

UNIVERSIDAD DE GRANADA

TESIS DOCTORAL

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA

IGNACIO VALVERDE ESPINOSA

1992

E.T.S.I. CAMINOS

BIBLIOTECA

CDU ~~691~~ 7691-32

AUTOR VAL

TITULO CAF

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA

por

IGNACIO VALVERDE ESPINOSA

Memoria presentada para aspirar al Grado de
Doctor en Ciencias, Sección Geológicas



BIBLIOTECA	UNIVERSITARIA
GRANADA	
Nº Documento	240346
Nº Copia	240350

Fdo.: Ignacio Valverde Espinosa
Ldo. en Ciencias, Sección Geológicas



EL DIRECTOR DE LA TESIS



Fdo.: Prof. Dr. D. JOSE CHACON MONTERO
Profesor Titular de Ingeniería del Terreno
de la Universidad de Granada.

AGRADECIMIENTOS

Si tuviera que mencionar el nombre de todos los que me han ayudado, de una u otra manera, en la realización de este trabajo, no quedaría espacio para escribir nada más. A todos ellos mi más sincero agradecimiento, rogándoles me disculpen por no mencionarlos individualmente.

Sin embargo, sería imperdonable que no expresara una gratitud especial a las personas, no pocas, que han tenido una contribución decisiva en el trabajo. Posiblemente, sin su colaboración, esta memoria no hubiese salido a la luz o lo hubiera hecho fuera de todo plazo razonable.

Hace aproximadamente cinco años desde que mi actividad profesional dio un giro de ciento ochenta grados. Fue entonces cuando decidí dedicarme por entero a la enseñanza universitaria y comencé a pensar en la realización del Doctorado.

Los que ya han recorrido este camino sabrán lo difícil que es decidirse por qué tema desarrollar, ante el miedo de entrar a un callejón sin salida. En mi caso, tal decisión resultaba especialmente complicada por la gran cantidad de posibilidades que me ofrecían los distintos temas que tuve que abordar, y en algunos de ellos especializarme, a lo largo de mis quince años de empresa, compartidos diez de ellos con la Universidad.

Esto me llevó a una serie de balbuceos hasta que un día, por suerte, en una conversación con el Profesor José Chacón Montero, director de mi tesis, me apuntó la posibilidad de realizar este trabajo por tratarse de un tema de gran actualidad e interés social dentro de mi especialidad docente. Desde ese momento he contado con su absoluta e incondicional entrega, su valiosa ayuda y colaboración. Gracias por todo ello.

A David López Martín, compañero en las tareas docentes e investigadoras, que con total e incondicional entrega me ha acompañado, día a día, en este largo camino. Sin su constante colaboración y su buen saber hacer, habría sido difícil realizar esta tesis. Por todo ello, quiero mostrarle, de manera muy especial, mi más sincero agradecimiento.

A José Rodríguez Montero, mi maestro, que, aunque él, en su sana modestia, no quiera reconocerlo, me inició en el conocimiento de los materiales de construcción. Por su constante apoyo, sus ánimos en los momentos difíciles y sus continuas y acertadas indicaciones, además de su colaboración en una parte de este trabajo, le debo mucho más de lo que él cree. Gracias, amigo Pepe.

A mis compañeros José Luis Piqueras Sala y José María Ruíz Sánchez, por su inestimable ayuda en la toma de muestras, realización de ensayos y en las tareas informáticas.

A mis compañeros José Jiménez Benavides, Francisco Ortega López de Hierro y Enrique Gálvez Rodríguez, por su colaboración y acertados consejos en distintas facetas de este trabajo.

A Eduardo Sebastián Pardo, Profesor del Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada, a Esther Ontiveros Ortega y a Jesús Soriano Carrillo, por su incondicional y valiosa ayuda en el estudio mineralógico y en la supervisión de los análisis llevados a cabo, mediante microscopía electrónica, en los Servicios Técnicos de la Universidad de Granada.

A Luis García-Rossell Martínez, Profesor del Departamento de Geodinámica de la Universidad de Granada, y a Visitación Ruíz Moriana, por su colaboración en la caracterización geológica de la zona estudiada.

A mi amigo Carlos Maeso Grous, Director del Laboratorio de Control de Calidad de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, por su gran ayuda en la puesta a punto de algunos ensayos de laboratorio.

A Eduardo Moreu Jalón, Director del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación de la Junta de Andalucía en Granada, que con gran amabilidad me ha permitido la realización de algunos ensayos en el citado laboratorio. Así mismo, a todo el personal de este laboratorio, y muy especialmente a Santiago Morales Gallego por su generosa colaboración.

A aquellos alumnos de la E.U.A.T., que lo fueron o lo son todavía, que han colaborado en el desarrollo de este estudio.

Y, cómo no, a mi familia, no sólo por quitarle gran parte del tiempo que le correspondía, sino también por el apoyo, ayuda y comprensión que he obtenido de ella en los innumerables y difíciles momentos por los que se atraviesa a lo largo de un trabajo como éste.

Finalmente, deseo expresar mi reconocimiento al Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Granada, que me ofreció todos sus medios y ha financiado, dentro de sus posibilidades, parte del trabajo.

A todos ellos, además de expresarles nuevamente mi más sincero agradecimiento, les pido sepan perdonar los fallos, quizás muchos, que puedan encontrar en esta tesis.

Granada, Diciembre 1992.

INDICE

INDICE.

INDICE	I
PROLOGO	1
1. OBJETIVOS DEL TRABAJO	7
2. ASPECTOS TEORICOS SOBRE LOS ARIDOS Y EL HORMIGON . . .	13
2.1. NATURALEZA Y PROCEDENCIA DE LOS ARIDOS	14
2.2. CLASIFICACION DE LOS ARIDOS	15
2.3. PRESCRIPCIONES ESTABLECIDAS PARA LOS ARIDOS EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE HORMIGON	20
2.3.1. Reseña histórica	20
2.3.2. Comentarios a las condiciones limitadas en la Instrucción	25
2.3.2.1. CONDICIONES FISICO-QUIMICAS	26
2.3.2.2. CONDICIONES FISICO-MECANICAS	44
2.3.2.3. GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA	50
2.4. GRANULOMETRIA	57
2.4.1. Valoración de la granulometría de un árido	59
2.4.1.1. COMPARACION CON GRANULOMETRIAS IDEALES	59
2.4.1.2. VALORACION MEDIANTE EL MODULO GRANULOMETRICO	61
2.4.1.3. VALORACION MEDIANTE HUSOS GRANULOMETRICOS	63
2.5. PROPIEDADES ESENCIALES DE LOS HORMIGONES	64
2.5.1. Trabajabilidad	70
2.5.2. Resistencia	72
3. SELECCION DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO Y CARACTERIZACION DE LAS CANTERAS	81
3.1. SELECCION DE LA ZONA	81
3.2. CARACTERIZACION DE LAS CANTERAS	82
3.2.1. Explotación	82
3.2.1.1. ARRANQUE Y EXTRACCION	83
3.2.1.2. TRITURACION Y MOLIENDA	84
3.2.1.3. LAVADO Y CLASIFICACION POR TAMAÑOS	89
4. CARACTERIZACION GEOLOGICA	177
4.1. GENERALIDADES	177
4.1.1. Unidades principales	181
4.1.1.1. ZONAS EXTERNAS BETICAS	181
4.1.1.2. ZONAS INTERNAS BETICAS	183
4.1.1.3. OTRAS UNIDADES	186

4.2. MARCO GEOLOGICO DE LA ZONA ESTUDIADA	188
4.2.1. Canteras en materiales carbonatados Alpujárrides y Subbéticos	191
4.2.2. Canteras en materiales de piedemonte	196
4.2.3. Canteras en materiales aluviales	199
5. METODOLOGIA DEL TRABAJO	203
5.1. METODOLOGIA DE CAMPO	203
5.1.1. Datos previos	203
5.1.2. Designación de canteras	203
5.1.3. Caracterización geológica de las canteras	205
5.1.4. Datos de la explotación	205
5.1.5. Toma de muestras	206
5.2. METODOLOGIA DE LABORATORIO	215
5.2. 1. Terrones de arcilla	219
5.2. 2. Partículas blandas	220
5.2. 3. Partículas de bajo peso específico	220
5.2. 4. Compuestos de azufre	221
5.2. 5. Compuestos de cloro	223
5.2. 6. Materia orgánica	227
5.2. 7. Equivalente de arena	231
5.2. 8. Valor de azul de metileno	234
5.2. 9. Reactividad potencial	246
5.2.10. Friabilidad de la arena	250
5.2.11. Resistencia al desgaste de la grava	254
5.2.12. Absorción de agua por los áridos	260
5.2.13. Heladicidad	266
5.2.14. Finos menores de 0'080 mm	267
5.2.15. Coeficiente de forma	269
5.2.16. Análisis granulométrico por tamizado	270
5.2.17. Análisis granulométrico por sedimentación	271
5.2.18. Límites de Atterberg	282
5.2.19. Observación y microanálisis por microscopía electrónica	283
5.2.20. Análisis mineralógico por difracción de rayos X	284
5.2.21. Dosificación y confección de probetas de hormigón	291
5.2.22. Medida de la consistencia del hormigón fresco	298
5.2.23. Determinación de la velocidad de propagación de ultrasonidos en probetas de hormigón	298
5.2.24. Rotura a compresión simple de probetas de hormigón	302
6. RESULTADOS EXPERIMENTALES	307

7. DISCUSION	519
7.1. CONDICIONES FISICO-QUIMICAS	520
7.1.1. Terrones de arcilla	520
7.1.2. Partículas blandas	522
7.1.3. Partículas de bajo peso específico	525
7.1.4. Compuestos de azufre	526
7.1.5. Compuestos de cloro	527
7.1.6. Materia orgánica	528
7.1.7. Equivalente de arena y azul de metileno	530
7.1.8. Reactividad con los álcalis del cemento	543
7.2. CONDICIONES FISICO-MECANICAS	551
7.2.1. Friabilidad de la arena y resistencia al desgaste de la grava	551
7.2.2. Absorción	557
7.2.3. Heladicidad	559
7.3. GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA	568
7.3.1. Finos menores de 0´08 mm	568
7.3.2. Coeficiente de forma	572
7.4. ANALISIS GRANULOMETRICO	573
7.5. ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS A COMPRESION DE HORMIGONES CONFECCIONADOS CON LOS ARIDOS DEL ESTUDIO	576
7.6. VERIFICACION DE LA REGULARIDAD DE SUMINISTRO	586
8. CONCLUSIONES	593
BIBLIOGRAFIA	607

100

The first part of the book is devoted to the study of the history of the language. It begins with a chapter on the prehistoric period, which deals with the evidence for the existence of a common ancestor of the languages of the area. This is followed by a chapter on the classical period, which discusses the influence of Greek and Latin on the development of the language. The third chapter covers the medieval period, and the fourth the modern period. The final chapter in this section is a summary of the main features of the language.

The second part of the book is devoted to the study of the grammar of the language. It begins with a chapter on the phonology of the language, which discusses the sounds and their combinations. This is followed by a chapter on the morphology of the language, which deals with the formation of words. The third chapter covers the syntax of the language, and the fourth the semantics. The final chapter in this section is a summary of the main features of the grammar.

The third part of the book is devoted to the study of the literature of the language. It begins with a chapter on the history of the literature, which discusses the development of the literary tradition. This is followed by a chapter on the major authors of the language, and a final chapter on the modern literature. The final chapter in this section is a summary of the main features of the literature.

The book is written in a clear and concise style, and is suitable for students of the language. It provides a comprehensive overview of the language and its history, grammar, and literature. The book is divided into three parts, each of which is devoted to a different aspect of the language. The first part covers the history of the language, the second the grammar, and the third the literature. Each part is written in a clear and concise style, and is suitable for students of the language.

PROLOGO

PROLOGO

La importancia que en la industria de la construcción tiene la correcta preparación y utilización de los áridos para sus diversas aplicaciones determina, de manera apremiante, la necesidad de una mayor atención a los diferentes aspectos de la explotación de graveras y canteras, así como a la preparación de los áridos obtenidos para una adecuada utilización.

Las necesidades de arenas y gravas han crecido con el tiempo, coincidiendo con la expansión y desarrollo de la tecnología de la edificación. Las extracciones son cada vez mayores y, en algunos casos, especialmente en los depósitos aluviales, el planeamiento poco racional de las explotaciones conducen a un rápido agotamiento del recurso.

A título orientativo, debemos indicar que en España se consumen aproximadamente unos diecisiete millones de metros cúbicos anuales de áridos, sólo para hacer hormigón preparado (estimándose que éste sólo representa una quinta parte de la producción total), lo que supone solamente por este concepto un volumen económico superior a los diez mil millones de pesetas (1). Pese a ello, el árido sigue recibiendo una falta de atención, impropia de la actual situación tecnológica en la construcción. La diferencia entre vender piedra o vender árido pasa por la caracterización de éste y el control sobre su producción.

El cemento es el elemento activo en el hormigón, que juega un papel decisivo en su resistencia y durabilidad; por lo tanto, no es sorprendente que se exija un control riguroso del mismo y que existan continuas mejoras en la tecnología de su producción, fruto de una constante investigación. Pero los áridos no siempre son químicamente inertes (2); además, en cuanto que ocupan aproximadamente las tres cuartas partes del hormigón, también ejercen una influencia decisiva en la resistencia y durabilidad de este material y, sobre todo, determinan en gran medida el consumo de cemento y, con ello, el costo del producto elaborado. Todo ello justifica una mayor atención de la que actualmente se le prestan a estos componentes del hormigón.

Investigar sobre la naturaleza y comportamiento de los áridos así como hacer hincapié en su control, tal como se contempla en la Instrucción EH-91 (3) consideramos que contribuirá notablemente al avance de la tecnología del hormigón.

La existencia de la Instrucción EH y sus constantes actualizaciones, sobre todo en lo concerniente a los áridos, basadas en los progresos realizados por un mejor conocimiento de los mismos, constituyen de enorme interés. Los productores y los usuarios deben aceptar esta nueva visión del árido, y otorgarle el tratamiento que se merece como material de construcción, destinando los recursos necesarios para su control, dentro de las limitaciones económicas propias de este material, derivadas de su utilidad y costo.

1. OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.1. OBJETIVO GENERAL

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.3. OBJETIVO FINAL

1.4. OBJETIVO INTERMEDIO

1.5. OBJETIVO DE RESULTADO

1.6. OBJETIVO DE PROCESO

1.7. OBJETIVO DE EVALUACIÓN

1.8. OBJETIVO DE MONITORIZACIÓN

1.9. OBJETIVO DE SEGUIMIENTO

1.10. OBJETIVO DE CIERRE

1. OBJETIVOS DEL TRABAJO

1. OBJETIVOS DEL TRABAJO.

El importante papel que desempeñan los áridos en las propiedades y en la durabilidad del hormigón, una vez que han dejado de ser considerados como un aporte inerte al mismo (2), exige una atención permanente hacia sus propiedades. Sin embargo, de todos es conocido el escaso control que existe sobre estos materiales cuando se comercializan para hormigones.

Entendíamos, por tanto, que resultaba de gran interés estudiar y dar a conocer las propiedades de los áridos que abastecen un mercado amplio y de gran incidencia en la edificación, como es el de la ciudad de Granada y los municipios limítrofes, ya que ninguna de las explotaciones conocidas que abastecen a la zona, dispone de un programa de control ni posee datos completos y actualizados del material que suministra.

El estudio del árido cobra todavía mayor sentido en la actualidad puesto que la normativa de obligado cumplimiento, la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa y armado, EH-91 (3), ha venido a incorporar una serie de nuevas prescripciones que jamás se habían ensayado antes en los materiales de estas regiones.

En consecuencia con todo ello, se han seleccionado una serie de canteras en la zona conocida como la "Depresión de Granada", de acuerdo con su volumen de producción y, por tanto, con su incidencia en la industria de la construcción. Primeramente se han caracterizado desde un punto de vista geológico y

mineralógico, a fin de estimar las prepectivas de su explotación futura y establecer los rasgos fundamentales del material natural que posteriormente se estudia como componente del hormigón.

El objetivo más inmediato era conocer la idoneidad de tales áridos para confeccionar hormigones; para lo cual, se han determinado los parámetros físicos, químicos y mecánicos que limita nuestra actual Instrucción, puesto que son éstos los que fundamentalmente determinan su calidad para dicha aplicación.

Resultaba de especial interés el estudio de algunos de ellos. Desde la aparición de la Instrucción anterior a la actual, es decir desde la EH-88 (4), la resistencia mecánica de los áridos ha pasado a ser una propiedad limitada por la normativa. Lo reciente de su incorporación hace sumamente novedosos los datos de "desgaste" y "friabilidad" y justifica, en este estudio, profundizar en la posible correlación de éstos con otras propiedades del material.

Otro aspecto innovador de la citada Instrucción es la introducción de los parámetros conocidos como "equivalente de arena" y "valor de azul de metileno", este último aplicable a los áridos calizos que no cumplieran con la limitación del primero. El "valor de azul de metileno" se ha determinado no sólo de acuerdo con lo establecido por la Instrucción, sino que se ha aplicado también a la totalidad de los áridos estudiados (dolomías en la mayoría de los casos), con objeto de conocer si la calidad del fino era evaluable a partir de dicho valor. Así mismo, se ha pretendido precisar la incidencia de otras características, tales como el tamaño de las partículas y la cuantía y naturaleza mineralógica de los finos, en el "valor azul de metileno" para los áridos de la zona.

En relación con los materiales carbonatados magnesianos, que en la Depresión de Granada suponen prácticamente la totalidad del árido explotado, la Instrucción española previene sobre la posibilidad de que éstos provoquen fenómenos fuertemente expansivos en presencia de álcalis. Sin embargo, esta norma sólo propone, como método de ensayo para determinar la reactividad potencial de áridos, la evaluación de la sílice reactiva, por lo que no resulta de adecuada aplicación a las dolomías que tanto se utilizan como áridos por estas latitudes. La existencia de un vacío en nuestra Instrucción sobre los procedimientos que deban aplicarse para conocer la reactividad potencial de los áridos calizos-dolomíticos, exigía abordar un estudio a través de los métodos propuestos por las normativas de otros países.

La composición granulométrica de los áridos, aunque no convenientemente contemplada en la Instrucción, constituye otro parámetro de gran incidencia en las características de los hormigones, lo que también justifica su estudio en los materiales de las canteras seleccionadas.

Un segundo grupo de objetivos era conocer la homogeneidad del material que se comercializa, es decir, la regularidad del suministro ya que, por tratarse de productos naturales podían existir importantes variaciones en sus propiedades. El estudio de la regularidad se centró en la fracción arena, pues sobre ella es donde más pueden apreciarse las posibles variaciones y, además, de ella dependen fundamentalmente las propiedades finales del hormigón.

La sanción de un árido resultaría incompleta sin conocer las características que aporta al hormigón que con él se confecciona, especialmente en cuanto a su docilidad y resistencias mecánicas. Con objeto de valorar, de la forma más completa posible, la aptitud de los áridos de esta zona, se confeccionaron hormigones con una relación agua/cemento fija y procurando que la única

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

variable fuese el árido. Mediante ellos se pudo realizar, además, una estimación comparativa entre los materiales de la diversas canteras.

El presente estudio aporta, junto a los datos obtenidos para cubrir los objetivos señalados, una descripción de las canteras seleccionadas en el estudio respecto a las técnicas de explotación, tamaños comercializados, etc., si bien dado el carácter académico del trabajo se ha respetado el anonimato de las explotaciones analizadas.

El presente estudio aporta, junto a los datos obtenidos para cubrir los objetivos señalados, una descripción de las canteras seleccionadas en el estudio respecto a las técnicas de explotación, tamaños comercializados, etc., si bien dado el carácter académico del trabajo se ha respetado el anonimato de las explotaciones analizadas.

2. ASPECTOS TEORICOS SOBRE LOS ARIDOS Y EL HORMIGON

2. ASPECTOS TEORICOS SOBRE LOS ARIDOS Y EL HORMIGON

En este capítulo centraremos los comentarios en los aspectos más importantes del árido como componente del hormigón.

Los áridos son materiales granulares "inertes", de naturaleza inorgánica, en general, y de procedencia natural, que se incorporan a la pasta de cemento para constituir el hormigón; tienen como misión fundamental la de lograr estabilidad de volumen en el material y, a la vez, hacerlo más económico.

En el hormigón entran a formar parte aproximadamente en un 80% y determinan en gran medida sus propiedades. Para conseguir buenos hormigones, podríamos decir que los áridos, por su parte, deberán

- a) poseer unas propiedades (especialmente resistencias mecánicas y durabilidad) en grado igual o superior a las exigidas para el hormigón
- b) presentar buena adherencia con la pasta de cemento
- c) permitir una mínima proporción de huecos en su normal apilamiento
- d) no exigir mucha cantidad de agua para alcanzar la docilidad adecuada
- e) mantener la homogeneidad del hormigón fresco durante la manipulación, impidiendo su segregación
- f) no provocar efectos negativos durante el desarrollo de la hidratación del cemento así como una vez que el hormigón ha endurecido

Para lograr estos requisitos sería suficiente controlar la granulometría del árido, especialmente en la arena, y observar las prescripciones que se recogen en la Instrucción EH-91 sobre este material.

2.1. NATURALEZA Y PROCEDENCIA DE LOS ÁRIDOS.

La naturaleza del material viene caracterizada por la roca o producto que constituye los granos: basalto, pórfido, cuarcita, sílex, calcárea, silico-calcárea, arenisca, baritina, magnetita, piritita, escoria (expandida o no), arcilla o esquisto expandido, piedra pómez, etc.

Entre los áridos de origen natural más frecuentemente utilizados para la confección de hormigones se emplean tanto los procedentes de depósitos aluviales o coluviales, como los de la trituración de rocas masivas ígneas, sedimentarias o metamórficas. De ellos destacamos los siguientes (5):

Silíceos, calcáreos y silico-calcáreos: son los constituyentes de una gran parte de los materiales de origen aluvial. Mientras que los silíceos poseen mayor dureza, los calcáreos muestran, por el contrario, mejor adherencia.

Basaltos, pórfidos, dioritas y granitos: son materiales ígneos, duros compactos y resistentes que proporcionan, en general buenos áridos.

Mármoles y cuarcitas: se trata de rocas metamórficas muy duras compuestas por carbonato cálcico recristalizado, en las primeras, y por granos de sílice sumamente coherentes, en las segundas. Proporcionan, igualmente, buenos áridos.

También se emplean algunos subproductos industriales o materiales manufacturados, tales como:

Escoria de alto horno: enfriada y machacada, da áridos de buena calidad. Se presenta bajo la forma de material de estructura cristalina de color gris claro.

Para la confección de hormigones pesados destinados a ofrecer protección biológica, por ejemplo, en aceleradores y cámaras de radiación, se recurre al empleo de áridos con elevado peso específico: **baritina, magnetita y granalla de fundición**, por ejemplo.

Cuando, por contra, se pretenden confeccionar hormigones ligeros, interesantes en ciertos casos, como pueden ser prefabricados aplicables al aislamiento térmico, se recurre al empleo de materiales naturales o artificiales de baja densidad: **arcilla, escoria y esquistos expandidos, piedra pómez, perlita**, etc.

En los hormigones resistentes al desgaste se acostumbra a incorporar áridos muy duros, tales como **cuarzo, corindón, carborundo, lentejuelas de fundición**, etc.

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ÁRIDOS.

Muchos son los criterios que se pueden adoptar en la clasificación de áridos, por lo que resulta complicado establecer una sistematización unificada.

La clasificación más usual, recogida en la mayoría de los tratados sobre áridos, adopta como criterio básico y esencial el tamaño. A tal respecto en la Instrucción EH-91 se indica que "se entiende por **arena** o **árido fino**, el árido o fracción del mismo que pasa por el tamiz de 5 mm de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050) (6); por **gravas** o **árido grueso**, el que resulta retenido por dicho tamiz, y por **árido total** (o simplemente **árido** cuando no hay lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere".

En los países germánicos se designa por arena al material de diámetro inferior a 4 mm (7).

Dentro de esta clasificación básica, es usual aplicar diversos términos para distinguir diferentes tamaños, que suelen variar de unas regiones a otras, pero, en general, puede aceptarse la propuesta por ARREDONDO (8):

Morro.	80	a	150	mm
Grava gruesa	50	a	80	mm
Grava media.	40	a	60	mm
Grava menuda	30	a	50	mm
Gravilla	20	a	30	mm
Garbancillo.	5	a	20	mm
Arena gruesa	2	a	5	mm
Arena fina	0,05	a	2	mm
Polvo.	0	a	0,05	mm

MONTOYA (9) y la EH-91, entre otras referencias bibliográficas, denominan como polvo o finos a la fracción inferior a 0,08 mm.

La mezcla de árido grueso y fino, en las proporciones adecuadas, recibe la denominación de revoltón, zahorra, árido total, árido conjunto o "todo uno".

También se pueden adoptar sistemas de clasificación atendiendo a:

I. Origen:

- a) Minerales.
- b) Orgánicos.

II. Naturaleza:

- a) Naturales.
- b) Artificiales.
- c) Subproductos industriales.

III. Tratamiento granulométrico:

- a) Rodados.
- b) Machacados.
- c) Sin tratamiento.

IV. Peso específico:

- a) Muy pesados.
- b) Pesados.
- c) Semipesados.
- d) Ligeros.

En la tabla 2.I se establece la clasificación de algunos áridos atendiendo a los criterios anteriores:

Debe señalarse que la denominación "rodado" suele ir muy asociada a árido de río. Por otra parte, existen áridos de los que hemos clasificado como "sin tratamiento", que presentan características morfológicas (forma, superficie de las caras y aristas) iguales a los de machaqueo; tal es el caso de rocas intensamente fracturadas en zonas de falla, superficies de cabalgamiento, etc. Materiales de estas características son los predominantes en la zona estudiada.

En la tabla 2.II (10) se ofrece una clasificación de los áridos naturales atendiendo a su naturaleza geológica.

Se define redondez como la medida del filo o angularidad relativos de los bordes o esquinas de una partícula. Así la norma británica BS-812, parte 1 (1.975) propone esta clasificación en función de la forma de las partículas (10):

Redondeadas: completamente desgastadas por el agua o totalmente formadas por fricción.

Irregular: irregulares por naturaleza, parcialmente formadas por fricción o con bordes redondeados.

Escamosa: materiales cuyo espesor es pequeño en comparación con sus otras dos dimensiones.

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

Angular: con bordes bien definidos, formados en las intersecciones de las caras aproximadamente planas.

Alargada: material que suele ser normalmente angular, pero cuya longitud es bastante mayor que las otras dos dimensiones.

Escamosa y alargada: material cuya longitud es bastante mayor que el ancho, y el ancho bastante mayor que el espesor.

	POR SU ORIGEN		POR SU NATURALEZA		POR SU TRATAMIENTO GRANULOMETRICO			POR SU PESO			
	MINERALES	VEGETALES	NATURALES	ARTIFICIALES	RODADOS	MACHACADOS	SIN TRATAMIENTO	MUY PESADOS	PESADOS	SEMI-PESADOS	LIGEROS
GRAVA	///		///		///				///		
GRAVILLA	///		///		///				///		
ARENA	///				///						///
PIEDRA POMEZ	///				///						///
LAVA VOLCAN.	///				///						///
MAGNETITA	///		///			///		///			
LIMINITA	///		///			///			///		
GRES	///		///			///			///		
CUARCITA	///		///			///			///		
ESCORIA A.H.	///			///		///	///			///	
RESTO LADRI.	///			///		///				///	
CENIZAS	///			///		///		///			
ESCORIA PLOM.	///			///		///			///		
ESCO.GRANUL.	///			///		///				///	
ESCO.EXPAND.	///			///		///					///
ESQUISTO "	///			///		///					///
PERLITA	///			///		///					///
ARCILLA EXP.	///			///		///					///
SERRIN		///	///			///					///
VIRUTA		///	///			///					///
CORCHO											///

Tabla 2.I. Clasificación de algunos áridos en función de su origen, naturaleza, tratamiento y peso específico.

Aspectos teóricos sobre los áridos y el hormigón.

<i>Grupo basáltico</i>	<i>Grupo pedernalino</i>	<i>Grupo gábrico</i>
Andesita	Horsteno	Diorita básica
Basalto	Pedernal	Gneis básico
Porfiritas básicas		Gabro
Diabase		Roca de hornblenda
Doleritas de todas clases, incluyendo teralita y tesquenita		Norita
Epidiorita		Peridotita
Lamprófiro		Picrita
Cuarzo-dolerita		Serpentinita
Espilita		
<i>Grupo granítico</i>	<i>Grupo arenisco</i>	<i>Grupo hornfésico</i>
Gneis	(incluyendo rocas volcánicas fragmentadas)	Rocas alteradas por contacto de todas clases, excepto el mármol
Granito		
Granodiorita		
Granulita	Arcosa	
Pegmatita	Grauvaca	
Cuarzo-diorita	Arenilla	
Sienita	Arenisca	
	Tufa	
<i>Grupo calizo</i>	<i>Grupo porfirítico</i>	<i>Grupo cuarzoso</i>
Dolomita	Aplita	Arcilla refractaria
Piedra caliza	Dacita	Areniscas cuarzosas
Mármol	Felsita	Cuarcita recristalizada
	Granófiro	
	Queratófiro	
	Microgranito	
	Porfíria	
	Cuarzo-porfírita	
	Riolita	
	Traquita	
<i>Grupo esquistoso</i>		
	Filita	
	Esquisto	
	Pizarra	
	Todas las rocas muy agrietadas	

Tabla 2.II. Clasificación de áridos naturales según el tipo de roca a que pertenecen (BS 812: Parte 1: 1975)(10).

Por último, hemos recogido una clasificación, adoptada por FIGG Y BOWDEN (11) que, aunque ostensiblemente petrológica, es, a grandes rasgos, química. Estos se agrupan conforme a su reacción frente a los ácidos en:

- Cuarzo y arenas y gravas silíceas, areniscas silíceas (cuarcitas), rocas eruptivas ácidas, tales como los granitos
- Arenas "blandas" o para "construcción".
- Piedra caliza o arenisca caliza; dolomitas.
- Rocas eruptivas básicas como las doleritas.

- Un grupo variado que incluye:

Escoria de alto horno, densas o expandidas.
Clíncker de horno alto.
Ceniza volante y nódulos sinterizados de la misma.
Arcilla expandida o esquisto, ladrillo triturado.
Áridos extrapesados.
Asbestos.

2.3. PRESCRIPCIONES ESTABLECIDAS PARA LOS ÁRIDOS EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES.

2.3.1. Reseña histórica.

Muchos han sido los defectos que a lo largo de la historia se han detectado en los hormigones desde que, a principio de siglo, empezaron a emplearse en las estructuras de la construcción. El estudio de estas patologías conducía, en gran parte de los casos, a la conclusión de que tales defectos tenían su génesis en la aptitud de sus componentes, definida por la naturaleza, composición, propiedades y condiciones de éstos.

Es por ello que se hace necesario establecer que los componentes del hormigón (cemento, árido y agua) cumplan unos requisitos a fin de asegurar su idoneidad para fabricar hormigones. Esta demanda da lugar a la promulgación de una serie de disposiciones que, en principio, son dispersas e incluso con carácter de aplicación particular en algunos casos. Tras un repaso histórico, se ha encontrado que, tal vez, los precursores de la Instrucción EH fuesen los siguientes documentos:

-Instrucción para el proyecto de obras de hormigón del Ministerio de Obras Públicas (12), del año 1939, revisada y puesta al día, según Orden Ministerial del 20 de Marzo de 1944.

-Orden del 18 de Marzo de 1941 (Ministerio del Ejército). Edificaciones militares (13).

-Orden del 10 de Septiembre de 1941 (Ministerio del Ejército). Normas técnicas de proyecto y construcción de edificios (14).

-Normas de cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado de la Dirección General de Arquitectura de Noviembre de 1941 (15).

-Orden del 30 de Noviembre de 1943 (Presidencia). Preferencia de suministro a construcciones con ahorro de hierro (16).

La constante evolución de la técnica en general y la del hormigón en particular, además de una corriente renovadora universal, a la cual España contribuye con su propia investigación, insta a la publicación de un documento básico, que constituye una vía unificadora por la que habrá que encaminar la técnica del hormigón en los años venideros.

Pero tiene que esperarse hasta 1968, en que por el Decreto 2987 de la Presidencia del Gobierno de 20 de septiembre, se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (17), a propuesta de los Ministerios de Obras Públicas, Ejército, Aire y Vivienda, cuyo ámbito de aplicación deberá extenderse a todas las obras y proyectos que se realicen en el territorio nacional. Asimismo, se constituye la Comisión Permanente del Hormigón con objeto de estudiar los avances científicos y tecnológicos en el campo del hormigón, así como las comunicaciones de los sectores interesados y los resultados obtenidos por los grupos de investigación, a fin de aplicarlos en la constante actualización de la Instrucción, que deberá ser revisada al menos cada 5 años. El plazo de vigencia

provisional se establece en dos años, siendo prorrogado hasta el día 2 de Diciembre de 1972, según Decreto de la Presidencia del Gobierno 3458/1968.

A partir de esa fecha, la Instrucción se actualiza con relativa periodicidad. Así, por el Decreto de la Presidencia del Gobierno 3062/1973 del 19 de Octubre, se aprueba una nueva Instrucción, que se designa abreviadamente EH-73 (18) y que, como es habitual, será obligatoria a los 6 meses de su publicación en el B.O.E.

La EH-80 (19) fue aprobada por Real Decreto 2868/1980 del 17 de Octubre, fijándose también su entrada en vigor a los seis meses de su publicación en el B.O.E.

El Real Decreto 2252/1982 del 25 de Julio, aprueba las modificaciones a la EH-80, pasándose a denominar EH-82 (20).

La EH-88 se aprueba por el Real Decreto 824/1988 del 15 de Julio, estando constituida por la EH-82 con las modificaciones a la misma que figuran como anexo en el Decreto.

La última Instrucción hasta la fecha, la EH-91, fue aprobada por Real Decreto 1039/1.991 del 28 de Junio, estando constituida por la EH-88 con las modificaciones que se precisan en el Decreto.

Para concluir esta breve reseña histórica y centrándonos en lo concerniente a los áridos para hormigones, se ha creído interesante exponer, de forma esquemática, la evolución de sus parámetros fundamentales de calidad en los últimos 25 años, la cual puede apreciarse en la tabla 2.III. Los datos que en ella

LIMITACIONES	INSTRUCCIONES					
	1968	EH-73	EH-80	EH-82	EH-88	EH-91
<u>ARIDO FINO</u>						
- Terrones de arcilla	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %
- Finos que pasan por el tamiz 0,080	5 %	5 %	5 %	5 %	6 (1)	6 (1)
- Material retenido en el tamiz 0,063 y que flota en un líquido de P.E.=2	0,5 %	0,50 %	0,50 %	0,50 %	0,50 %	0,50 %
- Compuestos de azufre	1,20 % (2)	1,20 % (2)	1,20 % (2)	1,20 % (2)	0,40 % (3)	0,40 % (3)
- Compuestos en ion cloro.	---	---	---	---	(4)	(4)
- Contenido en materia organica.	- PATRON	- PATRON	- PATRON	- PATRON	- PATRON	- PATRON
- Equivalente de arena.	---	---	---	---	(5)	(5)
- Valor de azul de metileno.	---	---	---	---	(6)	(6)
- Reactividad potencial con los alcalis	EXENTO	EXENTO (7)	EXENTO (7)	EXENTO (7)	EXENTO (7)	EXENTO (7)
- Friabilidad.	---	---	---	---	< 40	< 40
- Absorcion de agua.	---	---	---	---	< 5%	< 5%
- Helicidad. Perdida de peso						
- Con Sulfato Sodico	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %
- Con Sulfato Magnesico	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %
<u>ARIDO GRUESO</u>						
- Terrones de arcilla	0,25 %	0,25 %	0,25 %	0,25 %	0,25 %	0,25 %
- Finos que pasan por el tamiz 0,080	1 %	1 %	1 %	1 %	1% (8)	1% (8)
- Particulas blandas	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
- Material retenido en el tamiz 0,063 y que flota en un líquido de P.E.=2	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %
- Compuestos de azufre	1,20 % (2)	1,20 % (2)	1,20 % (2)	1,20 % (2)	0,40 % (3)	0,40 % (3)
- Compuestos en ion cloro.	---	---	---	---	(4)	(4)
- Reactividad potencial con los alcalis	EXENTO	EXENTO (7)	EXENTO (7)	EXENTO (7)	EXENTO (7)	EXENTO (7)
- Resistencia al desgaste	---	---	---	---	< 40	< 40
- Absorcion de agua.	---	---	---	---	< 5%	< 5%
- Helicidad. Perdida de peso.						
- Con Sulfato Sodico	12 %	12 %	12 %	12 %	12 %	12 %
- Con Sulfato Magnesico	18 %	18 %	18 %	18 %	18 %	18 %
- Coeficiente de forma	> 0,15	> 0,15	> 0,15	> 0,15	> 0,15	> 0,15

- (1) En arenas procedentes del machaqueo de rocas calizas, este límite, en función de las condiciones ambientales, pueden elevarse a:
- 15 % Para obras de ambientes I y II.
10 % Para obras de ambiente III o que hayan de soportar ciclos de hielo-deshielo.
- (2) Expresados en $SO_4^{=}$
- (3) Expresados en $SO_3^{=}$
- (4) El ión Cloro total aportado por todos los componentes no excederá del 0,4 % del peso del cemento en hormigón armado, salvo que no altere al hormigón ni a las armaduras.
- (5) No inferior al 75 % para obras de ambientes I y II y no inferior al 80 % para obras de ambiente III o que hayan de soportar ciclos de hielo-deshielo.
- (6) Si no cumple la especificación del equivalente de arena, podrán ser aceptados como válidas aquellas arenas procedentes del machaqueo de rocas calizas, siempre que el valor de azul de metileno sea $\leq 0,6$ gr. de azul por cada 100 gramos de finos, para obras de ambientes I y II, o bien $\leq 0,30$ para obras de ambiente III o que hayan de soportar ciclos de hielo-deshielo.
- (7) El árido será considerado, como potencialmente reactivo si:
- Para $R \geq 70$, la concentración de SiO_2 resulta $> R$.
Para $R < 70$, la concentración de SiO_2 resulta $> 35+0,5 R$
- (8) Hasta un 2 % si se trata de árido procedente del machaqueo de rocas calizas.

Table with multiple columns and rows of text, possibly a ledger or data record. The text is faint and mostly illegible due to low contrast and scan quality. Some faint numbers like '800' and '000' are visible in certain rows.

Vertical columns of text on the right side of the page, possibly representing a list or a series of entries. The text is very faint and difficult to decipher.

figuran permiten realizar algunos comentarios en cuanto a la evolución de las limitaciones establecidas en la Instrucción.

