellenar los huecos de los lugares no accesibles a aquellos medios de transporte público arterial con un servicio de transporte público local, de microbuses o autobuses, de velocidad más lenta y de difusión total a todos los lugares de la aglomeración.

En los planos D.2 adjuntos, se desarrolla este razonamiento; se observará que se plantean los trazados de metro ligero que están en estudio o en proyecto pero también algunas alternativas- sólo de pequeños tramos- a la línea metropolitana 1 y alternativas más generales al trazado de la línea metropolitana 2.

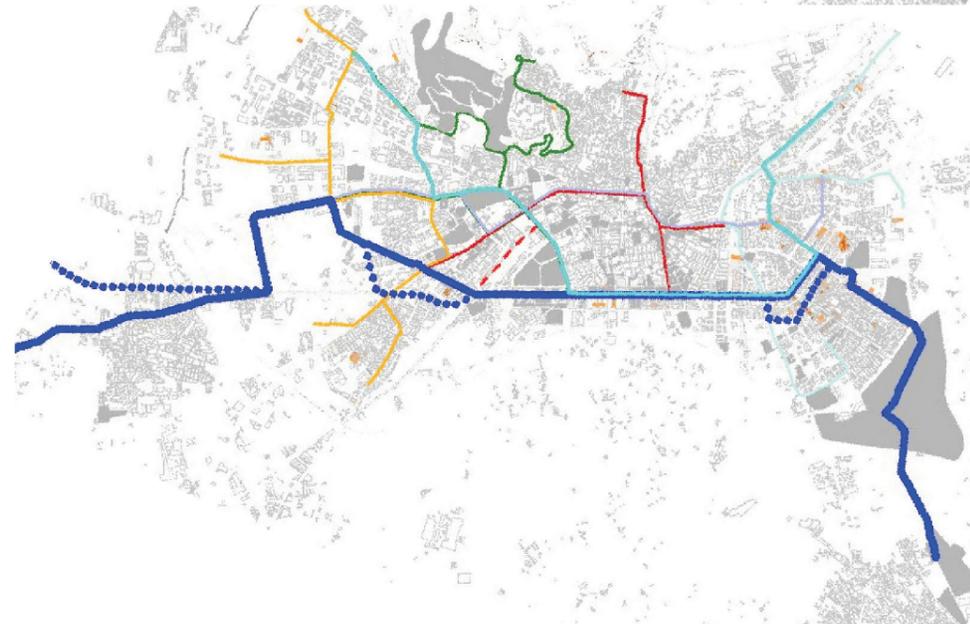
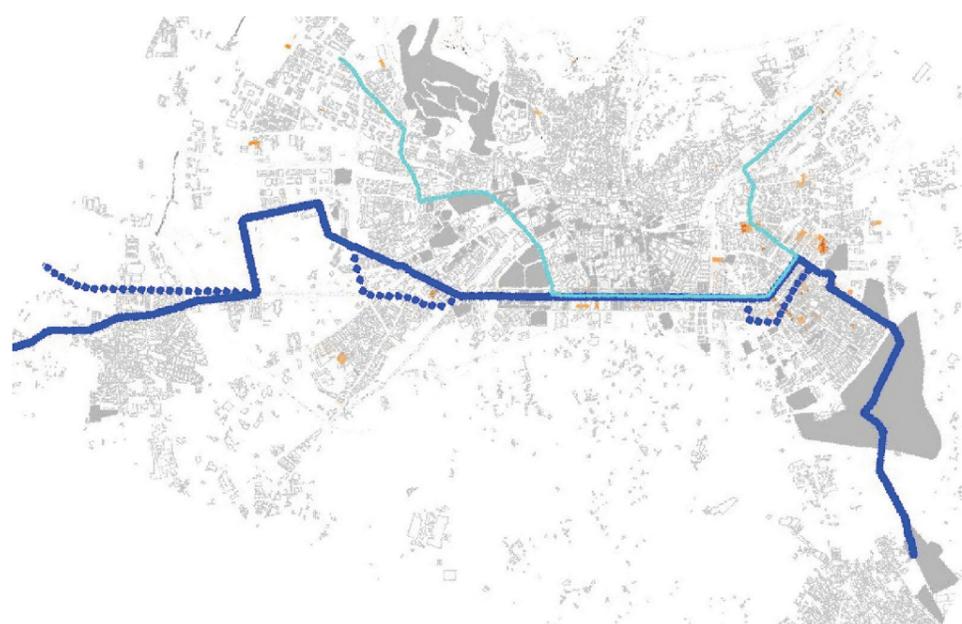
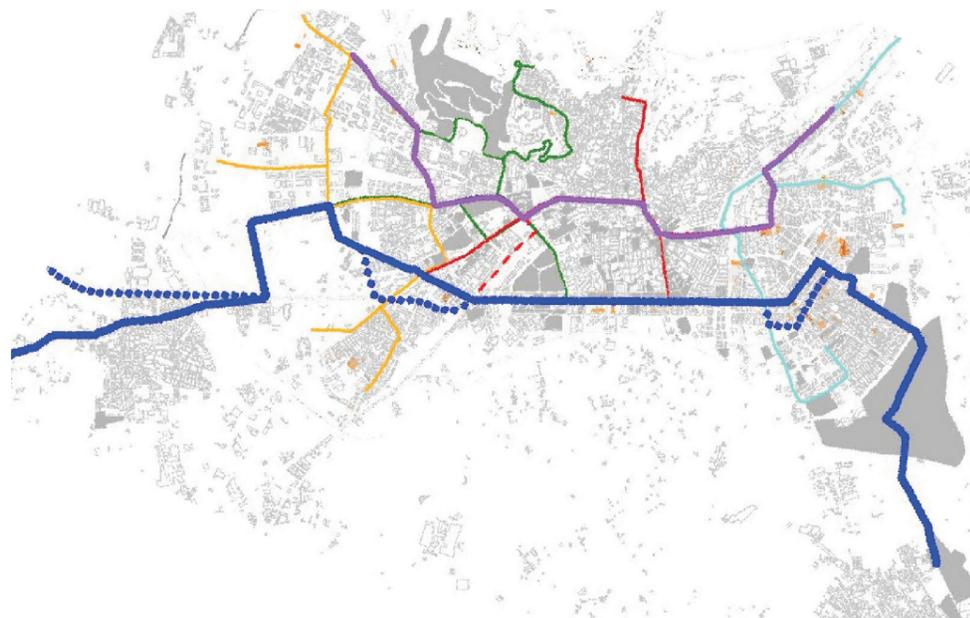
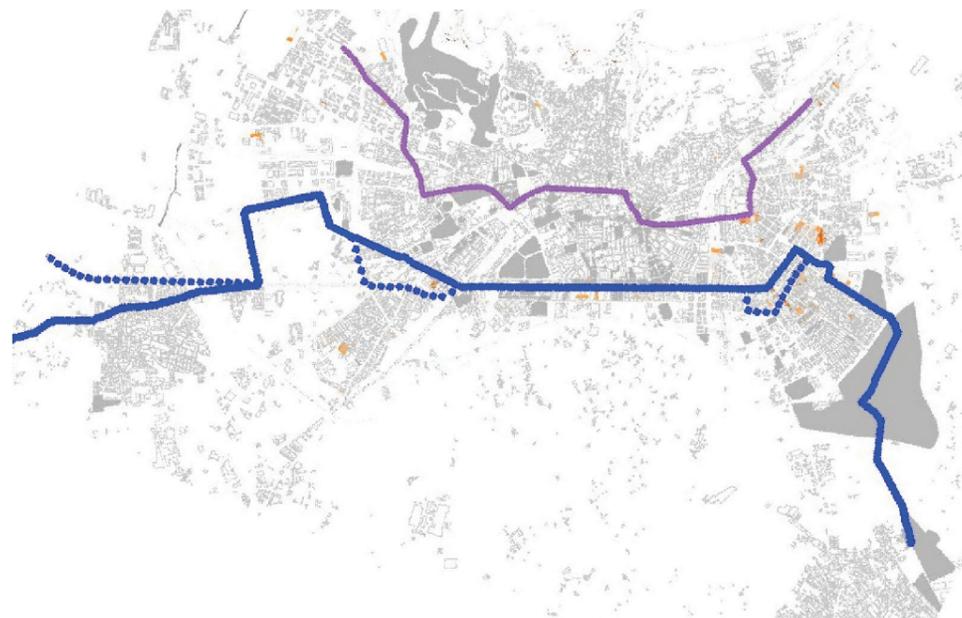
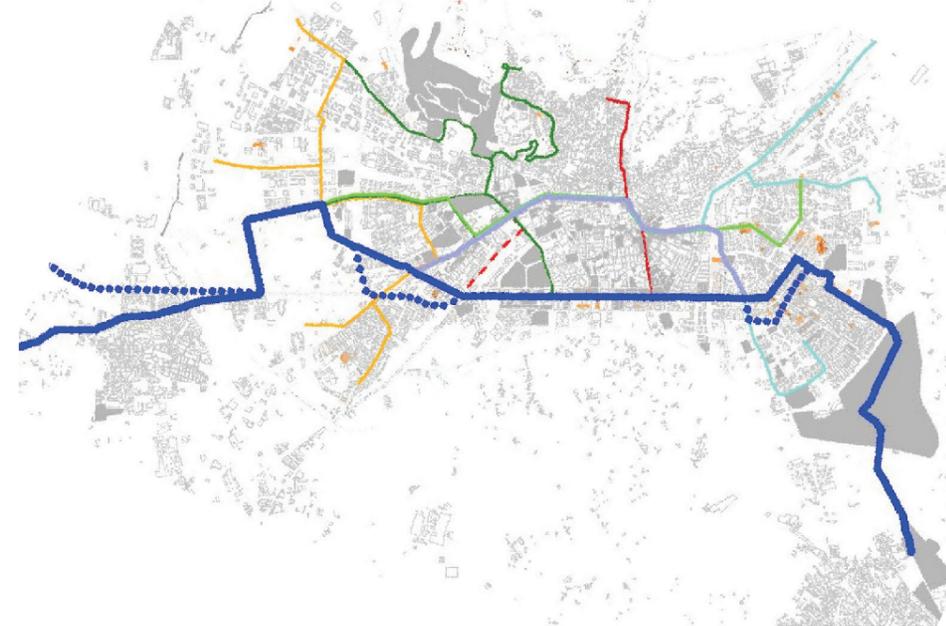
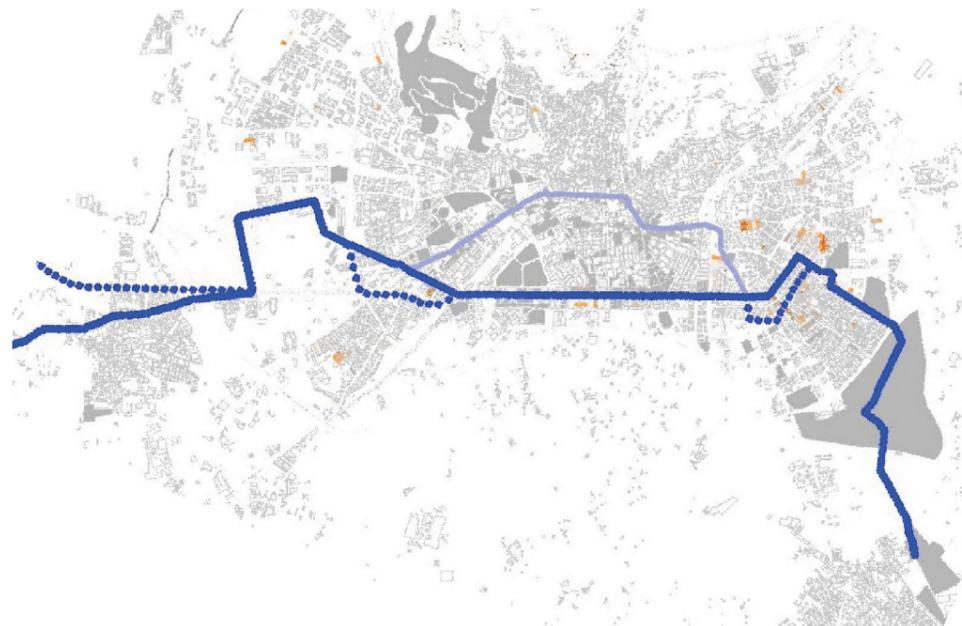
Las primeras resuelven algunos problemas importantes que plantea el trazado actual:

1-la travesía de Maracena por su calle central se desplaza al ferrocarril en desuso cercano; desde Maracena y Albolote podrían desplazarse a la estación con un microbús local;