Referente al árido fino, se han mantenido las limitaciones y normas de ensayo correspondientes a los terrones de arcilla, al material de bajo peso específico, al contenido en materia orgánica y a la pérdida de peso al tratar con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico.

Las primeras modificaciones se producen en la EH-73, concernientes a la reactividad potencial de los álcalis, en donde, si bien se sigue manteniendo la norma de ensayo (UNE 7137) (21), se añade que el árido será considerado potencialmente reactivo si:

$$\text{SiO}_2 > R \text{ cuando } R \geq 70$$

$$\text{SiO}_2 > 35 + 0,5R \text{ cuando } R < 70$$

No obstante, la Instrucción más renovadora es la EH-88, donde se introducen cambios sustanciales respecto a diversos parámetros, entre los que pueden citarse los siguientes:

- El contenido en finos que pasa por el tamiz 0,080 UNE 7050 cuyo límite se eleva hasta un 6% con carácter general, si bien para arenas de machaqueo de rocas calizas este límite puede alcanzar, en función de las condiciones ambientales, el 15% en ambientes I y II, y el 10% en ambiente III o que hayan de soportar ciclos de hielo-deshielo.

- En esta misma Instrucción, el contenido en compuestos de azufre pasa a expresarse como SO_3 , determinados según una

nueva norma de ensayo (UNE 83.120) (22), modificándose el límite a un 0,4%. La nueva determinación abarca tanto sulfatos como sulfuros.

- Para el ion cloro, hasta ahora sólo limitado en las aguas de amasado y curado (artículo 6, de la EH-88) se establece que la cantidad total de este ion, aportado por todos los componentes, no excederá del 0,4%, del peso del cemento, salvo que no altere al hormigón ni a las armaduras, pero no se contempla una limitación independiente para el árido.

- El equivalente de arena (EAV) es un nuevo parámetro relacionado con la naturaleza de la fracción fina de una arena (23), que se determina según la norma UNE 83.131 (24). A este respecto, se establece que no se utilizarán áridos finos cuyos EAV sean inferiores al 75% para obras en ambiente I y II, y al 80% para obras en ambiente III o que hayan de soportar ciclos de hielo-deshielo. En relación con el EAV, se introduce la limitación del "valor de azul de metileno" (UNE 83.130) (25) de aplicación a aquellos áridos finos procedentes del machaqueo de rocas calizas que, aun no cumpliendo las especificaciones del EAV, podrán ser aceptados como válidos siempre que la adsorción de azul de metileno sea igual o inferior a 0,60 gramos de azul por cada cien gramos de finos, para ambientes I y II, o inferior o igual a 0,30 para obras de ambiente III, o que hayan de soportar ciclos de hielo-deshielo.

Respecto a las condiciones físico-mecánicas se introduce el parámetro de friabilidad (FA), determinado según UNE 83.115 (26) (ensayo Micro-Deval); primer y único parámetro que sanciona la calidad resistente del árido fino. Su límite se establece en 40.

Por último, la absorción del agua, no contemplada hasta ahora, se limita a un 5% .

Referente al árido grueso, se siguen manteniendo las limitaciones respecto a terrones de arcilla, finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE, partículas blandas, material de bajo peso específico y pérdida de peso con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico.

Como en el árido fino, las primeras modificaciones se producen en la EH-73, concernientes a la reactividad potencial de los álcalis. De igual forma, es en la EH-88 donde se introducen los cambios más importantes en las prescripciones, modificándose las siguientes:

-Compuestos de azufre, contenido en ion cloro y absorción de agua, de la misma forma que en el árido fino.

-Resistencia al desgaste, primer y único parámetro que sanciona la calidad resistente del árido grueso. Determinado según norma UNE 83.116 (ensayo de los Ángeles) (27), su límite se establece en 40.

En la última instrucción hasta el momento, la EH-91, no se introduce ningún cambio respecto de la EH-88, referente a áridos.

2.3.2. Comentarios a las condiciones limitadas en la Instrucción.

Tomando como base la Instrucción vigente, EH-91, se han recabado datos sobre las limitaciones y consideraciones contempladas en la citada Instrucción, pasando a continuación a

comentar las distintas prescripciones y a analizar los efectos que pueden derivarse de su extralimitación.

2.3.2.1. CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS.

Bajo este epígrafe se recogen en la Instrucción una serie de sustancias perjudiciales cuyo contenido en los áridos queda limitado, a fin de prevenir patologías en los hormigones confeccionados con ellos.

Terrones de arcilla.

Pueden considerarse como terrones de arcilla, los aglomerados de partículas finas, en general de naturaleza arcillosa, débilmente unidas, pero que mantienen una cohesión suficiente como para no disgregarse durante los procesos normales de fabricación de hormigones. Suelen aparecer en forma de terrones o grumos los cuales, a veces, requieren mojarse previamente en agua para poder desmenuzarse con los dedos.

Los terrones de arcilla pueden aparecer con más probabilidad en los áridos pertenecientes a depósitos aluviales y coluviales, cuyos granos se muestren manchados de barro o polvo arcilloso. Someter a estos áridos a un proceso de lavado en la planta de extracción puede resultar insuficiente para disgregar los terrones.

Parte de los efectos negativos que los terrones de arcilla producen en el hormigón, se deben a la gran avidéz de la arcilla por el agua. Los hormigones confeccionados con áridos que los contienen requieren un incremento en la cantidad de agua de amasado, a igualdad de los demás factores; pero se estima que este incremento de agua no va a contribuir a un aumento de la porosidad general del hormigón, porque parece lógico que sea

absorbida por el terrón. En consecuencia, se localizan problemas de debilitamiento en las proximidades de éstos (28).

Otro de los efectos causados por los terrones de arcilla presentes en los áridos, puede deberse a que el terrón no se embeba totalmente de agua durante el amasado del hormigón conservando una cierta capacidad de absorción. En tales condiciones dicho terrón tomaría agua de su alrededor, sustrayéndola del hormigón que lo rodea y dificultando las reacciones de hidratación del cemento, lo que afecta al proceso de fraguado y endurecimiento. Así mismo, esta sustracción de agua produciría retracciones y fisuras en el hormigón circundante al grano, con la merma de propiedades resistentes que esto conlleva.

Conjuntamente con lo anterior, el terrón de arcilla, debido a su tendencia a aumentar de volumen cuando se embebe de agua, podría generar presiones por hinchamiento capaces de fisurar localmente el hormigón endurecido, sobre todo en las primeras edades de éste, en las que su resistencias son muy bajas.

Otro grupo de efectos negativos es atribuible al carácter coloidal de las arcillas. Las partículas coloidales de arcilla desprendidas de los terrones interfieren perjudicialmente en el proceso de hidratación del cemento. Según esto, la arcilla afecta más cuanto más desmenuzada se encuentra. Sin embargo, los efectos de los terrones son más insidiosos precisamente por ser localizados e intensos.

Por último destacamos la ausencia de un mínimo de adherencia entre el terrón y la pasta de cemento, lo que significa una disminución de la sección resistente, ya que en tales circunstancias el terrón de arcilla se comporta prácticamente como un hueco en el hormigón.

Partículas blandas.

Se consideran partículas blandas en los áridos aquellos granos que presentan una superficie de escasa dureza. Los agregados fácilmente desmoronables y los granos que posean una costra superficial rayable, con facilidad, también pueden considerarse como tales.

Como partículas blandas en toda su masa pueden citarse algunos granos de naturaleza pizarrosa o constituidos por micaesquistos blandos, la denominada greda (aglomeraciones de partículas pequeñas con poca cohesión), ciertos conglomerados naturales débilmente cementados y, por supuesto, los terrones de arcilla y las partículas friables.

Los granos de pizarras o micaesquistos blandos aparecen con cierta frecuencia en los materiales aluviales o coluviales. La greda se presenta, a veces, en los áridos que han sufrido una trituration natural, cuando posterior a ella se cementan, aunque débilmente, ciertas porciones de elementos finos.

Como partículas blandas constituidas por granos duros pero con superficies desmoronables, pueden mencionarse las que se han recubierto con determinadas costras calcáreas de poca dureza por acción de aguas carbonatadas. También son partículas blandas, en general, aquellos granos duros cuya superficie ha sufrido una intensa meteorización.

El efecto esencial y, prácticamente, el único que presentan las partículas blandas en el hormigón, es la defectuosa adherencia entre la pasta cementante y dicha partícula. Cuando el hormigón se somete a tensiones mecánicas, su integridad depende de la resistencia de cada una de las fases de su

estructura, es decir, de la resistencia de la pasta cementante, de la del árido o de la adherencia entre la pasta y los granos. En general el hormigón romperá por el punto más débil el cual, en el caso de existir partículas blandas, corresponderá a la zona de contacto entre la pasta y el grano.

Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7050 y que flota en un líquido de peso específico 2,00.

Generalmente designado de forma abreviada como "partícula de bajo peso específico", engloba a ciertas sustancias que pueden contener los áridos, tales como carbón, lignito, turba, pequeños trozos de madera, materia vegetal y, en general, a toda partícula de baja densidad que puede alterar el fraguado y posterior endurecimiento del hormigón, o que pueda afectar a la durabilidad del mismo. Se trata de materiales que, por lo general, se aprecian fácilmente a simple vista.

No es frecuente encontrar este tipo de impurezas en los áridos. Se presentan como contaminación, generalmente antrópica, y en las gangas de explotaciones de carbón empleadas para la fabricación de hormigón.

Estas partículas se caracterizan por su capacidad de hinchar al absorber agua, lo cual genera unas presiones en el seno del hormigón endurecido que lo fisuran y debilitan.

La resistencia a las heladas del hormigón se ve muy disminuida por la presencia de partículas de bajo peso específico, sobre todo en las capas más superficiales. El agua absorbida por ellas experimenta aumento de volumen durante la

congelación. Las presiones internas que se generan se traducen en grietas o escamaciones.

Muchas de estas partículas pueden presentar alguno de los efectos negativos que produce la materia orgánica fina, es decir, alterar el proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón. En este caso, las alteraciones quedan localizadas en los alrededores de las partículas, resultando menos perjudiciales que la materia orgánica fina, en lo que se refiere a este efecto.

Compuestos de azufre.

En lo relativo a áridos para confeccionar hormigones, se consideran compuestos de azufre los sulfatos y/o los sulfuros de origen natural, los cuales pueden reaccionar con algunos componentes del cemento, con efectos destructivos para el hormigón.

Los sulfatos pueden aparecer en los áridos fundamentalmente en forma de yeso (compuesto abundante en los terrenos españoles). También pueden aparecer impregnando el árido por aporte de aguas selenitosas o de mar.

El yeso, al ser un material blando y deleznable, suele estar en mayor proporción en la fracción más fina del árido, pero no deben descartarse posibles incrustaciones de yeso en los granos del árido grueso.

Existen muchos tipos de sulfuros, pero los más perjudiciales y frecuentes en el árido son: piritas, marcasitas, pirrotinas y calcopiritas, todos ellos sulfuros de hierro. Los sulfuros pueden

aparecer como inclusiones, por ejemplo en los áridos calizos, y, con más frecuencia, en los de pizarra.

El yeso reacciona con los productos de hidratación del aluminato cálcico del cemento en un medio húmedo. El producto de la reacción, conocido como etringita, sal de Candlot o bacilo del cemento, es un trisulfoaluminato ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 31\text{H}_2\text{O}$), producto expansivo que debilita el hormigón endurecido debido a las presiones internas que se generan.

Los sulfuros a partir de determinadas concentraciones acaban produciendo un hinchamiento y fisuración en el hormigón, semejante al indicado, si bien es necesario que previamente se transformen en sulfatos.

La oxidación de sulfuros a sulfatos puede realizarse con cierta rapidez (en cuestión de días), pero puede demorarse meses, incluso años. Esto asegura que los posibles sulfatos formados siempre reaccionarán cuando la masa del hormigón ya ha endurecido, lo que conducirá a fisuraciones en cualquier caso.

Con los sulfuros se produce además una cierta acidificación del medio por la hidrólisis del sulfuro de hierro, ya que este catión fija grupos OH^- , retirándolos del medio y haciendo bajar la alcalinidad. De este modo se favorece directamente la corrosión de las armaduras. De todo lo anterior puede deducirse el mayor efecto pernicioso de los sulfuros frente a los sulfatos.

Compuestos de cloro.

A nuestros efectos, entendemos como compuestos de cloro todas aquellas sales que pueden disociarse liberando iones Cl^- .

La procedencia de los cloruros hay que buscarla como contaminación de los componentes del hormigón: áridos, agua, cemento, adiciones y aditivos y como en aportaciones externas.

En lo que respecta a los contenidos en el árido, es evidente que son los de playa los de mayor riesgo. A título orientativo, el contenido en ion Cl^- en arenas finas de playa (muestras tomadas en la zona de Almuñécar) se encuentra en torno al 0,20%.

Los cloruros en el seno del hormigón endurecido acceden hasta las armaduras de acero, atacando la capa pasivante y produciendo la corrosión de éstas. Por esta razón, es conveniente el conocimiento previo de su existencia en los componentes del hormigón, en este caso en los áridos, incluso en pequeñas cantidades. A este respecto, en la Instrucción EH-91, la limitación se refiere al total aportado por todos los componentes, sin establecer especificación independiente para los áridos.

Materia orgánica.

Se entiende por materia orgánica aquella sustancia de naturaleza orgánica como el humus o mantillo, las turbas, el carbón, el lignito o cualquier otro tipo de sustancia orgánica capaz de producir alteraciones en los procesos de fraguado y endurecimiento de los hormigones.

La materia orgánica que con más frecuencia aparece en los áridos se encuentra bajo la forma de ácido húmico y, en especial, de ácido fúlvico, ambos originados generalmente en la arcilla portadora de humus. Por tanto, este tipo de materia orgánica puede estar presente en aquellos áridos extraídos de yacimientos

en donde no se eliminó convenientemente la capa superior de tierra vegetal.

Algunos áridos también pueden llevar materia orgánica en su constitución, es decir, formando parte de su estructura; sin embargo aun así puede interferir negativamente en el endurecimiento del hormigón. Este es el caso de las pizarras bituminosas, aunque su contenido en sustancias bituminosas sea bajo.

Por último cabe mencionar las partículas de madera, hierba, carbón, lignito, etc., que eventualmente pueden acompañar a los áridos extraídos en las proximidades donde estas se encuentran.

Aunque casi siempre se piense en la arena como posible portadora de materia orgánica, también las gravas pueden contenerla como, por ejemplo, en el caso de las pizarras bituminosas anteriormente indicado.

El efecto fundamental de la materia orgánica es la de producir anomalías en el proceso de fraguado y endurecimiento de los hormigones, retardándolo e incluso deteniéndolo de forma irreversible.

Según HUMMEL (29), la distribución de la materia orgánica influye de un modo más determinante que su concentración. Por ejemplo, la presencia de varios trozos de carbón en toda una masa de áridos, podría suponer una extralimitación de la cantidad que permiten las normas, mientras que tan sólo afectaría al hormigón de las inmediaciones de los fragmentos.

Se ha indicado que la materia orgánica puede contribuir a la corrosión acelerada de las armaduras. Posiblemente sea debido a la disminución de la basicidad de la pasta de cemento cuando reacciona la cal liberada en la hidratación con la materia

orgánica. La retirada de parte de la cantidad de cal, disminuye la alcalinidad del hormigón dificultando la pasivación del acero. Existe, incluso, un método para la determinación de materia orgánica que se basa en medir la disminución del valor del Ph de la pasta de cemento por combinación de las sustancias de carácter básico con la materia orgánica contenida en el árido.

Es evidente que si la materia orgánica se encuentra recubriendo la superficie de los granos, la adherencia entre estos y el aglomerante se verá disminuida.

Por último, señalar que en algunos casos los efectos de las impurezas orgánicas sólo son temporales. En un estudio indicado por NEVILLE (10), un hormigón confeccionado con arena que contenía materia orgánica, presentó a las 24 horas una resistencia de sólo el 53% con respecto a la resistencia de un hormigón similar hecho con arena limpia. A los tres días, esta proporción subió al 82%, a los siete días se situó en el 92% y transcurridos 28 días las resistencias de ambos hormigones se igualaron. En el seno del hormigón, la materia orgánica va degradándose con el tiempo, anulándose el efecto negativo referente a la hidratación del cemento.

Equivalente de arena y adsorción de azul de metileno.

Este término, como ocurre en otras prescripciones, no representa directamente un determinado componente de los áridos, sino un tipo de ensayo al que se someten las arenas con el fin de conocer la naturaleza y proporción de partículas finas que contiene, sobre todo para diferenciar las de naturaleza arcillosa de las que no lo son. Es un ensayo simple, basado en la mayor o menor capacidad floculante que poseen las partículas finas (finos).

En realidad, el ensayo no es absolutamente selectivo para diferenciar las arcillas de los finos de otra naturaleza, pero constituye una prueba de extraordinario valor debido, tanto a la gran sencillez de realización como a la fiabilidad con la que permite afirmar que una arena es adecuada, cuando se obtienen resultados positivos. Donde quizás puede no resultar tan definitivo es en los casos en los que se obtienen valores bajos, ya que algunos otros materiales muy finamente pulverizados, no arcillosos, también pueden contribuir a la obtención de un valor bajo del equivalente de arena.

Sin embargo, se puede definir un parámetro denominado factor de arena (FA), representado por la relación EA_p/EA_v , que nos define, al menos de forma aproximada, la actividad de los finos, donde EA_p , representa el EA calculado a partir de la lectura de arena con pisón y el EA_v , el EA calculado a partir de la lectura de arena a vista (23).

Puesto que los resultados de EA_p son siempre menores que los de EA_v , el valor de FA oscila entre 0 y 1, siendo menor cuanto más activos (mayor contenido en arcilla) son los finos de la muestra.

Los finos en los áridos son indispensables para lograr hormigones con buena docilidad y sin segregación y para conseguir conglomerados relativamente impermeables, con un consumo moderado de cemento. En contrapartida, los finos exigen elevadas dosis de agua para alcanzar la lubricación conveniente ya que presentan alta superficie específica, y, como se sabe, todo exceso de agua respecto a la teórica necesaria para la hidratación del cemento provoca descensos en las resistencias del hormigón. Podría decirse, por tanto, que la presencia de finos origina efectos opuestos, lo que exige utilizar áridos con proporciones incluidas dentro de ciertos intervalos.

Existen, sin embargo, unos tipos de finos cuya presencia en las arenas resultan siempre perjudiciales: son las arcillas. Pero sus efectos no son tanto debido a que exigen desmesuradas cantidades de agua para alcanzar la adecuada docilidad, sino, sobre todo, a que se interponen entre los productos de hidratación de los cementos debilitando su unión, y, con ello, la resistencias mecánicas de los hormigones y su capacidad para hacer frente a las heladas. A causas de esto puede decirse que las arcillas son perjudiciales prácticamente en cualquier proporción en que estén presentes en los áridos.

De ahí que resulte de gran interés diferenciar los finos arcillosos de otros que no lo sean (calizos, dolomíticos, silíceos, etc.) cuya presencia, en moderadas proporciones, siempre es requerida para un hormigón trabajable.

Los finos arcillosos, en proporciones significativas, son más propios de los áridos rodados, sobre todo de los procedentes de los yacimientos ubicados en depósitos de ladera, que están constituidos fundamentalmente por materiales coluviales. Sin embargo, la presencia de arcilla no es patrimonio exclusivo de los áridos rodados, ya que pueden aparecer también en los triturados, si en las canteras no se elimina convenientemente las monteras de las explotaciones o no se apartan las vetas de tierra o greda que a veces aparecen intercaladas entre los estratos de roca.

Con el fin de verificar si una arena que ha presentado un valor de E.A. bajo posee o no proporciones significativas de arcilla, la muestra puede someterse a un ensayo adicional que discrimina perfectamente las arcillas de otros materiales, siempre y cuando estos últimos sean de naturaleza caliza. La determinación se basa en la gran capacidad de adsorción de los materiales arcillosos ante muchas sustancias, en particular ante el colorante conocido como azul de metileno, el cual

prácticamente no es fijado por los materiales calizos, aunque se encuentren muy finamente pulverizados.

Reactividad de los áridos con los álcalis del cemento.

A pesar de la consideración de componente inerte con que suele calificarse a los áridos en el hormigón, se ha podido comprobar, por sus innumerables efectos, que en muchas ocasiones esta suposición es errónea, incluso, gran número de autores mantienen que nunca son realmente inertes (2,10).

Aun prescindiendo de las llamadas impurezas (sulfatos, piritas, materia orgánica, etc.), cuyo comportamiento es claramente activo con el cemento, el material que constituye la mayoría de los granos del árido también puede exhibir una intensa actividad en el seno del hormigón.

Consideraremos, por un lado, la reactividad que presentan ciertos áridos que contienen sílice moderadamente inestable con los álcalis del cemento, como consecuencia de la cual se producen notables deterioros en el hormigón.

Fue en una presa de California en donde se atribuyó, por primera vez, el deterioro del hormigón a la interacción entre ciertos tipos de áridos y los álcalis del cemento. Estos áridos contenían sílice en un estado de moderada inestabilidad, amorfa o muy poco cristalina, tal como ocurre con los obtenidos de rocas con ópalo, calcedonia, sílex, esquistos, riolitas, cristobalitas o andesitas.

En Europa sólo se tiene referencia de que hayan surgido algunos problemas causados por esta reacción en Dinamarca y en Holanda. En España se ha informado de ciertos casos de reactividad, si bien en construcciones en contacto permanente con el agua y sin una confirmación rotunda de que se deba

exclusivamente a esta reacción. En edificación no parece haberse presentado este tipo de reacción, al menos de forma manifiesta.

Sin embargo, según CALLEJA (30) no hay seguridad de que en nuestro país, tanto en el territorio peninsular como en el insular, no puedan darse reacciones perjudiciales entre los áridos y los álcalis. Según este autor, en la mitad oeste de la España peninsular, en la llamada "España silícea", afloran materiales con distintas proporciones de sílice y pudiera ocurrir que alguno de ellos fuese bastante vulnerable con los álcalis. En las Islas Canarias también aparecen materiales de origen volcánico con altos contenidos en sílice, por lo que también cabría albergar incertidumbres respecto a su estabilidad, cuando se utilicen como áridos para hormigones.

Fue STANTON en 1940 el primer investigador que se refirió a la existencia de una reacción entre los álcalis del cemento y áridos de naturaleza silícea (2).

Existen fundamentalmente dos teorías que tratan de explicar el proceso por el que algunos áridos silíceos reaccionan con los álcalis en el hormigón, con efectos destructivos para éste. Determinados autores consideran que el deterioro se debe a un solo proceso, mientras que otros estiman que los efectos destructivos pueden ser atribuidos a varios procesos en conjunción.

Según una de las teorías (31), parece existir todo un conjunto de datos físico-químicos, que permiten asegurar que cuando un árido, conteniendo sílice en un estado de "cierta inestabilidad", entra en contacto con una disolución de álcalis, semejante a la que puede presentarse en el hormigón, la capa externa del grano comienza a ser atacada, reblandeciéndose y aumentando de volumen. El proceso se desarrolla como si los grupos de sílice, que están formando el grano del árido y que

originariamente mantenían una estrecha unión entre sí, se "abrieran" ahora con la llegada de una disolución alcalina, incorporando a su vez moléculas de agua entre las capas de sílice.

La tendencia de tales formas de sílice a incorporar agua en presencia de álcalis es tan acentuada, y conlleva tanto aumento de volumen, que cuando el árido se encuentra en espacios confinados, pueden desarrollarse presiones de hasta unos 10 kp/cm², suficientes en muchos casos, para fisurar el hormigón.

En consecuencia, según esta teoría, cuando la reacción tiene lugar aparece un fluido viscoso de la capa exterior del grano que, mientras la porosidad del hormigón lo permita, va a repartirse por las inmediaciones del grano, generando presiones por donde va desplazándose. Este fluido viscoso es el que, a veces, se ha observado drenando por las grietas exteriores de los hormigones afectados.

De acuerdo con otra de las teorías (32), el proceso es de carácter osmótico y, según sus preconizadores, ocurre cuando el hidróxido cálcico, liberado en la hidratación del cemento, reacciona, a su vez, con la sílice previamente atacada por los álcalis, produciendo un silicato cálcico bastante insoluble, que forma una capa delgada en la parte más externa de la masa de silicato alcalino. Dicha capa de silicato cálcico parece tener propiedades de membrana semipermeable permitiendo, por tanto, sólo el paso de agua en un sentido.

Según esta teoría, entonces, en un hormigón afectado aparecerían algunos granos de árido rodeados de un fluido viscoso, el cual puede considerarse como una disolución concentrada de silicato alcalino, sobre el que va formándose la película de silicato cálcico que acaba recubriendo el grano, y que puede actuar como una membrana semipermeable (figuras 2.1 y

2.2). Si existe agua abundante en el medio, se produce un fenómeno de ósmosis, según el cual la membrana de silicato cálcico permite el paso del agua hacia el interior del grano, en donde se encuentra una disolución concentrada de silicato alcalino soluble. A causa de ello se crean unas presiones osmóticas que superan en magnitud a la resistencia a tracción del hormigón y que, por tanto, crean un sistema de grietas que culminan con el desmoronamiento de éste.

Si, como señalan algunos autores (32), realmente se dan los dos tipos de mecanismos, el que se ha descrito en primer lugar sería el responsable del aumento de presiones en un volumen de hormigón relativamente amplio, ya que el fluido viscoso es el que lo transmite, mientras que, debido al segundo proceso, el hinchamiento se localizaría concretamente en el grano y sólo en sus inmediaciones se detectarían los efectos de este aumento de volumen, siendo posiblemente más intenso.

La sintomatología de la reacción árido silícico-álcali suele ser la formación de una red de grietas las cuales recuerdan el aspecto de un mapa geográfico, por las que drena, en ocasiones, un fluido viscoso. Estas grietas pudieran confundirse con las originadas a causa de las heladas.

De la exposición sucinta, hecha hasta ahora sobre la reacción árido-álcali, se deduce que, para que al reacción tenga lugar, es necesario el concurso simultáneo de tres factores: áridos reactivos, presencia de álcalis en el cemento y agua permanente en el medio.

Ya se han indicado los tipos de áridos que son reactivos, sin embargo, parece ser que no todos los granos desencadenan los mismos desperfectos. Se ha observado que son los granos de tamaño intermedio los más perjudiciales, concretamente los comprendidos aproximadamente entre 2 y 8 mm.

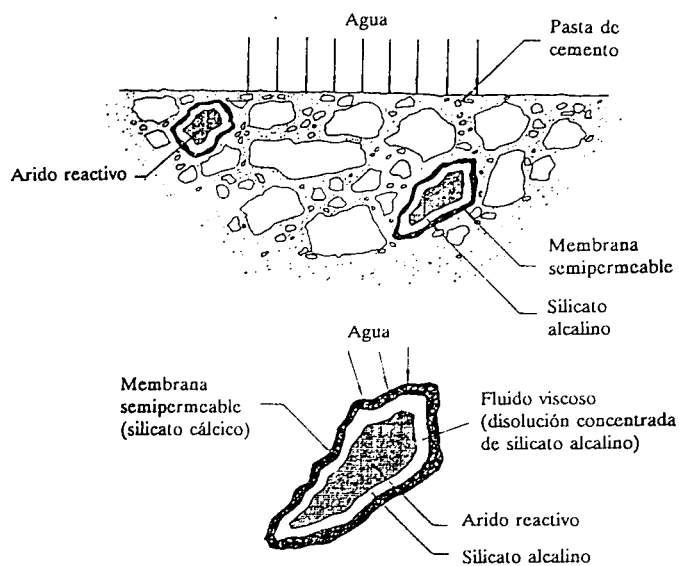


Figura 2.1. Formación de geles de silicato cálcico en la capa más externa del grano, actuando como una membrana semipermeable. (33).

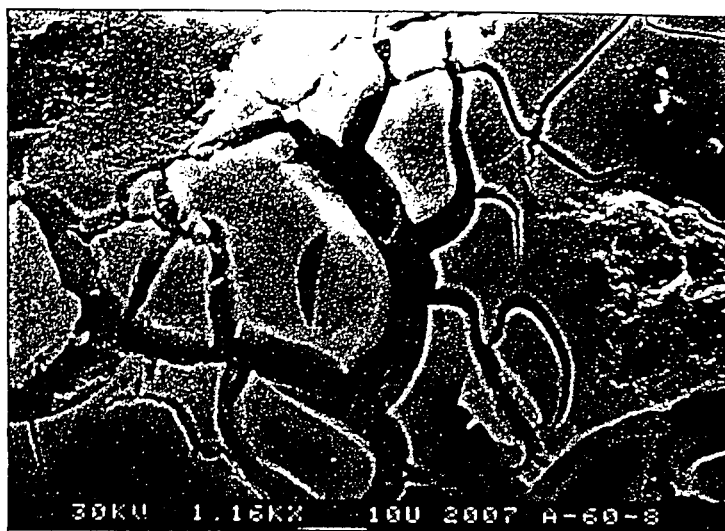


Figura 2.2. Gel silicocalcoalcalino consecuencia de una reacción árido-álcali. (2)

Cabe entender que los de tamaño muy fino, al presentar una gran superficie reactiva, consumen gran cantidad de álcalis retirándolos del medio donde podrían desencadenar reacciones realmente perjudiciales. Precisamente una forma de impedir la aparición de efectos destructivos ha sido la adición de áridos reactivos en finamente triturados, por ejemplo puzolanas.

Los álcalis provienen fundamentalmente del cemento, que los suele contener en proporciones relativamente altas. Sólo es posible obtener cementos con bajo contenido en álcalis ($< 0,6\%$), a base de un considerable incremento económico. Los cementos que extensamente se emplean actualmente en España, los del Tipo II, no garantizan un contenido bajo en álcalis, sino más bien al contrario, ya que las adiciones empleadas suelen aportar tales sustancias. Por otro lado, cabría pensar que las adiciones activas añadidas al cemento podrían atenuar el carácter destructivo de la reacción árido silíceo-álcali, por consumir estas las sustancias alcalinas, retirándolas del medio. Desgraciadamente no existe garantía de que todos los cementos españoles del tipo indicado tengan adiciones con sílice altamente reactiva

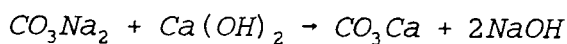
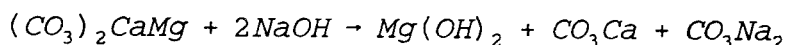
Aun cuando un cemento no contuviera álcalis estos pueden aparecer por reacción de ciertos compuestos del cemento con iones alcalinos aportados por un medio que los contenga, como el agua de mar.

El último factor necesario es la presencia abundante y permanente de agua. Puede decirse que de no concurrir esta circunstancia la reacción deja de producirse. El límite inferior del contenido en agua, según MOSKVIN, se sitúa para los ambiente aéreos en una humedad relativa del 80 % (34). No debemos olvidar que en una edificación normal los cimientos pueden estar sometidos a prolongados períodos de humedad y los hormigones expuestos a la intemperie también.

Como se ha señalado en los objetivos del trabajo, el ensayo normalizado en la EH-91, sólo permite detectar la reactividad potencial de los áridos silíceos, de modo que no es aplicable para evaluar la reactividad de los carbonatos magnesianos, los cuales también pueden ser reactivos, como señala la propia Instrucción.

HADLEY (35), fue el primer autor que describió una reacción de carácter disruptivo entre los álcalis del cemento y los áridos de naturaleza dolomítica.

La dedolomitización de los áridos, por reacción con disoluciones alcalinas, produce la neoformación de brucita, $Mg(OH)_2$, y una regeneración de hidróxido alcalino, lo que puede dar lugar a la continuidad del proceso de acuerdo con las siguientes reacciones:



La brucita puede aparecer bien en las zonas de contacto entre el árido y la pasta, bien en el mismo árido, pudiendo reaccionar con la sílice, alrededor del grano, y formar un silicato de magnesio.

Por otra parte hay que indicar que la zona porosa que se crea alrededor del árido, por extracción de iones Mg^{2+} , debilita la unión árido pasta sin que el proceso de dedolomitación provoque, en ningún caso la aparición de geles expansivos, por lo que, en este tipo de reacción el efecto disruptivo se debe únicamente, a la formación de brucita en el seno del hormigón (2).

Pero la experiencia que se tiene indica que los procesos de reactividad de áridos dolomíticos con los álcalis del cemento vienen acompañados de fenómenos expansivos, posiblemente debidos a la presencia de ciertos tipos de materiales silíceos formando parte de la roca carbonatada. El ataque de los álcalis al CO_3Mg para dar $\text{Mg}(\text{OH})_2$, que suele preceder a la expansión, no genera ningún producto expansivo, como ya se ha indicado; lo que hace es aumentar la porosidad de la dolomía, merced a lo cual se abren caminos para que los álcalis y el agua accedan hasta el material silíceo que pudiera estar presente en la roca, y que es realmente el expansivo.

2.3.2.2. CONDICIONES FÍSICO-MECÁNICAS.

Bajo este epígrafe se limitan en la Instrucción una serie propiedades como son: friabilidad de la arena, resistencia al desgaste de la grava, absorción de agua y la pérdida de peso por tratamiento con soluciones de sulfato sódico y magnésico. Con las prescripciones que a continuación se comentan, la Instrucción intenta garantizar unas propiedades de tipo mecánico en los áridos, ya que las estudiadas hasta ahora iban orientadas, sobre todo, a evitar las impurezas que podían interferir en el adecuado desarrollo del fraguado y endurecimiento de los hormigones.

Friabilidad de la arena y desgaste de la grava.

La resistencia de un árido a la fragmentación y a la abrasión, determinada por medio de los ensayos de friabilidad de las arenas y el desgaste de las gravas, son los únicos índices resistentes para los áridos contemplados en la actual Instrucción. La resistencia mecánica del árido resulta de gran importancia, pues de ella depende en gran medida la del hormigón. Las partículas friables serán perjudiciales en los áridos porque se rompen con facilidad ante los distintos efectos a los que se encuentran sometidos y ante tensiones relativamente pequeñas,

dando lugar con ello, a hormigones inadecuados o que pierdan resistencia con el tiempo.

En el PG-3/75 (36) ya se incluía la determinación del desgaste de Los Ángeles. El ensayo reproduce los efectos mecánicos a que se encuentran sometidos los áridos en el seno de un firme. Para los hormigones estructurales, la introducción del desgaste y la friabilidad en la actual Instrucción supone la intención de establecer, como hemos indicado, un mínimo de calidad mecánica en los áridos y no deben entenderse como ensayos que simulan ciertas condiciones de servicio.

Ahora bien, NEVILLE ha señalado la necesidad de tener en cuenta que las arenas friables pueden triturarse en la hormigonera por efecto de un amasado prolongado en presencia del árido grueso.

El estudio de las rocas, y en definitiva de los áridos obtenidos a partir de ellas, desde el punto de vista resistente, nos lleva a tratar, en primer lugar, la dureza de las mismas. Esta interviene de modo decisivo en la resistencia a la abrasión, la cual juega un importante papel en los ensayos que actualmente se emplean en laboratorio para conocer la calidad mecánica de los árido. La dureza de una roca viene determinada por la que presentan los diferentes minerales y el cemento intergranular que entran en su composición.

Así mismo, la resistencia de una roca viene frecuentemente marcada por la textura de esta; una roca de textura holocristalina da una resistencia netamente inferior a la de una roca de igual composición mineralógica y textura microlítica (37). A igualdad de los restantes factores, muestran mejor aptitud resistente las rocas de grano fino.

La presencia de discontinuidades, tales como poros y/o microfisuras, supone que el comportamiento mecánico de una roca afectada por tales defectos difiera de modo desfavorable con el de aquellas que, pese a poseer idéntica composición, no los presentan.

La alteración de alguna fase mineralógica (micas, feldespatos, anfíbol) en la estructura de la roca incide en su resistencia, resultando conveniente conocer la susceptibilidad del árido a tales alteraciones y los plazos de su manifestación.

También la disposición de la red cristalina puede suponer anisotropía mecánica en la roca si existe una dirección cristalográfica privilegiada en los minerales.

Si aceptamos que el coeficiente de Los Ángeles depende de la cohesión entre partículas en el grano de árido y de la forma de este (38), deducimos que existe una relación entre este coeficiente y el llamado coeficiente de forma, también recogido en nuestra Instrucción. El comportamiento de los granos aciculares es peor que el de los cúbicos y, a su vez, el de los granos lajosos peor que el de los aciculares. Tal supuesto, como más adelante comentaremos, se ha visto confirmado por los resultados del presente trabajo.

Por último, la angulosidad del árido influye en el coeficiente de desgaste de Los Ángeles, resultando más alterables los áridos con aristas.

El ensayo de Los Ángeles, según PANET Y TOUREQ (37), sólo debe efectuarse sobre áridos de machaqueo, pues los valores obtenidos para estos difieren desfavorablemente de los que presentan los áridos rodados, que resultan generalmente inferiores.

Absorción de agua.

Se entiende por absorción de un árido, la relación entre su aumento de peso, debido a una imbibición parcial de agua (con la superficie seca), y su peso seco.

Son relativamente absorbentes, en general, los áridos procedentes de rocas porosas, con una red de poros interconectados y de pequeño diámetro.

Los granos de grava de áridos rodados suelen presentar mayor absorción que los obtenidos mediante trituración ya que, al parecer, la meteorización por los agentes naturales hace que la capa externa de los granos sea más porosa y absorbente.

La porosidad tiene enorme importancia sobre la mayoría de las propiedades de los materiales (resistencias mecánicas y químicas, heladicidad, variaciones volumétricas con los cambios de humedad, etc.). Puesto que la absorción se encuentra estrechamente ligada a la porosidad casi todo lo dicho para una propiedad es aplicable a la otra.

Aparte de todo esto, la absorción de los áridos tiene una influencia particular en el comportamiento del hormigón confeccionado con ellos. Un árido absorbente siempre resulta problemático ya que si no se prevé y adiciona la cantidad de agua que requiere para saturarse a la hora de confeccionar un hormigón, es posible que la mezcla resulte poco trabajable porque parte del agua será absorbida por el árido en el momento del amasado, disminuyendo la docilidad. Pero no se tienen asegurados los aciertos calculando la cantidad que puede retener al saturarse y sumándosela a la prevista para obtener un hormigón adecuado, ya que si los granos se incorporan secos a la hormigonera es muy posible que se recubran rápidamente con la pasta de cemento impidiendo su saturación completa; en este caso

el hormigón resultará con una relación A/C mayor y seguramente no será de la consistencia deseada.

Debido a lo anterior, entendemos que el modo más conveniente de ajustar el agua de amasado de un hormigón pasa necesariamente por la confección de unas amasadas de prueba y por un control continuo de la consistencia de cada una de las amasadas en obra, pues, en cualquier caso, el tiempo de batido en la hormigonera resulta insuficiente para la imbibición total de los granos que depende de la humedad inicial de éstos.