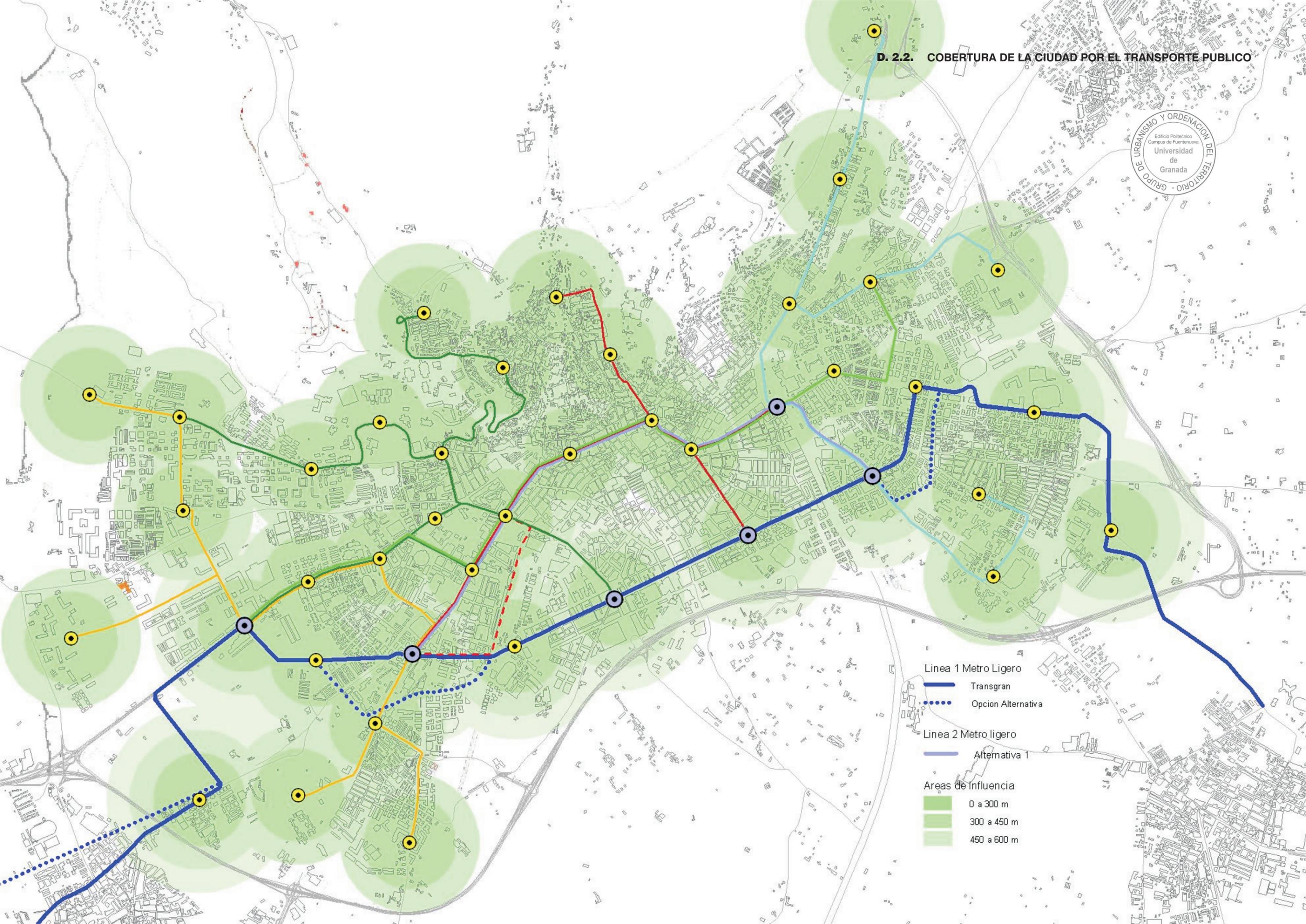
2-el trazado por La Chana hace un ligero y corto desvío junto al ferrocarril para evitar el tramo subterráneo a que obliga la interferencia con Avda. de Andalucía y Ctra. antigua de Málaga;

3-el tramo Avda. de América-hípica se desvía por crtra. de Motril y C7 Circunvalación para tocar el parque de las Ciencias y evitar la estrechez de Avda. de América y la necesidad de soterramiento en este tramo.

Las segundas sólo pretenden ilustrar las relaciones globales del sistema mostrando cómo a diferentes trazados hipotéticos de la línea 2 del metro ligero, corresponden variaciones del sistema arterial de autobuses. Se han pensado estas alternativas como sistemas eficientes que sirven para satisfacer la movilidad generada y atraída por las áreas de mayor densidad de población y actividad económica (por ejemplo, la carretera de la Sierra, los hospitales y la Universidad), desde la jerarquía de las dos líneas de metro ligero – cuya superposición en el tramo central para ramificarse en los extremos sería la configuración más homologable a la mayor parte de los sistemas en las ciudades que hemos estudiado- de manera que, con un solo transbordo, se conecten las principales áreas de la Aglomeración.



D. 2.2. COBERTURA DE LA CIUDAD POR EL TRANSPORTE PUBLICO

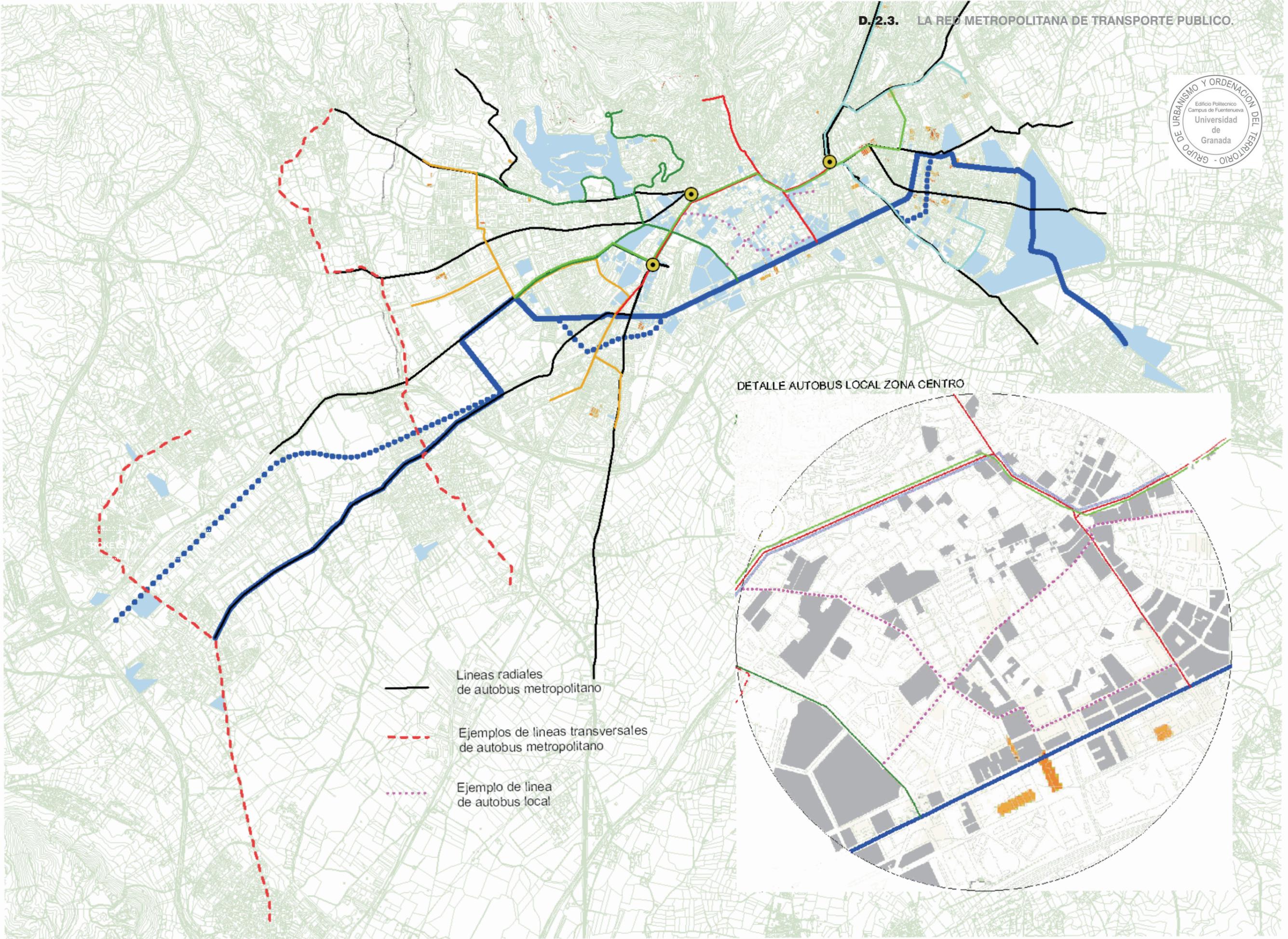


- Linea 1 Metro Ligero
 - Transgran
 - Opcion Alternativa
- Linea 2 Metro ligero
 - Alternativa 1
- Areas de Influencia
 - 0 a 300 m
 - 300 a 450 m
 - 450 a 600 m



DETALLE AUTOBUS LOCAL ZONA CENTRO

- Líneas radiales de autobus metropolitano
- - - Ejemplos de líneas transversales de autobus metropolitano
- Ejemplo de línea de autobus local



D 3.- Intermodalidad y Aparcamientos

D 3.1. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

Dentro de un ámbito metropolitano, cada vez más complejo en sus actividades y en sus funciones, la movilidad se vuelve igualmente compleja. Los desplazamientos suelen ser cada vez más numerosos, de mayor longitud y complejidad. En estos ámbitos no suele ser posible, en la medida del uso de los transporte públicos (y al margen del uso exclusivo del vehículo privado que es necesario restringir y limitar), resolver los desplazamientos a cualquier destino o a todos los destinos deseados por distintos motivos mediante viajes de una sola etapa en un único operador. Es, por tanto, imprescindible resolver los desplazamientos que se hacen en una aglomeración urbana empleando, en la mayor parte de los casos, al menos dos operadores o dos etapas del viaje en un mismo operador realizando, consecuentemente, un transbordo. Esta ruptura en las fases del desarrollo del desplazamiento completo es un momento extraordinariamente sensible para la calidad del sistema de transporte público, que es necesario atender cuidadosamente.

Efectivamente, dentro del conjunto de factores que determinan la calidad del transporte público, a lo largo de las fases o etapas en las que se puede descomponer un desplazamiento, como las características de la red (adecuación a la demanda, densidad, conectividad, distancia entre paradas, etc.), las características del servicio (frecuencia, regularidad, velocidad comercial, coordinación de horarios y servicios, seguridad, acondicionamiento y grado de ocupación de los vehículos, etc.), e igualmente en relación con los usuarios (información sobre el servicio, horarios, tarifas, etc., facilidad de obtención de títulos de transporte, medios de expedición y control, trato del personal, etc.), las relativas a los puntos de acceso e intercambio (como la localización de paradas y estaciones, la facilidad de acceso, el diseño de las mismas, el acondicionamiento de los lugares de espera, instalaciones complementarias y facilidad de correspondencia), así como la necesaria coordinación entre modos para alcanzar un sistema de transporte público integrado aparecen como de gran relevancia.

La estructura de la coordinación en el sistema de transporte público ha de tener tres niveles: administrativa, tarifaria y modal. La primera precisa de un organismo, como el ya existente Consorcio de Transporte del Área de Granada, que a su vez desarrolle la integración tarifaria y la modal. Es decir, que exista en primer lugar un billete único que permita al viajero realizar el transbordo sin preocuparse de hacer un nuevo pago al operador, estableciéndose como sistema de transporte colectivo integrado.

La coordinación modal se refiere al establecimiento de una relación lo más directa y puntual posible entre los distintos modos de transporte público o intermodalidad, favoreciendo sus interacciones y el que se refuerzen sus potencialidades en el sistema conjunto. Ello dará como fruto la mejor articulación y la mejora de la eficiencia de los servicios y el desarrollo de sus redes.

D 3.2. INTERMODALIDAD E INTERCAMBIADORES

El desarrollo de esta coordinación modal o intermodalidad pasa pues por la potenciación y la facilidad del intercambio entre modos, o su coordinación espacial, así como la coordinación temporal entre los distintos servicios. El intercambio más sencillo será el realizado por el viajero en una parada de autobús de andén único con distintas líneas al cambiar de línea, o el que realiza un usuario de vehículo privado al aparcar y tomar algún servicio de transporte público en su parada. Este intercambio se puede ir complejizando al considerar otros modos como el metro ligero o el ferrocarril, además del autobús o el vehículo privado, relacionando con ellos los modos de desplazamiento básicos como el peatonal y la bicicleta.

A medida que estos intercambios se van intensificando en su número de flujos y volviéndose más complejos en sus combinaciones, van a requerir de instalaciones o recintos específicos como las estaciones de intercambio modal o intercambiadores.

Como reconocía J. Aldecoa (1996), “muy frecuentemente, sin embargo, la importancia de las estaciones de intercambio excede al campo del transporte, constituyendo propuestas más globales dirigidas a mejorar el entorno urbano y su relación con la ciudad”. Así, entre los objetivos del desarrollo de estos elementos se encuentran el:

- Fomentar el transporte público y disuadir del uso del vehículo privado
- Facilitar el transbordo y la transferencia modal.
- Facilitar el acceso peatonal y de transporte público.
- Mejorar las relaciones con su entorno urbano y contribuir a su integración en la ciudad.
- Mejorar el entorno con actividades centrales.

Es por ello que el emplazamiento de los intercambiadores, de estos puntos de máxima accesibilidad en el transporte público en los que, como encrucijadas, interaccionan numerosas líneas y modos, debe contar con una notable centralidad urbana actual o futura. Además de en su entorno, en su interior será común el desarrollo de actividades comerciales y terciarias.