Aunque no existe una relación clara entre la resistencia del hormigón y la absorción del árido utilizado, los poros de la superficie de la partícula afectan a la adherencia entre el árido y la pasta de cemento y, por lo tanto, pueden ejercer cierta influencia en la resistencia del hormigón (10). Además, cuando exista mucha la avidez del árido por el agua puede retirarle al cemento parte de la necesaria para su hidratación, debilitando la pasta en las proximidades de los granos.

Pérdida de peso en las disoluciones de sulfato sódico o magnésico.

Con este parámetro se pretende conocer el comportamiento de los áridos ensayados, frente a la acción destructiva de las heladas, es decir, cuantificar lo que se conoce como "heladicidad".

Es evidente que los áridos deben ser resistentes a dicho efecto cuando se exija que el hormigón fabricado con ellos presente la adecuada durabilidad frente a los ciclos de hielo-deshielo.

A medida que aumenta la capacidad de los granos para embeberse de agua, es decir, cuanto mayor sea la cantidad de

poros abiertos, susceptibles de llenarse de agua, y también a medida que sea más débil la cohesión entre las partículas que constituyen los granos, disminuirá la resistencia del árido a las heladas.

La acción destructiva de las heladas se produce por el aumento de volumen que experimenta el agua líquida al transformarse en hielo, que es aproximadamente de un 10%. Si un grano de árido contiene agua libre llenando completamente sus huecos, el aumento de volumen que implica su solidificación, hará que se generen unas presiones sobre las paredes de los poros, tanto más altas cuanto más impedimento tenga este sistema agua-hielo para acoplarse y cuanto más baja sea la temperatura, porque la compresibilidad del hielo también disminuye cuando baja la temperatura.

Si la resistencia a la tracción del material, es decir, si su cohesión es baja, puede ocurrir que las presiones generadas superen dicha resistencia provocando fisuraciones alrededor de los poros.

Los áridos con baja resistencia a las heladas, confieren vulnerabilidad al hormigón fabricado con ellos, ya que las tensiones que ocasionan la rotura de los granos se transmiten a la masa del hormigón circundante.

En cualquier caso, es interesante subrayar que la resistencia del hormigón a las heladas no se alcanza sólo porque el árido sea resistente, sino que viene influida en gran medida por su buena compacidad (relación A/C), por la ausencia de materiales arcillosos en el árido y por un buen curado superficial.

De todas formas, es necesario considerar ciertas circunstancias que inciden de manera importante en el proceso

destrutivo de las heladas sobre el hormigón, pues no todo descenso de temperatura por debajo de 0°C implica daños en los hormigones. Entre otras pueden citarse las siguientes:

-Para que se produzca el efecto es imprescindible que el material tenga sus poros prácticamente llenos de agua. Sin embargo, en las regiones con una climatología que podría considerarse como normal, no es muy frecuente que hiele después de llover.

-El agua que embebe el hormigón no es completamente pura, lo que hace que pueda disminuir, aunque sea poco, su temperatura de congelación.

-No toda el agua contenida en los poros es susceptible de helarse a temperaturas moderadamente bajas. Por ejemplo, el agua contenida en los poros submicroscópicos está sometida a ciertas fuerzas capilares que alteran su comportamiento normal. También, el agua alojada en los poros de un material muy resistente puede mantenerse líquida hasta ciertas temperaturas por debajo de cero, puesto que la resistencia del material no va a permitir el aumento de volumen que implica la congelación.

-En otro orden de cosas, hay que considerar que el descenso de temperatura en toda la masa del hormigón no es ni simultáneo ni uniforme con el descenso de la temperatura exterior. La figura 2.3 muestra la evolución de temperaturas a distintas profundidades del hormigón. Debido a esto podría permitirse cierto acomodo del hielo a medida que se forma, aunque, realmente debe tenerse en cuenta que las primeras formaciones de hielo se producen en las aberturas exteriores de los poros, los cuales quedan taponados impidiendo entonces el drenaje del agua hacia el exterior y la relajación de las tensiones.

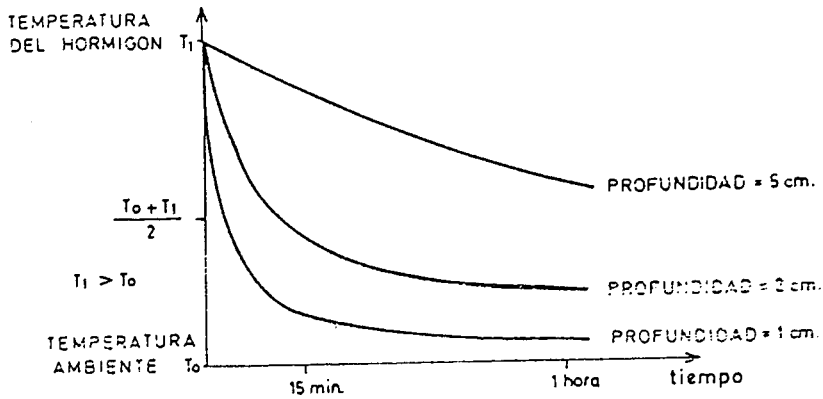


Figura 2.3. Evolución de la temperatura a distintas profundidades en función del tiempo. (39).

Para terminar indicaremos que una sola helada no suele ser suficiente para provocar efectos importantes en el hormigón, aunque éste sea de mediocre calidad. Normalmente son necesarios varios ciclos de hielo-deshielo para que el hormigón sufra daños importantes. Pero, cada vez que se produce una helada, se crean fisuras que, aunque no se manifiesten de manera ostensible, hacen al material más propenso a sufrir daños por este proceso, acelerándose a medida que progresa.

2.3.2.3. GRANULOMETRÍA Y COEFICIENTE DE FORMA.

La granulometría de un árido puede definirse como la distribución de tamaños que poseen un determinado conjunto de granos.

En realidad, la Instrucción EH-91 no contempla este parámetro tal y como se entiende habitualmente, ya que sólo trata y limita la proporción de finos menores de 0,080 mm. Sin embargo, es una propiedad importante del árido, pues de ella dependen algunos parámetros de especial relevancia en hormigón: compacidad, docilidad, agua de amasado, etc.

Finos menores de 0,08 mm.

Se entiende por finos la fracción del árido que pasa a través del tamiz 0,080 de la serie UNE 7050 (6), es decir, la fracción constituida por los granos de tamaño inferior a 80μ . Según la definición, el concepto de finos no discrimina la naturaleza de los mismos. Por tanto, en ellos se incluyen todos, desde los de naturaleza arcillosa hasta los procedentes de la trituración de la roca "madre" (calizos, dolomíticos, silíceos, etc.), pasando por los micáceos, pizarrosos, etc.

Pueden presentarse como partículas sueltas en forma de polvo o bien adheridas, con mayor o menor intensidad, a la superficie de los granos, formando costras o camisas. Mientras que las primeras son más frecuentes en las arenas y, tanto más, cuanto menor sea su módulo granulométrico, las segundas son más específicas de las gravas.

Los áridos naturales de aluvión, cauces fluviales y depósitos naturales, en general formados por sedimentación, presentan un elevado riesgo de ir acompañados por finos arcillosos y partículas de mica, en ciertas zonas. Su proporción es variable, aun en estratos del mismo frente. En las gravas de estos áridos es donde se corre el riesgo de encontrar una costra de barro más o menos adherida a la superficie.

Las gravas de machaqueo o de trituración natural también suelen ir cubiertas por partículas de polvo. Lo interesante es

que, en general, estos finos no son arcillosos y se separan fácilmente de los granos en el proceso de amasado del hormigón, por lo cual no suelen impedir la buena adherencia de los granos con la pasta de cemento. En las arenas trituradas, frecuentemente, es muy elevada la proporción en finos, sobre todo, si estas, a su vez, se clasifican en fracciones de menor tamaño, al concentrarse en ellas mayor cantidad de finos por efecto del tamizado. Pero no puede asegurarse, de manera categórica, la ausencia de finos arcillosos, pues la capa de tierra vegetal que recubre los yacimientos, también puede contaminar al árido, si previamente no ha sido eliminada.

Los finos de los áridos pueden producir efectos beneficiosos o perjudiciales en los hormigones, según la naturaleza mineralógica de los mismos y según la forma y proporción en que se presenten.

Es bien conocido por todos la necesidad de los finos para obtener buenos hormigones. Por un lado, sirven para ocupar ciertos huecos dejados por los granos de mayor tamaño, permitiendo un relativo ahorro de cemento. Por otro, los finos facilitan la lubricación de los granos mayores, lo que hace que, hasta determinadas proporciones, el hormigón pueda requerir menos agua de amasado que utilizando áridos con cantidades menores de finos. También son casi imprescindibles para lograr hormigones impermeables. Pero la misión fundamental de los finos consiste en asegurar la cohesión de la masa de hormigón fresco, impidiendo su fácil segregación, gracias a la capacidad que poseen para retener agua en la superficie, la cual actúa como adhesivo de todos los integrantes de la mezcla. En particular, los finos de naturaleza caliza, por el llamado fenómeno epitáxico, pueden constituir núcleos a partir de los cuales se orientan las redes cristalinas de los componentes hidratados del cemento (40).

Resultaría, por tanto, inapropiado un árido que no contuviera una determinada proporción de finos, siendo mayor esta necesidad cuanto menor sea la dosificación de cemento en el hormigón.

Ahora bien, la presencia de finos también conlleva ciertos efectos perjudiciales, derivados fundamentalmente de la elevada superficie específica que presentan. En general, los finos retienen mucha agua para su necesario mojado superficial en el amasado del hormigón, lo que puede incrementar considerablemente la relación A/C, cuando su proporción sea elevada.

Los finos arcillosos o micáceos, por otro lado, son mucho más perjudiciales de lo que correspondería a sus exigencias de agua porque, aparte de esto, se interponen entre los productos de hidratación del cemento debilitando las uniones entre los componentes del hormigón endurecido. Además, mientras que los finos de la misma naturaleza que la roca madre constituyen pequeños núcleos susceptibles de ser ligados por la pasta cementante, las arcillas carecen de esta propiedad por no tener estabilidad de volumen y por su tamaño casi coloidal.

En el caso de las gravas, los finos siempre se encuentran rodeando a los granos con lo que a la mayor demanda de agua hay que añadir la pérdida de adherencia que puede sufrir el árido grueso debido a su presencia. Todo depende de la facilidad con que puedan desprenderse de la superficie de los granos; normalmente el polvo superficial que aparece en los áridos de trituración se elimina fácilmente, incorporándose a la masa de hormigón, pero las costras de barro suelen ser más persistentes. Otra nueva razón para proscribir los materiales arcillosos en los áridos.

Resumiendo, la cantidad de elementos finos necesarios para evitar los problemas mencionados será mayor a medida que aumente

el módulo granulométrico de la arena y la angulosidad de la misma y disminuirá cuanto mayor sea el contenido en cemento y el tamaño del árido.

Los distintos efectos que pueden producir los finos, dependiendo de su naturaleza o forma de presentarse, y la repercusión que pueden tener en los hormigones, según los ambientes donde se ubiquen, justifican la variedad de límites que establece la Instrucción.

Coefficiente de forma.

El coeficiente de forma puede considerarse como una medida de la diferencia entre la forma real de los granos del árido y la forma esférica.

Se define como la relación entre el volumen real del grano y el volumen de la esfera que puede circunscribirse sobre el mismo, es decir, de la esfera cuyo diámetro sea la mayor dimensión del grano.

Son áridos con un coeficiente de forma relativamente bajo, los áridos alargados o lajosos. En cualquier caso es raro encontrar áridos con un coeficiente de forma menor de 0,15 y también que sobrepasen el valor de 0,30.

Pese a que los granos aciculares y laminares presentan mal comportamiento resistente frente al desgaste y al impacto, no es este el efecto principal de las partículas de bajo coeficiente de forma. El riesgo fundamental que presenta un árido con un coeficiente de forma bajo es el de producir un hormigón con huecos. Cuando el árido contenido en el hormigón presenta una forma excesivamente alargada, o incluso plana, al verter y compactar el hormigón como se suele hacer normalmente, pueden no acoplarse convenientemente, dejando muchos huecos entre ellos.

Evidentemente la dificultad de compactación se hace más patente cuando hay que hormigonar secciones delgadas o dénsamente armadas.

Según FAURY (41), quizás no sean tan perjudiciales los áridos laminares como los aciculares o de forma alargada, porque los primeros parece que se acomodan relativamente bien, especialmente en los pilares donde se disponen con sus planos perpendiculares a la dirección de los esfuerzos.

En cualquier caso, para que la forma del árido pueda ser motivo de preocupación, ésta debe separarse bastante de la forma esférica, lo que justifica que el límite mínimo fijado en la mayoría de las normas se sitúe en torno al valor 0,15.

Respecto a la facilidad de compactación, conviene tener en cuenta el carácter rodado o de machaqueo de los áridos, ya que esto quizá influya más que la diferencia entre los valores del coeficiente de forma que suelen exhibir normalmente los áridos.

De todos modos no debe pensarse que los áridos con formas redondeadas son los mejores para el hormigón, aunque sean los que proporcionan la mejor docilidad. Su adherencia con la pasta de cemento es menor que en el caso de otras formas con las cuales también puede conseguirse buena docilidad con sólo aumentar la proporción de arena.

Conviene señalar que el coeficiente de forma no tiene ninguna relación con el carácter rodado o de machaqueo de los áridos, pudiendo encontrarse áridos rodados con muy bajo coeficiente.

2.4. GRANULOMETRIA.

La granulometría de un árido puede definirse como la distribución por tamaños de las partículas que lo constituyen. Representa, por tanto, la proporción de granos que hay de cada tamaño en el conjunto del árido.

Esta propiedad tiene una decisiva influencia en la trabajabilidad e, indirectamente, en las resistencias (mecánicas o químicas) del hormigón, siendo la granulometría de la arena y la relación arena/grava los factores fundamentales en la misma. La granulometría de los áridos debe ser tal que permita, a la vez:

- un mínimo de huecos en el normal apilamiento de sus granos.
- la menor cantidad posible de agua para el mojado de los granos, es decir, para su lubricación superficial.
- una consistencia en el hormigón fresco que evite la segregación durante su manejo y compactación.

Sea cual sea la resistencia que se le exija al hormigón la distribución granulométrica del árido debe ser la mejor posible, por ello, para el cálculo de la proporción de las diversas fracciones no será necesario partir del dato de la resistencia exigida al hormigón. Cuanto mayor deba ser la resistencia del mismo, más atención habrá que prestar a la granulometría del árido, así como al resto de las propiedades de todos los componentes.

Por lo extendida que está la idea, simplista e incorrecta, de suponer que un árido presenta una buena granulometría para fabricar hormigón, cuando ésta es continúa, es decir, cuando contiene granos retenidos en todos los tamices de la serie utilizada, conviene señalar aquí que la "continuidad" de una

granulometría no supone en absoluto, por sí misma, garantía de conseguir con ella hormigones que presenten buena compacidad, es decir, garantía de un buen acoplamiento de los granos, de forma que los huecos dejados por los granos mayores sean casi completamente ocupados por los granos menores. Ni siquiera la "continuidad" asegura la buena trabajabilidad del hormigón que es el argumento muchas veces esgrimido. Para que un hormigón tenga buena trabajabilidad, es decir, docilidad en su puesta en obra y ausencia de segregación, es necesario que la arena tenga la finura adecuada y que las proporciones de arena y grava también sean las adecuadas, y esto no es sinónimo de granulometría continua.

Por otro lado, además, según lo que puede preverse teóricamente y lo que se ha comprobado en innumerables ensayos, no son precisamente las granulometrías continuas, aunque cumplan los requisitos antedichos, las que permiten los acoplamientos más densos en el apilamiento de los granos. Feret, Caquot, Vallete, etc., han preconizado granulometrías discontinuas para los hormigones porque han observado que son las que aportan mayor densidad de apilamiento. Tal vez el inconveniente más notorio de estas granulometrías discontinuas sea la necesidad de mantener muy controladas las proporciones de las diversas fracciones que las componen, porque variaciones relativamente pequeñas pueden alterar considerablemente la calidad del hormigón. Y desgraciadamente, en las obras normales no existe garantía de poder mantener perfectamente controladas las cantidades de áridos que se agregan a la hormigonera. En esto parecen aventajar las granulometrías continuas ya que permiten moderadas variaciones sin que apenas se vea afectado el hormigón.

Hay que señalar, por otro lado, que la granulometría de la arena es la que realmente determina estas propiedades, mientras que la de la grava prácticamente no influye nada en las mismas,

aunque ello no significa que su proporción en el árido total no tenga una importancia destacada en las propiedades del hormigón.

2.4.1. Valoración de la granulometría de un árido.

El objetivo esencial del análisis granulométrico es dictaminar si un árido presenta una buena gradación de tamaños a fin de poder realizar con él un buen hormigón. Por ello es fundamental conocer en qué criterios hay que basarse para decidir si se debe o no aceptar dicho árido desde el punto de vista granulométrico.

Existen diversas formas de valorar la aptitud de la granulometría de un árido respecto a su aplicación en hormigones, aunque quizás algunas sean relativamente parciales. A continuación se exponen las consideradas más significativas.

2.4.1.1. COMPARACIÓN CON GRANULOMETRÍAS IDEALES.

Resulta obligado comenzar valorando la granulometría de un árido por comparación con algunas de las consideradas "ideales", como son las de FULLER, ABRAMS, BOLOMEY, etc.

Uno de los investigadores que más se ha citado en los textos ha sido FULLER quien propuso que la granulometría ideal de los áridos para confeccionar hormigones debía ajustarse a la siguiente ecuación, también conocida como parábola de GESNER (42):

$$T_{T_i} (\%) = 100 \cdot \sqrt{\frac{T_i}{T_{máx}}}$$

donde:

T_{Ti} (%) significa el tanto por ciento que pasa por cada uno de los tamices (T_i)

$T_{m\acute{a}x}$ el tama\~no m\~aximo del \~arido, defini\~endose por este autor de manera ligeramente distinta a como se define en la Instrucci\~on (seg\~un FULLER, el tama\~no se corresponde con la luz del tamiz m\~as peque\~no de la serie normalizada por el que pasa m\~as del 85 % del peso del \~arido).

En la figura 2.4 se muestran las curvas granulom\~etricas ideales de FULLER para los diferentes tama\~nos m\~aximos. Obs\~ervese que los porcentajes que pasan por los distintos tamices dependen siempre del tama\~no m\~aximo del \~arido. Esto significa, por ejemplo, que la proporci\~on de arena que deben contener los \~aridos no es un valor fijo para cualquiera de ellos, sino que depende del tama\~no mayor de sus granos.

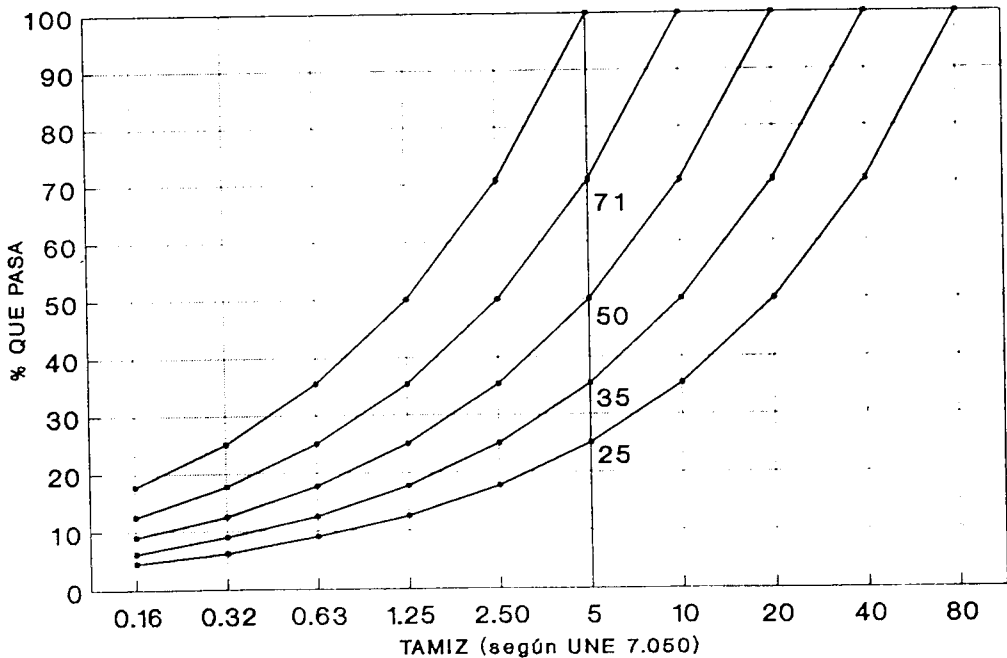


Figura 2.4. Curvas granulométricas "ideales", según FULLER, para distintos tamaños máximos del árido. Obs\~ervese las proporciones óptimas de arena que le corresponden a los diferentes \~aridos totales según su tama\~no.

La valoración mediante comparación con granulometrías ideales no siempre es fácil de realizar de forma objetiva, ya que lo normal es que no coincida exactamente con la de referencia. Como no se tiene ningún criterio para cuantificar la mayor o menor aproximación de la granulometría del árido en cuestión a la considerada como ideal, resulta muy difícil establecer en que medida puede apartarse de ella sin perjudicar seriamente la calidad del hormigón.

2.4.1.2. VALORACIÓN MEDIANTE EL MÓDULO GRANULOMÉTRICO.

Otro autor que estudió extensamente el hormigón fue ABRAMS, quién proponía la granulometría ideal a través del módulo granulométrico (evidentemente en función del tamaño) y teniendo en cuenta, además, la cantidad de cemento que se prevea en el hormigón, ya que los granos de cemento, a efectos de consistencia y docilidad, pueden considerarse como árido fino (8).

Este autor fue el primero en señalar que los áridos con igual módulo granulométrico proporcionan hormigones de igual resistencia si estos se dosificaban con la misma cantidad de cemento. Tal teoría, que tiene un amplio intervalo de cumplimiento, se debe a que el módulo granulométrico, al reflejar el grado de finura del material, está íntimamente relacionado con la cantidad de agua que los granos requieren para su mojado, ya que ésta se encuentra directamente relacionada con la superficie de los granos. Así, todos los áridos con igual módulo exigirán igual cantidad de agua de amasado, de lo que se deduce que cualquier hormigón que se fabrique con áridos del mismo módulo granulométrico (y empleando la misma dosificación de cemento), poseerá una misma relación A/C y, con ella, igual resistencia mecánica.

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

En la tabla 2.III se exponen los módulos granulométricos ideales de ABRAMS a los que puede recurrirse también para valorar la granulometría de cualquier árido.

La valoración de una granulometría atendiendo al módulo granulométrico puede resultar especialmente aconsejable para un árido separado en fracciones, siempre que una de las fracciones sea exactamente una arena. Si la fracción arena presenta un buen módulo granulométrico, la aptitud de la granulometría del conjunto está asegurada porque podrá mezclarse con las gravas en la proporción que se desee. Por el contrario, si la fracción arena resulta inadecuada, pocas posibilidades se tendrá de conseguir una buena granulometría del árido conjunto, aunque se ponga especial cuidado en el cálculo de las proporciones de las fracciones integrantes.

Dosificación en cemento kg/m ³	Dimensión máxima D de los áridos						
	10	15	20	25	30	40	60
275	4,05	4,45	4,85	5,25	5,60	5,80	6,00
300	4,20	4,60	5,00	5,40	5,65	5,85	6,20
350	4,30	4,70	5,10	5,50	5,73	5,88	6,30
400	4,40	4,80	5,20	5,60	5,80	5,90	6,40

Tabla 2.III. Valores óptimos del módulo granulométrico para los áridos de hormigones corrientes, según ABRAMS.

Como en el caso de la comparación con curvas ideales, resulta difícil decidir con objetividad la aptitud de un árido

por la ausencia de criterios sobre la mayor o menor aproximación al valor ideal del módulo. Así mismo, conviene destacar que la igualdad de módulos no garantiza la equivalencia de la gradación de tamaños.

2.4.1.3. VALORACIÓN MEDIANTE HUSOS GRANULOMÉTRICOS.

Vista la dificultad de hacer valoraciones con una sola línea granulométrica o un solo valor del módulo, se hacía necesario delimitar un intervalo en el que debieran situarse las granulometrías para hormigones, considerándose inadecuadas las que se salieran del mismo.

Algunas normas de otros países han definido lo que se conoce como husos granulométricos, cuyo nombre se ha tomado en razón a su parecido con los husos esféricos. Estos se han construido delimitando en el gráfico granulométrico una serie de líneas límite mediante las cuales es posible calificar las granulometrías particulares, según la posición que ocupen entre ellas.

Este es el criterio seguido por la norma alemana DIN 1045, prácticamente aceptada en todos los países europeos y es el que creemos más objetivo (figura 2.5).

Resulta especialmente interesante analizar la granulometría de la arena porque de ella depende fundamentalmente la aptitud de la granulometría del conjunto. Por ello, algunas normas y autores de prestigio han definido husos granulométricos también para las arenas. DREUX (5), por ejemplo, califica las arenas según los husos presentados en la figura 2.6, o según su módulo

granulométrico (M.G.), ya que también indica el intervalo de módulos que le corresponde a cada uno de los husos.

Este autor distingue los tres siguientes grupos de arena:

Grupo A: arenas con M.G. comprendido entre 2'2 y 2'8. Son las arenas de utilización preferente porque permiten obtener, a un mismo tiempo, una buena docilidad y una buena resistencia, prácticamente sin riesgo de segregación.

Grupo B: constituido por las arenas con M.G. comprendido entre 1'8 y 2'2. Son interesantes si conviene una buena colocación en obra, aun a costa de cierta merma de la resistencia.

Grupo C: formado por las arenas con M.G. comprendido entre 2'8 y 3'2, que son utilizables para altas resistencias, si bien existe determinado riesgo de segregación y menor manejabilidad.

2.5. PROPIEDADES ESENCIALES DE LOS HORMIGONES

La literatura sobre y hormigón es numerosa, derivada de la importancia de este material en la construcción y de la constante inquietud de los investigadores en profundizar en el conocimiento de este conglomerado artificial de tan alta responsabilidad, muy especialmente cuando su función fundamental es la resistente en elementos estructurales.

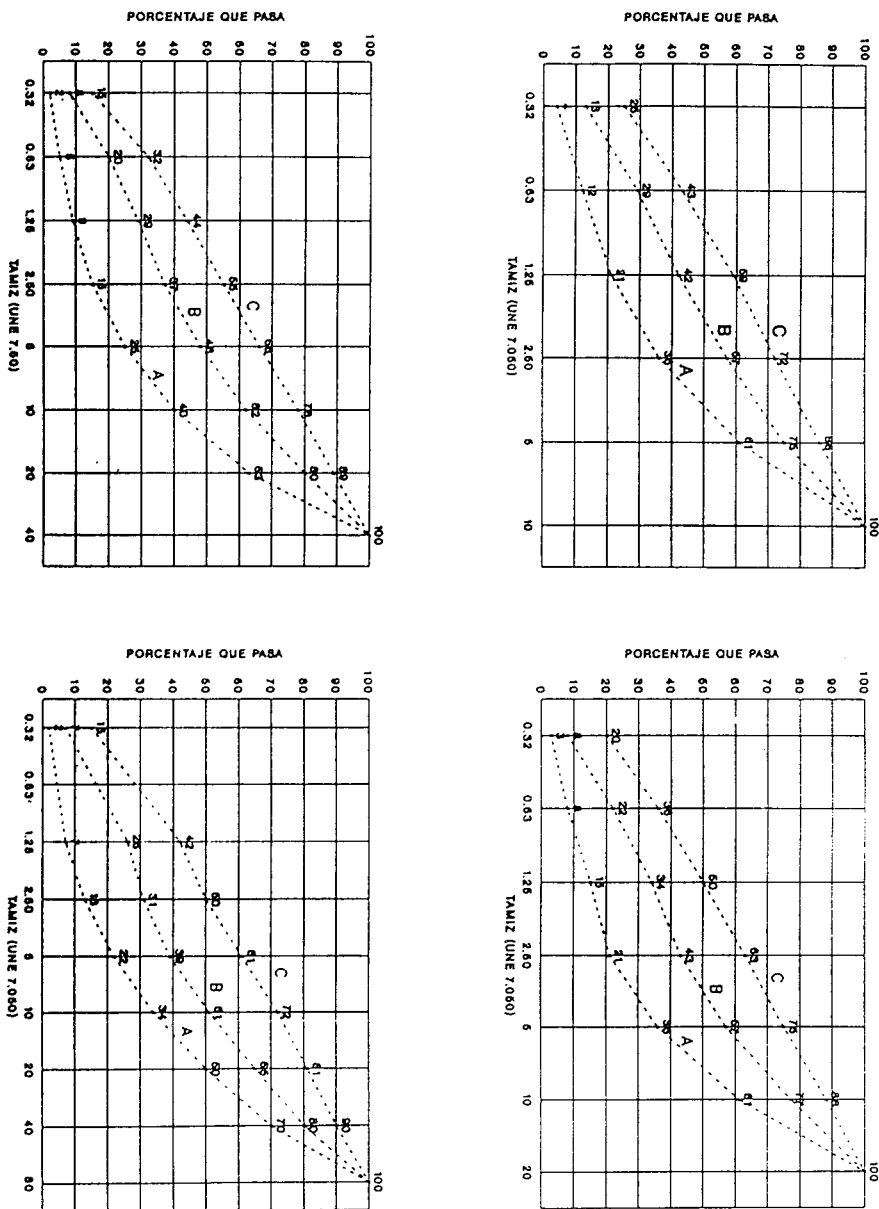


Figura 2.5. Husos granulométricos según la norma DIN 1045, en función de su tamaño, adaptados a la serie de tamices UNE 7050. Con granulometrías continuas se califican como favorables las curvas granulométricas comprendidas entre las líneas A y B. Designándose como todavía utilizables las incluidas entre las líneas B y C. Las curvas granulométricas discontinuas deben quedar en el espacio situado entre las líneas A y C.

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

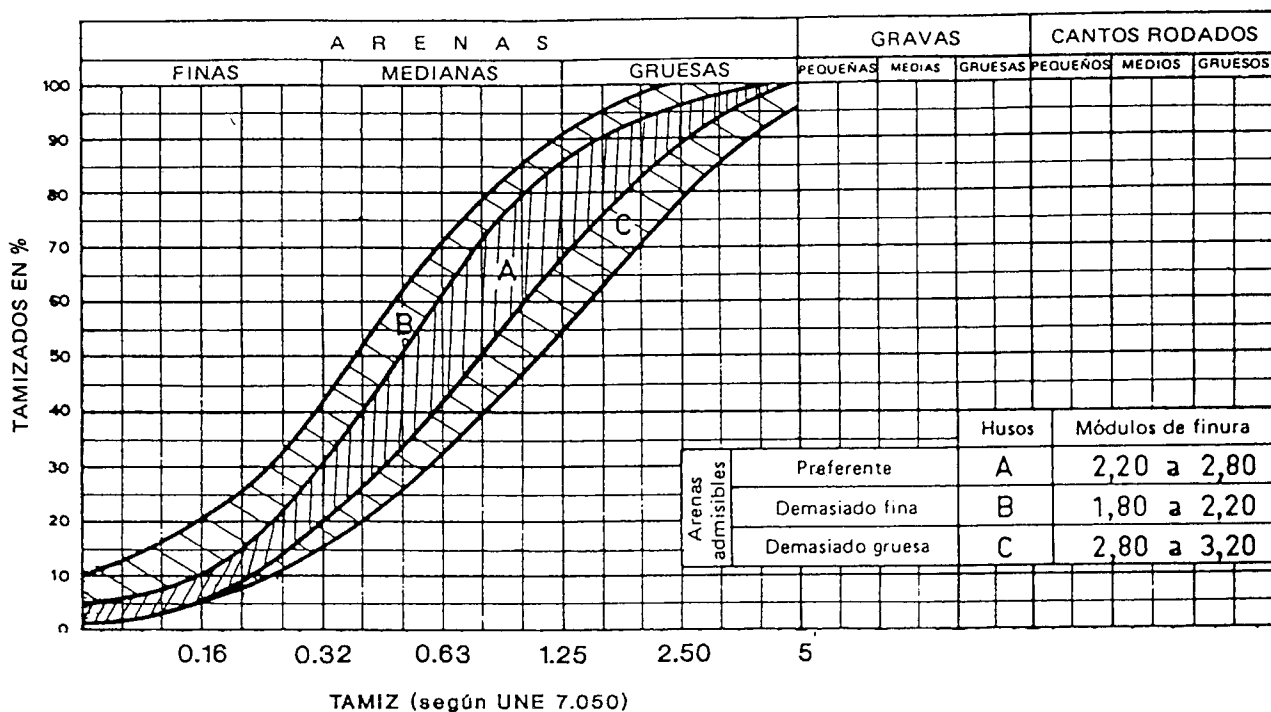


Figura 2.6. Husos granulométricos de las arenas y sus correspondientes módulos, según DREUX.(5).

Sin embargo, es curioso observar a menudo que tan amplios conocimientos recogidos en la bibliografía quedan en el olvido, y por tanto sin aplicación, manteniéndose en vigor hábitos y prácticas, en muchos casos de antaño, que conducen a vicios que deterioran o rebajan la calidad final de la obra de hormigón.

Quizás, la facilidad con que puede hacerse y manejarse el hormigón y los márgenes de seguridad normalmente empleados sean la causa de la "despreocupación" del personal de pie de obra por este material.

Tales deficiencias quedan paliadas por los ya citados coeficientes de seguridad y por la bondad resistente del hormigón derivada, en gran parte, del enorme avance de la industria cementera que ofrece al mercado un aglomerante de alta calidad en la mayoría de los casos.

No puede decirse, sin embargo, que el hormigón sea un material poco problemático; muy al contrario, los que han sufrido la vida cotidiana del control de calidad mucho podrían contar sobre situaciones amargas y, en algunos casos, muy delicadas, derivadas de hormigones poco resistentes. Los malos resultados que en muchos casos quieren ser imputados a un mal control, son casi siempre debidos al uso de materiales inadecuados, a su mala dosificación o a una defectuosa ejecución.

De las múltiples definiciones recogidas en bibliografías referentes al hormigón, todas concluyen, en el contexto más general, en considerarlo como "una mezcla íntima de áridos (arena y grava) ligados entre ellos mediante una pasta de cemento".

Si partimos de la base de un buen cemento y de una aceptable calidad química del agua de amasado, es el árido el que introduce mayores variables a la hora de fabricar un hormigón adecuado.

La arena, sin duda alguna, es la fracción de mayor influencia en las propiedades del hormigón. Ello justifica que en este trabajo se incluya un estudio exhaustivo de la misma, centrado en la regularidad de su suministro. En la confección de un buen hormigón es indispensable que ésta presente una distribución granulométrica conveniente, ya que la calidad de un hormigón depende de la del mortero. Un hormigón confeccionado con un mortero poroso tendrá problemas de retracción y falta de resistencia a compresión y a tracción.

En suma, no se debe olvidar que un buen hormigón será aquel que esté constituido por una buena mezcla de granos gruesos, cuyos intersticios deben ser ocupados por un mortero lo más compacto posible. Si el cuidado puesto en lograr una buena proporción del árido grueso tiene sobre todo por finalidad reducir la cantidad de mortero incorporado y, por tanto, la de cemento, el cuidado en lograr una perfecta relación de tamaños en la arena tiene por fin esencial lograr una buena calidad del hormigón.

De importancia decisiva resulta, como ya se ha indicado, el contenido en finos que suele acompañar a la fracción arena. Es de sobra conocido el aumento de superficie específica al disminuir el tamaño de los granos (figura 2.7). Este aumento de la superficie específica, producido por los constituyentes finísimos de la arena, tiene como consecuencia un incremento de la cantidad de pasta de cemento que hay que emplear.

El contenido adecuado en finos habrá de determinarse en cada caso concreto ya que variará según la curva de referencia utilizada y la dosificación de cemento. No obstante, tal parámetro ha sido objeto de constantes estudios que han permitido

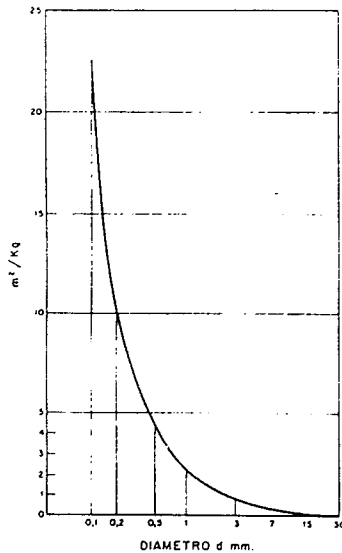


Figura 2.7. Aumento de la superficie de 1 kg de arena al ir disminuyendo su tamaño. (43)

establecer el límite máximo admisible, contemplado en la Instrucción EH-91.

Aunque hasta ahora hemos centrado los comentarios en el árido fino, no debe olvidarse al grueso. Los diversos estudios realizados relativos a la influencia de las proporciones grava y arena muestran para cocientes $G/S \leq 2$ (valores más usuales) una influencia relativamente débil, mientras que el aumento de la resistencia se hace más notable a medida que crece G/S , especialmente para hormigones compactos; sin embargo, por razones de docilidad, es aconsejable no ir más allá de valores G/S entre 2.0 y 2.2 para hormigones corrientes, a menos que se tomen precauciones específicas en la colocación de obra (figura 2.8) (5).

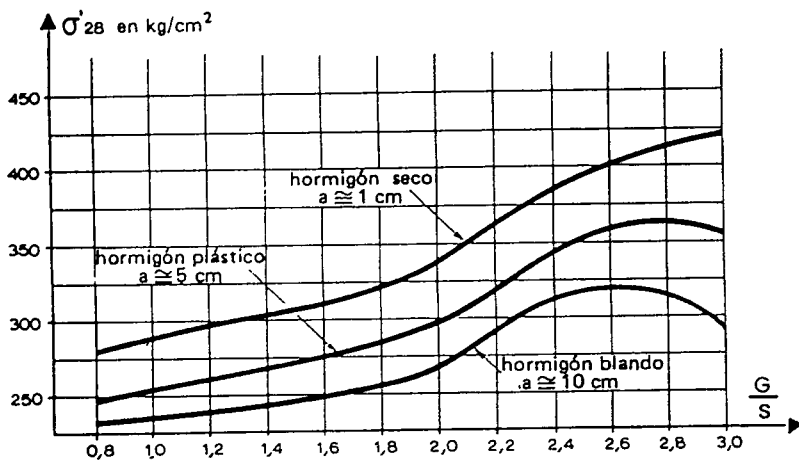


Figura 2.8. Variación de la resistencia a compresión a los 28 días en función del cociente G/S para tres plasticidades, hormigones elaborados con 350 kg/m^3 de cemento y granulometría continua con tamaño máximo de 25 mm. (5).

Por otra parte, la naturaleza del árido grueso tiene especial importancia en la adherencia entre el mortero y la grava, ya que gran parte de la resistencia (sobre todo a tracción) es debida a la mayor o menor fuerza de este enlace. Este fenómeno puede ser incluso más importante que la resistencia y la dureza intrínseca de la grava, como lo demuestran los siguientes resultados (5):

	$f_{C_{28 \text{ días}}}$	$f_{t_{28 \text{ días}}}$
Grava calcárea	41,5 MPa	2,7 MPa
Grava silíceo	40 MPa	2,3 MPa

Observamos pues que, a pesar de la tradicional dureza de la sílice, se tienen mejores resultados con la grava calcárea. En este caso la rotura del hormigón de sílice se produce por desprendimiento de la grava del mortero.

Para la grava calcárea, la buena adherencia del mortero da lugar a la rotura del grano, al igual que ocurre en un hormigón con áridos de arcilla expandida.

Aparte de la naturaleza del árido grueso la rugosidad de la superficie y la limpieza son factores fundamentales en la adherencia. En la grava hay que evitar la presencia de arcilla o de polvos.

Las características de un hormigón dependen muy directamente de una serie de parámetros o factores, en su mayor parte intrínsecos, que pasamos a comentar a continuación.

2.5.1. Trabajabilidad.

La docilidad es una cualidad esencial del hormigón; puede definirse como la facilidad que ofrece en la práctica para su

puesta en obra. Una buena docilidad trae consigo un margen de seguridad para una óptima ejecución. La compacidad y resistencia del hormigón, el recubrimiento y adherencia de las armaduras dependen muy directamente de la docilidad, propiedad que se suele controlar midiendo la plasticidad.

Existen numerosos ensayos y pruebas diversas que permiten la medida de algunos parámetros relacionados con la docilidad, de los que destacamos el asiento en cono de Abrams por el de uso más extendido.

El asiento en cono de Abrams (slump-test) es una de las pruebas más sencillas y utilizadas (en nuestro caso, hemos elegido este ensayo para controlar la consistencia del hormigón en la fabricación de probetas). Se encuentra recogido en la Norma UNE 83.313 (44). La Instrucción EH-91 establece en su artículo 65.2 que este ensayo deberá realizarse:

- Siempre que se fabriquen probetas para controlar la resistencia
- En los casos previstos en el art. 69.3.1 de la Instrucción (control reducido)
- Cuando lo ordene el director de la obra.

En dicha Instrucción se ha establecido una relación entre las consistencias y los asientos medidos en el cono de Abrams:

CONSISTENCIA	ASIENTO EN EL CONO DE ABRAMS
Seca	0- 2 cm
Plastica	3- 5 cm
Blanda	6- 9 cm
Fluida	10-15 cm

L'HERMITE (45) indica que esta prueba es un índice excelente de la cantidad de agua de amasado, puesto que permite verificar la regularidad.

En relación con la trabajabilidad, debe señalarse que, a menudo, la dosificación del agua es un factor fundamental para conseguir un hormigón de buena plasticidad. Una buena dosificación en agua es un factor de docilidad, pero no debe olvidarse que un exceso en la proporción de agua es un aspecto muy delicado en la fabricación de hormigón.

Con objeto de solucionar los problemas que se derivan de un aumento de la dosis de agua para incrementar la docilidad, se debe recurrir al empleo de aditivos fluidificantes que permitan incrementar las cualidades de plasticidad, fluidez y docilidad, disminuyendo la cantidad de agua empleada, lo que dará lugar a un aumento en la resistencia.

2.5.2. Resistencia.

Durante mucho tiempo, la resistencia se ha considerado como la primera cualidad que debía cumplir un hormigón, por lo que resulta importante realizar algunos comentarios sobre aquellos factores que influyen sobre ella y que pueden ayudar a mejorarla.

A este respecto, podemos destacar la influencia del tipo de cemento, de la relación C/A (cemento/agua), de la granulometría de los áridos, de la adherencia entre el mortero y la grava, de la edad y de la temperatura. No obstante, y al objeto de no ser repetitivos, nos limitaremos a aquellos factores no concernientes a los áridos, ya que estos han sido discutidos suficientemente con anterioridad.

En lo referente a la calidad del cemento, normalmente está garantizada, aunque en cualquier caso deberá cumplir con lo establecido en el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos. Especial atención debe prestarse a la resistencia a compresión a 28 días sobre mortero normalizado. No obstante, los cementos actuales tienen por lo general una "clase real" superior a la "clase nominal". No es de extrañar que un cemento de la clase garantizada 35 corresponda en los ensayos a una "clase real" de 45 a 55 MPa, pudiendo existir una notable diferencia entre dos cementos de la misma clase garantizada. Es evidente que la resistencia de un hormigón viene influenciada por la calidad real del cemento. La experiencia nos demuestra que para las dosificaciones más usuales la resistencia a compresión del hormigón varía de un modo lineal, según la calidad real del cemento empleado.

Calidad de los áridos	Dimensión D de los áridos		
	Finos ($D \leq 16$ mm)	Medios ($25 \leq D \leq 40$ mm)	Gruesos ($D \geq 63$ mm)
Excelente	0,55	0,60	0,65
Buena, corriente	0,45	0,50	0,55
Regular	0,35	0,40	0,45

Tabla 2.IV. Valores aproximados del coeficiente granular G para hormigón compactado por vibración.(5).

La relación cemento/agua es de especial importancia en la resistencia del hormigón. La resistencia crece al aumentar la dosificación de cemento (C) y decrece al aumentar la dosificación de agua (A).

Por eso se tiende a considerar el cociente C/A como un factor relativo de la resistencia del hormigón. También se suele emplear el factor inverso, es decir, la relación A/C.

BOLOMEY (46) estableció la siguiente relación entre la resistencia del hormigón y la relación C/A.

$$\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c \cdot (C/A - 0,5)$$

donde: σ'_{28} el valor medio de la resistencia a compresión a 28 días.

σ'_c el valor medio de la clase real del cemento a 28 días.

C la cantidad de cemento en kg/m^3 .

A la cantidad total de agua partiendo de materiales secos, en l/m^3 .

G el coeficiente granular (tabla 2.IV).

La función anterior es válida para valores de C/A que oscilan entre 1'5 y 2'5 (valores usuales); para valores inferiores, y en el caso extremo de 0'5, se obtendría una resistencia baja pero no nula, tal como se deduce de la expresión.

Podemos admitir por tanto, que la resistencia del hormigón varía respecto al cociente C/A, como se observa en la figura 2.9.

La cantidad mínima de cemento es otro factor a tener en cuenta, sin embargo se tiende, no a fijar la cantidad de cemento, sino a exigir un hormigón de resistencia dada, fundamentalmente en los hormigones preparados. No obstante una cantidad suficiente de cemento sigue siendo necesario para otro tipo de cualidades

y para asegurar la durabilidad del hormigón; de aquí que se procure no sólo exigir un mínimo de resistencia, sino también garantizar una dosificación suficiente de cemento.

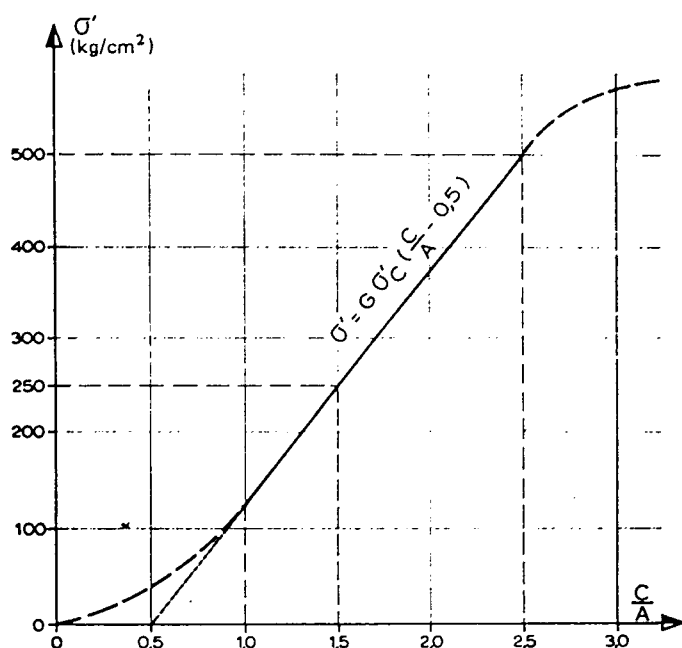


Figura 2.9. Función entre el cociente C/A y la resistencia a compresión σ' . La curva corresponde al caso particular de $G \sigma'_c = 250$, en el que $G=0,5$. (5).

La Instrucción española EH-91, en su art. 14 establece, a este respecto, que la cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón no será inferior a 150 kilos en el caso de hormigones en masa; de 200 kg para hormigones ligeramente armados y de 250 kg en el caso de hormigones armados.

Sin embargo, y con buen criterio, también limita las cantidades máximas (400 kg/m^3), pues el peligro de emplear

mezclas muy ricas reside en los fuertes valores que en tales casos, puede alcanzar la retracción en las primeras edades. No obstante, se admite rebasar la cifra de 400 kg/cm³ en circunstancias especiales, siempre que se atienda cuidadosamente a otros factores que también influyen en estos fenómenos, tales como el tipo y categoría de cemento, la relación A/C, el proceso de curado, etc.

Como, en la mayoría de los casos, por interés en el desarrollo de la obra, es preciso prever la resistencia a 28 días o más, a partir de resistencias obtenidas a cortas edades, normalmente 7 días. Una fórmula que relaciona las resistencias a ambas edades es la propuesta por DREUX (5):

$$\frac{\sigma_j}{\sigma_7} = 2,92 - \frac{1,77}{\sqrt{\log j}}$$

En la Instrucción EH-91, en su artículo 10.4, se establece que, a título indicativo, podrán aplicarse los siguientes coeficientes de paso en cada caso para resistencias a compresión a distintas edades, en función de la relación:

		3 días	7 días	28 días	90 días	360 días
σ'_j	Hormigones de endurecimiento normal	0.40	0.65	1.00	1.20	1.35
σ'_{28}	Hormigones de endurecimiento rápido	0.55	0.75	1.00	1.15	1.20

La temperatura y la humedad de curado también influyen en la resistencia a compresión del hormigón. En efecto, parece probado que el calor acelera el fraguado y el endurecimiento del hormigón (por ejemplo, los hormigones calentados en prefabricación) mientras que el frío los vuelve de fraguado más lento, pudiendo llegar hasta el extremo de detenerlo. La Instrucción EH-91, indica la edad teórica del hormigón, t , de un hormigón que ha permanecido durante j días, a una temperatura de T grados centígrados, mediante la fórmula:

$$t = \frac{\sum j(T+10)}{30}$$

En lo que respecta a la humedad del medio ambiente, también tiene una influencia importante sobre la resistencia del hormigón.

Según HUMMEL (29), esta influencia es muy visible, como muestran los resultados de la tabla 2.V. En cualquier caso es evidente que la desecación es un factor desfavorable, sobre todo en los primeros días.

Edad	Conservación a los 28 días de edad	
	húmedo	seco
28 días	100	—
90 días	130	127
180 días	150	134
365 días	179	138
730 días	190	140

Tabla 2.V. Influencia de la humedad en el aumento de la resistencia del hormigón. (5)

The first part of the report is a general introduction to the subject of the study. It discusses the importance of the study and the objectives of the research. The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. This includes a description of the data sources, the data collection methods, and the data analysis techniques. The third part of the report is a discussion of the results of the study. This includes a description of the findings, a comparison of the findings to the literature, and a discussion of the implications of the findings. The fourth part of the report is a conclusion and a list of references.

The first part of the report is a general introduction to the subject of the study. It discusses the importance of the study and the objectives of the research.

The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. This includes a description of the data sources, the data collection methods, and the data analysis techniques.

Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1990	100	100	100	100	100	100
1991	100	100	100	100	100	100
1992	100	100	100	100	100	100
1993	100	100	100	100	100	100
1994	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100

The third part of the report is a discussion of the results of the study. This includes a description of the findings, a comparison of the findings to the literature, and a discussion of the implications of the findings.

The fourth part of the report is a conclusion and a list of references.

3. SELECCION DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO Y CARACTERIZACION DE LAS CANTERAS

3. SELECCION DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO Y CARACTERIZACION DE LAS CANTERAS.

3.1. SELECCION DE LA ZONA.

La selección de la zona se realizó tomando en cuenta las canteras más significativas, que abastecían a Granada capital, en función de su producción, localización, y situación en unidades y/o formaciones geológicas más representativas.

Seleccionada la zona de trabajo, se procedió a:

- Un primer barrido del área, ayudándonos de mapas topográficos, fotografías aéreas y la cartografía geológica.
- Recopilación de información de las explotaciones con suministro a la ciudad de Granada alrededores, para lo cual se visitaron organismos oficiales, plantas de hormigón y obras en fase de ejecución de estructuras.
- Una primera visita a campo, tomando datos, tales como: producción, localización, tipo de material, etc...

Con todo ello, se seleccionaron trece canteras encuadradas en un área de 500 km², aproximadamente, a distancias entre 4 y 30 km de Granada capital.

Basándose en la localización geográfica y geológica, se realizó una división de las canteras en sectores (plano 3.1), que

se han designado atendiendo a la localidad o paraje de ubicación más próximo, como:

- Sector Sierra Elvira.
- Sector Dílar-La Zubia.
- Sector Padul-Dúrcal.
- Sector Güéjar Sierra.
- Sector Huétor Santillán-Puerto de la Mora.

La mayoría de las canteras se localizan en el borde Este de la Depresión de Granada, y respecto a la ciudad, el sector Padul-Dúrcal se sitúa en el Sur, Dílar-La Zubia y Güéjar Sierra en el centro, Huétor Santillán-Puerto de la Mora en el Nordeste y el sector de Sierra Elvira en el Noroeste.

3.2. CARACTERIZACION DE LAS CANTERAS.

3.2.1. Explotación.

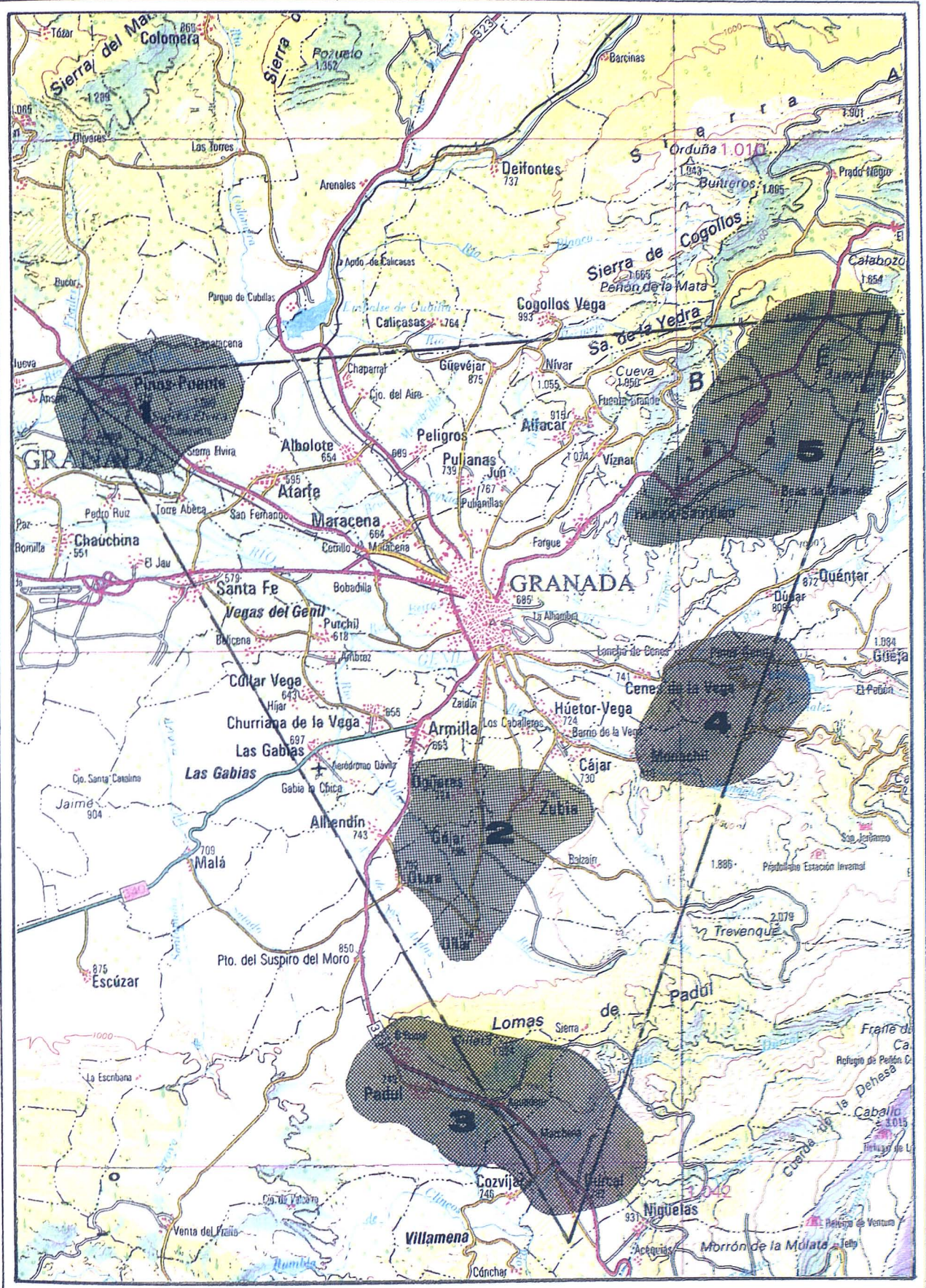
Los áridos que se estudian en este trabajo proceden de yacimientos naturales.

Todo proceso de explotación consta, de una manera general, de las siguientes operaciones (dependiendo de como se encuentre el árido en su origen y de las necesidades requeridas para su posterior utilización):

- a) Arranque o extracción.
- b) Trituración o molienda.
- c) Lavado y clasificación por tamaños.

Pasemos a comentar cada una de estas operaciones, centrándonos en las canteras en estudio.

AREA ESTUDIADA



- 1.- SECTOR SIERRA ELVIRA
- 2.- SECTOR DILAR - LA ZUBIA
- 3.- SECTOR PADUL - DURCAL
- 4.- SECTOR GÜEJAR - SIERRA
- 5.- SECTOR HUETOR S. - PUERTO DE LA MORA

ESCALA: 1 / 200.000



3.2.1.1. ARRANQUE Y EXTRACCION.

Esta operación depende del estado en que se encuentre el árido en la naturaleza. En los ríos, la extracción no representa ningún problema, ya que los materiales procedentes de la erosión producida por las aguas están sueltos o escasamente consolidados. Por lo tanto, por medio de palas excavadoras o simplemente cargadoras o dragalinas, son extraídos y cargados en los dumpers, que los llevarán directamente a la instalación de clasificación por tamaños.

En lo referente a las condiciones de explotación, se pueden presentar dos casos distintos en la cantera: que no exista caudal permanente en el cauce objeto de la explotación o que haya que efectuarse la explotación en presencia de caudales de aguas. De las trece canteras en estudio sólo una posee este tipo de explotación, ubicada en el sector Dílar-La Zubia. La extracción se realiza sobre el aluvial del río Dílar, y el frente de trabajo, que comprende toda la anchura útil del mismo, abarca, de una sola vez, toda la cota permitida de profundización en el cauce. La maquinaria usada, en función a la estabilidad de los taludes y localización del nivel freático, es la pala cargadora sobre neumáticos, la cual se caracteriza por su fácil movilidad y carga directa sobre el elemento de transporte. Los utilizados en esta cantera son "dumpers" y camiones volquetes.

En el resto de las canteras se trabaja con un material que no está suelto, si bien en algunas el macizo rocoso aparece muy triturado. El proceso de arranque del material se realiza mediante escarificadores y/o explosivos (especialmente la anagolita). En el caso concreto de las extracciones en el cono de deyección de La Zubia, ubicada en el sector Dílar-La Zubia, se están explotando acopios de material ya desmontado en épocas anteriores, especialmente niveles superficiales conglomeráticos.

Los escarificadores están particularmente indicados para formaciones blandas o brechificadas. En macizos compactos es necesario el uso de los explosivos, pudiendo efectuarse la detonación en galerías o por barrenos aislados. Con el primer procedimiento se consigue mayor tonelaje de piedra, pero se corre el riesgo de una fragmentación más defectuosa. Con el sistema de barrenos aislados se consigue menor tonelaje pero una fragmentación más adecuada.

Una vez efectuada la voladura, los grandes bloques son reducidos a tamaños convenientes para poder ser cargados por las palas cargadoras y admitidos por la boca de la trituradora. Esto se puede hacer mediante martillo neumático o mediante explosivos, en una operación llamada taqueo, consistente en perforar un barreno en el bloque y haciendo explotar una pequeña carga. Normalmente, de las canteras estudiadas sólo en las situadas en el Sector Sierra Elvira, se hace necesario el uso del taqueo. Por contra, las ubicadas en materiales alpujárrides (sectores Padul-Dúrcal, Güejar Sierra y Huétor Santillán-Puerto de la Mora) el propio proceso de escarificación y de voladura, en algunos casos, da lugar a tamaños tan pequeños que no es necesaria ni la trituración previa para el cribado.

3.2.1.2. TRITURACION Y MOLIENDA.

Una vez arrancada la piedra y reducida al tamaño conveniente, si el material lo requiere, se somete al proceso de trituración. Los depósitos aluviales, tal es el caso de la cantera en el río Dilar, no requieren el uso de la trituradora y el material pasa directamente de la extracción a la clasificación por tamaños (figura 3.1).

En el resto, las que corresponden a los sectores Padul-Dúrcal, Güejar Sierra y Huétor Santillán-Puerto de La Mora,



Figura 3.1. Vista del equipo principal, con tolva suministrada por pala, cinta transportadora, cribas y cintas de salida.

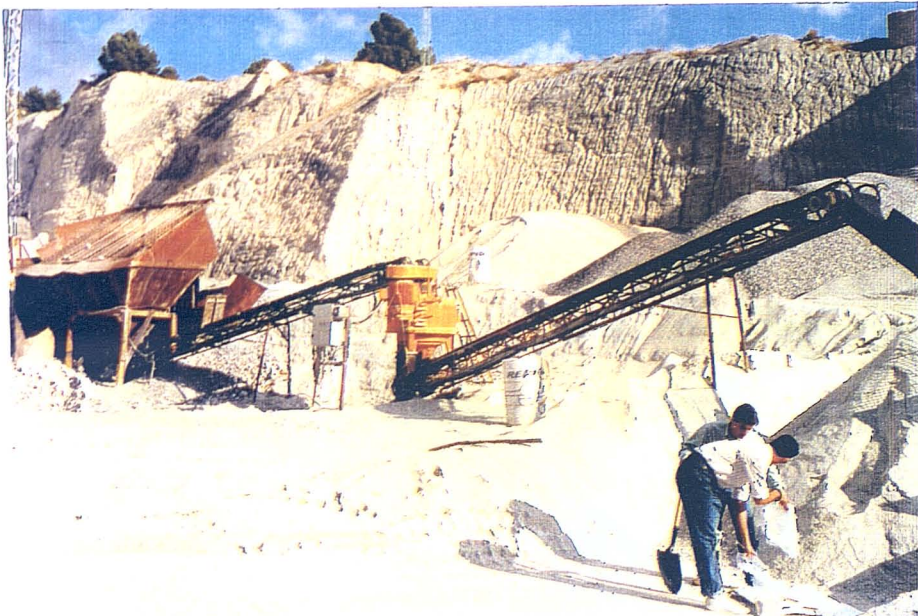


Figura 3.2. Vista de la tolva alimentadora del molino que tritura el rechazo, y salida a una nueva criba.



Figura 3.3. Vista del equipo de molienda (machacadora de mandíbulas) y cinta transportadora del equipo de cribado.

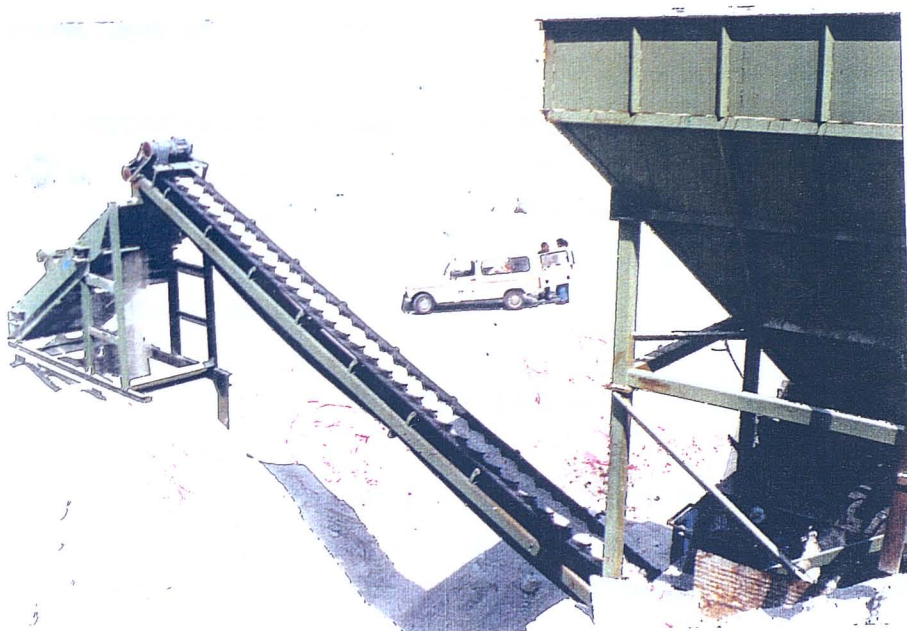


Figura 3.4. Vista de una tolva alimentada por pala, cinta transportadora a primera criba, molino de trituración secundaria y posterior cribado.

la trituración es escasa, limitándose a los rechazos (figura 3.2), mientras que en las canteras de Sierra Elvira y La Zubia, la trituración es una fase más del proceso general de explotación (en el caso particular de La Zubia, debe señalarse, una vez más, que se explotan acopios antiguos de materiales conglomeráticos que precisan trituración debido a su grado de cementación).

El objeto de esta operación es alcanzar el tamaño adecuado del material para su uso como árido, aunque esto no se suele conseguir de una sola vez, sino con una trituración primaria y otra secundaria.

La trituración primaria reduce el material hasta un tamaño de 30 cm, tamaño que puede ser asimilado por las trituradoras secundarias o molinos. Todas las canteras en estudio suelen utilizar como trituradora primaria la machacadora de mandíbulas (figura 3.3), pues le permite una alimentación de bloques de mayor tamaño. Como trituradora secundaria suelen usar las de martillo (figura 3.4), que proporcionan áridos de las dimensiones apropiadas para los hormigones.

Cuando el material de alimentación posee tamaños inferiores al de salida de la trituradora, (es el caso de las canteras ubicadas en el Sector Sierra Elvira), se emplean "alimentadores filtrantes", que tienen como misión evitar la entrada de tamaños menores de una determinada dimensión.

3.2.1.3. LAVADO Y CLASIFICACION POR TAMAÑO.

El lavado del árido tiene por objeto la eliminación (o al menos disminución) de materias contaminantes tales como: tierra vegetal, sales solubles, exceso de finos y otras sustancias que acompañan al árido ocasionalmente. Actualmente este proceso de lavado del árido sólo se lleva a cabo en la cantera ubicada en el río Dilar (figura 3.5).

Finalmente, la clasificación por tamaños tiene por objeto separar los granos en grupos, bien eliminando las fracciones superiores o inferiores a un determinado tamaño o bien aislando fracciones comprendidas entre varias parejas de tamices. A partir de él, cada cantera obtiene los tamaños o fracciones comerciales que ofrece al mercado en función de la demanda de la zona.

El proceso de cribado de las canteras en estudio es el siguiente. Primeramente se separa el tamaño arena de los gruesos (figura 3.6), mediante las parrillas de cribado y mallas. Posteriormente, y de una manera más controlada, se hace un segundo cribado mediante cribas giratorias y vibradores.

A continuación se adjuntan las que se han denominado "Fichas de cantera", en las que se recogen los datos más significativos sobre los siguientes aspectos:

- Situación y características geográficas.
- Situación y características geológicas.
- Composición mineralógica.
- Explotación y producción.
- Documentación topográfica complementaria.

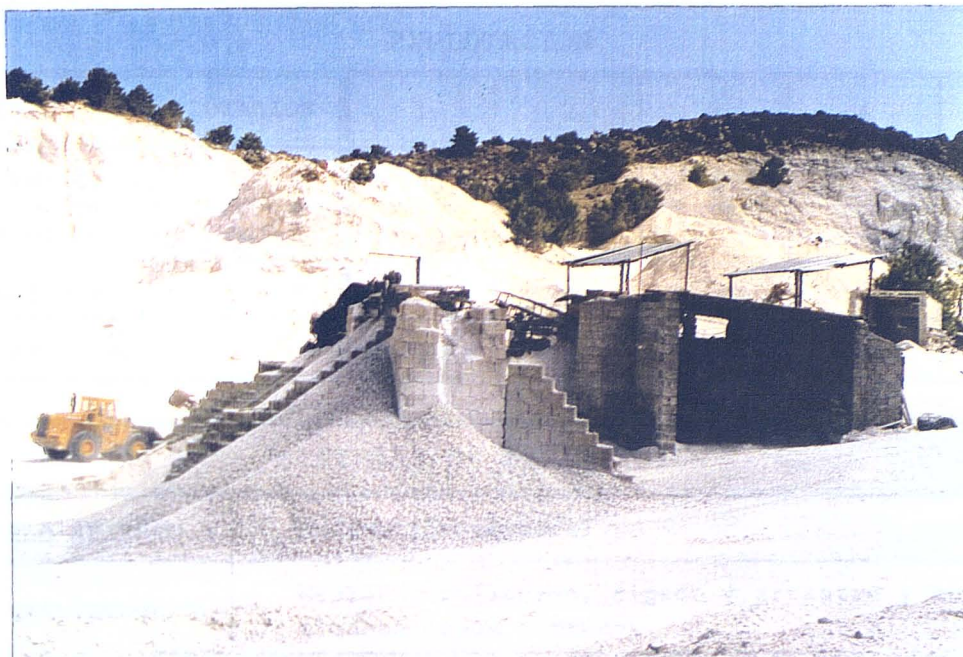


Figura 3.5. Vista del equipo principal con tolva alimentada por pala, cinta transportadora, criba, equipo de lavado y cintas de salida.



Figura 3.6. Vista de la tolva de alimentación. De la primera criba se obtiene arena y el rechazo es transportado a la segunda criba donde existen varias cintas de salida.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 16' N-3° 26' O

ALTURA TOPOGRAFICA

1470 m

TERMINO MUNICIPAL

Beas de Granada

DISTANCIA A GRANADA

30 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1010-I

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

La Peza: 1010

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

Masiva y en capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1

EXPLOTACION

FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 240 E	N 110 E			
ALTURA	50-70 m	50 m			
PENDIENTE	90°	70°			
ESTABILIDAD	Estable	Estable			

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación vertical
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer, ripado y arrastre y en algunos casos barrenos

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de martillo y mandibulas	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				X
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

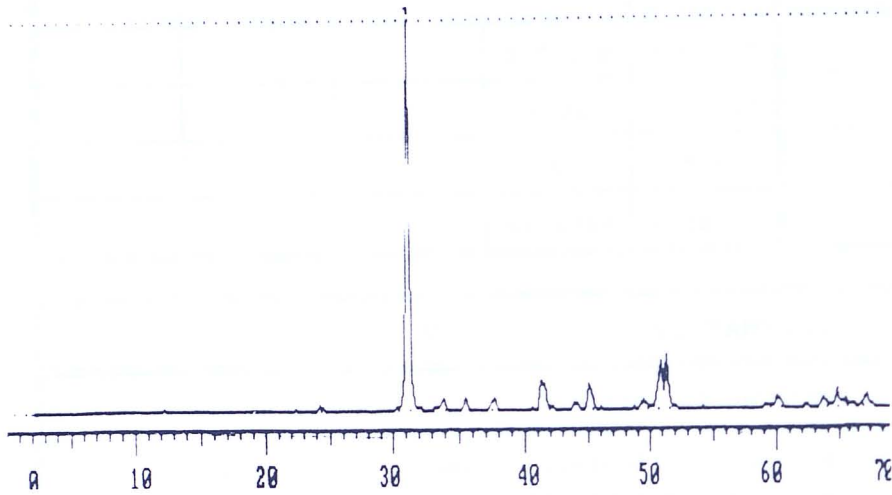
Arena: 0/5 mm	Todo uno fino
Garbancillo: 5/15 mm	Todo uno grueso
Grava: 15/20 mm	
Grava: 18/25 mm	
Gravillón: 20/40 mm	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

110.000 T.M./AÑO

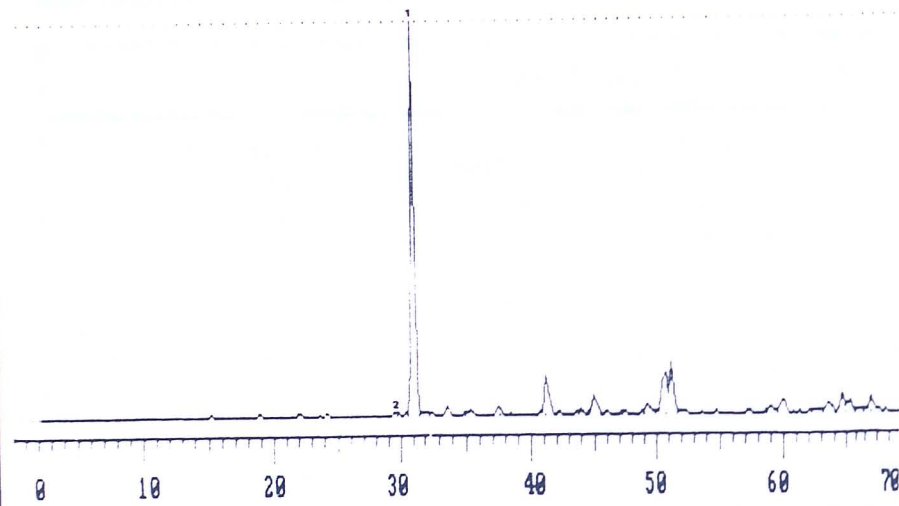
SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1

ANALISIS MINERALOGICO



ROCA GRIS CLARA

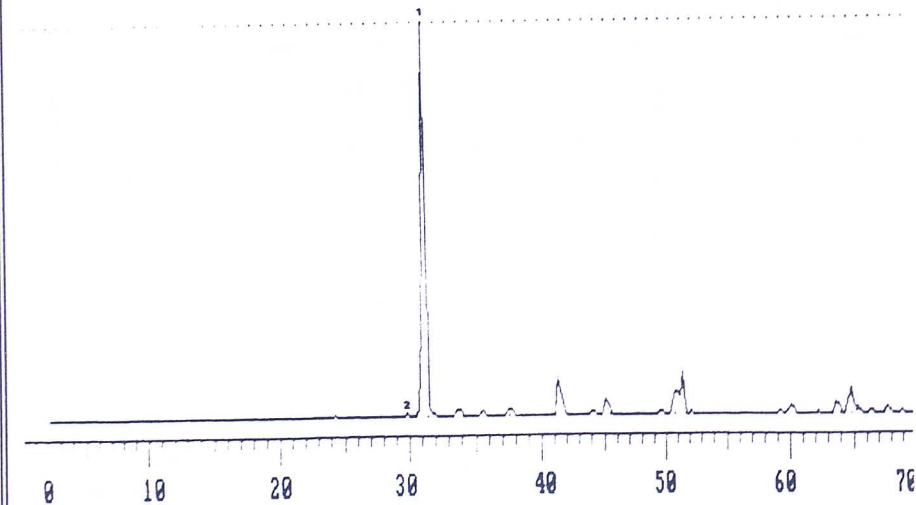
1. Dolomita = 100 %



ROCA BLANCA

1. Dolomita = 100 %

2. Calcita: Indicios



ROCA OCRE

1. Dolomita = 100 %

2. Calcita: Indicios

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Vista de la tolva y del frente lateral de explotación.