El proyecto de estas estaciones de intercambio, que debe atender con prioridad al viajero y por tanto estimar el número de viajeros y determinar los intercambios principales, debe lograr la inmediatez y la comodidad y amenidad de los intercambios. Así, el intercambio ideal es la relación directa a través de un andén común, o al menos, la relación vertical directa, cuando las rasantes de los distintos modos no coincidan en un mismo plano, resolviendo de la forma más adecuada las posibles combinaciones que se puedan establecer entre los distintos modos y sus líneas.

D 3.3. INTERMODALIDAD DEL METRO LIGERO DE GRANADA

El estudio de la intermodalidad del Metro Ligero de Granada se ha desarrollado considerando los distintos modos de transporte, privado y públicos, que intervienen en el sistema de transporte de la aglomeración urbana.

Las relaciones de intermodalidad se establecen a partir de las paradas y estaciones previstas para el Metro Liger de Granada, tanto en su anteproyecto, como en las propuestas que se hagan sobre las mismas posteriormente.

Así, considerando una velocidad media peatonal de 4 Km/h, se establecen las siguientes distancias de intermodalidad para distintos tiempos de recorrido:

INTERMODALIDAD	Tiempo de recorrido (minutos)	DISTANCIA (m)
Alta	2	133
Media	5	333
Baja	10	666

Tabla 1. Rangos de tiempos de recorrido peatonal y distancias de Intermodalidad consideradas.

La distribución considerada penaliza obviamente los incrementos de distancia o su equivalente en tiempos de recorrido.

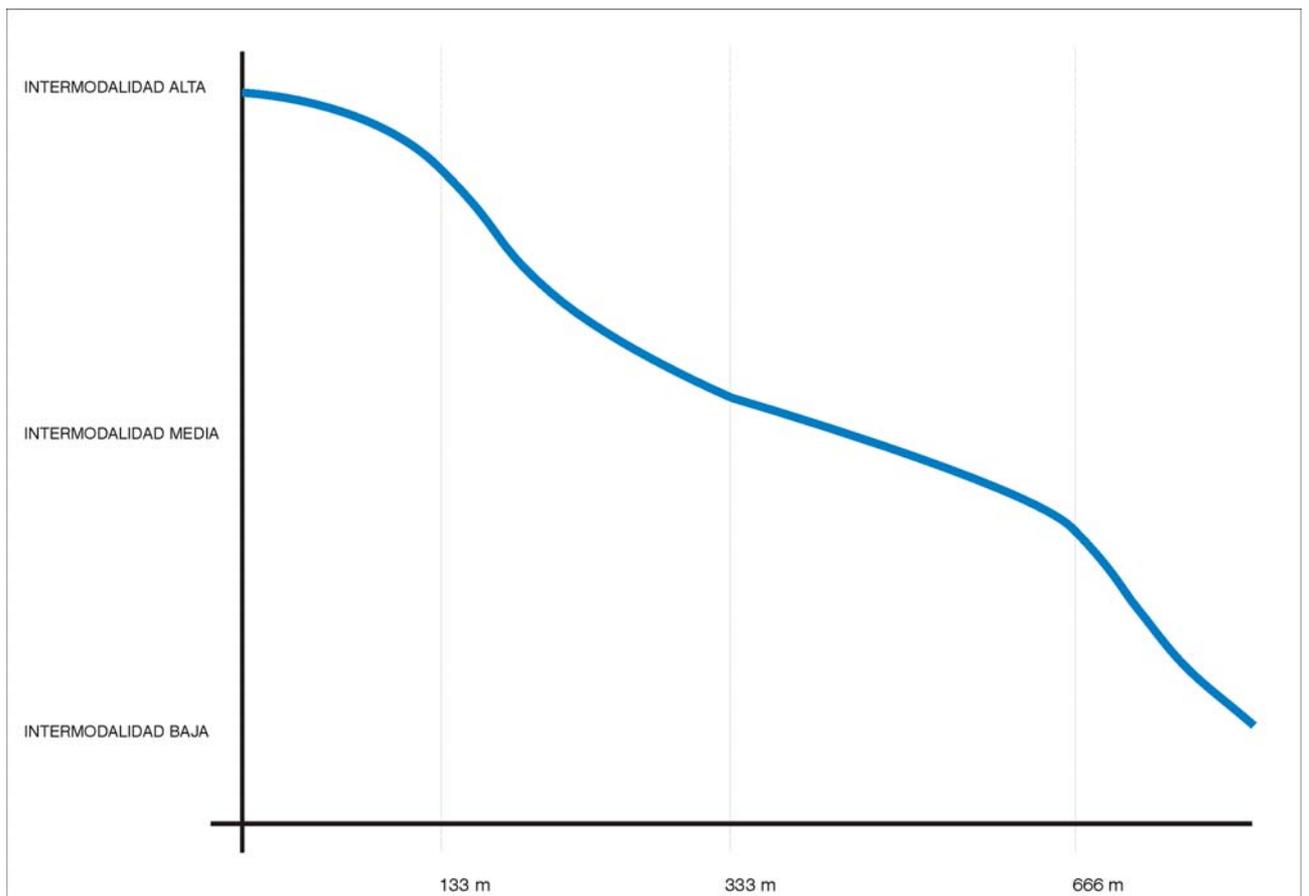


Figura 1. Rango de distancias de Intermodalidad consideradas.

A) Intermodalidad Metro Liger-Vehículo Privado

Se ha estudiado, por un lado, la relación Metro-Vehículo Privado a través de la definición de las posibles relaciones entre los usuarios de dicho transporte desde los distintos aparcamientos públicos existentes en la capital y las paradas y estaciones previstas para el Metro, tanto en su Anteproyecto, como en las propuestas que se hagan sobre las mismas posteriormente. Se adjunta a este apartado el listado de aparcamientos públicos considerados.

Considerando el conjunto de paradas y estaciones del Anteproyecto en su tramo central (Chana, Estadio de la Juventud, Camino de Ronda, Mendez Núñez, Obispo Hurtado, Recogidas, Río Genil y Avenida de América) se encuentran a las distancias de intermodalidad consideradas los siguientes números de plazas de aparcamientos públicos tanto de rotación, como totales, es decir incluyendo las de residentes. No se incluyen en el estudio el conjunto de plazas situadas en vía pública por ser de más difícil disposición para los no residentes en la capital:

INTERMODALIDAD (8 Est.)	Nº plazas rotación	Nº plazas totales
Alta (2')	1.194	1.689
Media (5')	5.051	5.451
Baja (10')	3.248	4.120

Tabla 2. Número de plazas de aparcamientos públicos según distancias de Intermodalidad para 8 estaciones.

Es de destacar el número de plazas para una intermodalidad considerada alta, es decir para que se desarrollase de forma adecuada el proceso denominado “park & ride”, aparcar y acceder al transporte público en menos de dos minutos de recorrido. Además, aparece muy elevado el número de plazas de rotación con intermodalidad media, es decir con recorridos de 5 minutos entre el aparcamiento y el transporte público del Metro Ligero.

Desde este Informe se desarrolla una propuesta que, al considerar un trazado central subterráneo en el marco de unos recorridos de ámbito metropolitano más largos, concentra las paradas y estaciones en unas principales (Chana, Estadio de la Juventud, Mendez Núñez, Recogidas y Avenida de América). Desde estas, se encuentran a las distancias de intermodalidad consideradas los siguientes números de plazas de aparcamientos públicos tanto de rotación, como totales, es decir incluyendo las de residentes:

INTERMODALIDAD (5 Est.)	Nº plazas rotación	Nº plazas totales
Alta (2')	74	349
Media (5')	5.601	6.325
Baja (10')	3.748	4.620

Tabla 3. Número de plazas de aparcamientos públicos según distancias de Intermodalidad para 5 estaciones.

Se puede apreciar que hay un considerable descenso en el número de plazas de intermodalidad denominada alta. No tanto así las consideradas media y baja, de 5 y 10 minutos de recorrido respectivamente, que se mantienen ligeramente incrementadas. La reducción de paradas propuestas implica lógicamente una disminución del grado y las posibilidades de intermodalidad y de relación del Metro Ligero con los elementos de centralidad de la ciudad, en beneficio de su mayor capacidad y velocidad, aunque se mantiene un nivel suficiente de relación con los aparcamientos públicos. Así las relaciones de tipo “park & ride” serán las desarrolladas fundamentalmente en el entorno de los accesos centrales de la circunvalación, sobre el conjunto de aparcamientos públicos en torno a Mendez Núñez y Recogidas. En este caso la intermodalidad se realizará a través de la relación vertical directa desde las estaciones subterráneas.

La intermodalidad baja carece de importancia y podemos suponer que resulta disuadida por ese umbral de los 10'. Debe atenderse al incremento de las restantes pero sólo en el entorno de las estaciones a las que el automóvil puede acercarse sin cargar sobre las tramas de calles. Es decir, son mejores las opciones de intermodalidad lejanas al centro y a lugares densos de la aglomeración, a través de extensos aparcamientos en las cabeceras de la línea del Metro Ligero, porque son las que verdaderamente disminuyen la fricción del automóvil en la ciudad. Así, sería conveniente el desarrollo de un mayor número de aparcamientos para residentes en las zonas más densas y centrales, así como el destinar una mayor parte de ese total de plazas dentro de los aparcamientos públicos igualmente a residentes.

B) Intermodalidad Metro Ligero-Autobús Metropolitano

Respecto al Autobús Metropolitano se parte, en la situación actual, de una descoordinación y una falta de información totales en lo relativo a los servicios, paradas, horarios, etc., aunque se está en proceso de implantar, en toda la aglomeración, el denominado billete único que realice la necesaria integración tarifaria. Cada uno de los trece operadores existentes –alguno de ellos heredero de la desaparecida compañía de tranvías eléctricos existente a principios del pasado siglo- desarrolla su actividad de forma independiente del resto, enlazando la población correspondiente, o la serie de ellas que coincida según el esquema radial seguido, con la capital provincial. Dándose la paradoja de que poblaciones vecinas, distantes algunos kilómetros pero al margen del esquema radial de la aglomeración, carecen de servicio de transporte público entre ellas, debiéndose tomar los servicios hacia y desde la ciudad central para conectarse entre ellas.

Es preciso destacar, reiteradamente, la pobre situación de partida de estos servicios de transporte público de la aglomeración, en cuanto a coordinación e información de estos operadores. Se carece, en la mayoría de los casos, no ya de una imagen unitaria sino, de paradas bien señalizadas, con información sobre tarifas u horarios y un mínimo de acomodo en las mismas.

Cada una de estas líneas de Autobús Metropolitano alcanza la ciudad central por su ruta correspondiente, produciéndose una coincidencia de algunas de ellas en sus tramos urbanos finales. Las paradas terminales se van a localizar, en la zona norte, en el entorno de la Plaza del Triunfo, la Avenida de Andaluces y la de Severo Ochoa, y en la zona sur, se sitúan en torno al Paseo del Salón y la Plaza de las Américas, independientemente que todas las líneas posean otras paradas urbanas en su ruta final por la capital.

Las distancias de estas paradas terminales respecto de la línea de Metro propuesta y sus estaciones no permiten, como se indica en la siguiente tabla, una intermodalidad mínima, salvo en el caso de la Avenida de América:

Paradas Metro Ligerero	Paradas Autobús Metropolitano	Distancias (m)
Chana	Norte Avenida Andaluces	800
Mendez Núñez	Norte Avenida Andaluces	1.450
Mendez Núñez	Norte Avenida Severo Ochoa	900
Mendez Núñez	Norte Plaza Triunfo	1.300
Río Genil	Sur Paseo del Salón	860
Avenida de América	Sur Plaza de las América	270

Tabla 4. Distancias entre paradas Metro Ligerero y de Autobús Metropolitano

No obstante, de la coincidencia de las líneas por sus tramos urbanos finales y de las distancias de intermodalidad consideradas desde las estaciones propuestas, van a aparecer destacados espacios o áreas de intermodalidad privilegiada en el entorno de la estación de la Chana, muy próxima o coincidente con la mayoría de las líneas de Autobuses Metropolitanos de la zona norte, y de Avenida de América, que lo es igualmente respecto de las líneas de la zona sur. Las líneas de estos Autobuses, al igual que las de los Autobuses Urbanos, habrían de ser reordenadas, desde una visión global del sistema de transporte, para que se estableciese la coordinación modal en tales áreas. En ellas cabría pensar, con un trazado subterráneo del Metro Ligerero, en proyectos de Intercambiadores similares al realizado en Madrid en Avenida de América, con cuatro niveles y una relación vertical directa entre: aparcamiento subterráneo –de residentes y de rotación-, líneas de metro, líneas de autobús metropolitano y regional, líneas de autobús de largo recorrido y zona comercial, y la calle con el autobús local.

Además de estas, en la zona norte, aunque con menos centralidad urbana que el entorno de la Chana, aparece otro espacio de gran vocación intermodal, como la Estación de Autobuses de la capital, que asimismo dispone de parada de Metro Ligerero, en el que también se podrían integrar las paradas finales de los Autobuses Metropolitanos de la zona norte.

C) Intermodalidad Metro Ligerero-Ferrocarril

La estación o parada más próxima al ámbito de la estación de ferrocarril, “a vuelo de pájaro”, es la del Estadio de la Juventud. Excesivamente distante en la actualidad para poder pensar en una cierta relación, ya que es preciso dar un rodeo superior al kilómetro para acceder al edificio de la estación ferroviaria. La otra estación próxima sería la de la Chana, también a casi 900 m de distancia, dando lugar en ambos casos a una coordinación modal inaceptable con la configuración actual.