Foto 2.- Vista general del equipo.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 14' N-3° 26' O

ALTURA TOPOGRAFICA

1.300 m

TERMINO MUNICIPAL

Beas de Granada

DISTANCIA A GRANADA

20 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1010-III

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

La Peza: 1010

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

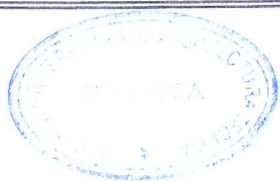
Masiva y en capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral



SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

EXPLOTACION					
FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 250 E	N 350 E	N 40 E		
ALTURA	40-50 m	50-60 m	40-50 m		
PENDIENTE	90°	80°	80°		
ESTABILIDAD	Estable	Estable	Estable		

SISTEMAS DE EXPLOTACION	
CIELO ABIERTO	Excavación vertical
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer, ripado y arrastre y en algunos casos explosivos

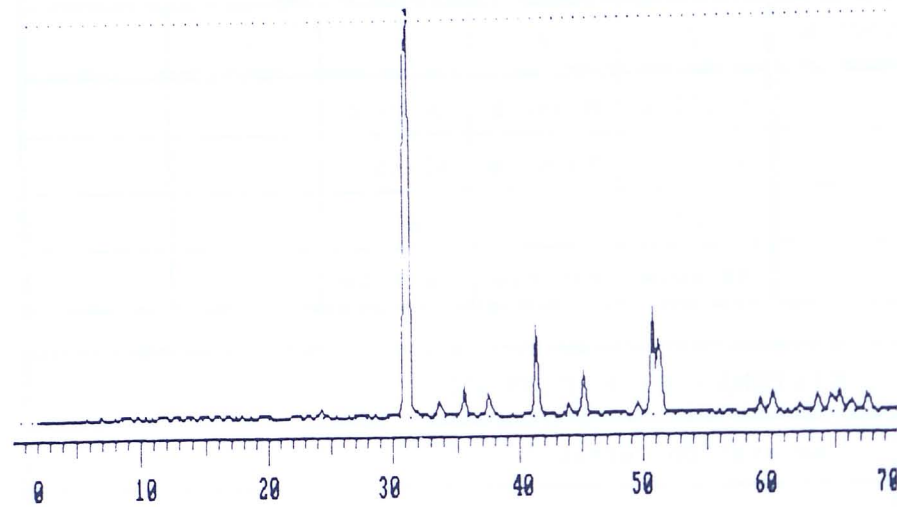
METODOS DE ELABORACION					
PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de martillo	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				X
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS	
Arena: 0/5 mm	Todo uno
Garbancillo: 5/12,5 mm	
Grava: 12/20 mm	
Grava: 12/25 mm	
Gravillón: 25/40 mm	

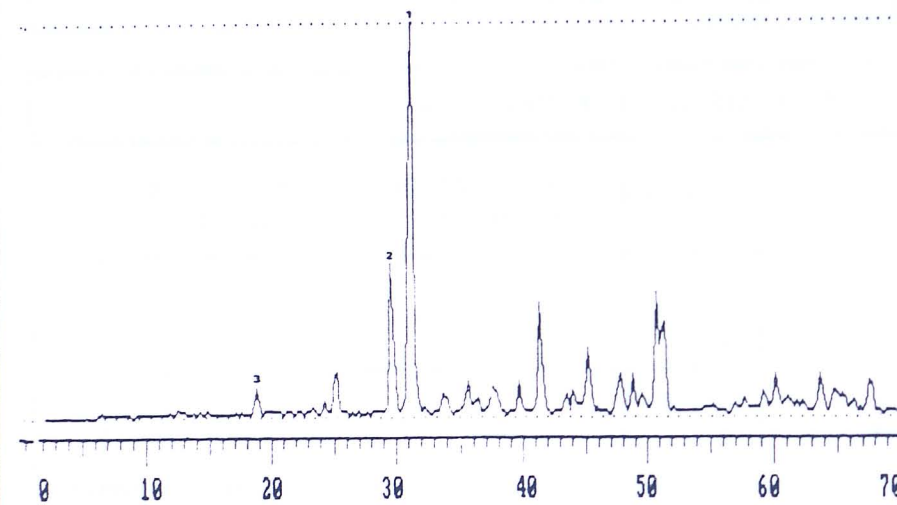
VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION	66.000 T.M./AÑO
----------------------------------	-----------------

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

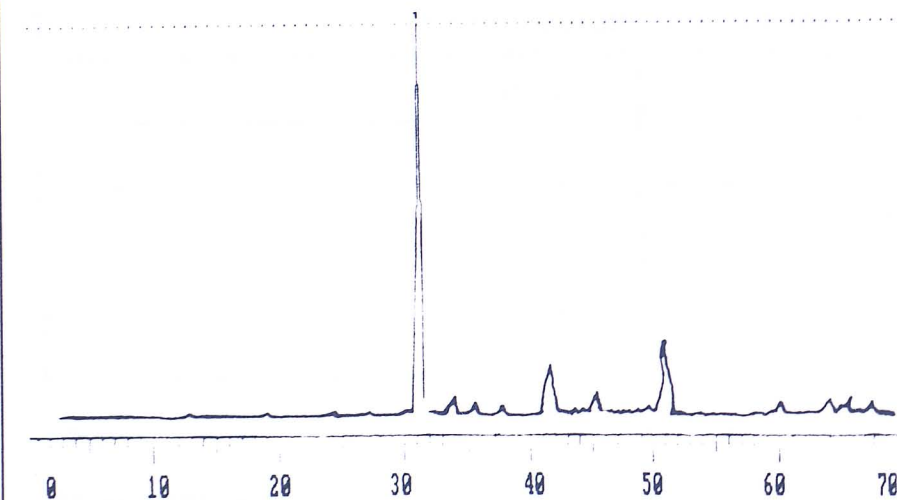
ANALISIS MINERALOGICO



ROCA GRIS CLARA
1. Dolomita = 100 %



ROCA OCRE
1. Dolomita = 80 %
2. Calcita = 15 %
3. Clorita: Indicios



ROCA GRIS OSCURA
1. Dolomita = 100 %

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA

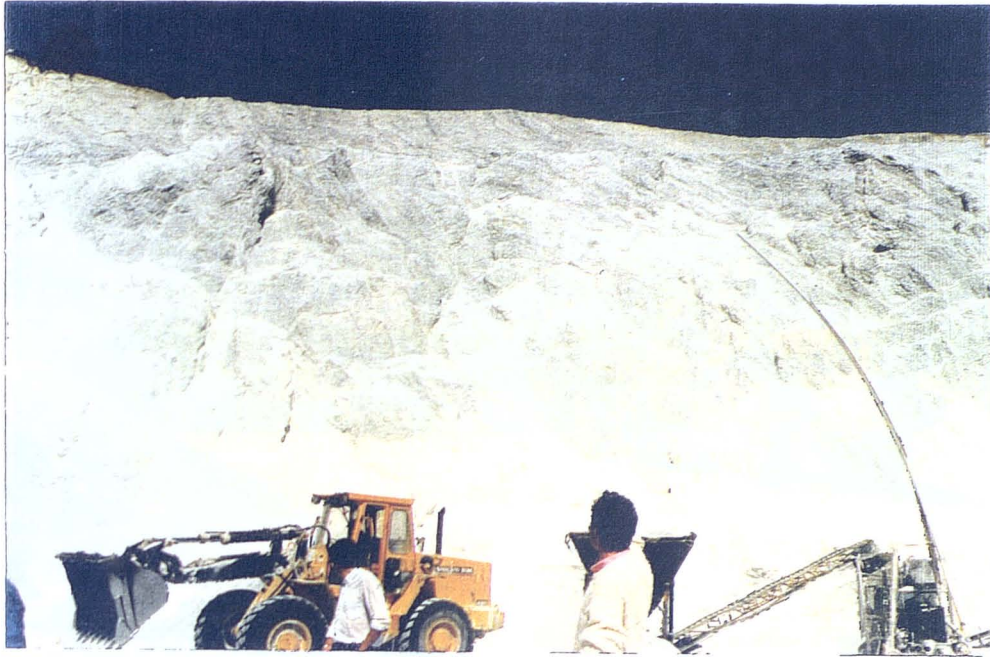


Foto 1.- Vista de los frentes de explotación.



Foto 2.- Vista general del equipo.

SECTOR: HUÉTOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 14' N-3° 30' O

ALTURA TOPOGRAFICA

1.100 m

TERMINO MUNICIPAL

Huétor Santillán

DISTANCIA A GRANADA

17 Km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1010-III

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

La Peza: 1010

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

Masiva y en capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral

Selección de la zona objeto de estudio
y caracterización de las canteras.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

EXPLOTACION

FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 30 E	N 100 E			
ALTURA	90-100 m	70-80 m			
PENDIENTE	90°	90°			
ESTABILIDAD	Estable	Estable			

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación horizontal por bancadas horizontales descendentes
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer y en algunos casos barrenos

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de martillo	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				X
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

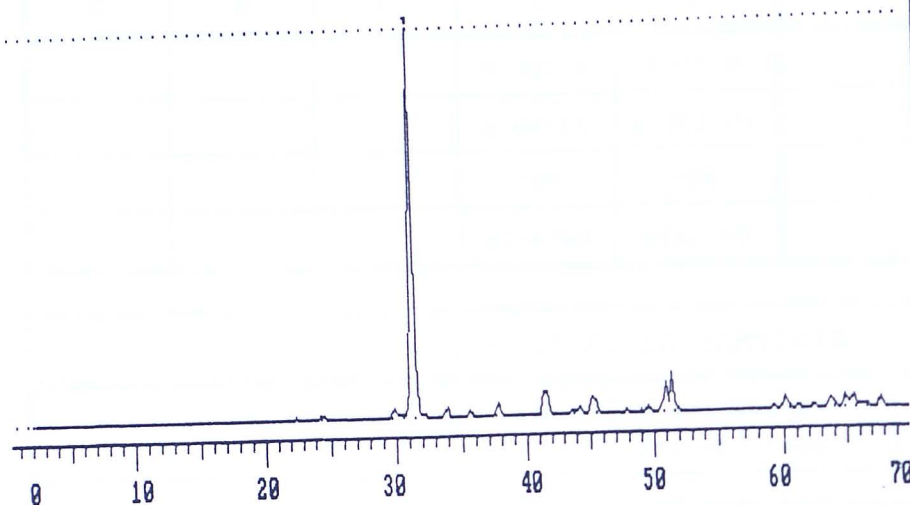
Arena: 0/5 mm	Gravillón: 25/40
Garbancillo: 5/12,5 mm	Todo uno: 0/20
Gravilla: 10/15	
Grava: 15/20 mm	
Grava: 18/25 mm	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

1.210.000 T.M./AÑO

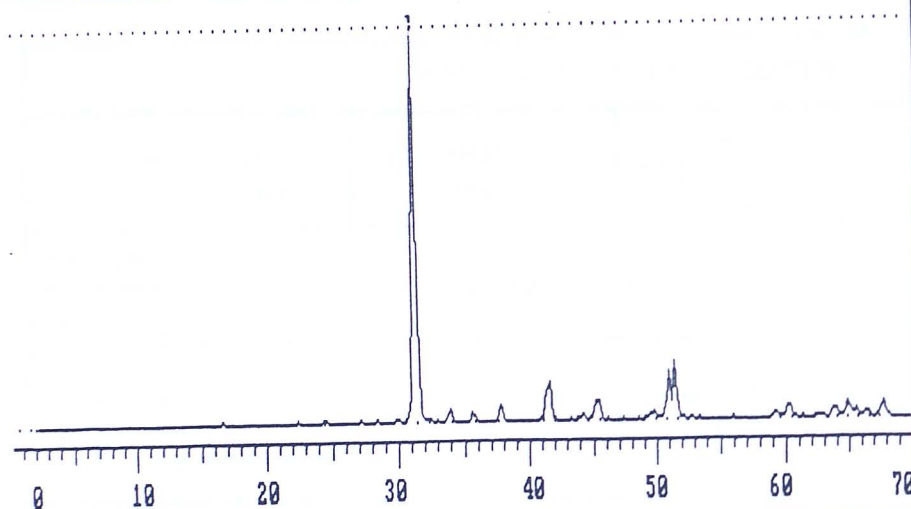
SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

ANALISIS MINERALOGICO



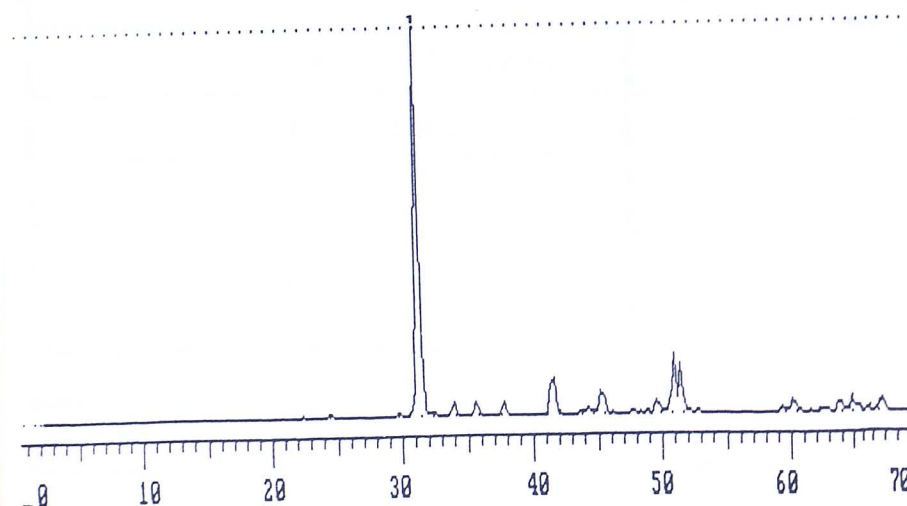
ROCA GRIS OCRE

1. Dolomita = 100 %



ROCA GRIS OSCURA

1. Dolomita = 100 %



ROCA GRIS CLARA

1. Dolomita = 100 %

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Frente de explotación, tolva y equipo.

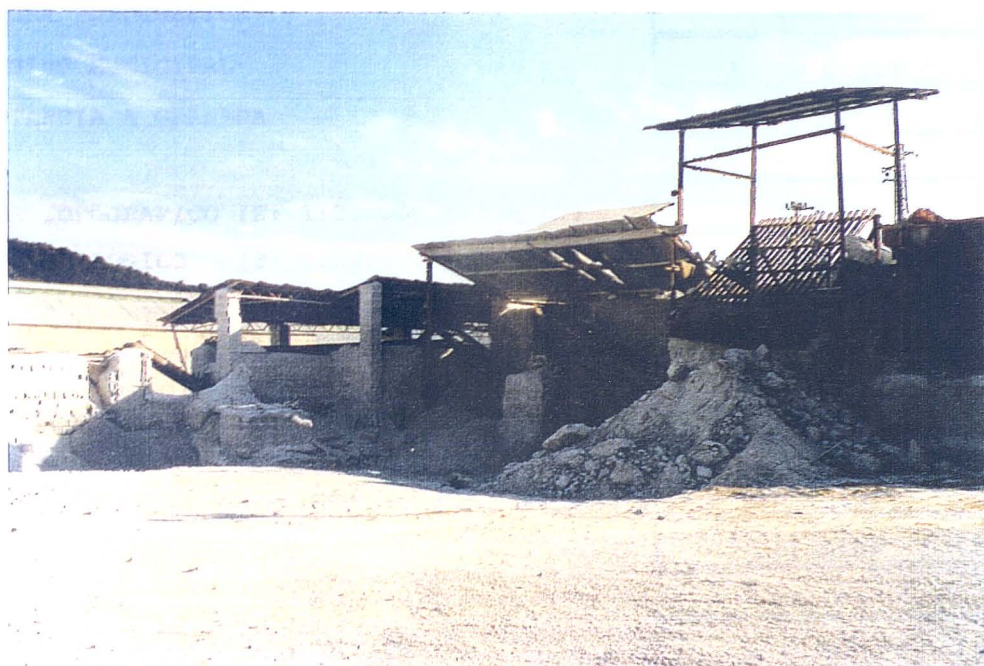


Foto 2.- Vista general de las cribas.

SECTOR: **GÜEJAR SIERRA**
CANTERA: **PG1**



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 01' N-3° 36' O

ALTURA TOPOGRAFICA

900 m

TERMINO MUNICIPAL

Pinos Genil

DISTANCIA A GRANADA

5 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1027-I

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Güejar Sierra:
1027

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

Masiva

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Matorral

SECTOR: GÜEJAR SIERRA
CANTERA: PG1

EXPLOTACION

FRENTES DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 110 E	N 190 E			
ALTURA	50-60 m	30-40 m			
PENDIENTE	80°	80°			
ESTABILIDAD	Estable	Estable			

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación horizontal por bancadas horizontales descendentes
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer, ripado y arrastre

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de martillo	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
		X			X
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

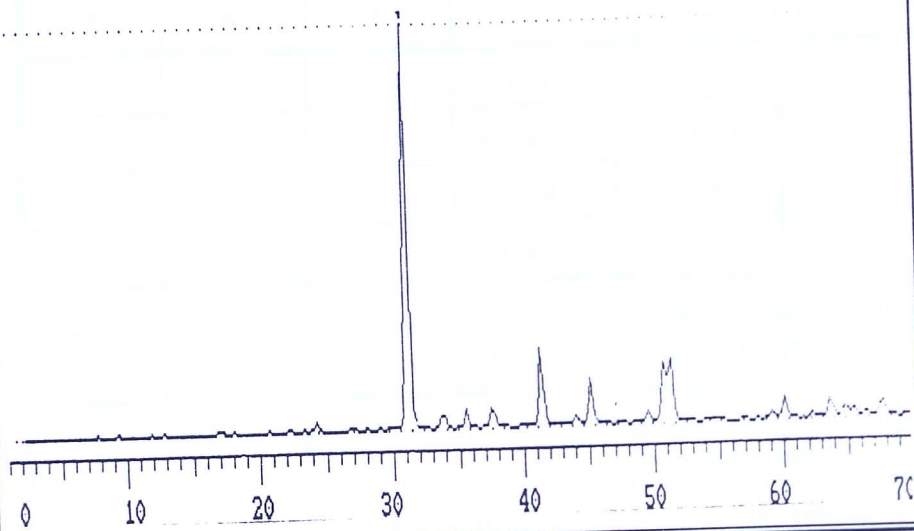
Arena: 0/5 mm	
Garbancillo: 6/10 mm	
Gravilla: 10/15	
Grava: 20/25 mm	
Todo uno	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

110.000 T.M./AÑO

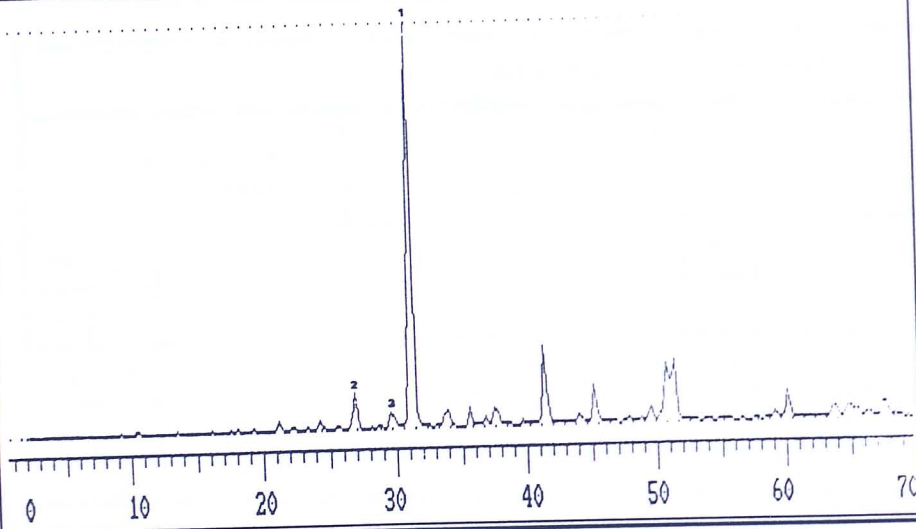
SECTOR: GÜEJAR SIERRA
CANTERA: PG1

ANALISIS MINERALOGICO



ROCA GRIS OSCURA

1. Dolomita >95 %



ROCA GRIS CLARA

- 1. Dolomita >85 %
- 2. Cuarzo =10 %
- 3. Calcita: Indicios

SECTOR: GÜEJAR SIERRA
CANTERA: PG1

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA

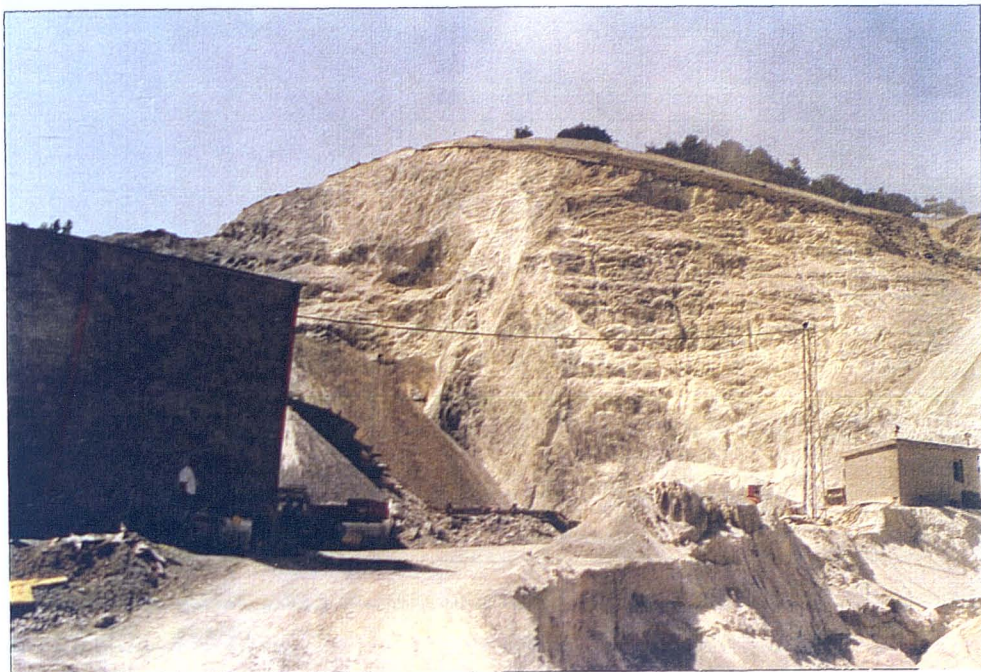


Foto 1.- Vista del frente de explotación.



Foto 2.- Vista del frente de explotación y del equipo.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 2' N-3° 37' O

ALTURA TOPOGRAFICA

1.000 m

TERMINO MUNICIPAL

Padul

DISTANCIA A GRANADA

16 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1026-IV

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Padul: 1026

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

Masiva y en capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1

EXPLORACION					
FRENTE DE EXPLORACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 160 E	N 215 E	N 150 E	N 220 E	N 220 E
ALTURA	60-70 m	60-70 m	60-70 m	60-70 m	20 m
PENDIENTE	90°	90°	40°	90°	90°
ESTABILIDAD	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable

SISTEMAS DE EXPLORACION	
CIELO ABIERTO	Excavación horizontal por bancadas horizontales descendentes
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer, ripado y arrastre

METODOS DE ELABORACION					
PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de martillo	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				X
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS	
Arena: 0/5 mm	Todo uno
Garbancillo: 5/15 mm	
Grava: 12/18 mm	
Grava: 15/20 mm	
Grava: 20/25 mm	

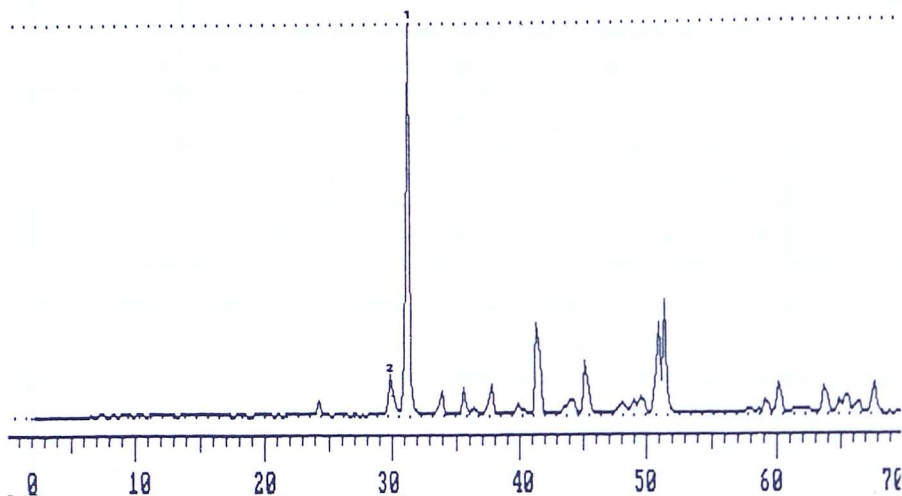
VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION	440.000 T.M./AÑO
----------------------------------	------------------

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1

ANALISIS MINERALOGICO

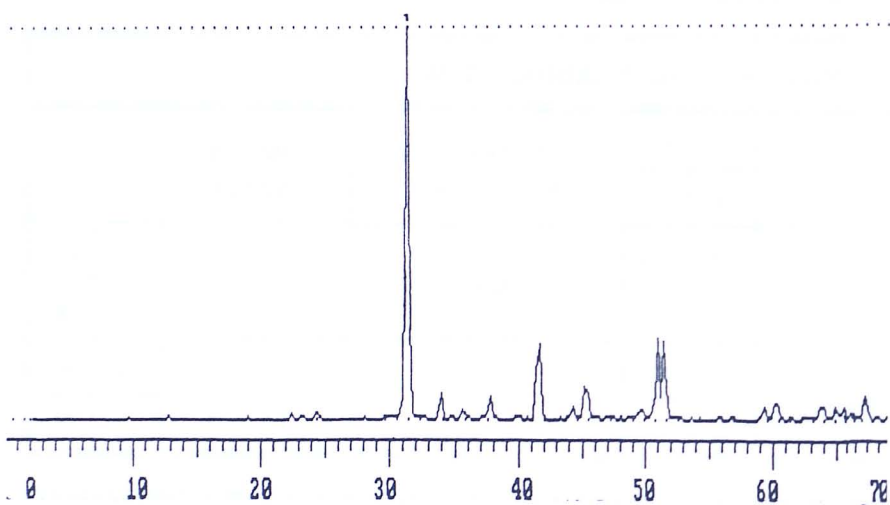
ROCA GRIS OSCURA

- 1. Dolomita >80 %
- 2. Calcita >15 %



ROCA GRIS CLARA

- 1. Dolomita =100 %



SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Frente de explotación nº 1 y equipo de molienda para rechazos.



Foto 2.- Frentes de explotación nº 3 y 4 y equipo principal.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD2



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 1' N-3° 36' O

ALTURA TOPOGRAFICA

900 m

TERMINO MUNICIPAL

Padul

DISTANCIA A GRANADA

17 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1026-IV

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Padul: 1026

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

Masiva y en capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral



Selección de la zona objeto de estudio
y caracterización de las canteras.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD2

EXPLOTACION

FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 115 E	N 130 E	N 35 E	N 340 E	
ALTURA	80-100 m	80-100 m	15-20 m	50-60 m	
PENDIENTE	<50m 35° >50m 90°	<50m 35° >50m 90°	80°	<40m 60° >40m 45°	
ESTABILIDAD	Estable	Estable	Estable	Estable	

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación horizontal por bancadas horizontales descendentes
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer, ripado y arrastre

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de mandíbulas	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

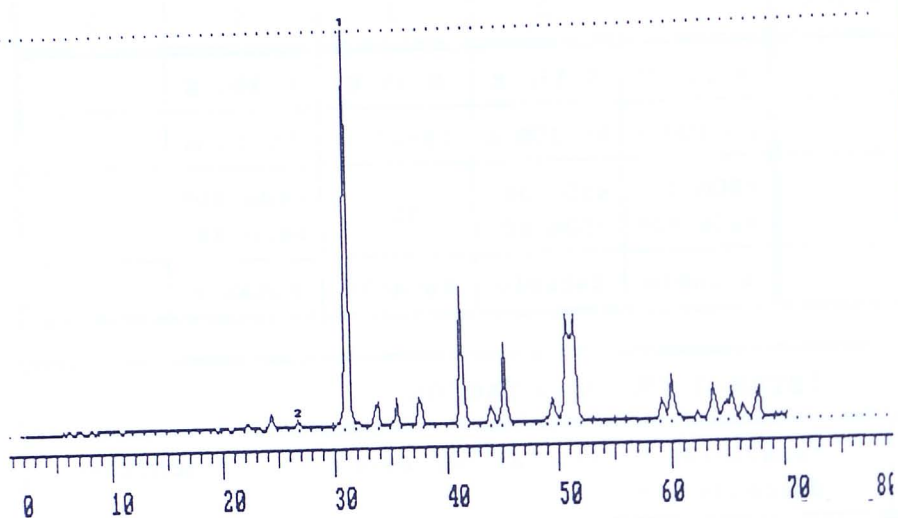
Arena: 0/5 mm	Todo uno fino
Arrocillo: 3/6 mm	Todo uno grueso
Garbancillo: 5/12 mm	
Grava: 12,5/18 mm	
Grava: 12/25 mm	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

660.000 T.M./AÑO

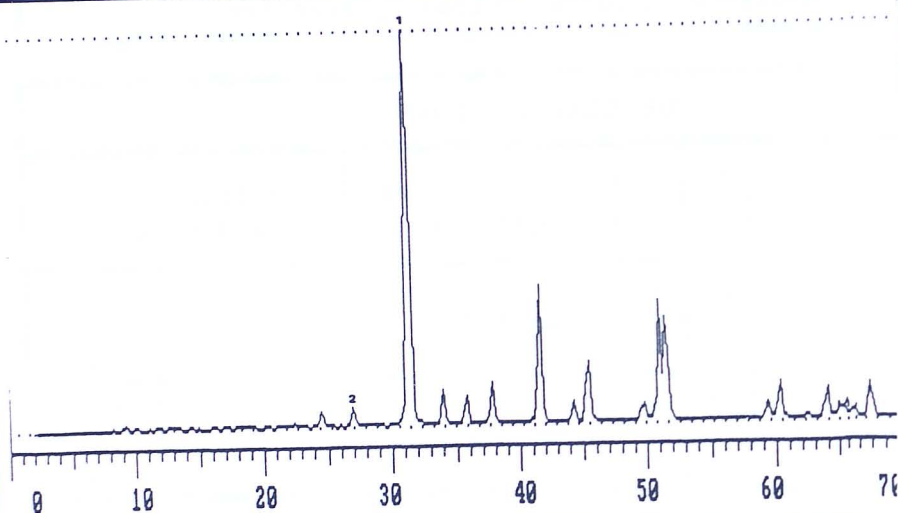
SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD2

ANALISIS MINERALOGICO



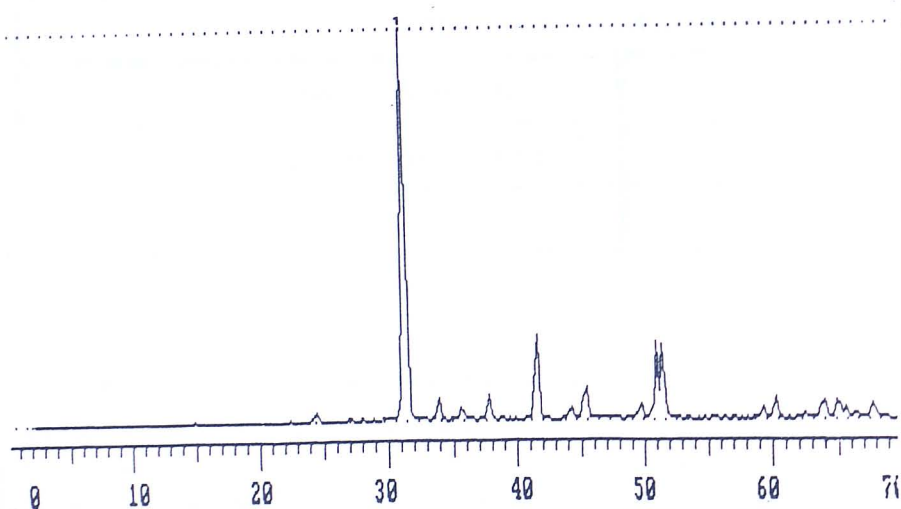
ROCA GRIS OSCURA

- 1. Dolomita >95 %
- 2. Cuarzo: Indicios



ROCA BLANCA

- 1. Dolomita >95 %
- 2. Cuarzo: Indicios



ROCA GRIS CLARA

- 1. Dolomita =100 %

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD2

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Frentes de explotación nº 1 y 2, y equipo principal



Foto 2.- Vista de detalle del equipo principal.



SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 1' N-3° 36' O

ALTURA TOPOGRAFICA

900 m

TERMINO MUNICIPAL

Padul

DISTANCIA A GRANADA

18 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1026-IV

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Padul: 1026

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

Masiva y en capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral

Selección de la zona objeto de estudio
y caracterización de las canteras.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3

EXPLOTACION

FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 100 E				
ALTURA	100-120 m				
PENDIENTE	90°				
ESTABILIDAD	Estable				

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación horizontal por bancadas horizontales descendentes
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer, ripado y arrastre

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de martillo	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

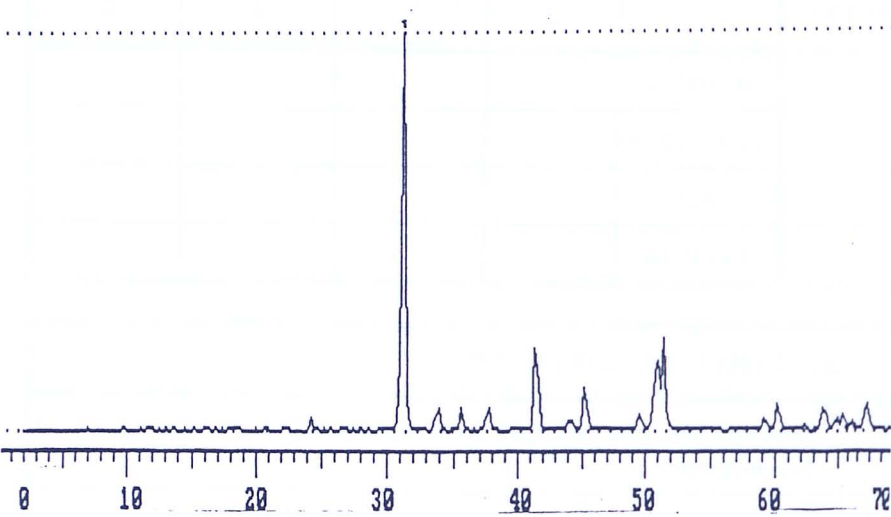
Arena: 0/5 mm	
Garbancillo: 6/12 mm	
Grava: 12/18 mm	
Grava: 18/25 mm	
Todo uno	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

500.000 T.M./AÑO

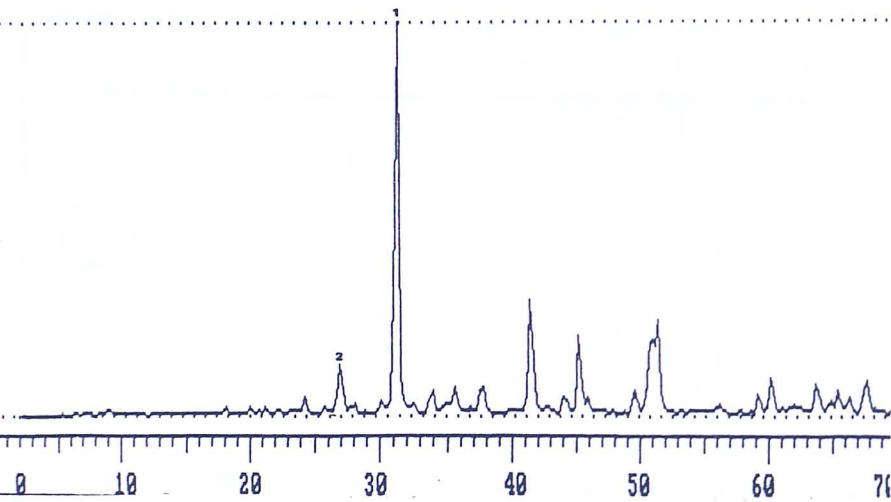
SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3

ANALISIS MINERALOGICO



ROCA GRIS OSCURA

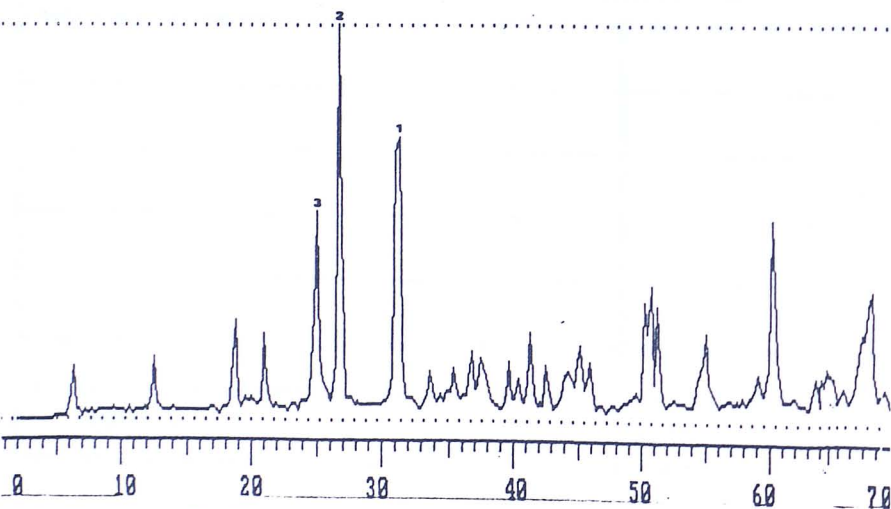
1. Dolomita = 100 %



ROCA GRIS CLARA

1. Dolomita = 85 %

2. Cuarzo = 15 %



ROCA OCRE

1. Dolomita = 50 %

2. Cuarzo = 30 %

3. Clorita = 20 %

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Vista del frente de explotación y acopios previos.



Foto 2.- Vista del equipo principal y del frente de explotación.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 1' N-3° 36' O

ALTURA TOPOGRAFICA

900 m

TERMINO MUNICIPAL

Padul

DISTANCIA A GRANADA

19 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1026-IV

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Padul: 1026

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

Masiva y en capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4

EXPLOTACION

FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 50 E				
ALTURA	100-200 m				
PENDIENTE	70°-80°				
ESTABILIDAD	Estable				

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación horizontal por bancadas horizontales descendentes
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer, ripado y arrastre

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de martillo	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				X
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

Arena: 0/5 mm	Gravillón: 25/40 mm
Garbancillo: 5/10 mm	Todo uno fino
Garbancillo: 6/15 mm	Todo uno grueso
Gravilla: 10/12,5 mm	
Grava: 15/25 mm	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

1.100.000 T.M./AÑO

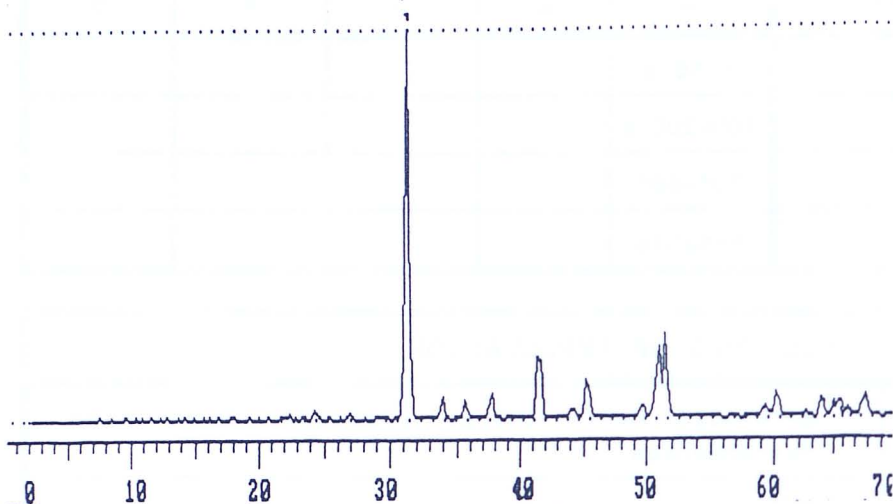
CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4

ANALISIS MINERALOGICO

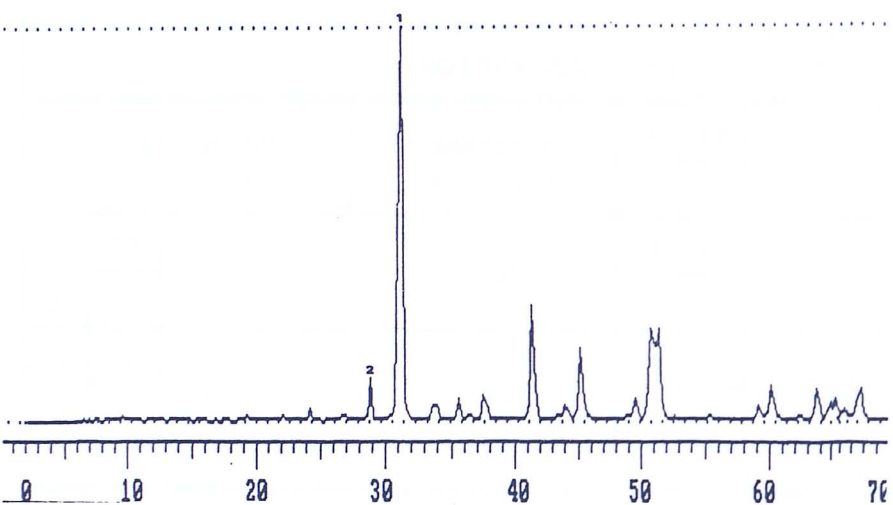
ROCA GRIS OSCURA

1. Dolomita =100 %



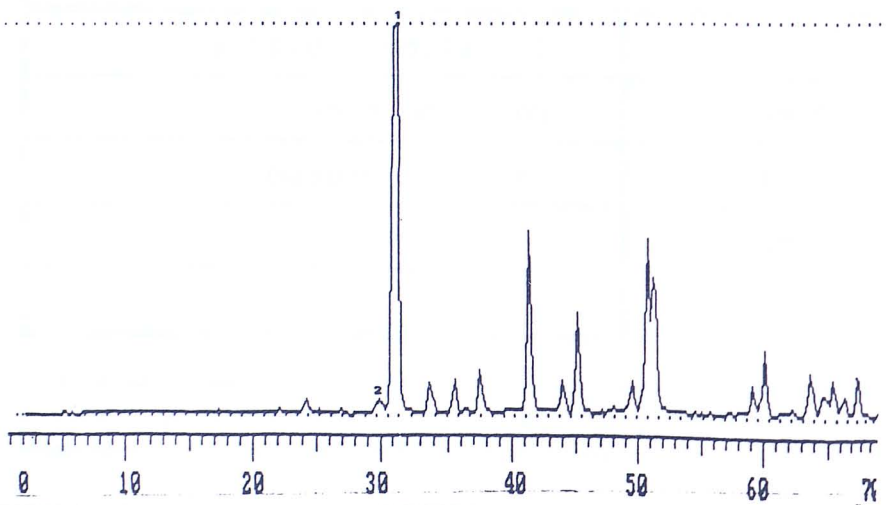
ROCA GRIS CLARA

1. Dolomita >95 %
2. Calcita: Indicios



ROCA BLANCA

1. Dolomita >95 %
2. Calcita: Indicios



SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Vista del frente principal de explotación en su parte alta.