No obstante, es natural que en la futura remodelación del actual recinto ferroviario se contemple establecer una intermodalidad adecuada desde la estación de Metro prevista junto al Estadio de la Juventud que podría gozar de un nivel medio-alto. Aún más, el gran espacio vacante que quedaría tras el desmantelamiento de parte de la gran playa de vías obsoleta, podría ser la gran oportunidad para una nueva estación central de autobuses con una coordinación modal completa entre los modos viarios (Vehículo Privado, Autobús Local, Metropolitano, Regional y de Largo Recorrido) y ferroviarios (Ferrocarril de Cercanías, Regional y de Larga Distancia, y Metro).

Por otra parte, algunas de las líneas de Autobuses Metropolitanos del sector noroeste de la aglomeración tienen sus paradas finales, como se ha indicado, en la Avenida de los Andaluces acceso a la Estación de Ferrocarril que, evidentemente, también será un espacio vocacional para una intermodalidad privilegiada, aunque estas se podrían integrar coordinadamente en el área de la Chana por donde han de pasar antes, o dentro de una futura nueva estación central de autobuses en el entorno ferroviario.

C) Intermodalidad Metro Ligero-Autobús Urbano

La intermodalidad con la red de Autobús local se considera, desde la mayor difusión de ésta por su máxima flexibilidad en cuanto a trazado de líneas y número de paradas, desde una reordenación de sus líneas hacia un esquema de líneas de Autobús Express de mayor frecuencia y velocidad, coordinado desde las estaciones principales previstas para el Metro Ligero.

El resto de líneas de Autobús Urbanos habrían de ser reordenadas, como se ha indicado, desde una visión global del sistema de transporte, para que se estableciese la coordinación modal adecuada en las áreas de intermodalidad privilegiada, como el entorno de la estación de la Chana y la estación de autobuses de la zona norte y de ferrocarril, y de Avenida de América de la zona sur, además del resto de estaciones y paradas previstas para el Metro Ligero, para difundir completamente por las áreas urbanas la máxima accesibilidad en transporte público.

D 3. ANEXO: LISTADO DE APARCAMIENTOS PÚBLICOS CONSIDERADOS

APARCAMIENTO	DIRECCIÓN	TOTAL PLAZAS	PLAZAS ROTACIÓN	RESERVAS MINUSVÁLIDOS
TRIUNFO	Avda. Constitución, s/n	290	184	0
PLAZA DE PUERTA REAL	Acera del Darro, 30	566	323	4
LA CALETA	Pl. de la caleta, s/n	855	556	14
PEDRO ANTONIO (SEMINARIO)	C/ Pedro Antonio de Alarcón	760	540	15
LUNA DE GRANADA	C/ Arabial, 77-79	399	399	8
PALACIO DE CONGRESOS	Plaza Rotary	550	320	0
C.C. NEPTUNO	C/ Neptuno, s/n	1.288	1.288	24
SAN AGUSTÍN	Pl. de San Agustín	448	300	0
ROBER	C/ Poeta Gracián	330	0	0
TRAUMATOLOGÍA	C/ San Fernando	442	429	8
SAN LÁZARO	Pl. de San Lázaro	460	352	12
GENERALIFE	Paseo de la Sabica, s/n	600	600	10
ALBERT EINSTEIN	Pl. Albert Einstein	275	0	0
C.C. ARABIAL (HIPERCOR)	Pl. Guitarrista Manuel Cano	850	850	12
C.C. CARREFOUR	Ctra. Armilla, s/n	1.300	1.300	0
C.C. ALCAMPO	Ctra. Jaén, 88	1.500	1.500	0
EL CORTE INGLÉS	Carrera del Genil, 20-22	180	180	0
GARAJE LA PAZ	C/ Paz, 5	100	100	25
GANIVET	C/ Angel Ganivet, s/n	125	125	8
GARAJE SOL	C/ Sol, 22	74	74	0
GARAJE REX	C/ Recogidas, 38	250	250	25
GARAJE TREX	Plaza Los Campos, 4	110	110	3
GARAJE UNIVERSIDAD	C/ Gonzalo Gallas, 15	83	83	0
ÁREA VERDE	C/ San Antón, 72			
PARKING LA CARRERA	C/ Nicuesa, 9	42	42	0

APARCAMIENTO	DIRECCIÓN	TOTAL PLAZAS	PLAZAS ROTACIÓN	RESERVAS MINUSVÁLIDOS
GARAJE SIERRA NEVADA	Cno. Ronda, 91	114	10	0
GARAJE LAS FLORES	C/ Profesor García Gómez, s/n	130	30	2
PUERTA REAL (MONTES ORIENTALES)	C/ Pino C/ Puente Castañeda	125	125	0
PP. ESCOLAPIOS	Callejón del Pretorio	563	418	12
CRUZ DE LAGOS	Plaza Cruz de Lagos	803	590	12
ARABIAL	C/ Arabial, s/n	466	379	12
SANTA ISABEL LA REAL		110	0	0
CENTRO DE ACTIVIDADES COMUNITARIAS ALBAYZIN		30	30	0
MARGARITA XIRGÚ	C/ Margarita Xirgú	350		
TORRES NEPTUNO	C/ Neptuno, s/n	1.312	1.212	
GLORIETA ARABIAL		580		
C/ PALENCIA		528		
SAN JERÓNIMO	Pl. Sor Cristina de la Cruz Arteaga	474	374	



Número de Plazas de Rotación

- 0 - 100
- 101 - 200
- 200 - 300
- 300 - 400
- 400 - 500
- 500 - 1500

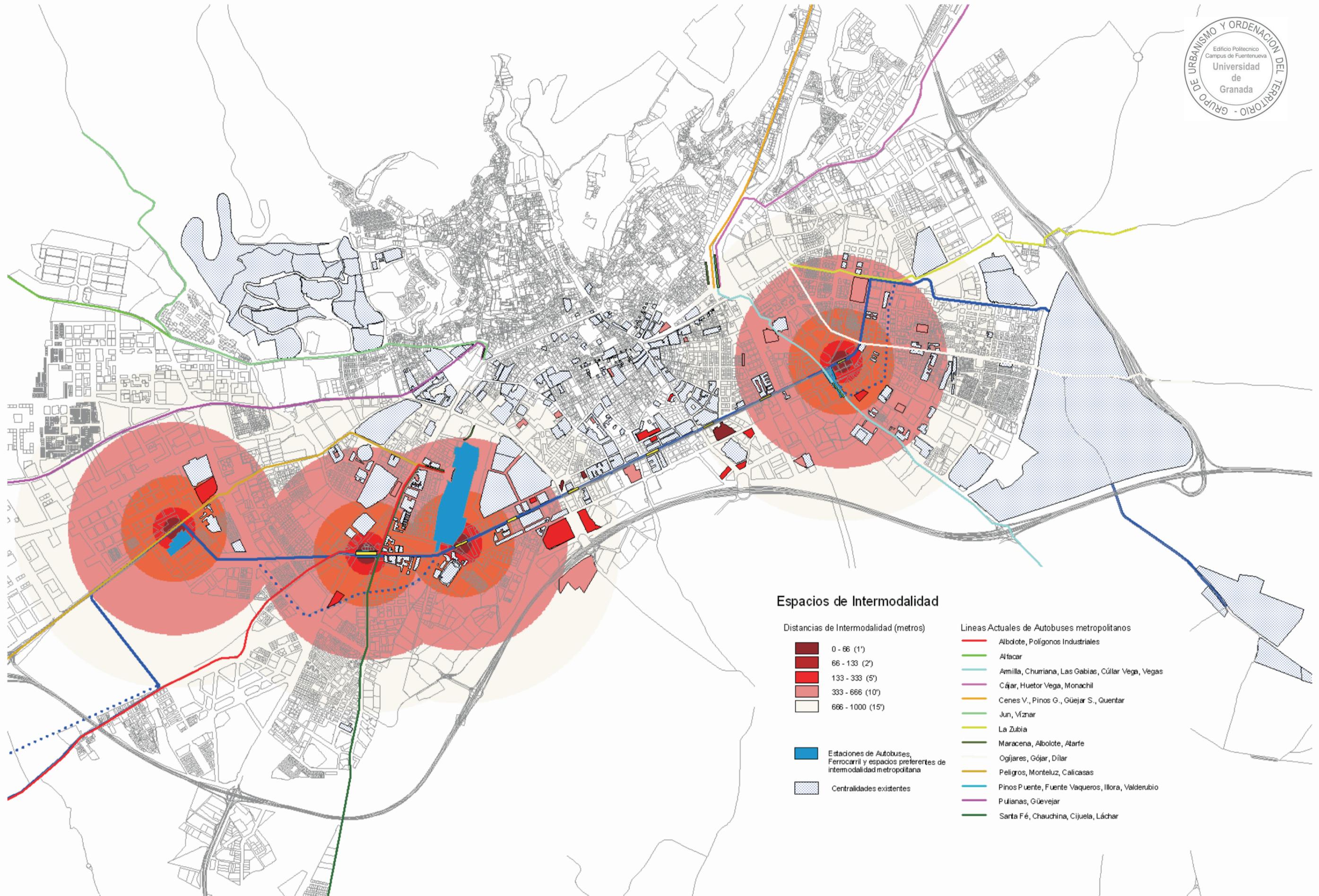
Distancias de Intermodalidad

- de 333 a 666 m (10')
- de 133 a 333 m (5')
- de 0 a 133 m (2')

Areas potenciales "Park & Ride"

Intermodalidad Aparcamientos

- BAJA (10')
- MEDIA (5')
- ALTA (2')



Espacios de Intermodalidad

Distancias de Intermodalidad (metros)

- 0 - 66 (1')
- 66 - 133 (2')
- 133 - 333 (5')
- 333 - 666 (10')
- 666 - 1000 (15')

- Estaciones de Autobuses, Ferrocarril y espacios preferentes de intermodalidad metropolitana
- Centralidades existentes

Lineas Actuales de Autobuses metropolitanos

- Albolote, Polígonos Industriales
- Alfacar
- Amilla, Churriana, Las Gabias, Cúllar Vega, Vegas
- Cájar, Huetor Vega, Monachil
- Cenes V., Pinos G., Güejar S., Quentar
- Jun, Víznar
- La Zubia
- Maracena, Albolote, Atarfe
- Ogijares, Gójar, Dílar
- Peligros, Monteliz, Calicasas
- Pinos P. uente, Fuente Vaqueros, Illora, Valderubio
- Pulianas, Güevejar
- Sarta Fé, Chauchina, Cijuela, Láchar

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



E. LA FUERZA URBANA DE LAS ESTACIONES SUBTERRÁNEAS.

JOSÉ LUIS GÓMEZ ORDÓÑEZ, Catedrático de Urbanismo y Ordenación del Territorio y miembros del GRUPO DE URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



E.1. LAS ESTACIONES EN LA ESTRUCTURA GENERAL DE LA CIUDAD.

E.1.1. MODELO GENERAL DE RELACIÓN URBANA.

E.1.2. EJES DE MOVILIDAD MIXTA.

E.1.3. EJES VERDES.

E.1.4. DIFUSIÓN PEATONAL.

E.1.5. NUEVO TRANSPORTE PÚBLICO LOCAL.

Se estudia la estructura de movilidad del tridente de calles: Camino de Ronda, Pedro Antonio de Alarcón y Arabial que debe procurar su máxima eficiencia regulando el tráfico, dimensionando sus carriles de circulación y llevando a cabo los proyectos de mejora de su continuidad descritos en el capítulo C.2. de este informe. Así mismo, la incorporación de una línea de metro ligero soterrado obliga a una cuidadosa valoración de sus transversales, de sus puntos de atracción y generación de tráfico y de sus posibilidades espaciales.

En este capítulo se estudian dos estaciones ejemplo: Plaza Einstein (Severo Ochoa) y Recogidas y para ello, previamente, se observa la totalidad de la línea y las relaciones con el conjunto de la ciudad de esta estructura de calles.

E.1.1. MODELO GENERAL DE RELACIÓN URBANA

Se propone un modelo que valora en esta relación de calles dirección Norte-Sur de la ciudad (Camino de Ronda-Arabial y Pedro A. De Alarcón) su relación transversal hacia el Oeste(la Vega) y hacia el Este (el Centro Histórico y la Ciudad Moderna). Esto es así porque se entiende que la fuerza longitudinal de un transporte público subterráneo o en superficie debe complementarse con una gradual intensidad de los movimientos de enlace transversales. Se han marcado como relaciones fundamentales los siguientes ejes representados por los puntos de contacto siguientes con el Camino de Ronda: Severo Ochoa, Obispo Hurtado, Recogidas, Rio Genil y Carretera de Armilla. Estos lugares son parte coincidentes con los lugares considerados para estaciones del proyecto presentado anteriormente a este informe.

Las aportaciones fundamentales de este modelo de ciudad para el Metro Ligero Subterráneo son las siguientes:

-Incentivación de los puntos de contacto del Camino de Ronda con los considerados EJES DE MOVILIDAD MIXTA, y la creación en estos lugares de estaciones del Metro e intercambiadores de gran importancia en la movilidad general de la ciudad.

-Eliminación como lugares para estaciones de metro de los puntos Obispo Hurtado y Rio Genil, que se consideran incluidos en ejes transversales de Movilidad Peatonal y de Transporte Público Local de corto recorrido, lo que supone la creación de dos EJES VERDES interiores a la ciudad.

-Incremento del viario de carácter peatonal en los entornos de las estaciones y en los puntos de contacto de los Ejes Verdes con el Camino de Ronda, para favorecer la comunicación de corto recorrido del peatón y suplir la falta de estaciones intermedias.

-Incorporación de un transporte público local en la zona Central de la Ciudad que conecte las estaciones con los Ejes Verdes y las dos futuras líneas de metro externa e interna de la ciudad.

Estas operaciones van encaminadas a la consecución de los siguientes OBJETIVOS:

-Unas estaciones atractivas, donde se sumen esfuerzos y se conviertan en lugares de atracción en la ciudad, que apoyan centralidades ya emergentes.

-Una disminución del número de estaciones lo que supone una disminución del coste en la ejecución del sistema y del tiempo de trayecto medio y largo lo que permite captar este tipo de viajeros para la línea.

-Un aumento del espacio de calzada para transporte rodado privado y público y sobre todo un aumento del espacio de acera -del espacio libre- para el peatón, para la vida y el uso de las plantas bajas de la ciudad.

-La intensidad añadida a determinados ejes colectivos transversales permite descargar a otros ejes de esta movilidad y conseguir la incorporación a una ciudad como Granada de sendos Ejes Verdes interiores que favorecen la relación Ladera-Valle (Este-Oeste).

-La disminución del número de estaciones se ve complementada con un nuevo Transporte Público Local de Superficie, Minibus o Tranvía Tradicional que enriquece la vida y la imagen del Centro Histórico de la ciudad sin que ello suponga un perjuicio de su cualidad ambiental.

E.1.2. EJES DE MOVILIDAD MIXTA

Son aquellos ejes transversales que acogen flujos de movimiento de todo tipo: tráfico rodado, transporte público local y general, tráfico comercial, tráfico laboral, tráfico de servicios en la ciudad, tráfico ocasional... Los usos a los que sirven son siempre generales de la ciudad: hospitales, grandes superficies comerciales, bancos, centros de ocio y turismo, universidad, etc. La anchura de su sección viaria hace posible la compatibilidad de diferentes flujos de tráfico. Se hace necesario en estos ejes:

-La creación de estaciones de potente intercambio, lugares de referencia en la ciudad por su carácter funcional y simbólico.

-La incentivación y mejora del transporte público general que permita y facilite los transbordos de unas líneas generales a otras.

-La mejora de la movilidad peatonal tanto de la sección del eje como de la difusión desde sus estaciones hacia el centro y la periferia, fomentando la diagonalidad para salvar la distancia peatonal de entre estaciones.

-Aparcamientos generales para intercambiadores de transporte e incorporación del ciudadano a las líneas de transporte colectivo.

Son los ejes fuertes de la ciudad donde han de convivir la funcionalidad, los transportes y la movilidad peatonal y comercial. Los EJES DE MOVILIDAD MIXTA en este tramo central de estudio son los siguientes:

EJE DE MOVILIDAD MIXTA 1: Eje Universitario de Severo Ochoa, Hospitales, Campus de Fuentenueva, Ciudad de los Negocios, Nudo Méndez Núñez, Superficie Comercial, Hoteles...

EJE DE MOVILIDAD MIXTA 2: Eje Turístico de Recogidas, Centralidad Histórica, Administración, Nudo de Neptuno, Superficie de Ocio y Comercio...

EJE DE MOVILIDAD MIXTA 3: Eje Cultural de Carretera de Armilla, Palacio de Congresos, Ciudad de las Ciencias, Ciudad Residencial Zaidín y Armilla, Nudo del Palacio de Congresos-Armilla...

E.1.3. EJES VERDES

Son aquellos ejes transversales que relaciona el espacio libre de la ciudad con lugares de gran importancia histórica y representativa. En estas líneas ha de fomentarse la peatonalidad -con paso exclusivo de transporte público local (Minibus)- y la incorporación de vacíos urbanos o espacios libres al recorrido para permitir una lectura de la ciudad en la dirección Este Oeste. En el punto de contacto con el tridente del Camino de Ronda-Arabial-Pedro A. De Alarcón se propone también la difusión peatonal y la creación de nuevos escenarios de espacio público que ritmen el Camino de Ronda con la incorporación de esos sistemas Verdes de Movilidad. Esto permitiría la conexión de estas líneas con las estaciones del Metro Ligero Subterráneo que se distancian máximo 400 mts de ellas. Los EJES VERDES que se incorporan de esta manera al Modelo de Ciudad son los siguientes:

-EJES VERDE 1: Obispo Hurtado, relaciona la Vega a través del Parque García Lorca con la Nueva Plaza de Menorca como espacio fundamentalmente Peatonal, la Calle en curva de Obispo Hurtado, la nueva Calle Tablas, La Plaza de La Trinidad, Las Plaza de Pescadería y la Romanilla, Cárcel Baja y su encuentro con la Catedral, Calderería y se adentra en el Albaicín a través de San Juan de los Reyes. Es eje de conexión entre la Vega la ciudad del XIX y la ciudad histórica cristiana y árabe, es capaz de aglutinar los grandes elementos simbólicos de la ciudad y es paralela a vías tan importantes como Reyes Católicos o Carrera del Darro.

-EJE VERDE 2: Río Genil, relaciona la Vega a través del propio Río Genil y sus puentes con la explanada del Palacio de Congresos y los Jardines del Paseo del Salón y la Bomba, en sus bordes deja a la ciudad Contemporánea a través de una Nueva Plaza sobre el Río en el contacto con Arabial y Camino de Ronda, el Puente Romano que conecta el Barrio de los Vergeles con la Acera del Darro y el Humilladero con el Paseo de la Virgen de las Angustias, es la puerta los barrios de la Carretera de la Sierra y la Avda. Cervantes, es la puesta en valor definitiva del Río Genil a su paso por Granada.

E.1.4. DIFUSIÓN PEATONAL

Es el mecanismo obligado que aparece en la ciudad cuando se incorpora un sistema nuevo de transporte como el Metro Ligero sea este superficial o subterráneo. La ganancia de espacio para repartir en la sección superficial es clara y absoluta en la opción subterránea, y tanto más necesaria cuanto se opta por un transporte capaz de captar flujos de medio y largo recorrido y no tanto los recorridos cortos que han de favorecerse con un tratamiento de la urbanización eficaz y elegante que fomente el paseo cómodo y el recorrido peatonal fluido.

De las estaciones surgen como una red de araña, un viario peatonal o compatible sólo con transporte público local hacia los recorridos principales de la ciudad, hacia los Ejes Verdes y hacia los puntos de destino de la mayor parte de los viajeros, los lugares de centralidad y actividad. Ejes como Virgen Blanca - Plaza de Gracia, o Calle Manuel de Falla-Plaza en Calle Martínez Campos, difunden la peatonalidad desde la estación de Recogidas.

Así mismo, calles como Cañaveral y Martínez de la Rosa-Plaza Gran Capitán-Calle Carril del Picón son fundamentales para la difusión de la estación de Severo Ochoa. También los Ejes Verdes necesitan difundir su peatonalidad, por ejemplo en el contacto con Camino de Ronda: Obispo Hurtado a través de la Glorieta de Arabial, o El Río Genil mediante calles paralelas traseras.

E.1.5. NUEVO TRANSPORTE PÚBLICO LOCAL

La economía en la situación de las estaciones del Metro Ligero puede complementarse eficazmente con una necesaria nueva red de transporte público local, sea éste el modelo Albaicín o Realejo de Autobus pequeño. Esta red cubriría una zona de actual y futura demanda de transporte público y acercaría las estaciones de Metro propuestas a cualquier punto de la ciudad central, evitando así, recorridos peatonales de más de diez minutos y permitiendo la movilidad de personas con minusvalías; la suma de opciones del transporte público local, de la movilidad peatonal y del transporte de medio y largo recorrido en Granada oferta una calidad de movimiento ciudadano de alto nivel, si se adquieren los compromisos de eficiencia, seguridad y confort que Granada se merece.

E.1.1. MODELO GENERAL DE RELACIÓN URBANA



E.1.2. INCENTIVACIÓN Y MEJORA DEL TRANSPORTE PÚBLICO "EJES DE MOVILIDAD MIXTA"



E.1.3. EJES DE MOVILIDAD PEATONAL "EJES VERDES"
Intercambio con Transporte Público Local

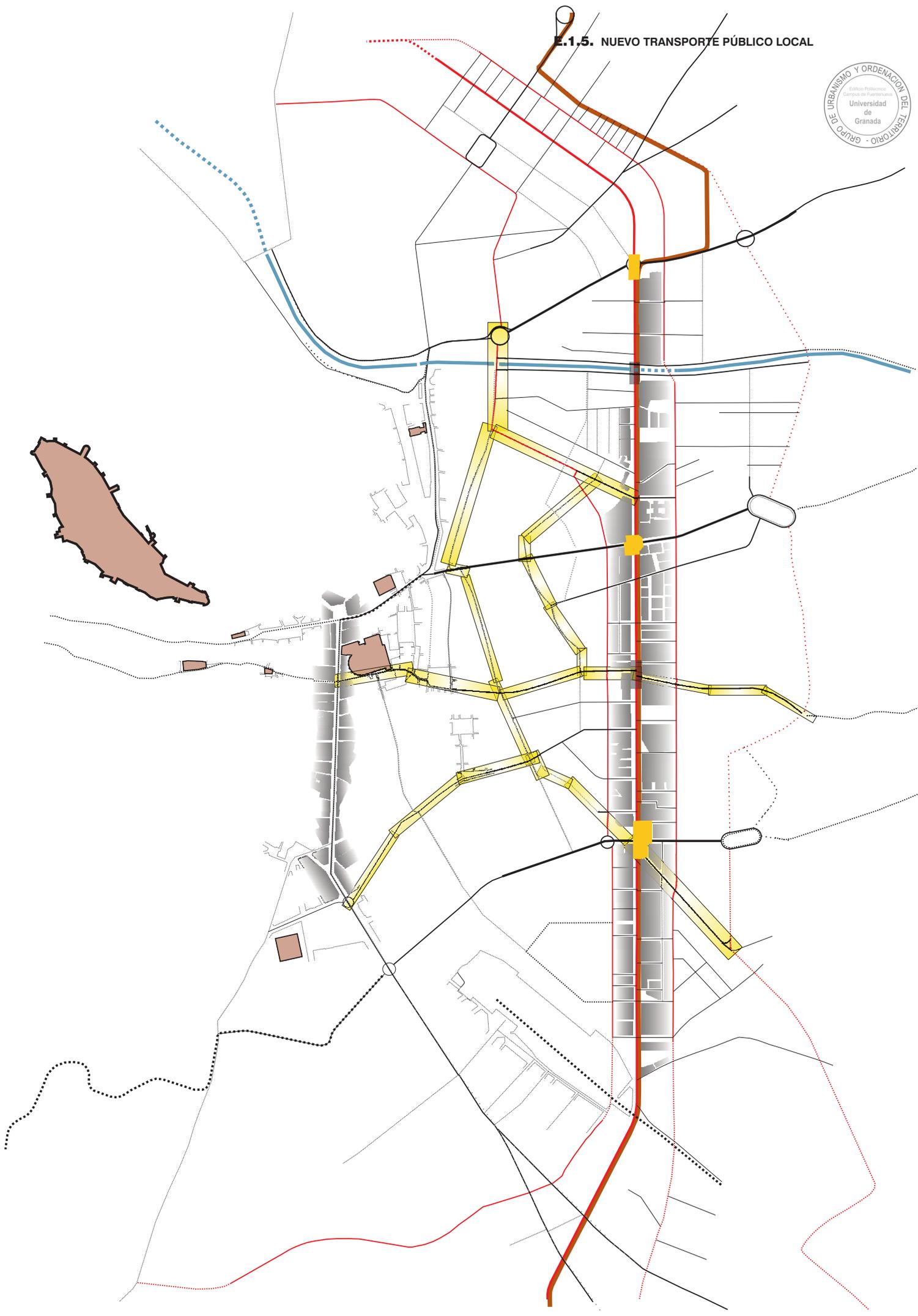


E.1.4. DIFUSIÓN PEATONAL

Incremento del carácter peatonal del viario
entorno a las estaciones de los Ejes Mixtos
y en torno a los contactos de los Ejes Verdes
con el Camino de Ronda.



E.1.5. NUEVO TRANSPORTE PÚBLICO LOCAL



INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



E.2. ESTACIONES COMO NUEVOS ESPACIOS PÚBLICOS

E.2.1. RELACIONES URBANAS DE LAS ESTACIONES DE SEVERO OCHOA Y RECOGIDAS.

E.2.2. DIAGRAMA DE CENTRALIDAD Y PROXIMIDAD.
EJEMPLO ESTACIÓN SEVERO OCHOA.

E.2.3.1. ARGUMENTOS PARA EL PROYECTO DE LA ESTACIÓN DE PLAZA EINSTEIN (SEVERO OCHOA)

E.2.3.2. ARGUMENTOS PARA EL PROYECTO PARA LA ESTACIÓN DE RECOGIDAS.