Foto 2.- Vista parcial del equipo que suministra a la planta principal.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: DC1



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 0' N-3° 32' O

ALTURA TOPOGRAFICA

1.100 m

TERMINO MUNICIPAL

Dúrcal

DISTANCIA A GRANADA

22 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1041-II

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Dúrcal: 1041

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Alpujárride

EDAD

Triásico

TIPO DE MATERIAL

Dolomías

ESTRUCTURA

Masiva y en capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral

Selección de la zona objeto de estudio
y caracterización de las canteras.

SECTOR: PADUL - DURCAL

CANTERA: DC1

EXPLOTACION

FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 95 E	N 130 E	N 160 E		
ALTURA	45-50 m	60-70 m	50-60 m		
PENDIENTE	70°	80°	60°		
ESTABILIDAD	Estable	Estable	Estable		

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación horizontal por bancadas horizontales descendentes
METODO ARRANQUE	Mediante bulldozer, ripado y arrastre

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de martillo	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

Arena: 0/5 mm	Todo uno fino
Arrocillo: 5/10 mm	Todo uno grueso
Gravilla: 10/15	
Grava: 15/20 mm	
Gravillón: 25/40 mm	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

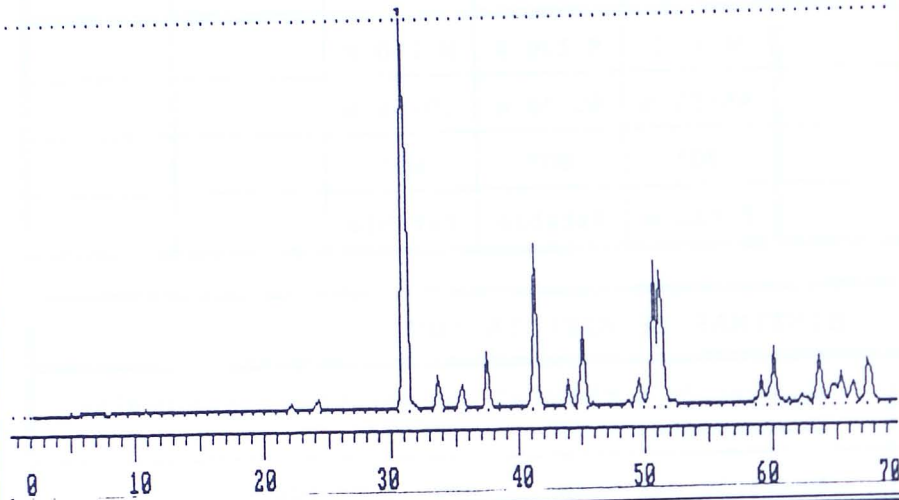
165.000 T.M./AÑO

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: DC1

ANALISIS MINERALOGICO

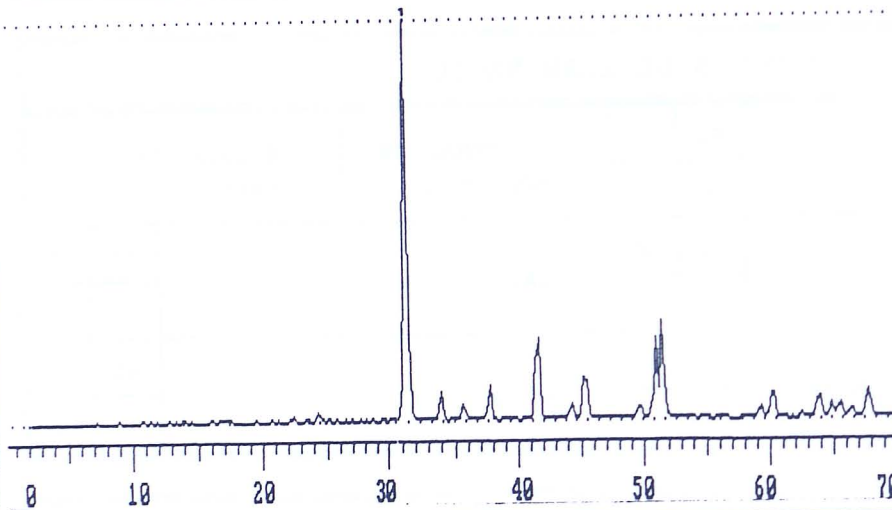
ROCA GRIS OSCURA

1. Dolomita =100 %



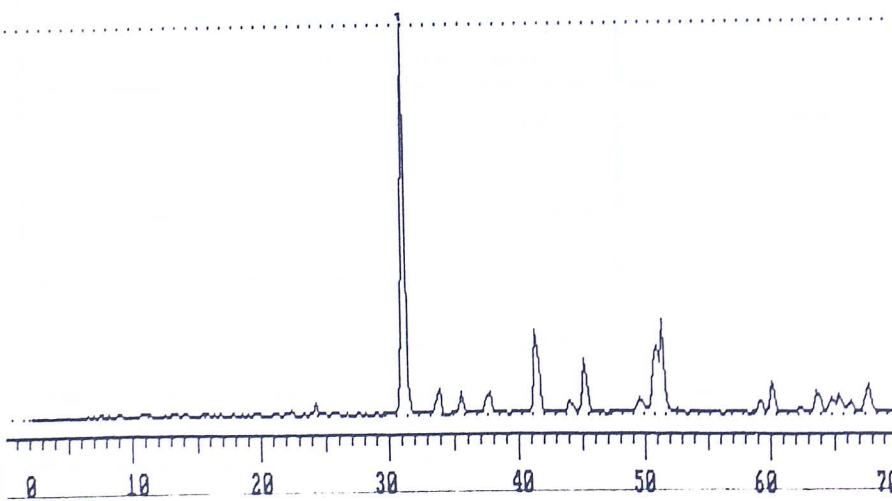
ROCA GRIS CLARA

1. Dolomita =100 %



ROCA BLANCA

1. Dolomita =100 %



SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: DC1

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Vista del frente de explotación nº 1.



Foto 2.- Vista del frente de explotación nº 2 y equipo principal.

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT1



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 14' N-3° 41' O

ALTURA TOPOGRAFICA

750 m

TERMINO MUNICIPAL

Atarfe

DISTANCIA A GRANADA

10 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1009-IV

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Granada: 1009

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Subbético

EDAD

Jurásico

TIPO DE MATERIAL

Calizas con sílex

ESTRUCTURA

En capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

No existe

VEGETACION

No existe

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT1

EXPLOTACION

FRENTES DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 120 E				
ALTURA	40-50 m				
PENDIENTE	90°				
ESTABILIDAD	Estable				

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación vertical por estratos
METODO ARRANQUE	Mediante explosivos y bulldozer

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de bolas y mandíbulas	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				X
MOLIENDA	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

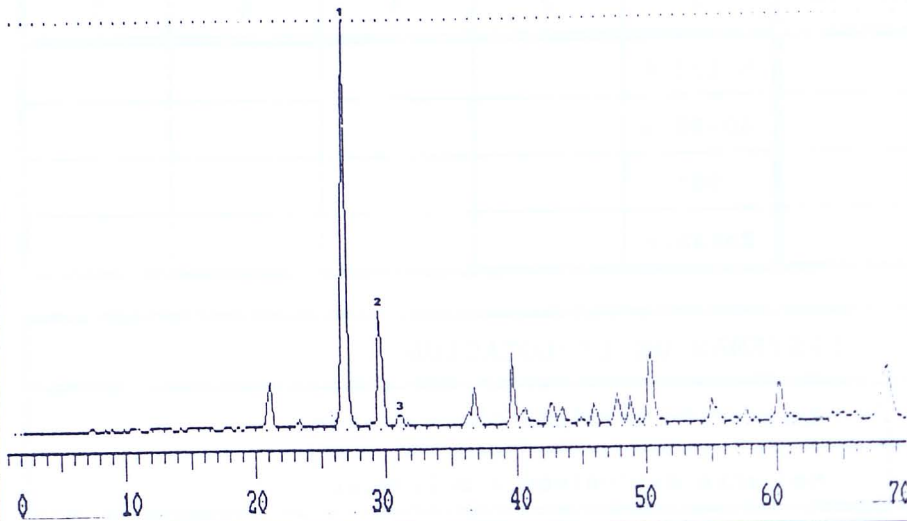
Arena: 0/5 mm	Todo uno fino
Arrocillo: 5/6 mm	Todo uno grueso
Garbancillo: 5/10 mm	
Grava: 10/18 mm	
Grava: 18/25 mm	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

330.000 T.M./AÑO

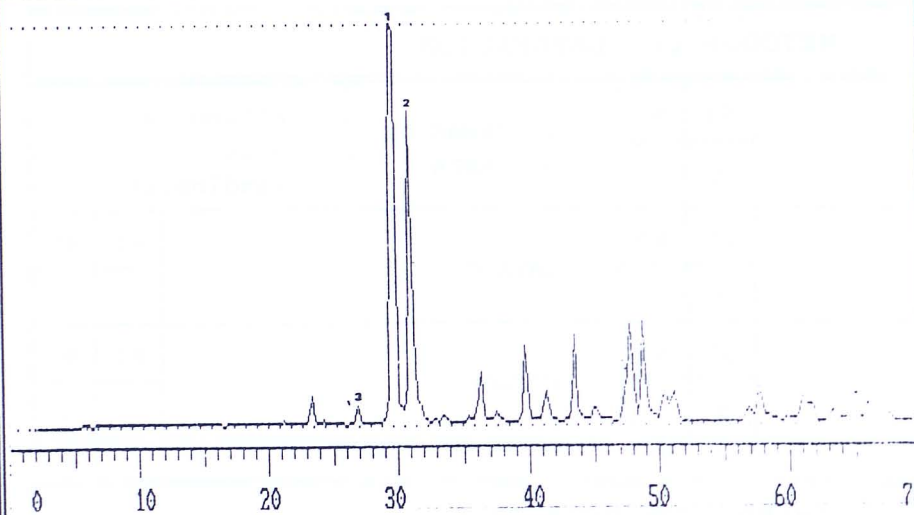
SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT1

ANALISIS MINERALOGICO



NODULOS DE SILEX

- 1. Cuarzo >70 %
- 2. Calcita >25 %
- 3. Dolomita: Indic.



ROCA GRIS

- 1. Calcita >70 %
- 2. Dolomita >25%
- 3. Cuarzo: Indicios

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT1

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Frente de explotación y acopios.

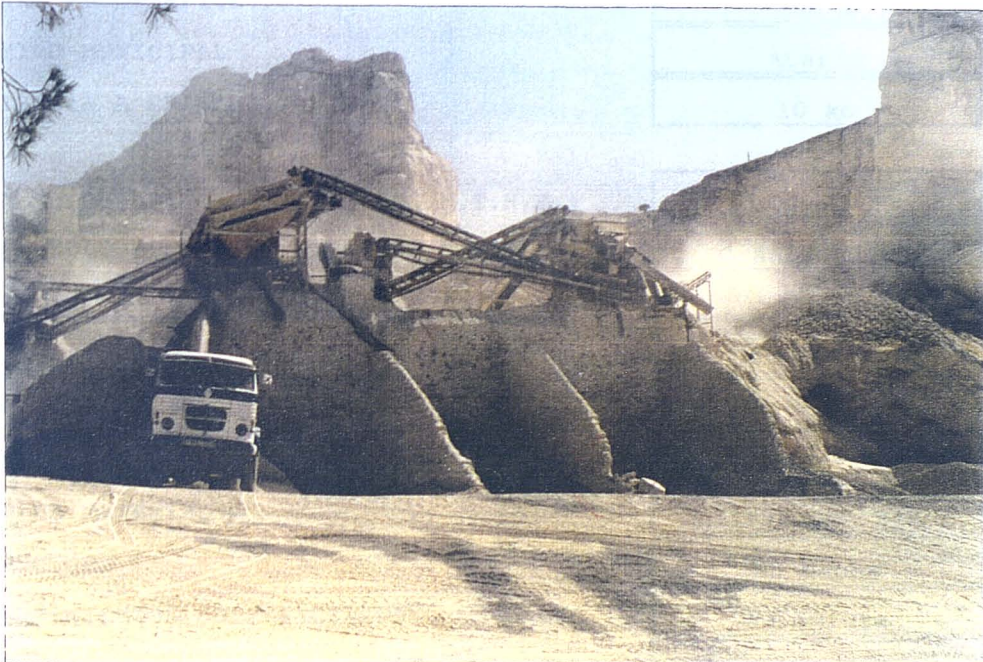


Foto 2.- Equipo principal y acopios.

SECTOR: **SIERRA ELVIRA**
CANTERA: **AT2**



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)	37° 14' N-3° 40' O
ALTURA TOPOGRAFICA	700 m
TERMINO MUNICIPAL	Atarfe
DISTANCIA A GRANADA	10 km
MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)	1009-III
MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)	Granada 1009

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION	Subbético	EDAD	Jurásico
TIPO DE MATERIAL			Calizas con silix
ESTRUCTURA			En capas
RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES			No existe
VEGETACION			Matorral

Selección de la zona objeto de estudio
y caracterización de las canteras.

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT2

EXPLOTACION

FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	N 140 E	N 20 E	N 80 E		
ALTURA	20-30 m	20-30 m	10-15 m		
PENDIENTE	80°-90°	90°	90°		
ESTABILIDAD	Estable	Estable	Estable		

SISTEMAS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO	Excavación vertical por estratos
METODO ARRANQUE	Mediante explosivos y bulldozer

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de mandíbulas y martillo	
		X			
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
		X			X
MOLIENDA	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

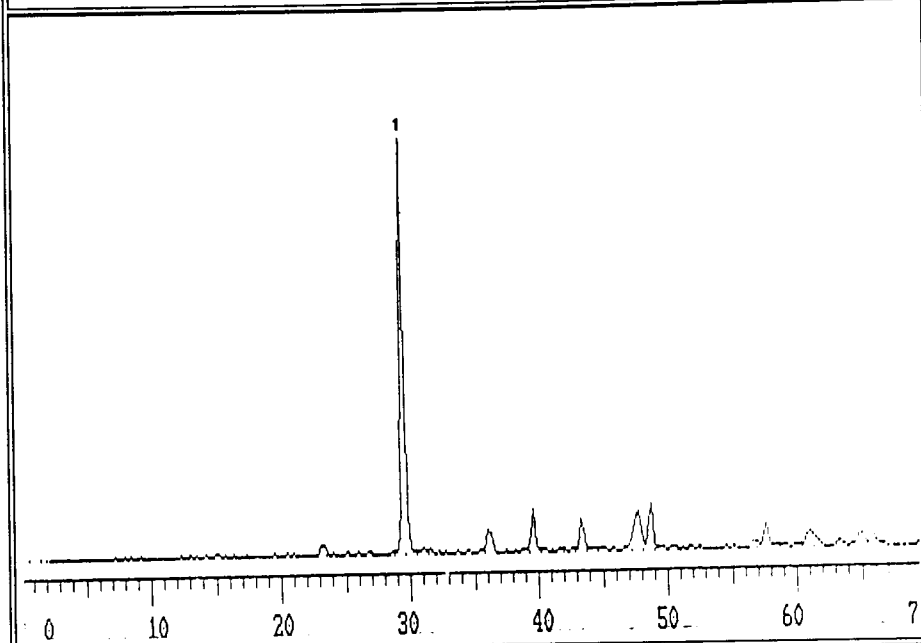
Arena: 0/5 mm	Todo uno fino
Garbancillo: 5/10 mm	Todo uno grueso
Gravilla: 10/15	
Grava: 15/20 mm	
Grava: 20/25 mm	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

330.000 T.M./AÑO

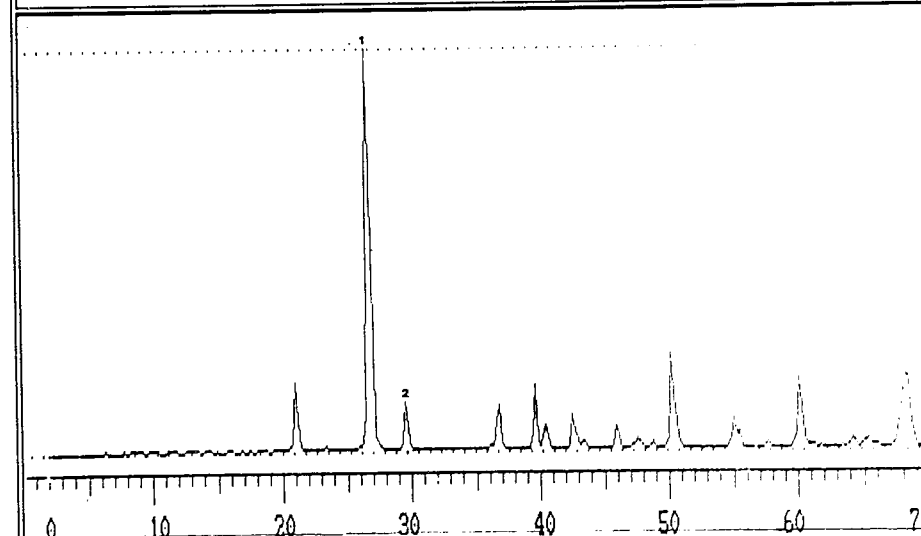
SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT2

ANALISIS MINERALOGICO



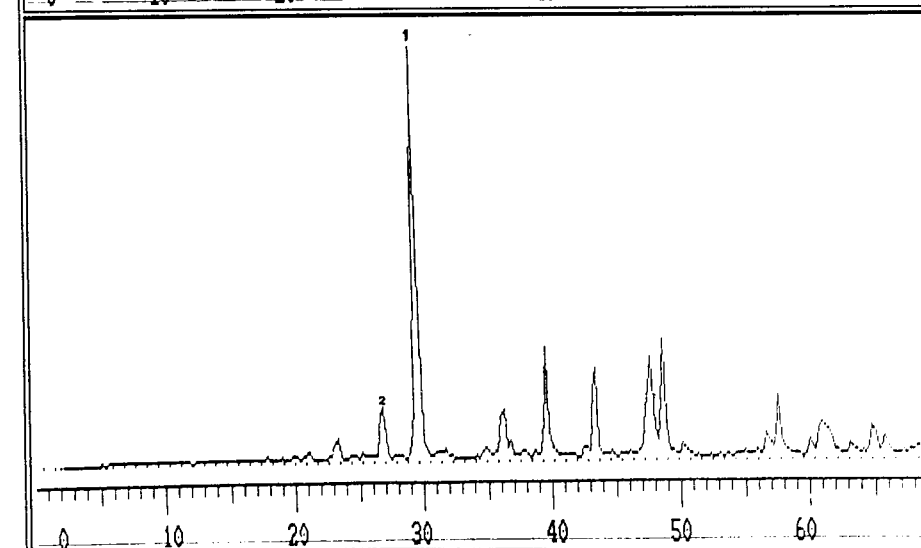
CONCRECIONES DE
CALCITA

1. Calcita >95 %



ROCA BLANCA
TABLEADA

1. Cuarzo >90 %
2. Calcita: Indicios

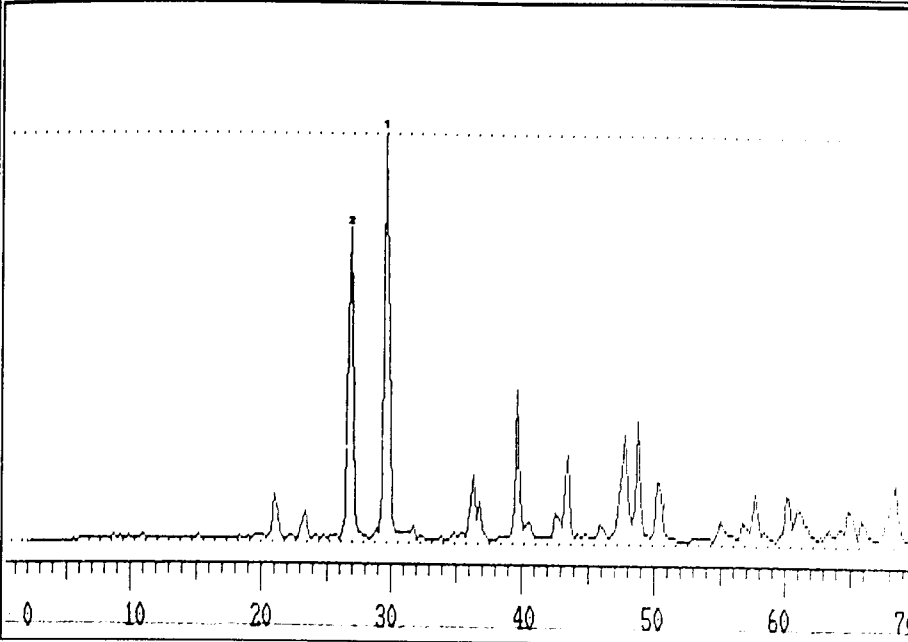


ROCA NODULOSA GRIS

1. Calcita =85 %
2. Cuarzo =15 %

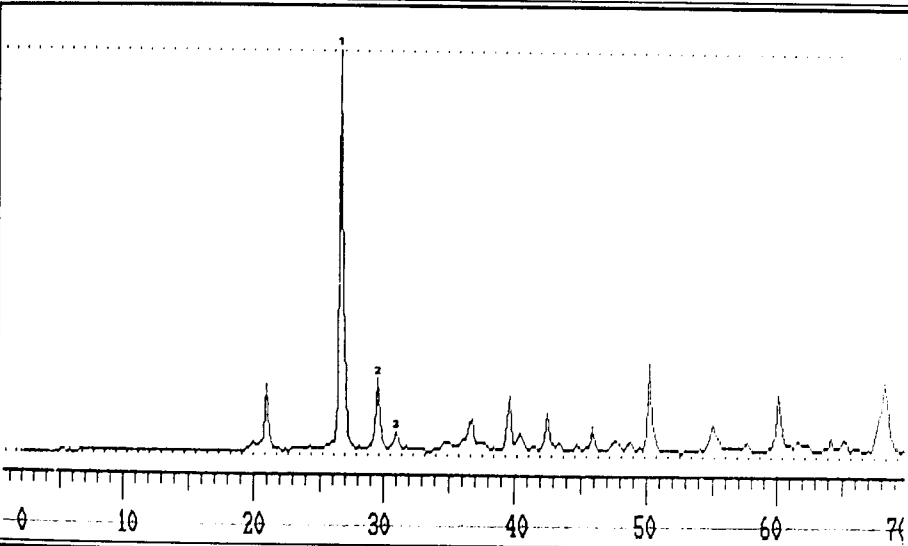
SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT2

ANALISIS MINERALOGICO



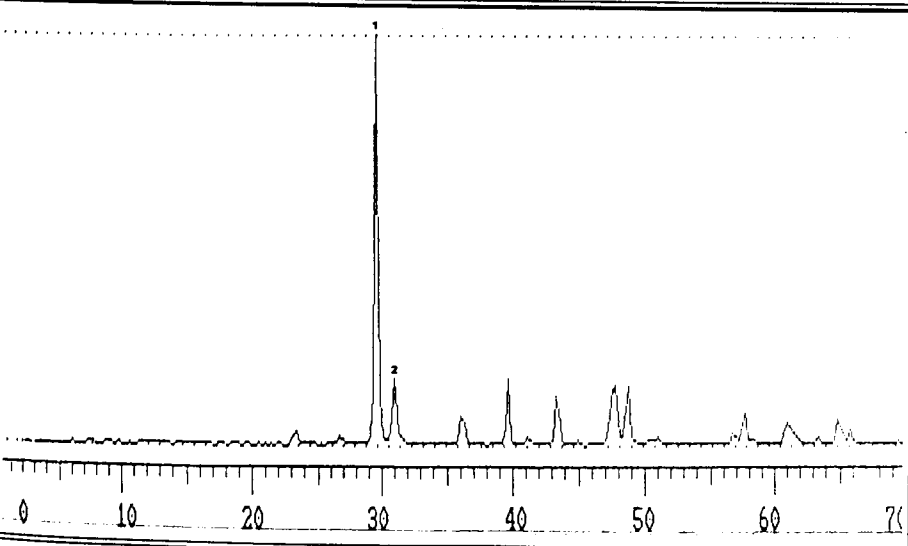
BRECHA

- 1. Calcita >55 %
- 2. Cuarzo >40 %



ROCA
NODULOSA
AMARILLENTO

- 1. Cuarzo >75 %
- 2. Calcita: >17 %
- 3. Dolomita: Indic.

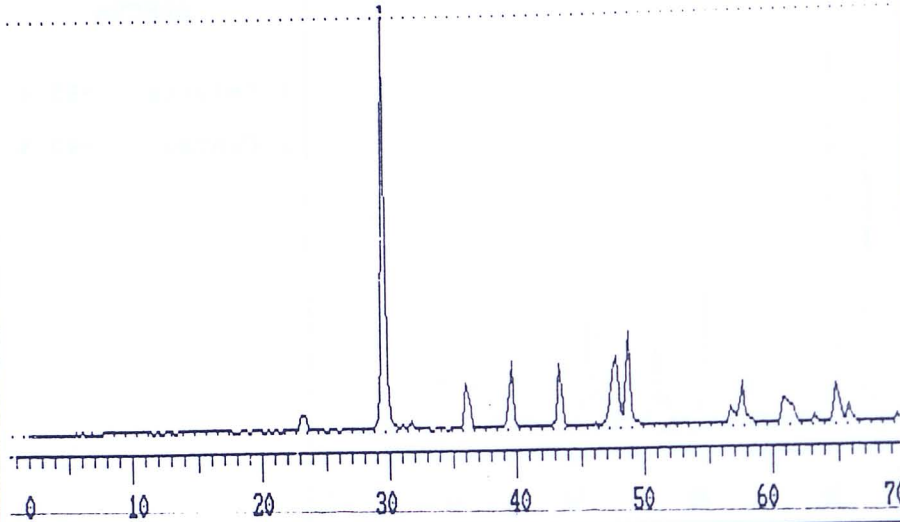


ROCA CREMA

- 1. Calcita >80 %
- 2. Dolomita >15 %

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT2

ANALISIS MINERALOGICO



ROCA GRIS

1. Calcita >95 %

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT2

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Frente de explotación.



Foto 2.- Vista de otro sector del frente de explotación y equipo principal.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 7' N-3° 38' O

ALTURA TOPOGRAFICA

750 m

TERMINO MUNICIPAL

Ogíjares

DISTANCIA A GRANADA

5 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1026-II

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Granada: 1009

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

Aluvial

EDAD

Cuaternario

TIPO DE MATERIAL

Arenas y Gravas

ESTRUCTURA

En capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pastizal

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

EXPLOTACION					
FRENTE DE EXPLOTACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	Muy variable				
ALTURA	10-30 m				
PENDIENTE	60°-70°				
ESTABILIDAD	Potencialmente Inestable				

SISTEMAS DE EXPLOTACION	
CIELO ABIERTO	Excavación por vaciado descendente
METODO ARRANQUE	Mediante palas excavadoras

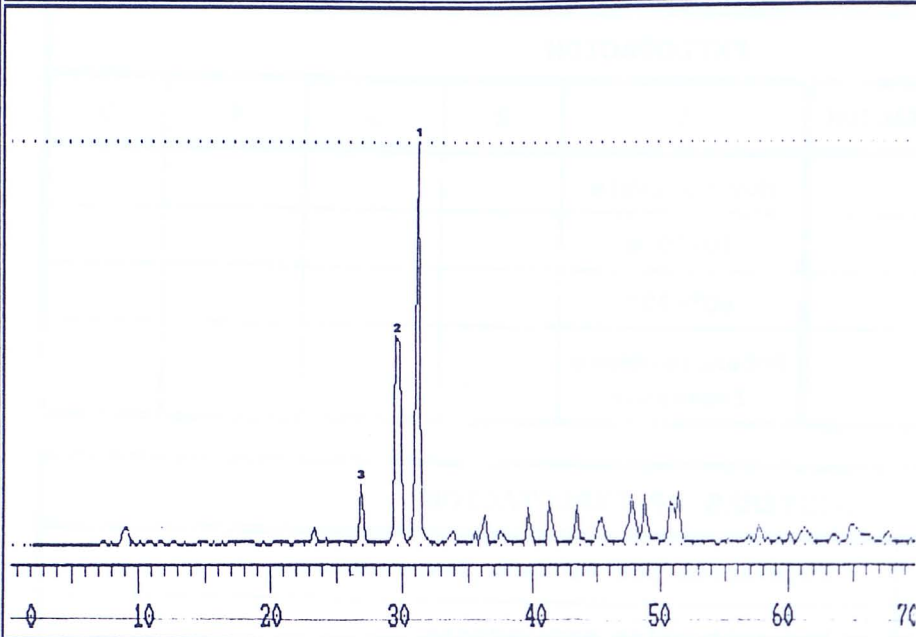
METODOS DE ELABORACION					
PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Machacadora de mandíbulas y molino	
	X				
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
		X		X	
MOLIENDA (Solo rechazo)	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS	
Arena: 0/5 mm	
Garbancillo: 5/15 mm	
Grava: 15/20 mm	
Grava: 15/25 mm	
Gravillón: 25/40 mm	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION	220.000 T.M./AÑO
----------------------------------	------------------

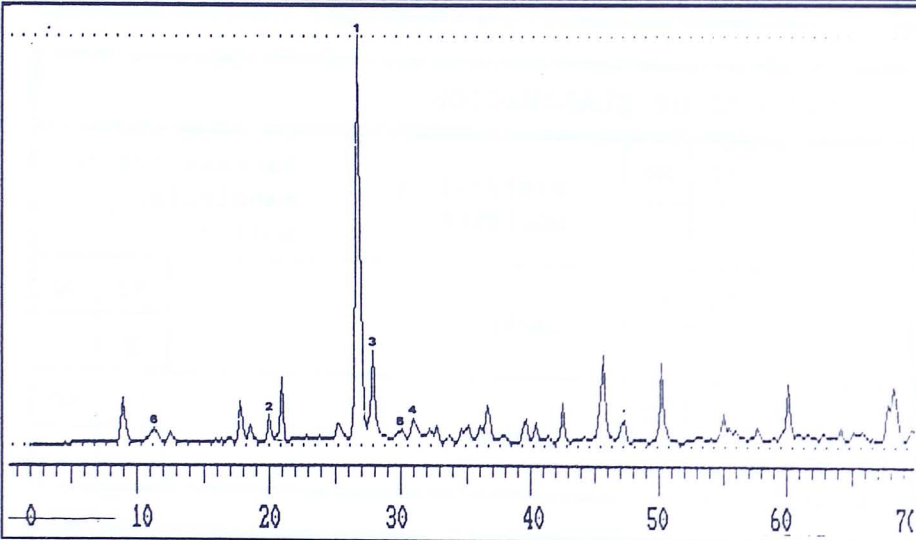
SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: OG1

ANALISIS MINERALOGICO



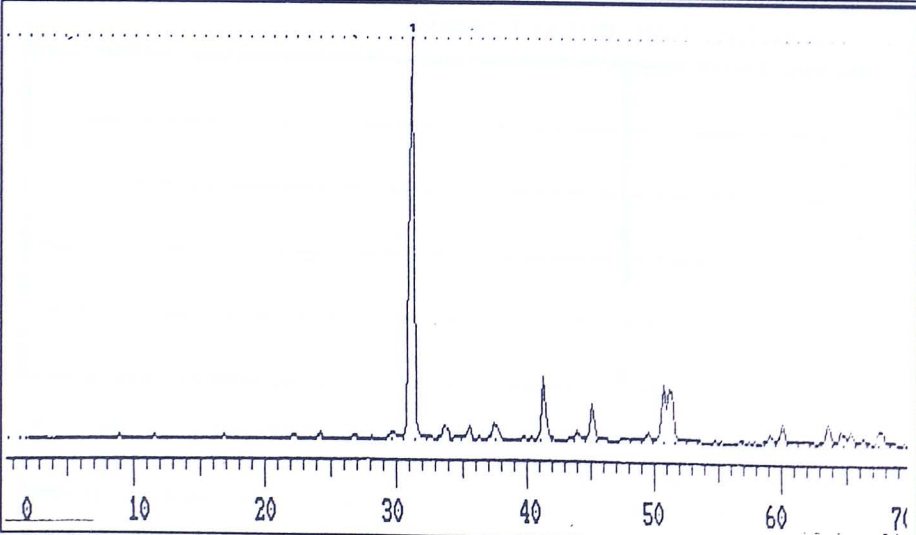
GRAVA GRIS OSCURA

- 1. Calcita =50 %
- 2. Dolomita =45 %
- 3. Cuarzo:Indicios



ESQUISTOS

- 1. Cuarzo =35 %
- 2. Arcilla =35 %
- 3. Feldesp. =10 %
- 4. Dolomita:Indic.
- 5. Calcita:Indicios
- 6. Yeso:Indicios



GRAVA GRIS CLARA

- 1. Dolomita =95 %

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Vista del circo de explotación. Detalle del depósito aluvial y del recubrimiento superficial arcilloso.

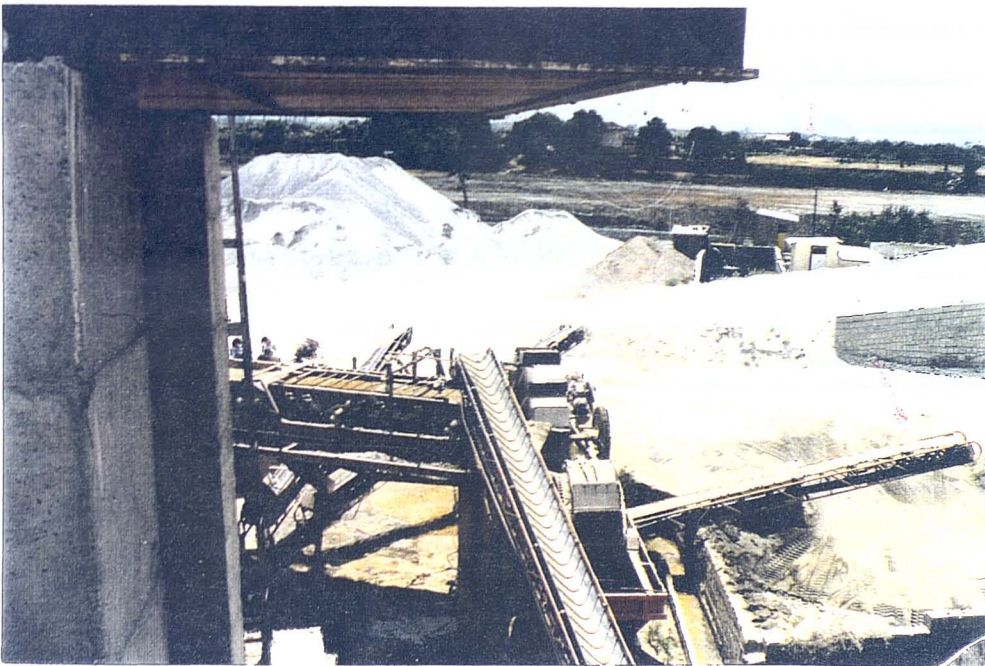


Foto 2.- Vista del equipo principal.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: LZ1



SITUACION

SITUACION GEOGRAFICA (Latitud - Longitud)

37° 7' N-3° 34' O

ALTURA TOPOGRAFICA

800 m

TERMINO MUNICIPAL

La Zubia

DISTANCIA A GRANADA

4 km

MAPA TOPOGRAFICO (E: 1:25.000 M.T.N.E.)

1026-II

MAPA GEOLOGICO (E: 1:50.000 I.G.M.E.)