E.2.1. ESTACIONES DE SEVERO OCHOA Y RECOGIDAS. RELACIONES URBANAS

- 1.- ESTACIÓN DE SEVERO OCHOA : EJE DE MOVILIDAD MIXTA 1
UNIVERSIDAD HOSPITAL.
(PLAZA EINSTEIN - CAMPUS DE FUENTENUEVA Y CARTUJA)
- 2.- ESTACIÓN DE RECOGIDAS : EJE DE MOVILIDAD MIXTA 2
HISTÓRICO, TURÍSTICO Y COMERCIAL.
(NEPTUNO - PASEO DE LOS TRISTES)

ESCALA 1 / 20.000



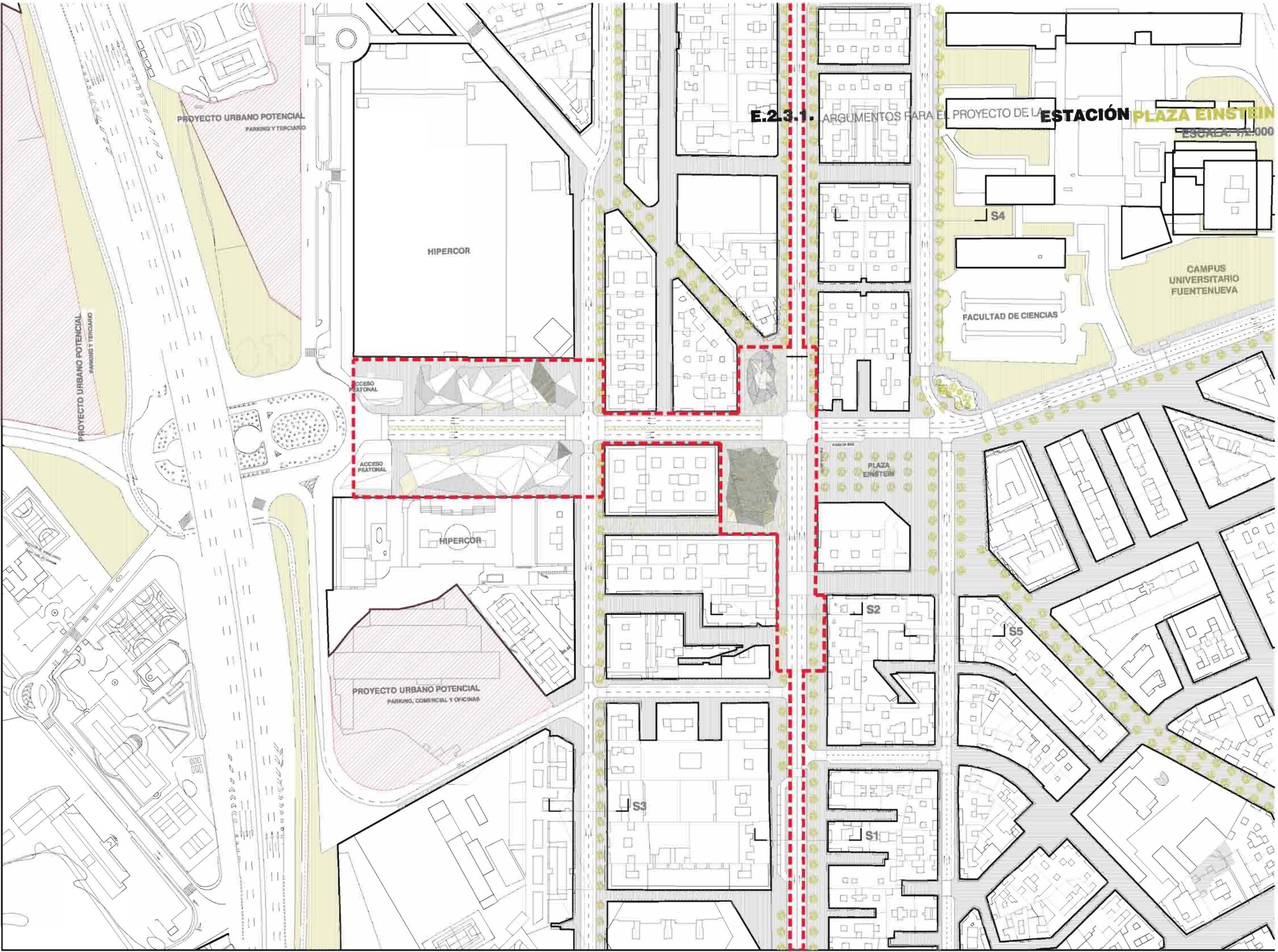
0 100 500 1.000 m

**E.2.2. DIAGRAMA DE CENTRALIDAD Y PROXIMIDAD
EJEMPLO ESTACIÓN SEVERO OCHOA**

ENTORNO PLAZA EINSTEIN - CAMPUS DE FUENTENUEVA

ESCALA 1 / 15.000

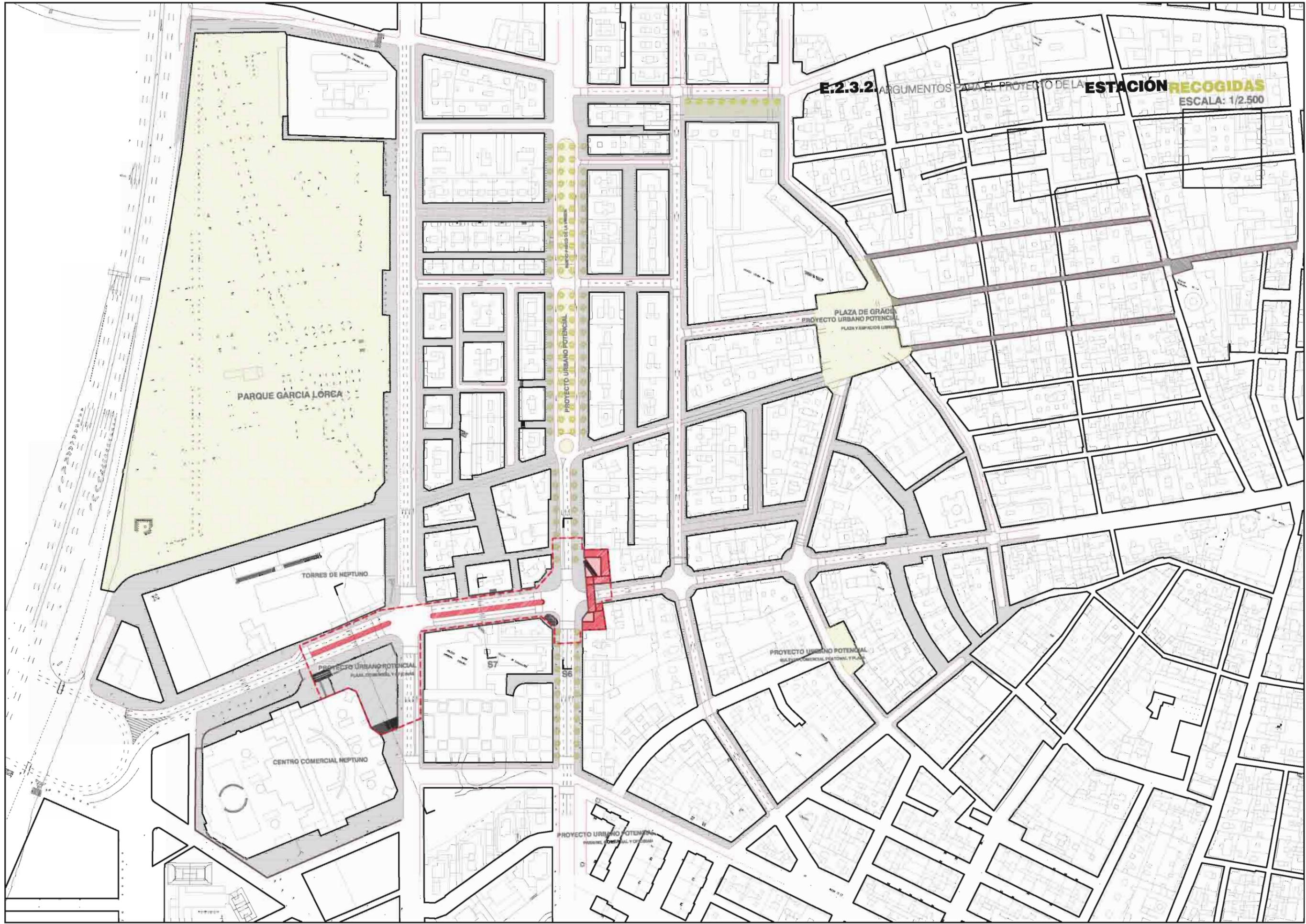




E.2.3.1. ARGUMENTOS PARA EL PROYECTO DE LA ESTACIÓN PLAZA EINSTEIN

ESCALA: 1:2.000

E.2.3.2. ARGUMENTOS PARA EL PROYECTO DE LA ESTACION RECOGIDAS
ESCALA: 1/2.500



INFORME SOBRE EL METRO LIGERO DE GRANADA

ANEXO 3: LAS OPORTUNIDADES URBANÍSTICAS DE LA LÍNEA METROPOLITANA N-S SOBRE EL SOTERRAMIENTO DEL TRAMO CENTRAL



E.3. ENTORNO Y ESCENA URBANA LIGADA A LAS ESTACIONES.

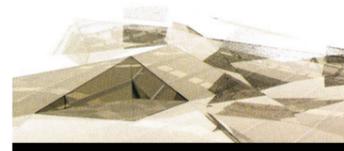
E.3.1. ESTACIÓN DE PLAZA EINSTEIN (SEVERO OCHOA)

E.3.2. ESTACIÓN DE RECOGIDAS

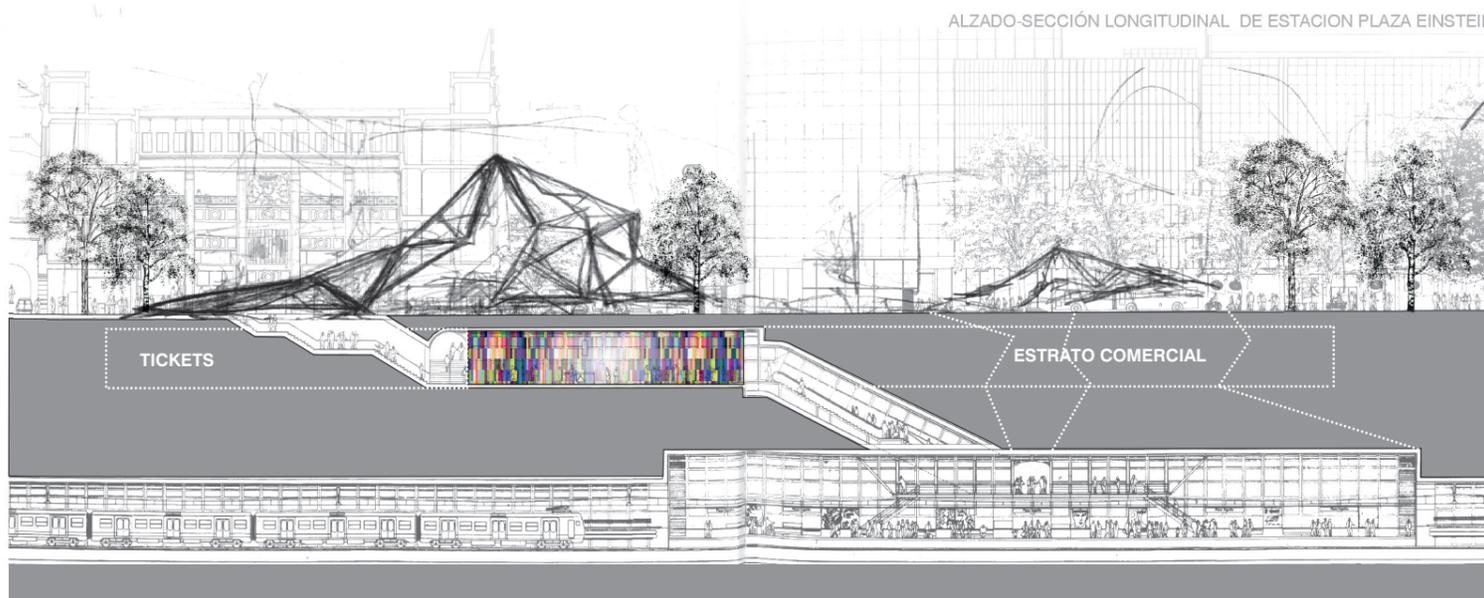
E.3.3. PROYECTOS DE TRANSFORMACION URBANA LIGADOS
AL METRO LIGERO EN TRAMOS DE TRAZA SUPERFICIAL.