Granada: 1009

CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA CANTERA

FORMACION

F. Zubia

EDAD

Cuaternario

TIPO DE MATERIAL

Conglomerados

ESTRUCTURA

En capas

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Suelo vegetal

VEGETACION

Pino y matorral

Selección de la zona objeto de estudio
y caracterización de las canteras.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: LZ1

EXPLORACION

FRENTES DE EXPLORACION	1	2	3	4	5
ORIENTACION	Muy variable				
ALTURA	10-30 m				
PENDIENTE	60°-90°				
ESTABILIDAD	Potencialmente Inestable				

SISTEMAS DE EXPLORACION

CIELO ABIERTO	Excavación por vaciado descendente
METODO ARRANQUE	Actualmente no se está llevando a cabo arranque, utilizándose el material conglomerático (costras calizas) que fueron desmontadas y acopiadas anteriormente

METODOS DE ELABORACION

PRECRIBADO	SI	NO	SISTEMAS DE MOLIENDA	Molino de mandíbula	
		X			
ACOPIOS PREVIOS	SI	NO	LAVADO	SI	NO
	X				X
MOLIENDA	SI	NO	CICLON	SI	NO
	X				X

TAMAÑOS COMERCIALIZADOS

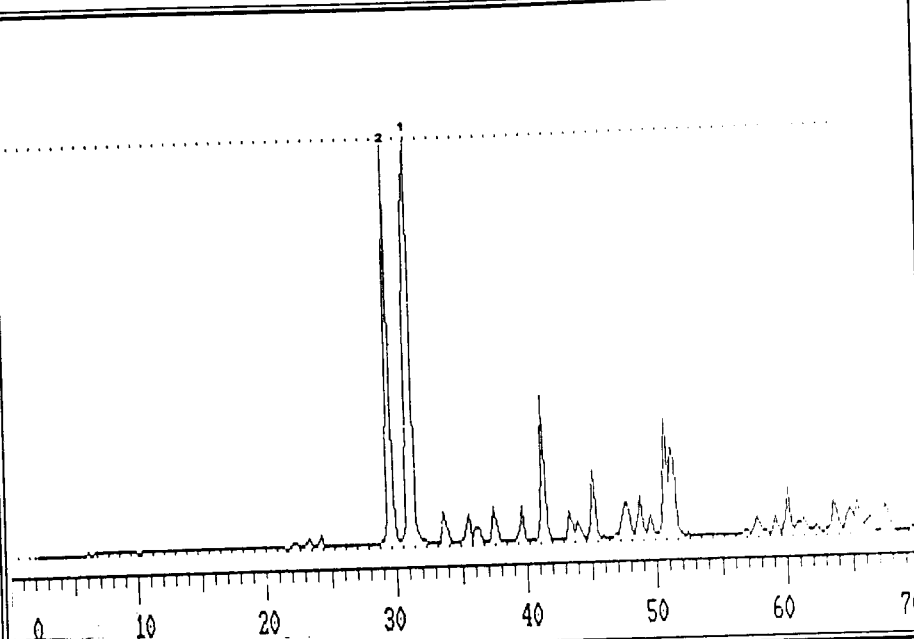
Arena: 0/5 mm	
Garbancillo: 6/12 mm	
Todo uno	

VOLUMEN APROXIMADO DE PRODUCCION

110.000 T.M./AÑO

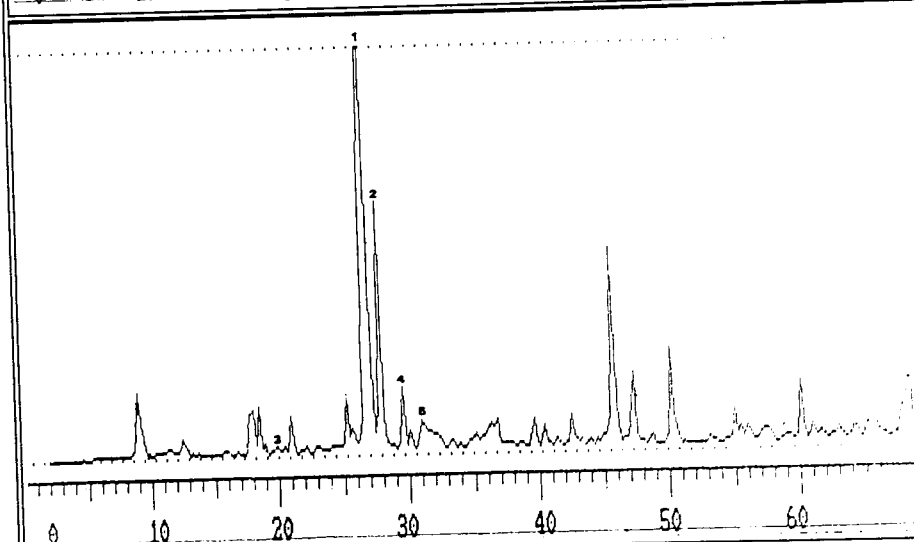
SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: LZ1

ANALISIS MINERALOGICO



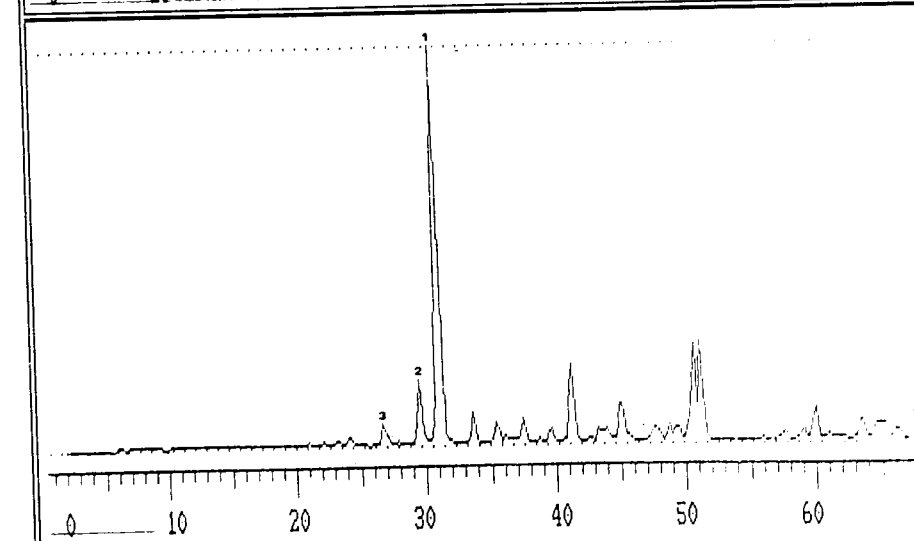
ROCA OSCURA

- 1. Dolomita =65 %
- 2. Calcita =35 %



ESQUISTOS

- 1. Cuarzo =65 %
- 2. Feldesp. =15 %
- 3. Arcilla <10 %
- 4. Calcita:Indicios
- 5. Dolomita:Indic.

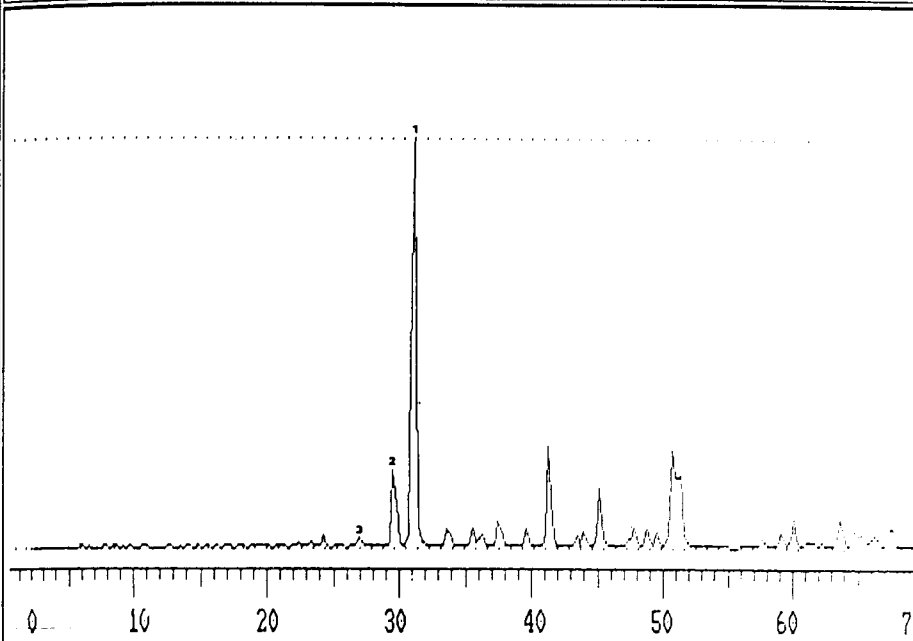


ARENA MEZCLA

- 1. Dolomita =80 %
- 2. Calcita =15 %
- 3. Cuarzo:Indicios

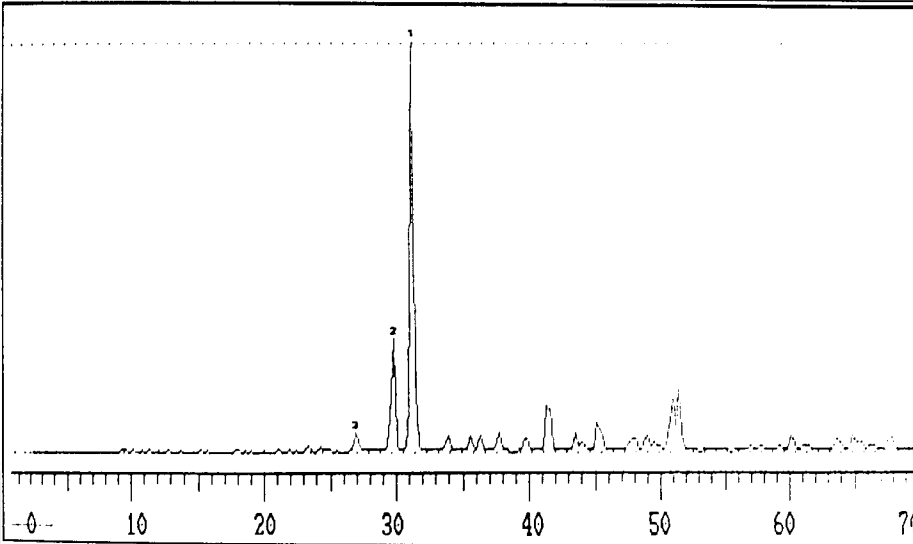
SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: LZ1

ANALISIS MINERALOGICO



ROCA CLARA

- 1. Dolomita >80 %
- 2. Calcita =15 %
- 3. Cuarzo: Indicios



CONGLOMERADO

- 1. Dolomita >75 %
- 2. Calcita >20 %
- 3. Cuarzo: Indicios

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: LZ1

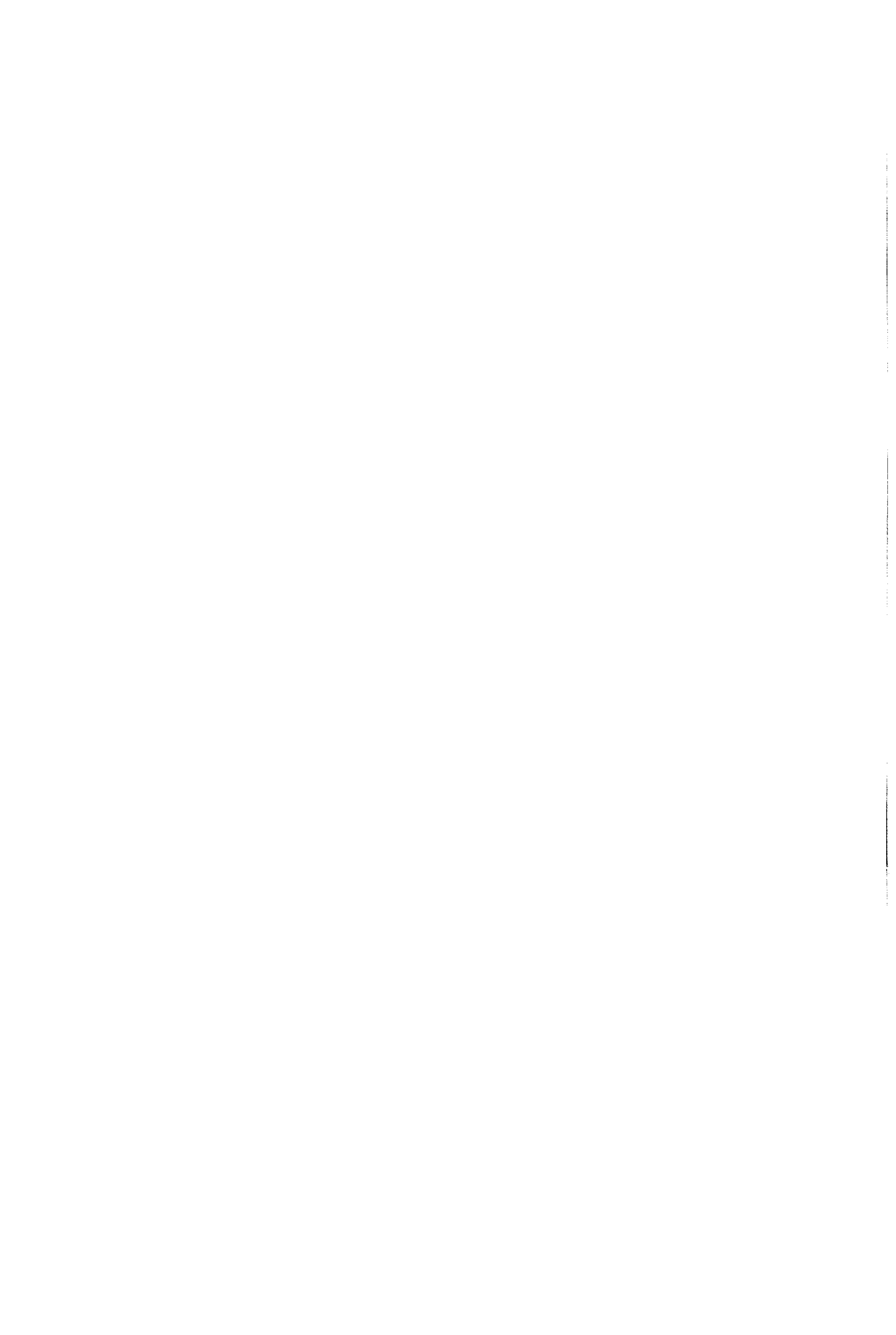
DOCUMENTACION FOTOGRAFICA COMPLEMENTARIA



Foto 1.- Vista de un frente de explotación antiguo. Acopios previos de anteriores explotaciones.



Foto 2.- Vista del equipo principal.



4. CARACTERIZACION GEOLOGICA

4. CARACTERIZACION GEOLOGICA

4.1 GENERALIDADES.

La Cordillera Bética constituye el extremo más Occidental del Orógeno Alpino del Mediterráneo Occidental (figura 4.1), formado por una sucesión de cordilleras, cuyo rasgo tectónico más característico es que presentan una estructura en mantos de corrimiento, principalmente originados durante el Cretácico y Terciario (47).

Así pues, la Cordillera Bética se sitúa al Sur de la Península Ibérica, quedando su mayor parte dentro de Andalucía, y se extiende desde las costas de Cádiz hasta el Levante español (en su parte peninsular).

Estructuralmente, la Cordillera Bética se divide en dos dominios: las Zonas Externas y las Zonas Internas (figura 4.2), las cuales son muy diferentes entre sí en cuanto a su significado paleogeográfico y su evolución tectono-metamórfica (48,49).

Dentro de las Zonas Externas, sobre la Cordillera se han definido dos grandes Unidades a partir de las características de las series estratigráficas (49). Una de ellas (ZONA PREBETICA) se emplaza en las áreas paleogeográficamente más cercanas al continente (Macizo Herciniano de la Meseta) y la otra (ZONA SUBBETICA) representa el área más alejada y se caracteriza por presentar, a partir del Lías superior, materiales con facies pelágicas.

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.

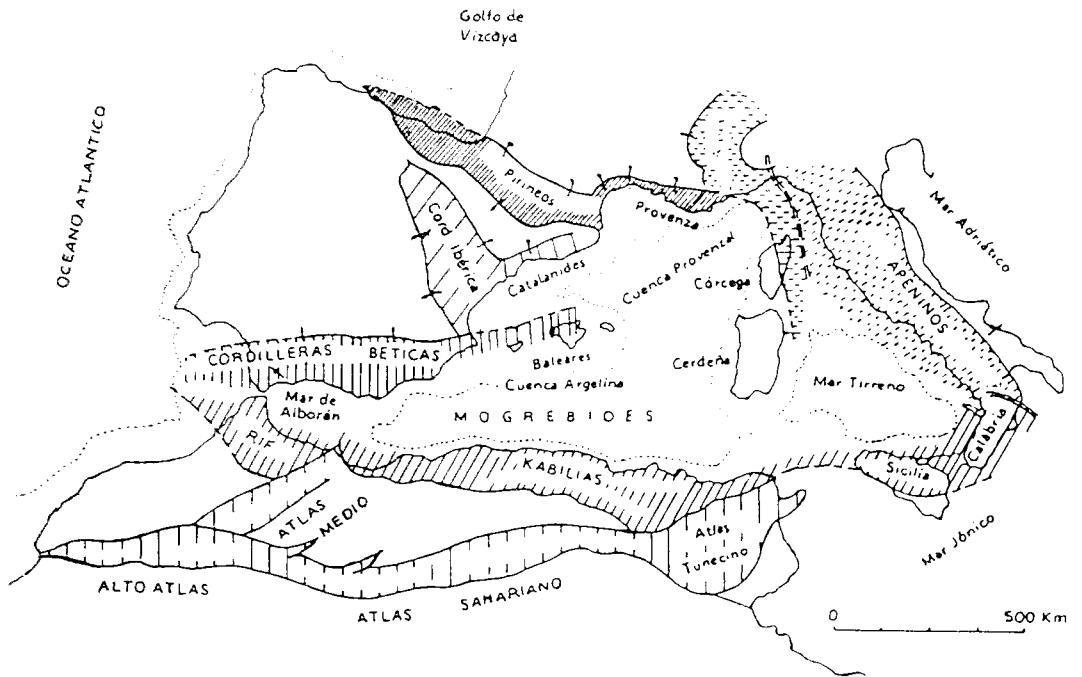


Figura 4.1. Cadenas Alpinas del Mediterráneo Occidental (DURAND DELGA & FONTBOTE, 1980). (47).

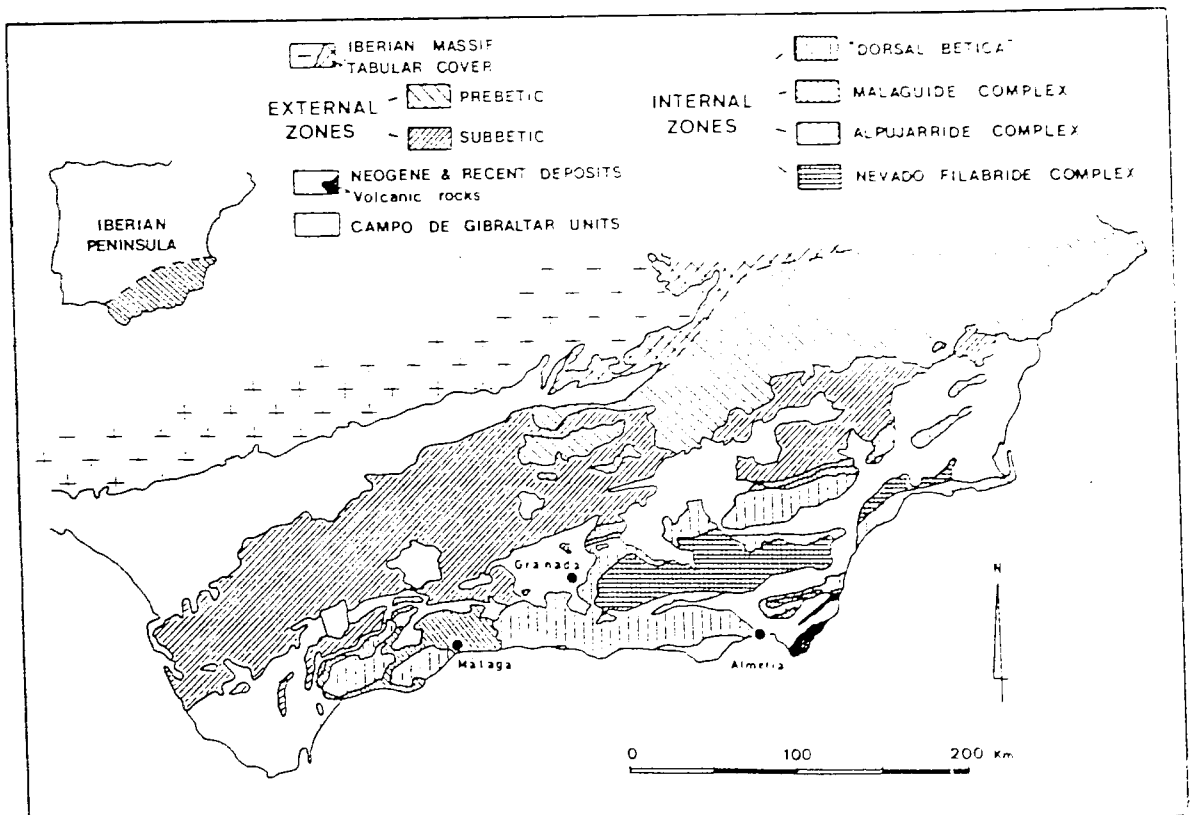
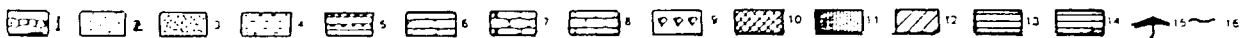
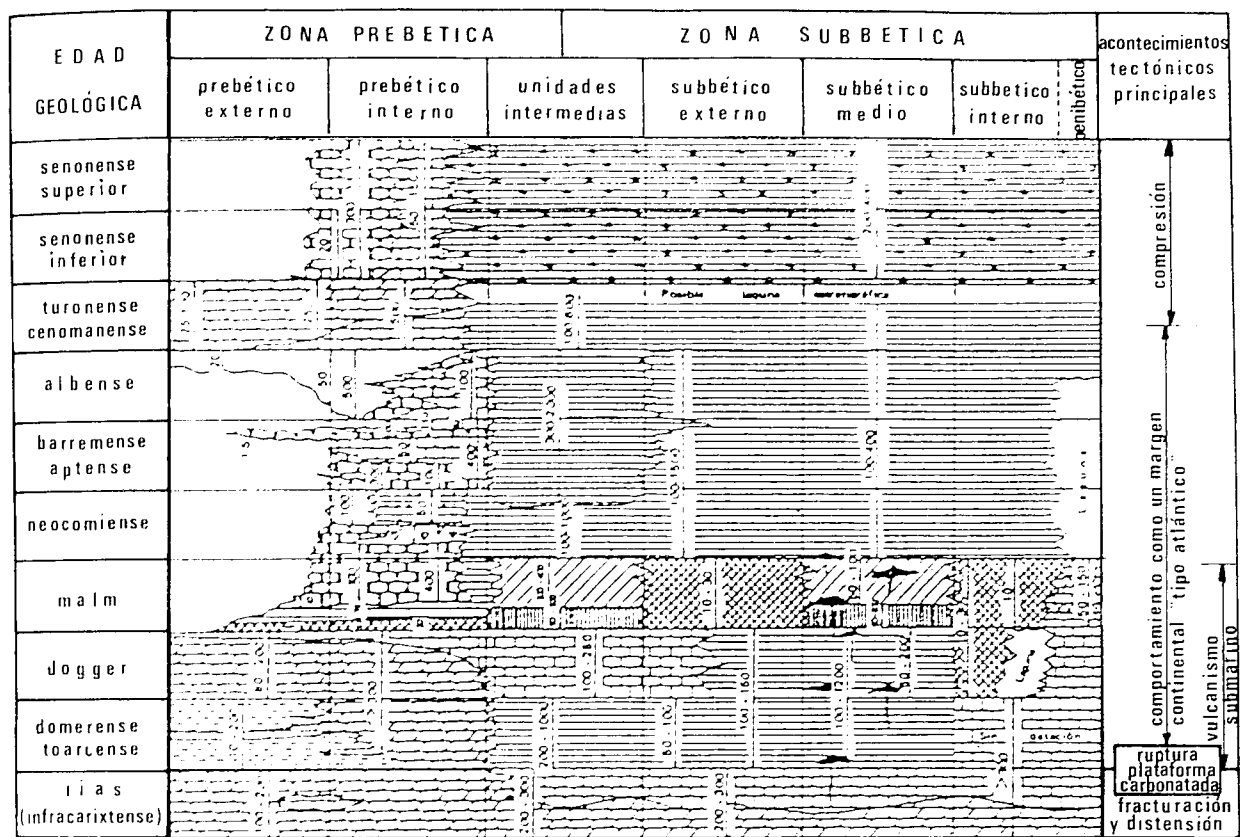


Figura 4.2. Mapa geológico de la Cordillera Ibérica, según FOUCAULT (1974). (48).



Leyenda: 1.-Arcillas continentales con pisolitos ferruginosos. 2.-Facies Utrillas. 3.-Facies Weald. 4.-Arcillas y margas rojas. 5.-Alternancia de margas y arenas. 6.-Dolomías. 7.-Calizas y margas de llanuras de mareas. 8.-Calizas de plataforma marina somera. 9.-Calizas arrecifales. 10.-Calizas nodulosas (ammonítico rosso). 11.-Radiolaritas y margas con radiolarios. 12.-Turbiditas calcáreas. 13.-Turbiditas terrígenas. 14.-Margas y margocalizas marinas pelágicas. 15.-Rocas volcánicas submarinas. 16.-Discordancias principales.

Figura 4.3. Diagrama de correlación de las unidades litoestratigráficas (con indicación de las potencias en metros) y de su posición cronoestratigráfica en los diferentes dominios paleogeográficos de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas, según AZEMA et al. (1979). (47).

De acuerdo con la potencia de sedimentos y a las diferencias de facies en el Jurásico Superior y Cretácico inferior, algunos autores subdividen en tres dominios la Zona Prebética:

- Prebético externo
- Prebético interno
- Prebético meridional

BAENA Y JEREZ (1982) diferencian los dos primeros dominios teniendo en cuenta las distintas facies en el Cretácico y en el Paleógeno (49 a 51).

La Zona Subbética, a tenor de las características de la sedimentación durante el Jurásico y parte del Cretácico inferior, se ha subdividido en tres dominios que, de Norte a Sur, son (49 a 51):

- Subbético externo
- Subbético medio
- Subbético interno (y Penibético)

Cada uno de estos dominios paleogeográficos presentan rasgos estratigráficos representativos (figura 4.3).

Los dominios en que se divide la Cordillera Bética se representan en la figura 4.4. Al Sur de las Zonas Externas se emplazan las Zonas Internas donde se diferencian, a su vez, tres Complejos alóctonos: Nevado-Filábrides, Alpujárrides y Maláguides. Los dos primeros están intensamente afectados por la deformación y metamorfismos Alpinos. Los Maláguides, sin embargo, poseen una cobertera mesozóica y terciaria discordante de rocas no metamórficas.

Hay que añadir, a estos dos dominios, el Complejo del Flyshs del Campo de Gibraltar, que ocupa una posición intermedia entre las Zonas Internas y las Externas, siendo incluido por PEYRE (1969) en una "Zona Media", y el Complejo Dorsaliano o "Dorsal Bética" que puede incluirse dentro de las Zonas Internas, ya que sus materiales ante-jurásicos son asimilables a las sucesiones Maláguides respectivas; la definición de este último término de "Dorsal Bética" es considerada inadecuada por ALGARRA (1987), distribuyendo o asignando sus materiales, en parte, a la cobertera postpaleozóica del Maláguide y, en parte, a los Rondaides según BLUMENTHAL (1927) y que incluyen como un cuarto Complejo en las Zonas Internas (47,48).

Los materiales Neógenos ocupan en su mayor parte el relleno de las Depresiones postorogénicas, que en el ámbito de las

Cordilleras Béticas son de dos tipos: intramontañas y marginal. Los afloramientos Cuaternarios están irregularmente distribuidos, en función, sobre todo, de caracteres morfológicos.

4.1.1 Unidades principales.

En este capítulo describiremos las unidades en las que se dividen las Zonas Externas y las Zonas Internas de la Cordillera Bética, abundando en aquellas donde se localizan las canteras que han sido contempladas en este trabajo.

4.1.1.1 ZONAS EXTERNAS BETICAS

Las Zonas Externas están constituidas por materiales comprendidos desde el Triásico al Mioceno inferior, que forman una cobertera despegada de su zócalo paleozóico.

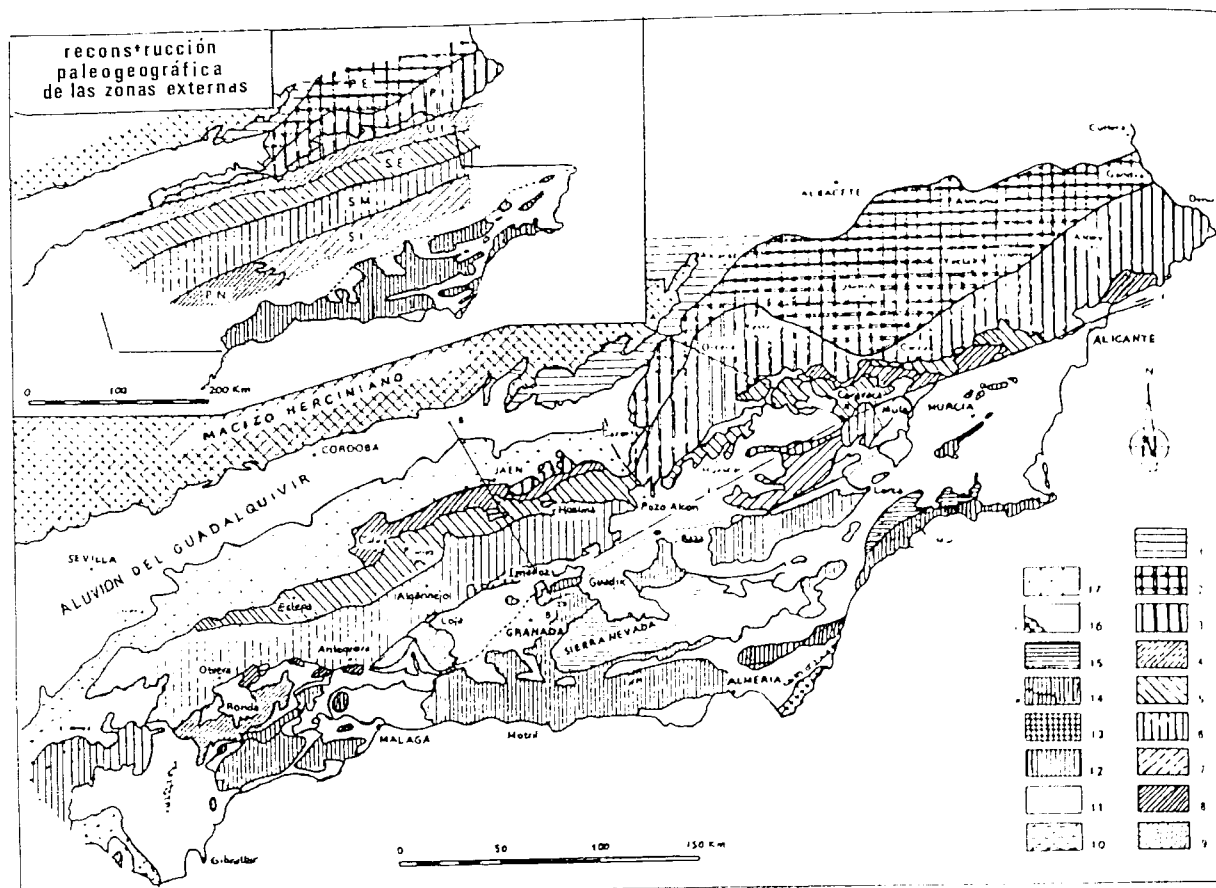
En ellas se diferencian:

- **Cobertera Tabular:** Los materiales que la constituyen son fundamentalmente de facies detríticas rojas del Triás de tipo germánico y, sobre ellos, materiales carbonatados del Jurásico. Descansan directamente sobre el paleorelieve formado por las rocas del paleozoico plegadas en la orogenia hercínica (51).

- **Prebético:** es un dominio tectonopaleogeográfico relativamente autóctono y de estructura simple (BLUMENTHAL, 1927). Durante la mayor parte de su historia geológica, el Prebético constituyó un dominio de plataforma adyacente a un continente en el que predominantemente se depositaron sedimentos carbonatados y algunos sedimentos terrígenos. En el Cretácico inferior fue sometido a emersión y erosión (51).

Se establece una subdivisión en dos dominios basado en criterios estratigráficos y paleogeográficos: el Prebético externo y el Prebético interno.

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**



Leyenda: 1.cobertera tabular del Macizo Herciniano de la meseta (Triásico y Jurásico). 2.prebético externo. 3.prebético interno. 4.unidades intermedias. 5.subbético interno. 6.subbético medio. 7.subbético interno. 8.penibético. 9.subbético ultrainterno. 10.uds del Campo de Gibraltar interiores. 11.uds del Campo de Gibraltar predorsatiense. 12.dorsal bética. 13.maláguide. 14.alpujárride. 15.nevado filábride. 16.mioceno superior-plioceno. 17.uds alóctonas del Guadalquivir.

Figura 4.4. Esquema geológico de las Cordilleras Béticas, según VERA et al. (1982). (47).

- **Dominio intermedio:** Corresponde al área que paleogeográficamente estaría entre la Zona Subbética y la Zona Prebética. Se caracteriza por constituir durante el Jurásico y el Cretácico un surco subsidente con depósitos de materiales pelágicos y con importantes episodios turbidíticos (51).

- **Subbético :** Se denomina con este nombre a la amplia región que se extiende al Sur del Dominio intermedio hasta el límite con las Zonas Internas.

Es de destacar, en lo que se refiere a su estructura, que el Subbético aparece disectado por accidentes transcurrentes de gran salto en dirección, cuya importancia no ha sido puesta de manifiesto sino hasta tiempos bastante recientes (52) que son en buena parte los responsables de la notable fragmentación y discontinuidad tectónica que muestran sus materiales.

Dentro de la Zona Subbética se delimitan, de Norte a Sur, tres dominios paleogeográficos: Subbético externo, Subbético medio y Subbético interno (incluido el Penibético).

En el Subbético medio, donde se localizan algunas de las canteras seleccionadas (sector de Sierra Elvira), tanto el Trías como el Lías inferior y medio son comunes al Subbético externo. El Lías superior está constituido por una ritmita de calizas-margas que alcanzan las mayores potencias en este dominio y presentan intercalaciones de rocas volcánicas submarinas. El Dogger es de facies calizas micríticas con sílex y margas ricas en radiolarios, con coladas volcánicas submarinas. El Malm empieza con margas radiolaríticas y sigue una ritmita de calizas, margas y turbiditas calcáreas con sílex (49,50).

4.1.1.2. ZONAS INTERNAS BETICAS

Están constituidas por una sucesión de mantos de corrimiento, agrupados en tres complejos, según sus características estratigráficas y grado de metamorfismo: Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide. Generalmente la edad de los materiales no supera el Trías.

La estructura en mantos es el resultado de una evolución orogénica independiente de la establecida para las Zonas Externas. Las relaciones estructurales actuales entre Zonas Externas y Zonas Internas se hacen mediante yuxtaposición entre ambas, como consecuencia del desplazamiento lateral relativo de las Zonas Internas hacia el Oeste (53).

- **Complejo Nevado-Filábride:** El Nevado Filábride (53), constituye la entidad tectónica más profunda; comprende sucesiones de materiales metamórficos donde principalmente encontramos micaesquistos y mármoles.

- **Complejo Alpujárride:** En él están situados la mayor parte de los materiales que hemos estudiado en este trabajo. Los Mantos Alpujárrides están formados, desde un punto de vista litoestratigráfico, por un zócalo pretriásico de rocas metamórficas intensamente recrystalizadas durante la Orogenia Alpina, aunque es posible que hubieran sido afectadas por un metamorfismo prealpino, cuyas trazas apenas son conocidas. La cobertura está constituida, predominantemente, por rocas carbonatadas más o menos recrystalizadas durante el metamorfismo Alpino, según las unidades y regiones, de edad triásica y de facies Alpinas, que se depositaron en una extensa plataforma carbonatada somera (52).

Los autores EGELER Y SIMON (1969) dividen el Complejo Alpujárride en dos (47):

-Inferior, denominado de Ballabona-Cucharón. Muestra características estratigráficas similares al Nevado-Filábride, pero con bajo grado de metamorfismo. El Trias presenta rocas volcánicas.

-Superior o Alpujárride s.s. Recientemente ALDAYA et al. (1979-82), han vuelto a incluir las Unidades del Inferior dentro de los Mantos Alpujárrides, por considerar que dicho complejo carece de la entidad suficiente para considerarlo como independiente; de ésta última forma estudiaremos los Alpujárrides.

Así pues, estos materiales se encuentran sobre los descritos anteriormente (Complejo Nevado-Filábride). Constituyen unidades alóctonas que han sido agrupadas en tres tipos de mantos: Superiores, Intermedios e Inferiores (51), de acuerdo con la secuencia litológica y grado de metamorfismo alcanzado. El grado de metamorfismo decrece de los Mantos superiores a los inferiores; sin embargo, dentro

de cada Unidad, restituidos los pliegues tardíos, la polaridad metamórfica es normal.

Dentro de cada Unidad Alpujárride, la secuencia ideal está compuesta esquemáticamente, de muro a techo, por los siguientes niveles litológicos, según ZALDIVAR (1990):

I.-Rocas metamórficas de alto grado.

II.-Micaesquistos, micaesquistos grafitosos y cuarcitas. Este nivel litológico comprende dos tramos agrupados en una sola formación. La potencia es muy variable y oscila entre pocos metros y más de un kilómetro.

III.-Metapelitas grises y cuarcitas. La potencia es, así mismo, muy variable, pudiendo incluir, hacia el techo, calcoesquistos y yesos.

IV.-Calizas, dolomías y mármoles. Su potencia oscila entre pocos metros y kilómetros. En la parte basal de este nivel litológico existen dolomías yesíferas y yeso en algunas unidades. Eventualmente, se observan algunas intercalaciones de filitas (54). En el tránsito al nivel infrayacente se encuentran calcoesquistos

La secuencia de materiales en los Mantos intermedios es similar a la de los superiores, salvo que el término basal está ausente y no hay gneises ni migmatitas. Los Mantos inferiores sólo contienen materiales de los dos niveles superiores: carbonatos, filitas y cuarcitas.

- **Complejo Maláguide:** Constituye el conjunto superior de la pila de mantos de corrimiento de las Zonas Internas de la Cordillera Bética.

Su litología es bastante homogénea en toda la Cordillera, estando constituido por un zócalo paleozóico,

poco o nada metamorfizado, sobre el que reposa un Permotrías detrítico de color rojo que da paso a sucesiones mesozoicas y cenozoicas.

4.1.1.3. OTRAS UNIDADES

- **Neógeno:** Los materiales Neógenos constituyen en su mayor parte el relleno de las depresiones postorogénicas. Estas son de dos tipos en el ámbito de las Béticas: postorogénica marginal (Depresión del Guadalquivir) e intramontañosas (la de Ronda, Granada, Guadix-Baza, etc.). Todas se rellenaron por materiales producto de la erosión de los relieves circundantes.