ESCENA URBANA. CAMINO DE RONDA
 MAS PROTAGONISMO AL PEATÓN



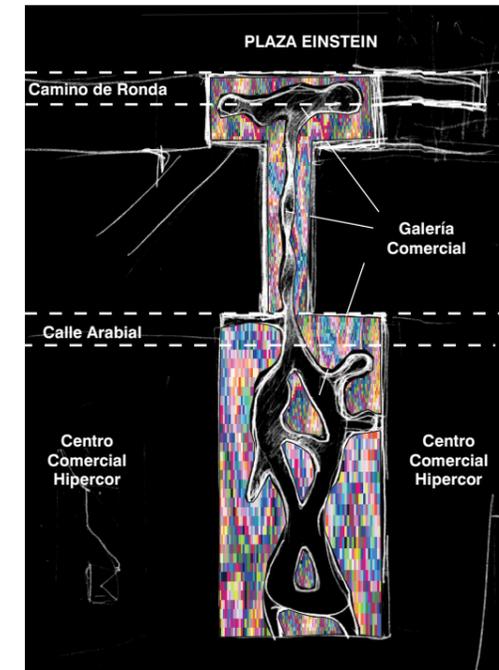
LA ESTACION DE PLAZA EINSTEIN PODRÍA SER UN HITO PARA LA GRAN GRANADA. SERÍA UN ACCESO A LA ESTACIÓN SOTERRADA Y LA ENTRADA A UN GRAN CENTRO DE OCIO Y COMERCIO QUE PODRÍA UNIRSE MEDIANTE UNA GALERÍA COMERCIAL CON LA ESPLANADA DE ENTRADA DESDE EL NUDO DE CIRCUNVALACIÓN DE MÉNDEZ NÚÑEZ - SEVERO OCHOA.



ALZADO-SECCIÓN LONGITUDINAL DE ESTACION PLAZA EINSTEIN

TICKETS

ESTRATO COMERCIAL

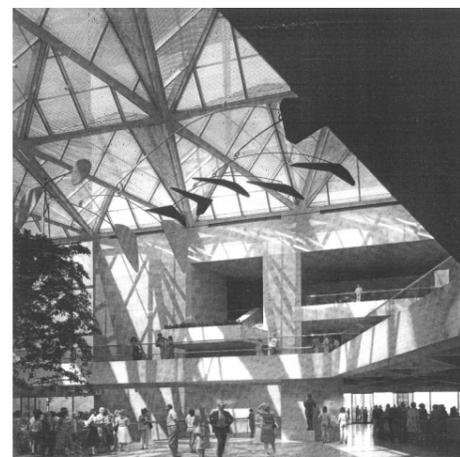


PLANTA DEL SUBSUELO COMERCIAL QUE SE UNIRÍA CON UNA GALERÍA HACIA HIPERCOR

VISTA NOCTURNA DE POSIBLE ESTACIÓN PLAZA EINSTEIN



VISTA DIURNA DE ESTACIÓN PLAZA EINSTEIN



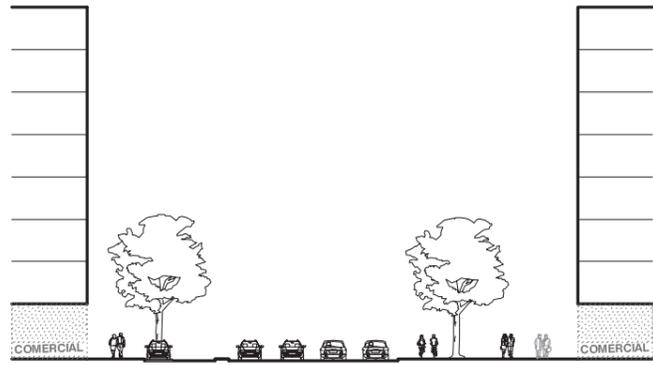
VISTA POSIBLE DE INTERIOR COMERCIAL



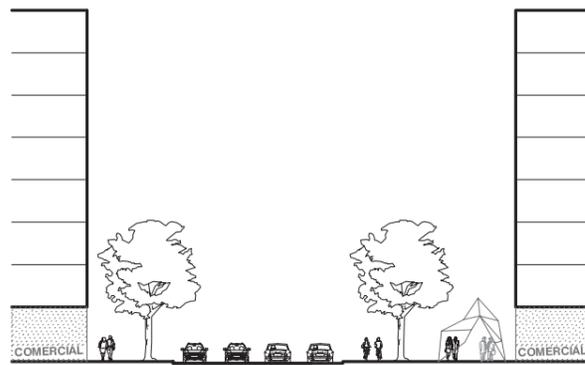
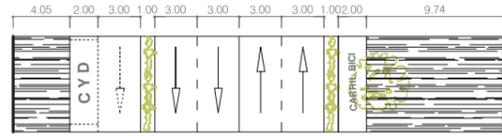
VISTA DE ÁNDENES DE LA ESTACIÓN

E. 3.1.2. ENTORNOS Y ESCENA URBANA LIGADA A LAS ESTACIONES

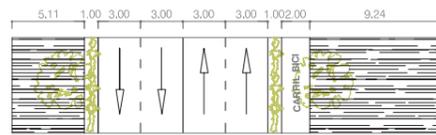
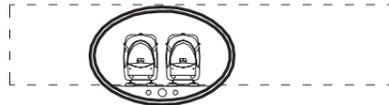
ENTORNO ESTACIÓN PLAZA EINSTEIN (Mendez N./Severo Ochoa)



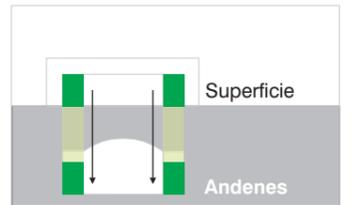
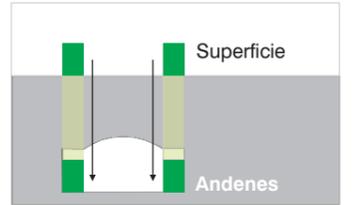
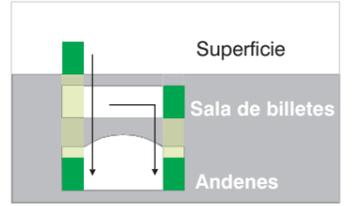
S1
OPERACIÓN
"BULEVAR CAMINO DE RONDA"



S2
OPERACIÓN
"BULEVAR CAMINO DE RONDA"



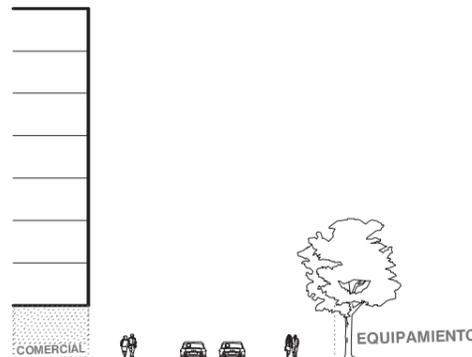
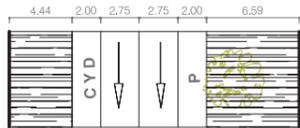
NUEVOS AMBIENTES URBANOS
CON LA APARICIÓN DEL METRO



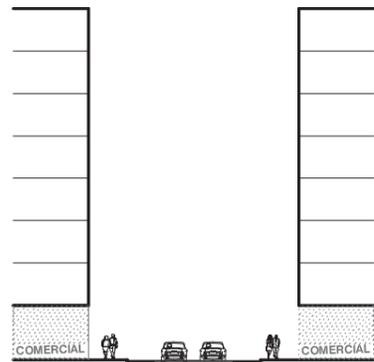
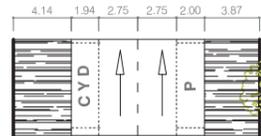
CONFIGURACIÓN DE ACCESOS EN LAS ESTACIONES



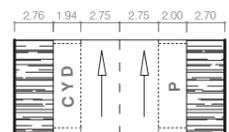
S3
OPERACIÓN
"BULEVAR ARABIAL"



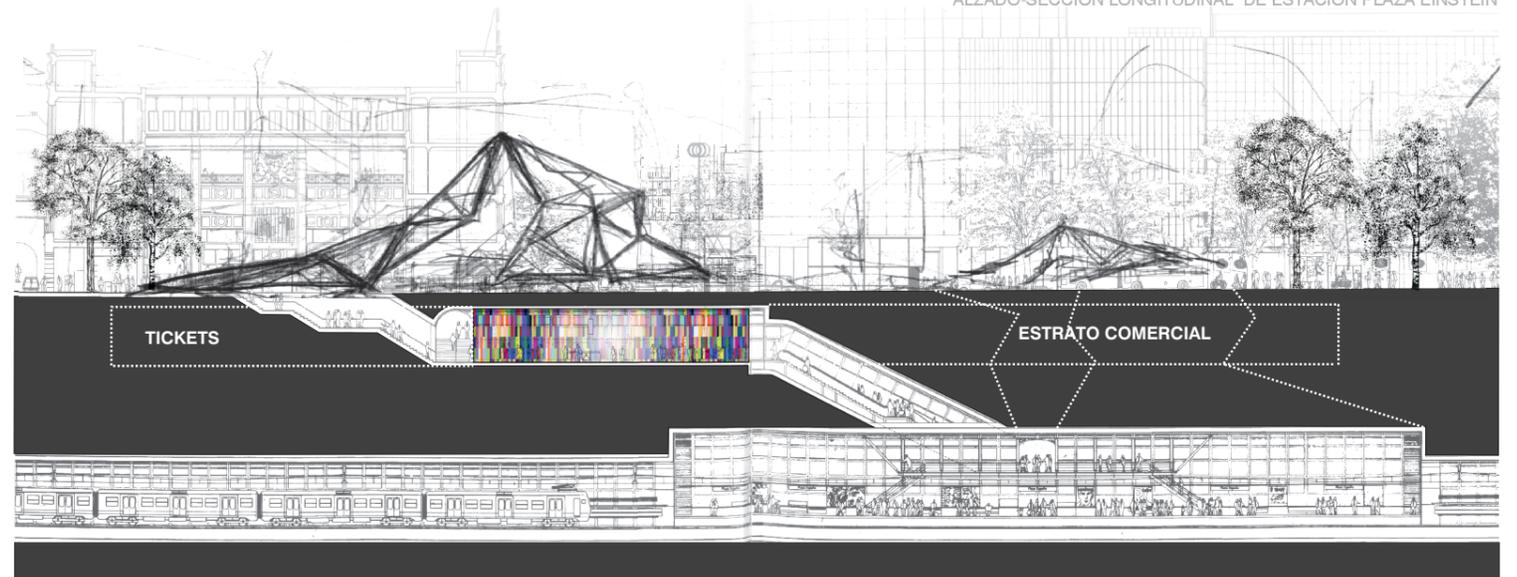
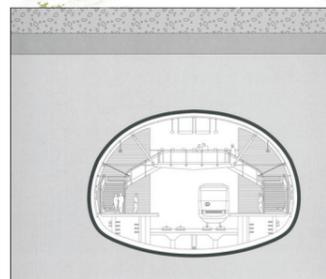
S4
OPERACIÓN
"BULEVAR PEDRO ANTONIO DE ALARCÓN"



S5
OPERACIÓN
"BULEVAR PEDRO ANTONIO DE ALARCÓN"

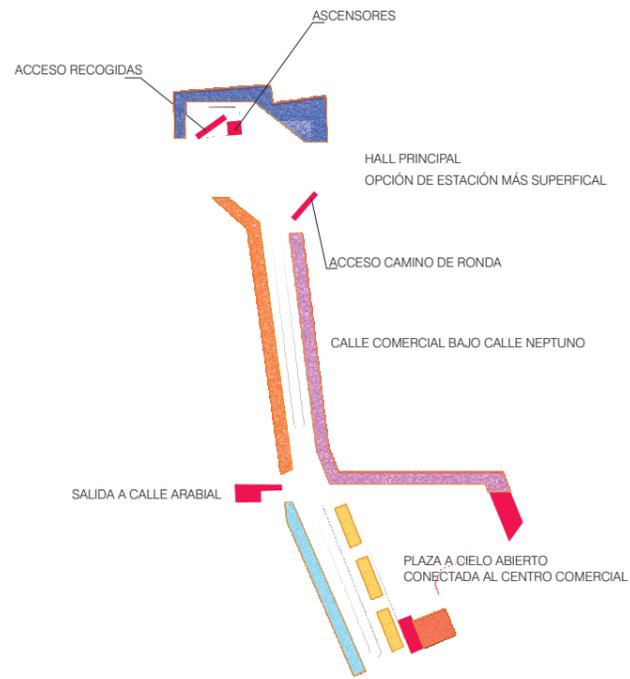


ESCENA URBANA CON METRO.
Sección transversal Camino de Ronda.

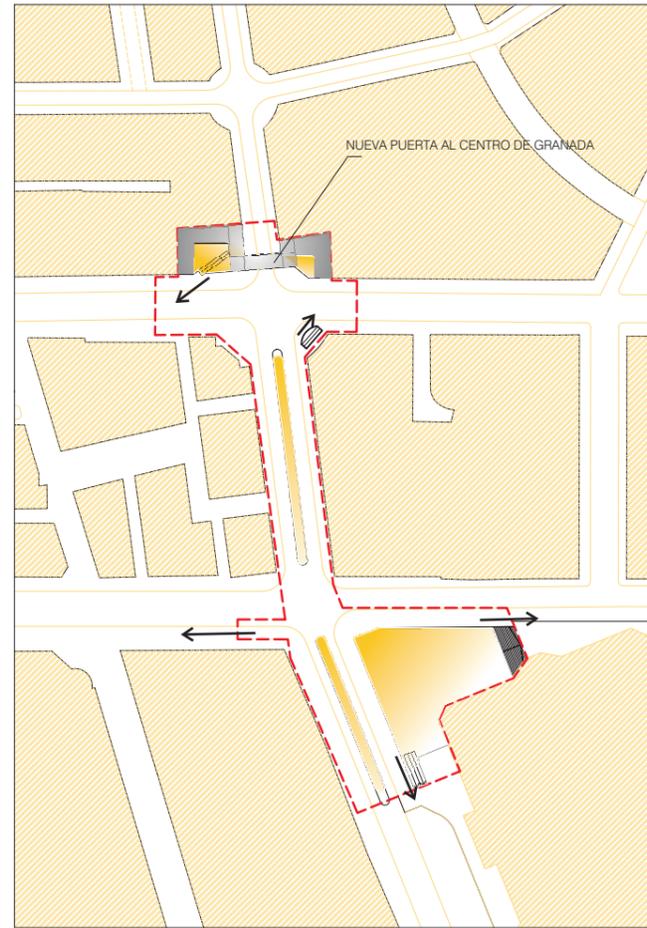


ALZADO-SECCIÓN LONGITUDINAL DE ESTACION PLAZA EINSTEIN

P1. PLANTA DEL SUBSUELO DE LA ESTACIÓN

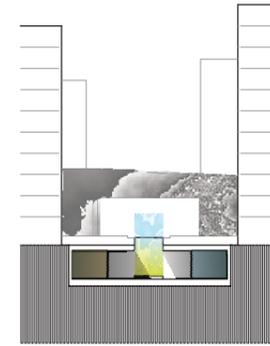


P2. PLANTA DE LA SUPERFICIE DE LA ESTACIÓN



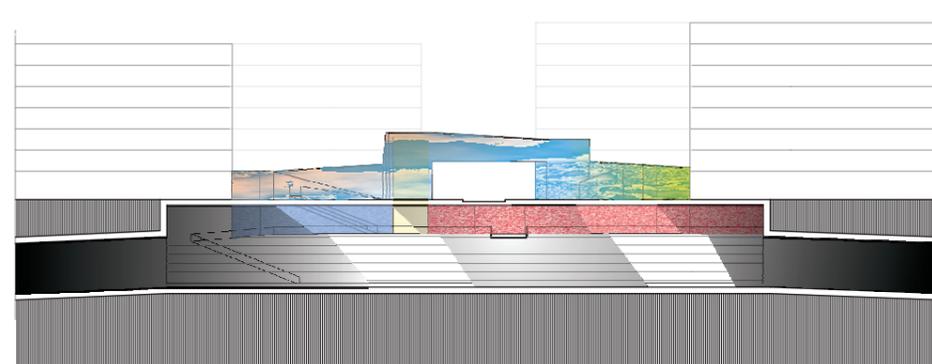
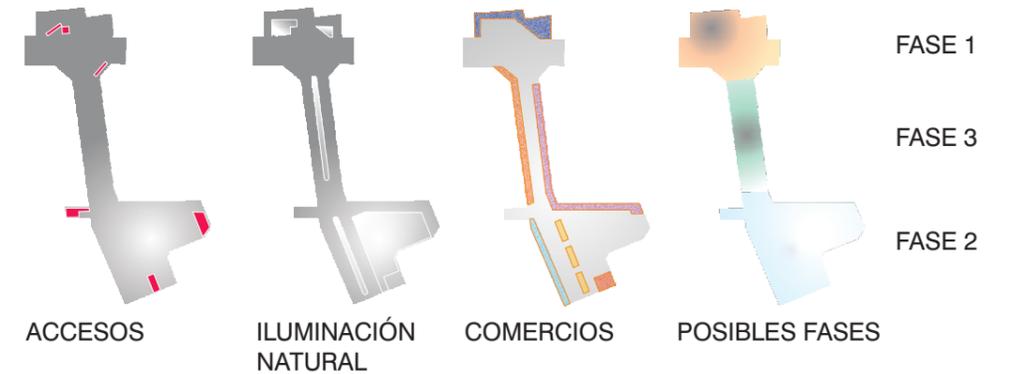
E. 3.2. ENTORNOS Y ESCENA URBANA LIGADA A LAS ESTACIONES

ARGUMENTOS PARA EL PROYECTO DE LA **ESTACION RECOGIDAS**

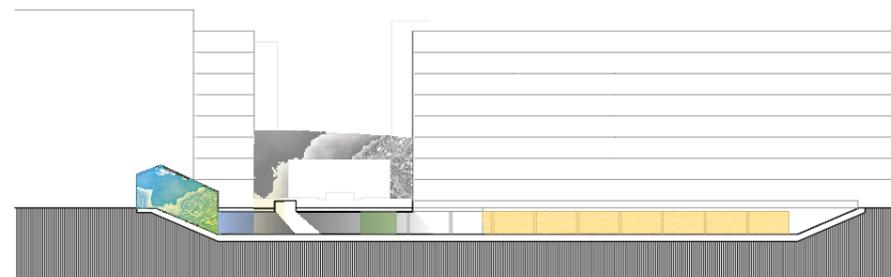


S2. SECCIÓN CALLE NEPTUNO

LA ESTACIÓN DE ARRIBA
LA ESTACIÓN DE ABAJO



S1. SECCIÓN POR EL CAMINO DE RONDA



S3. SECCIÓN POR LA PLAZA DEL COMERCIAL NEPTUNO

UNA NUEVA CALLE COMERCIAL

Aumentar las posibilidades peatonales, ensanchar las aceras, mejorar la calidad ambiental del abajo para mejorar a su vez el confort de arriba. Un lugar intensificado, un lugar de cruces de espacios y de tiempos.



Unir la gran escala del metro ligero con el comienzo del recorrido peatonal en la entrada al centro de la ciudad, configurando una puerta de enlace entre la ciudad nueva y la antigua.

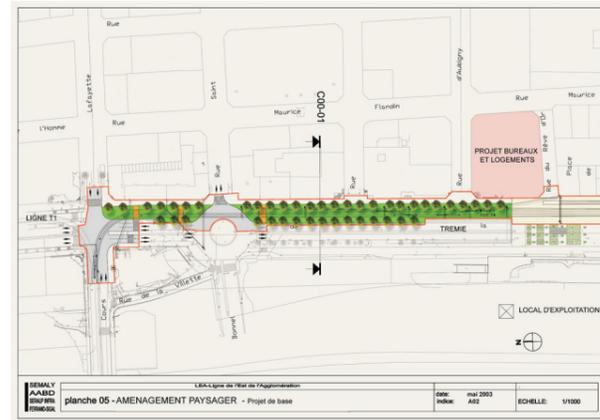
UNA NUEVA PUERTA AL CENTRO DE LA CIUDAD



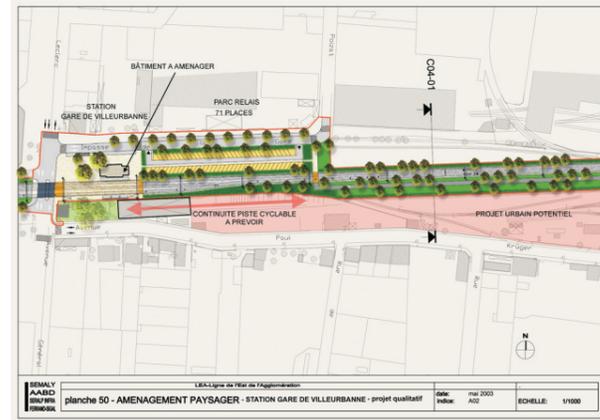
LA PLAZA DE NEPTUNO

La posibilidad de unir la fortaleza del lugar de la estación con focos de actividad del ocio, espacios libres como el Parque García Lorca o el Comercial Neptuno. Un nuevo espacio abierto al aire libre, un lugar del ocio contemporáneo.

E. 3.3.1. PROYECTOS DE TRANSFORMACIÓN URBANA LIGADOS AL METRO LIGERO EN TRAMOS DE TRAZA SUPERFICIAL



Estación ligada a operación de nueva urbanización, pavimentación y área verde. Aparece rallado en rojo un proyecto de futuro edificio de oficinas y servicios frente a la parada en superficie. Éste es un ejemplo de creación de pequeña centralidad suburbana gracias a la aparición de la infraestructura de transporte público.



Estación ligada a un nuevo edificio, operación de nueva urbanización, pavimentación y área verde. Aparece rallado en rojo un área de posible proyecto urbano potencial que debería posibilitar la continuidad del carril bici. Junto a la estación se proyecta un parking de 71 plazas en superficie, indispensable, si se quiere fomentar el intercambio de vehículo privado a público. Éste es un ejemplo de creación de pequeña intermodalidad suburbana gracias a la localización estratégica de bolsas de aparcamiento y mezcla de usos.

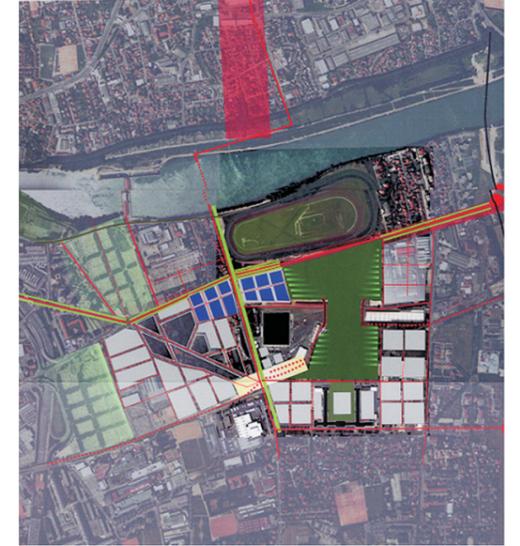


Estación ligada a un nuevo edificio intercambiador de transporte entre Metro y Metro Liger. El proyecto va ligado a su vez con una bolsa de aparcamiento de 377 plazas en superficie, indispensable, si se quiere fomentar el intercambio de vehículo privado a público. Éste es un ejemplo de creación de intermodalidad suburbana triple (coche-metro-metro ligero-peatón).



Estación ligada a una zona deportiva y de ocio, con unas características paisajísticas específicas. Se propone una operación de nueva urbanización, pavimentación y área verde en continuidad con los jardines del entorno urbano adyacente. Junto a la estación se proyecta un parking de 185 plazas en superficie para así facilitar el uso y el intercambio modal ligado a estas áreas de usos deportivos, ocio o trabajo. Éste es un ejemplo de pequeña escala, de cómo una línea de transporte público puede generar nuevas áreas de actividad urbana y de modificar el mapa de una ciudad.

ESTA LÁMINA MUESTRA PROYECTOS DE REURBANIZACIÓN DE LA TRAZA DEL METRO LIGERO SUPERFICIAL DE LYON AMABLEMENTE CEDIDOS POR SU AUTOR, ARQT. DUMETIER. PRETENDEN ORIENTAR E IMPULSAR QUE SURJAN TRABAJOS SIMILARES EN LOS TRAMOS SUPERFICIALES DEL METRO LIGERO GRANADINO EN TORNO A LAS ESTACIONES Y A LO LARGO DE LA TRAZA.



Ejemplo de proyecto urbano de gran extensión surgido de la aparición de una línea de metro-metro ligero adyacente. Este nuevo barrio nace con unas condiciones de centralidad importantes que le permiten en algunos casos, mayores densidades de edificación a la vez que grandes áreas verdes y de esparcimiento de escala metropolitana.



Éste es un ejemplo de nueva urbanización y pavimentación adaptada a la compatibilidad de modos de transporte diferentes a su paso por zonas céntricas de la ciudad. Es necesario calibrar de forma precisa las fricciones y dificultades que puedan producirse con el encuentro con los peatones y zonas comerciales.

Proyecto de pavimentación, urbanización y creación de zonas verdes ligadas al metro ligero a su paso en superficie. Produce lugares de tratamiento singular como espacios públicos a veces ligados a actividades o edificios emblemáticos. Se convierten así los lugares por donde pasa el transporte público en líneas o pasajes de actividad y gran centralidad, debido principalmente a su proximidad temporal con lugares muy alejados y a su emergente protagonismo en el mapa de intensidades urbanas de la ciudad.



TRAZADOS SUPERFICIALES QUE SE CONVIERTEN EN SUBTERRÁNEOS EN LOS CENTROS DE LAS CIUDADES



Metro tram de Duisburg.
Al fondo se ve el túnel por el que continúa el trazado.



Aquí la línea H de tranvía que acaba de salir de túnel –al fondo de la fotografía-. Estas calles anchas y verdes ofrecen hermosos paisajes al M.L. en superficie. En calles estrechas este atractivo desaparece.



Bielefeld. Al fondo el túnel para el Metro Ligero.



Túnel al fondo, al acercarse al centro.

EJEMPLOS DE LA RELACIÓN METRO LIGERO SUBTERRÁNEO –PEATÓN-COMERCIO-LUZ



La promenade de Hannover. Al fondo la estación de ferrocarril.
Como aumentar el perímetro de tiendas y acceder desde dos niveles al comercio.



La promenade de Hannover y el acceso al metro también desde el nivel superior.



El final de Friedrichstrasse es la puerta de una gran plaza peatonal.
El metro marca esta entrada.



La promenade de Hannover y el acceso al metro.
Al final a la derecha unos grandes almacenes.

LA LUZ TAMBIÉN ENTRA AL SUBSUELO



Luz cenital en estación del Metro de Dortmund.



La luz natural llega al andén en estación del Metro de Dortmund.



La luz atraviesa varias plantas de una estación de Metro.



Iluminación del acceso a la estación.