Los sedimentos Neógenos de la Depresión de Granada (figura 4.5) se sitúan discordantes sobre un paleorelieve formado por los materiales de las Zonas Internas y del Subbético.

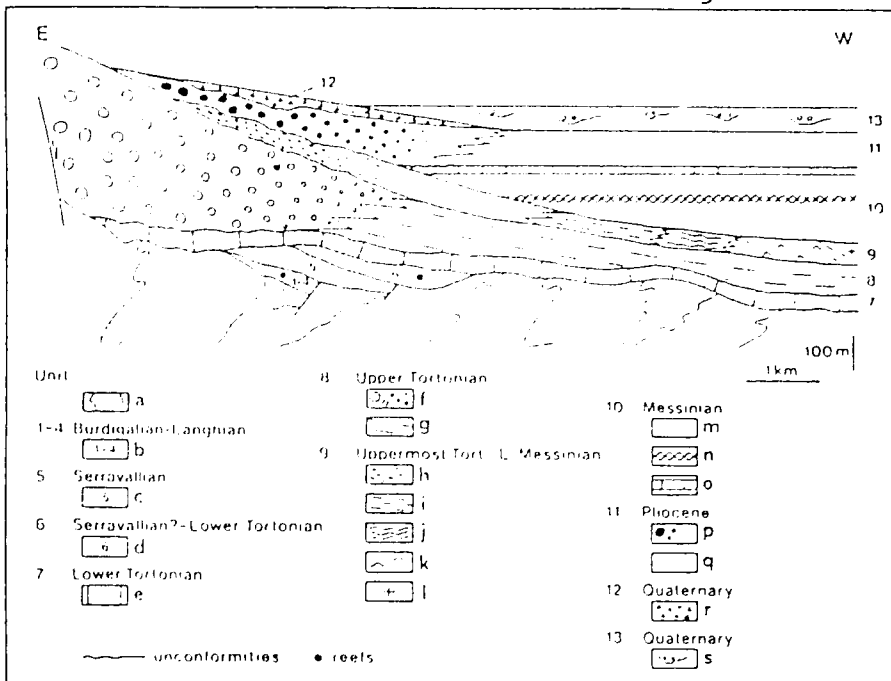
- **Cuaternario:** Los afloramientos están irregularmente distribuidos, principalmente en función de características morfológicas.

En la Depresión de Granada aflora el Cuaternario Antiguo constituyendo la Formación Alhambra. Depósitos coluviales, del tipo de conos de deyección, están bien desarrollados en los bordes de Sierra Nevada (La Zubia, Padul y Dúrcal). Depósitos aluviales ligados a antiguos y actuales cauces de ríos, y otros, de tipo travertínico, íntimamente ligados a la red de surgencias kársticas que orlan los macizos carbonatados.

Con el término aluvial se recogen todos aquellos materiales ligados al funcionamiento actual y subactual de la red fluvial.

Como formación aluvial de singular importancia en la Depresión de Granada, tenemos la que constituye, morfológicamente, la denominada Vega Baja. Está íntimamente relacionada con la actividad del río Genil, y representa una

acumulación con más de 250 m de espesor de depósitos en una zona deprimida y actualmente subsidente, según un eje NW-SE (49). Hacia esta Vega Baja discurren los afluentes del río Genil, siendo los de mayor significación actual: Dílar, Darro y Beiro, según su disposición en el sentido E-W. Precisamente, es en el depósito aluvial del río Dílar donde se está llevando a cabo actualmente la explotación de áridos para hormigón de mayor importancia, por lo que ha sido una de las canteras seleccionadas en este trabajo.



1-13: sedimentary units. Lithologies: a=substrate; b. 1=breccias. 2=reddish marls. 3=turbiditic calcarenites. 4=sands, conglomerates and reef limestones; c=red continental silts, sands and conglomerates; d=silts, sands and conglomerates with local reef limestones; e=bioclastic calcareous sands/conglomerates and calcarenites; f=sands and conglomerates with local reef limestones; g=silts and marls; h=sands and conglomerates; i=silts; j=stromatolitic limestones replaced by celestite; k=selenitic gypsum; l=halite, m=fluvial and lacustrine silts, sands and conglomerates; n=lacustrine turbiditic gypsum; o=lacustrine limestones; p=continental red sands and conglomerates; q=red silts and sands with conglomerate channels; r=sands and conglomerates; s=silts and sands with conglomerate channels.

Figura 4.5. Esquema estratigráfico de la Depresión de Granada. (55).

En el conjunto de estas formaciones aluviales se pueden diferenciar como máximo tres niveles de terrazas, entre 4 y 20 m de altura respecto a los cauces.

Se agrupan como depósitos de ladera y derrubios en general, todos aquellos materiales relacionados con procesos

de evolución de vertientes. Dentro del cuaternario constituye la otra formación que es explotada para la extracción de áridos, existiendo numerosas canteras, muchas de ellas ya abandonadas, entre las cuales se ha seleccionado una como representativa.

Estos depósitos son el resultado de la tendencia al equilibrio de vertientes en condiciones de inestabilidad, tanto frente a la gravedad como al clima.

En nuestro caso, son de destacar los depósitos localizados en el borde Este de la Depresión de Granada (cono de deyección de La Zubia y los de Padul y Dúrcal) (56,57).

Estas formaciones se caracterizan por presentar una sucesión, más o menos rítmica, de lechos constituidos, mayoritariamente, por fragmentos de roca muy angulosos con otros en los que domina la fracción fina, pasando por toda una gama de situaciones intermedias.

Variaciones en espesor de los lechos clásticos y en tamaño de los cantos, están en íntima relación con la duración e intensidad de una etapa fría, respectivamente. En climas cálidos, habitualmente húmedos, se produce tanto el cese de la acumulación clástica como la modificación de los depósitos previos por disolución de los elementos o por cementación y/o concrecionamiento de los mismos (49).

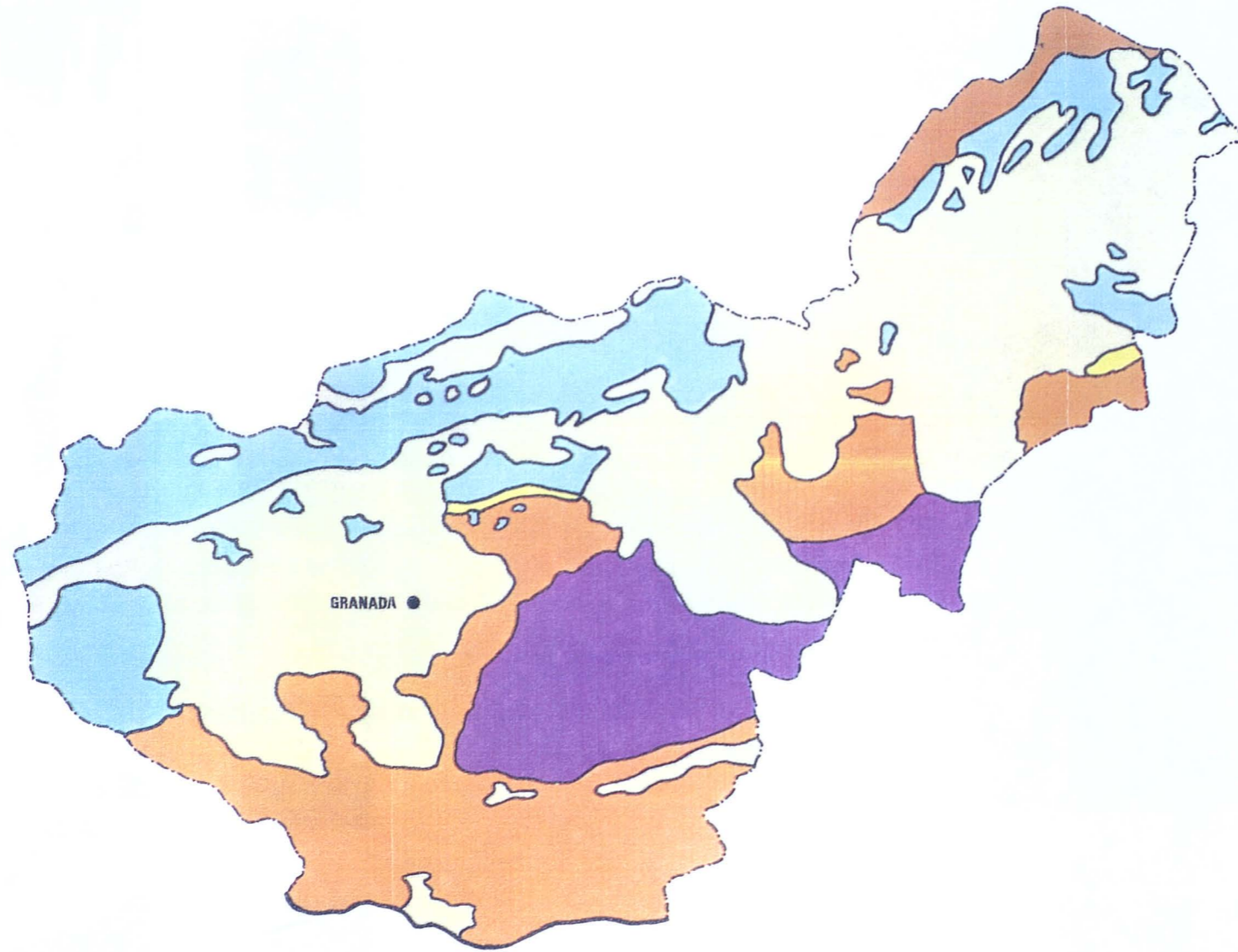
4.2. MARCO GEOLOGICO DE LA ZONA ESTUDIADA.

Actualmente, en Granada existen numerosas canteras, destinadas a la explotación de áridos, que aprovechan macizos rocosos con alto grado de brechificación, propiedad que abarata, en gran medida, el proceso de elaboración, especialmente la extracción. Tal es el caso de las que se instalan sobre rocas dolomíticas pertenecientes a los Mantos Alpujárrides.

También se explotan macizos rocosos compactos, como ocurre en las canteras localizadas sobre los afloramientos calizos y calizo-dolomíticos del Subbético.

PLANO PROVINCIAL DE FORMACIONES GEOLÓGICAS

NI LEYENDA



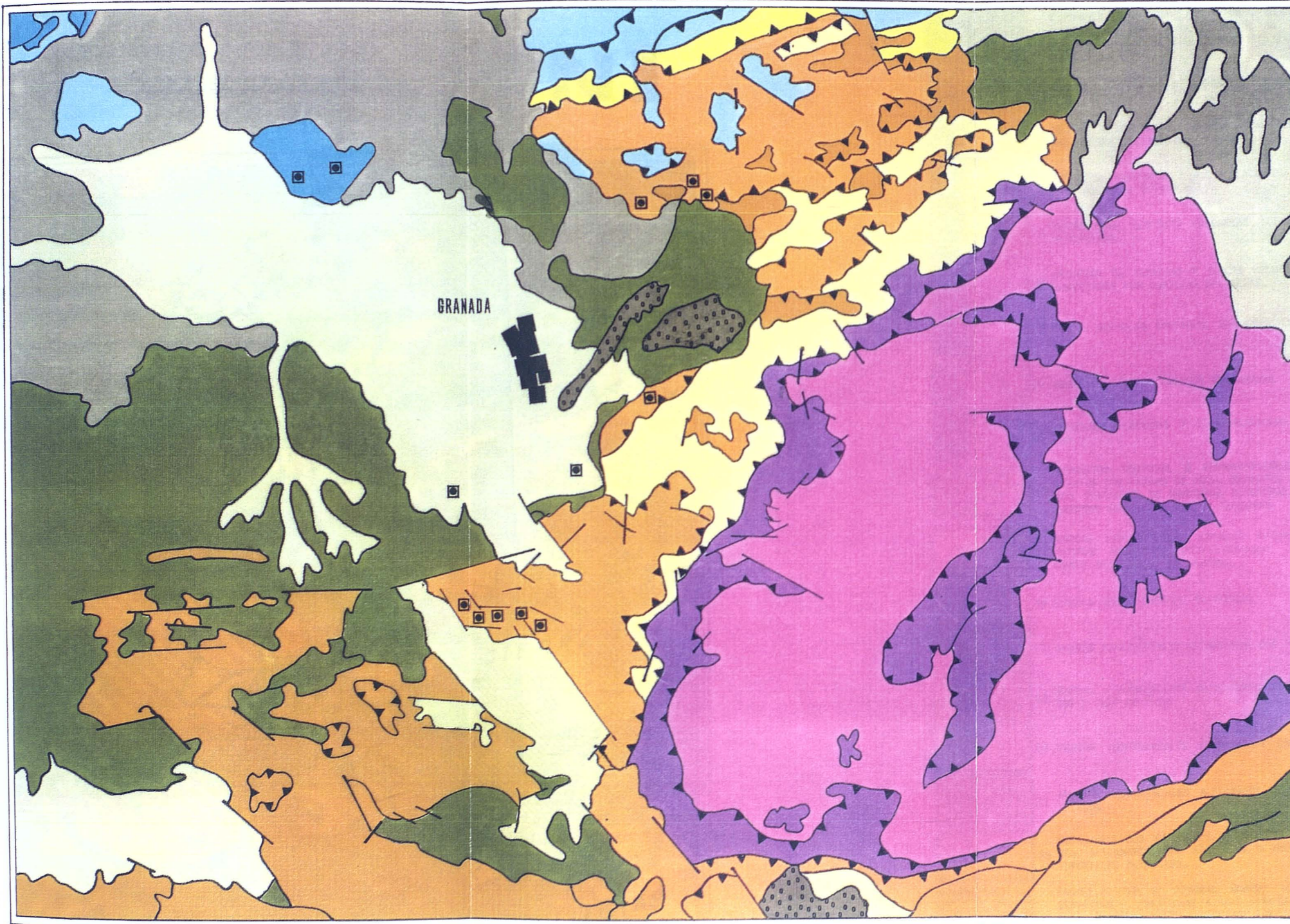
1	1. NEOGENO Y CUATERNARIO
2	2. MALAGUIDE
3	3. ALPUJARRIDE
4	4. NEVADO-FILABRIDE
5	5. SUBBETICOS
6	6. PREBETICOS

ESCALA: 1/1.000.000

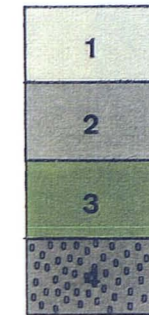
PLANO TECTÓNICO Y FORMACIONES GEOLÓGICAS DE LA ZONA

NI

LEYENDA

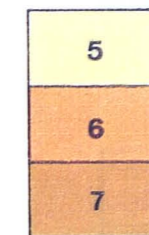


NEOGENO Y CUATERNARIO:



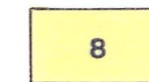
- 1. CUATERNARIO
- 2. POLICUATERNARIO
- 3. MIOCENO SUPERIOR
- 4. PLIOCENO

ALPUJARRIDE:



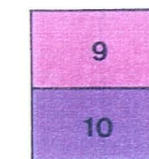
- 5. MANTOS INFERIORES
- 6. MANTOS INTERMEDIOS
- 7. MANTOS SUPERIORES

MALAGUIDE:



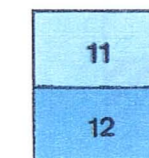
- 8. MALAGUIDE

NEVADO-FILABRIDE:



- 9. MANTO VELETA
- 10. MANTO MULHAGEN

SUBBETICO:



- 11. SUBBETICO INTERIOR Y PENIBETICO
- 12. SUBBETICO MEDIO

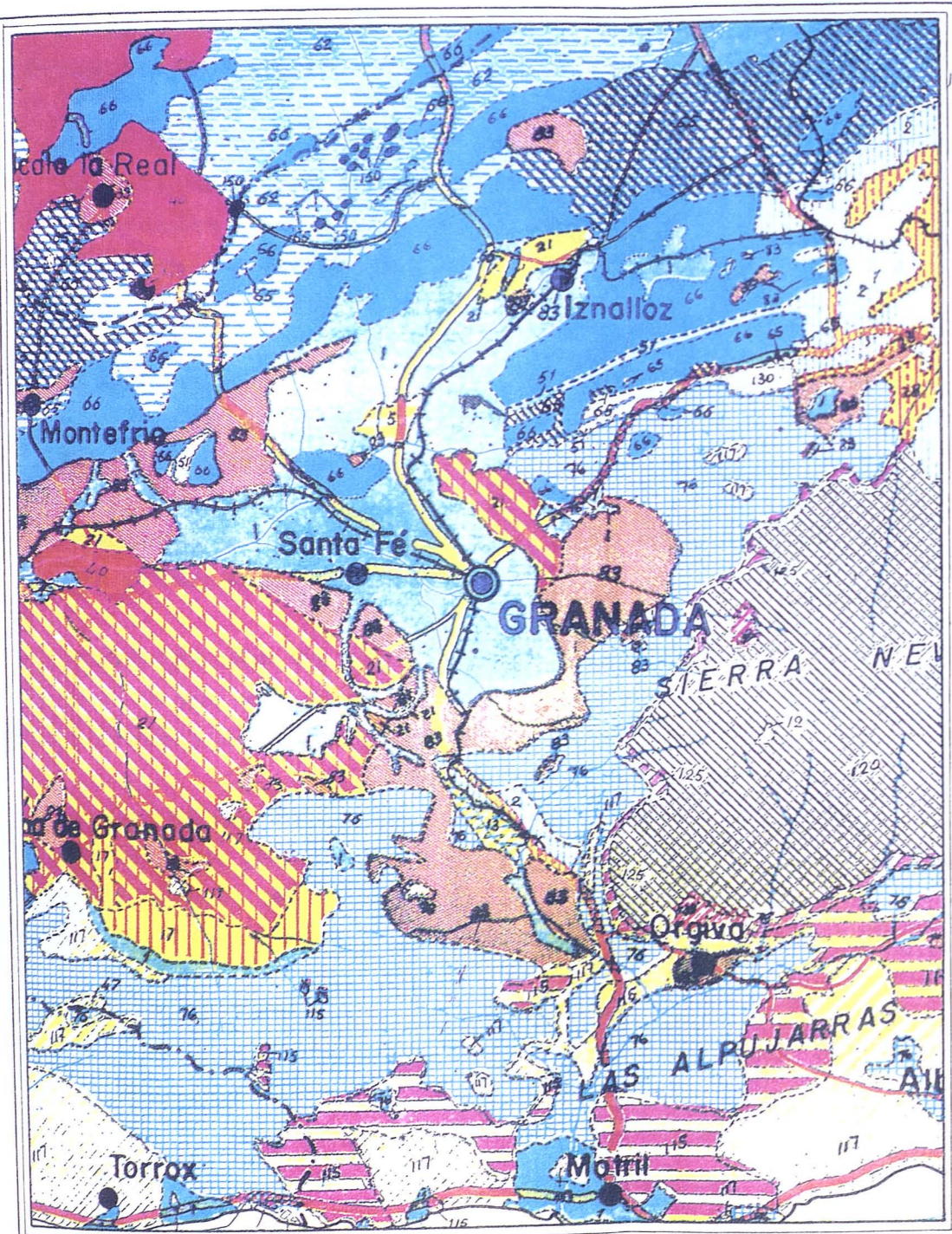
ESCALA: 1/200,000

▣ SECTORES MUESTREADOS

PLANO

LITOLÓGICO

ESCALA : 1 / 500.000



LEYENDA

- | | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 1 ALUVIONES EN GENERAL, CALCAREOS O SILICEOS, ESPECIALMENTE CALCAREOS. DEPOSITOS DE TERRAZA, FONDOS DE VALLE, GLACIS, LADERA, ETC. (INDIFERENCIADOS). |
| | 2 GRAVERAS CALCAREAS O MIXTAS; RARAS CALCAREAS. |
| | 3 ARENAS; ARENALES CALCAREOS; DUNAS CONSOLIDADAS (MARES MALLORQUIN). |
| | 4 DEPOSITOS GLACIARES Y FLUVIOGLACIARES; MORRENAS CALCAREAS O MIXTAS. |
| | 5 TRAVERTINOS, CORTEZAS CALCAREAS SOBRE OTROS SEDIMENTOS. |
| | 6 GRAVERAS DE TERRAZAS Y GLACIS RECUBIERTAS O CEMENTADAS POR CORTEZAS CALCAREAS. |
| | 7 DUNAS; ARENALES COSTEROS; CORDONES LITORALES. |
| | 11 ARENALES SILICEOS GRUESOS CON GRAVAS. |
| | 12 DEPOSITOS GLACIARES Y FLUVIOGLACIARES; MORRENAS. |
| | 13 DEPOSITOS TEMPORAL O PERMANENTEMENTE RECUBIERTOS POR LAMINA DE AGUA; DEPOSITOS DE ESTUARIO, DELTAICOS, DE MARISMAS, ALBUFERAS, SALINAS, LAGUNAS SALADAS O DULCES; TURBERAS. |
| | 15 MARGAS CONTINENTALES, ARCILLAS MARGOSAS, DEPOSITOS ARCILLOSOS INDIFERENCIADOS, EVENTUALMENTE DETRITICOS; EN GENERAL. |
| | 16 MARGAS CONTINENTALES DETRITICAS. |
| | 17 MARGAS CONTINENTALES ALTERNANDO CON ARENSCAS. |
| | 18 MARGAS CONTINENTALES ALTERNANDO CON ARENSCAS Y ALGO DE YESO. |
| | 19 MARGAS CONTINENTALES ALTERNANDO CON YESOS. |
| | 21 MARGAS CONTINENTALES ALTERNANDO CON CALIZAS Y YESOS. |
| | 28 CONGLOMERADOS CALCAREOS, O MIXTOS, NO MASIVOS, ALTERNANDO CON ARENSCAS O MARGAS CONTINENTALES DETRITICAS. |
| | 40 FACIES KEUPER, EN GENERAL; MARGAS ARCILLOSAS GENERALMENTE YESIFERAS A MUY YESIFERAS, SALUBRES; EVENTUALMENTE DETRITICAS; FRECUENTES EN TERCALACIONES DE CALIZAS DOLOMITICAS (CARNIOLAS); FRECUENTES MASAS DE OFITAS. |
| | 47 ARENSCAS POCO CEMENTADAS, ARENAS Y CONGLOMERADOS SILICEOS, ARCILLAS CAOLINICAS DETRITICAS, EN GENERAL POCO CEMENTADAS. PUEDEN ALTERNAR CON ALGUNAS CAPAS MARGOSO-CALCAREAS FACIES UTRILLAS; O WEALD DETRITICO. |
| | 51 MARGAS MARINAS, EN GENERAL. |
| | 56 MARGAS APIZARRADAS (SHALES). |
| | 62 MARGAS CON ALGUNA INTERCALACION DE CALIZAS. |
| | 65 MARGAS MARINAS ALTERNANDO CON CALIZAS Y ARENSCAS (FLYSCH CALCAREO ARENSCOSO). |
| | 66 CALIZAS MARINAS, EN GENERAL; CALIZAS MASIVAS, A VECES CALIZAS Y DOLOMIAS NO DIFERENCIADAS. |
| | 76 DOLOMIAS, CALIZAS DOLOMITICAS, CARNIOLAS. |
| | 83 ARENAS; ARENAS FINAS Y LIMOS CALIZOS MARINOS (MOLASAS), EN GENERAL. |
| | 96 PIZARRAS ALTERNANDO CON CALIZAS. |
| | 115 PIZARRAS ALTERNANDO CON CUARCITAS MASIVAS. |
| | 116 PIZARRAS, FILITAS, CALCOESQUISTOS, EN GENERAL. |
| | 117 |
| | 118 ANFIBOLITAS EN GENERAL. ORTOANFIBOLITAS DE GALICIA. |
| | 119 SERPENTINAS. |
| | 120 MICACITAS. |
| | 121 AUREOLA METAMORFICA DE CONTACTO, ESQUISTOS NODULOSOS, CORNEANAS, ETC. |
| | 122 ESQUISTOS CLORITICOS. |
| | 125 ESQUISTOS ALTERNANDO CON CUARCITAS. |
| | 130 ESQUISTOS ALTERNANDO CON CALIZAS CRISTALINAS. |
| | 138 ESQUISTOS METAMORFICOS ALTERNANDO CON GNEISS Y CUARCITAS. |
| | 150 A) ROCAS EFUSIVAS BASICAS; BASALTOS, ETC. B) ROCAS PIROCLASTICAS. C) DIQUES BASICOS. |

Otras, situadas en las laderas de los accidentes montañosos, aprovechan los materiales de piedemonte, procedentes de los relieves dolomíticos por efecto de las arroyadas.

Las restantes explotaciones se localizan en los depósitos aluviales de los ríos en los que, a diferencia de los materiales anteriores, los cantos aparecen redondeados, al haber sufrido una mayor agresión físico-química, y son de naturaleza más variada.

En la zona objeto de estudio, según el emplazamiento de las canteras seleccionadas, podemos establecer los siguientes grupos:

-Canteras en materiales carbonatados Alpujárrides y Subbéticos. Aquí se incluyen la mayoría de las explotaciones analizadas, perteneciendo a este grupo las canteras de los sectores denominados como: Huetor Santillán-Puerto de la Mora, Güéjar Sierra, Padul-Dúrcal y Sierra Elvira.

-Canteras en materiales de piedemonte. A este grupo pertenecen las situadas en el cono de deyección de la Zúbia (sector Dílar-La Zúbia).

-Canteras en materiales aluviales. Donde se incluiría la del río Dílar (sector Dílar-La Zúbia).

Las rocas que se explotan en la zona estudiada son dolomías y calizas, e incluso también aparecen como materiales predominantes en los depósitos de piedemonte y aluviales.

El carbonato magnésico-cálcico (dolomita) es el más abundante y explotado, en los Mantos intermedios Alpujárrides, ya que, como se ha mencionado anteriormente, su alto grado de brechificación abaratan en gran medida los costes de extracción y trituración.

En las canteras de Sierra Elvira es el carbonato cálcico (calcita) el constituyente mayoritario, existiendo nódulos de sílex. Las proporciones de margocalizas, margas y arcillas, que se

eliminan cuando aparecen en los frentes de explotación, son relativamente reducidas.

En las explotaciones de piedemonte y aluviales la naturaleza del material es más variada existiendo, además, micaesquistos y mármoles. También hemos detectado la presencia de calcoesquistos en el sector Padul-Durcal, apareciendo, en algunos frentes, como pequeños niveles intercalados en las dolomías.

La Calcita (CO_3Ca) junto a la Dolomita ($(\text{CO}_3)_2 \text{CaMg}$) son los componentes fundamentales de las rocas carbonatadas con una composición química muy parecida. Sin embargo, y a pesar de que cristalizan ambos en formas romboédricas, hay ciertos matices diferenciadores: así, el grupo espacial de la Calcita es $\bar{R}3 \text{ cc}$ ($a=4,9896 \text{ \AA}$ y $c=17,0610 \text{ \AA}$), con un contenido de la celdilla unidad de 6 agrupaciones de CO_3Ca ; en el caso de la Dolomita su grupo espacial es $\bar{R}3$ ($a=4,8069 \text{ \AA}$ y $c=16,0034 \text{ \AA}$) y el contenido de la celdilla unidad son 3 agrupaciones de $\text{CaMg}(\text{CO}_3\text{Ca})_2$. Esto da lugar a diferencias en la dureza (3, 5/4, en la dolomita y 3, en la calcita en la escala de Mohs) y en la densidad (Calcita=2,71 y dolomita=2,85) (73).

Cuando en la Calcita se sustituye el Ca^{2+} por Mg^{2+} se forma el carbonato doble, conocido como Dolomita, donde ambos cationes pueden alternarse regularmente con el CO_3^- y constituir una estructura estable. Cuando el porcentaje de magnesio que entra en la red cristalina de la calcita es pequeño, se origina una estructura conocida como calcita magnesiaca, por lo que puede explicarse que en una roca carbonatada se consideren diversos subtipos de rocas según su contenido en calcio y magnesio (figura 4.6).

Otros minerales presentes en las rocas carbonatadas son la ankerita, la siderita y la magnesita. Minerales no carbonatados que acompañan a este tipo de rocas son el cuarzo, los feldespatos, las micas, las arcillas y minerales metalíferos.

En general, las calizas y los sedimentos que las generan presentan una composición muy parecida; por el contrario, las dolomías son rocas que fundamentalmente tienen su origen en sedimentos calizos.

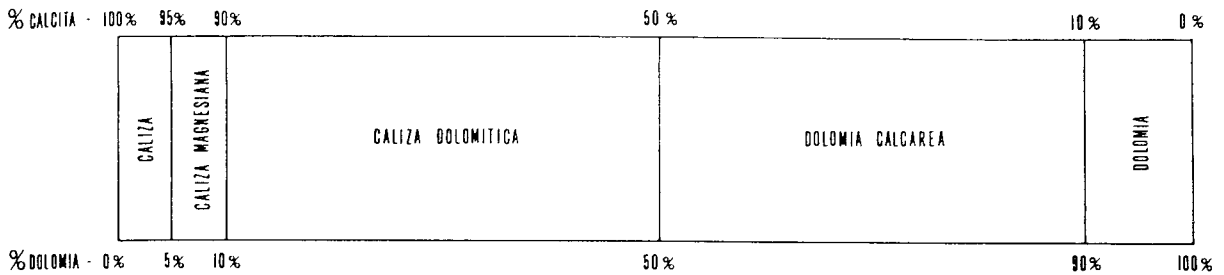


Figura 4.6. Clasificación de las rocas carbonatadas según su composición química (PETTIJOHN, 1957) (58)

Atendiendo a los criterios genéticos, se distinguen dos tipos de dolomías:

- Dolomías primarias, son aquellas que se depositan directamente como dolomita.
- Dolomías secundarias, formadas por reemplazamiento de Ca^{2+} por Mg^{2+} , constituyéndose dolomita.

En las condiciones actuales, parece que muy poca o ninguna dolomía se está depositando, y la que lo hace, probablemente necesite la ayuda de bacterias y algas y sus productos de degradación (59). Es más común que la dolomita se forme por la acción de iones Mg^{2+} sobre el carbonato cálcico ya depositado; sin embargo, hay que mencionar que en épocas pasadas se consiguió un grado de concentración adecuado para la precipitación de dolomita.

4.2.1 Canteras en materiales carbonatados Alpujárrides y Subbéticos.

Las canteras de los sectores Huetor Santillán-Puerto de la Mora, Güéjar Sierra y Padul-Dúrcal explotan materiales carbonatados

Alpujárrides, pertenecientes a una potente serie de materiales calizo- dolomíticos.

Los materiales de las canteras de Padul-Dúrcal pertenecen al Manto de Trevenque, al igual que los explotados en la de Güéjar Sierra. Las canteras de Huetor Santillán-Puerto de la Mora se sitúan en el Manto de la Alfaguara, si bien, según la clasificación del Mapa Geológico de Andalucía (51) todas se encuentran localizadas en los Mantos Intermedios. Esta clasificación simplifica la pluralidad de nombres en relación con los Mantos Alpujárrides, derivados de los numerosos autores y estudios sobre el tema, definiendo tres grandes grupos según sus características generales: Mantos Superiores, Manto Intermedios y Mantos Inferiores (47,51).

La serie de Trevenque, se puede considerar como válida, sin grandes modificaciones, para las canteras de Güéjar Sierra y Padul-Dúrcal. En esta unidad la formación carbonatada está principalmente representada por dolomías (dolomita=90/100%, calcita=ind/15% y cuarzo=ind), cuya estratificación no aparece clara.

La columna de Trevenque muestra, como regla general, la existencia de un tramo calcoesquistoso en la base de la formación carbonatada, seguido por tramos predominantemente calizos (calizas tableadas o bien compactas) hasta 150 metros de potencia (60). Encima se observa un predominio prácticamente absoluto de dolomías, si bien existen algunos niveles con contaminaciones de calcoesquistos ocreos (dolomita=50%, cuarzo=30% y clorita=20%) (figura 4.7), hecho constado en un frente de una de las canteras del sector Padul-Dúrcal.

Las dolomías son brechoides en casi todas partes hasta llegar a tener el aspecto de cataclasitas en grandes extensiones. En algunos puntos la brechificación podría estar en relación con las fallas, ciertamente numerosas en este sector. Esta característica tan general llega a ser un carácter distintivo de este tramo de la formación carbonatada del Manto de Trevenque. Es notable la gran pureza de las dolomías de este nivel, si bien la columna en el

sector de Padul-Dúrcal presenta una potencia de la formación carbonatada de unos 1000 metros (54), y, además, otros tramos más altos con calizas tableadas grises, dolomías y rocas de composición intermedia, en las proximidades de Nigüelas (61).



Figura 4.7. Contaminaciones de calcoesquitos ocre en un frente de material dolomítico, (sector Padul-Dúrcal).

La serie de la Alfaguara es la representativa para las canteras de Huetor Santillán-Puerto de la Mora. En ésta, la formación carbonatada se inicia con un miembro basal, con carácter transicional a la formación de filitas y pelitas rojas, que poseen un espesor variable y corresponden a una sucesión de calizas, margas y calcoesquitos, cuyos términos más calizos son de calizas esparíticas y microesparitas arcillosas más o menos dolomitizadas; aparecen estratificadas en bancos delgados de tonalidades azul, negro y rojo, donde se intecalan doloesparitas y también calcoesquitos amarillentos.

Por encima del miembro basal, la formación carbonatada presenta una dolomitización constante, recristalización normalmente alta y abundantes tramos de rocas masivas (62).

El paquete más característico está constituido por una sucesión de mármoles dolomíticos de color gris claro y blanco (dolomita=80/100%, calcita=ind-15% y clorita=ind), muy recristalizados y fuertemente triturados; es en éstos donde están enclavadas numerosas canteras.

Las canteras de Sierra Elvira explotan materiales carbonatados del Subbético medio. Actualmente, la Sierra se ve afectada por fallas, que la configuran, desde el punto de vista estructural, como un horst. En su parte Occidental, donde se ubica una de las canteras estudiadas, predominan rocas calizo-dolomíticas. Las dolomías, que afloran con mucha mayor amplitud en el sector septentrional de la Sierra, presentan una tonalidad grisácea y están pobremente estratificadas; su tónica general es mostrarse brechificadas pero en determinados sectores se presentan en estratos de 40-60 cm. Aparecen, localmente, sobre las margas y arcillas triásicas, y la dolomitización que presentan puede llegar a afectar al tramo de calizas con sílex suprayacente (39,51) (figura 4.8).

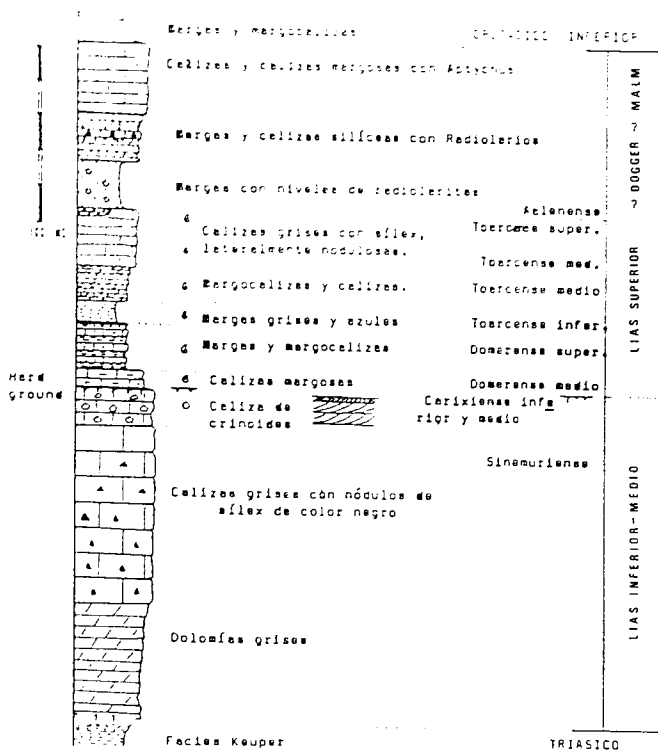


Figura 4.8. Serie estratigráfica de Sierra Elvira (Subbético medio). (63 a 68).

La otra cantera analizada se sitúa en la parte Oriental de la Sierra. Esta zona es mucho más variada ya que está compuesta por calizas, margocalizas y margas. La explotación se realiza en las calizas con sílex (Calizas: calcita=70% y dolomita > 25%; Nódulos de sílex: cuarzo > 70%, calcita > 25% y dolomita = ind) (figura 4.9), presentando una potencia cercana a 80 metros; están muy bien estratificadas en bancos de 40 a 60 cm (figura 4.10), de tonalidad gris oscura, aparecen también brechificadas (49).

4.2.2. Canteras en materiales de piedemonte.

Si consideramos una región montañosa, la erosión torrencial arranca derrubios de las partes altas y los deposita al llegar a la llanura donde frena su velocidad. Descarga a través de un piedemonte y sus depósitos pueden llegar a unirse, formando una llanura aluvial de piedemonte.

Sobre estos depósitos divagan corrientes de agua que podrán excavar los materiales depositados en la cabecera. Esquemáticamente, se distinguen tres partes:

- Glacis aluvial. Se desarrolla cuando hay un encajamiento de las corrientes de agua, debido a un levantamiento del piedemonte, a un hundimiento del nivel de base o a un cambio climático.
- Estadio de plataforma. Llanuras alargadas y colgadas que pueden ser destruidas si las corrientes se encajan en el piedemonte.
- Llanura de erosión. Que conduce a hacer desaparecer el piedemonte y continuación de la erosión de las plataformas.

Los materiales depositados son conglomerados, de diferente granulometría, presentando los cantos formas angulosas y matriz arcillosa.



Figura 4.9. Calizas con sílex en el sector oriental de Sierra Elvira.



Figura 4.10. Calizas bien estratificadas en el sector oriental de Sierra Elvira.



La cantera de La Zubia explota depósitos conglomeráticos, tipo piedemonte; de hecho, el gran cono de deyección de La Zubia, con vértice en la Fuente del Hervidero y cuya base se extiende desde Gojar hasta el Barrio de Monachil, constituye uno de los mayores depósitos de piedemonte de la zona. Lo integra una potente masa de conglomerados (hasta 100 metros de potencia) (49), parcialmente cementados por costras calizas de tipo caliche; los cantos provienen, casi exclusivamente, de las calizas y dolomías triásicas que afloran en las inmediaciones (dolomita=65/80% y calcita=15/35%). Aparecen también, ocasionalmente, cantos de micaesquistos con formas redondeadas (cuarzo=65%, feldespato=15%, arcilla=10%, calcita=ind y dolomita=ind).

El depósito, en conjunto, es claramente tabular, con una pendiente que puede llegar a los 10° (figura 4.11).

4.2.3. Canteras en materiales aluviales.

Los materiales aluviales son aquellos que han sido sometidos a transporte en medio fluvial; estos materiales, rodados por el agua, se han pulido y seleccionado según tamaño en función de la capacidad energética del cauce.

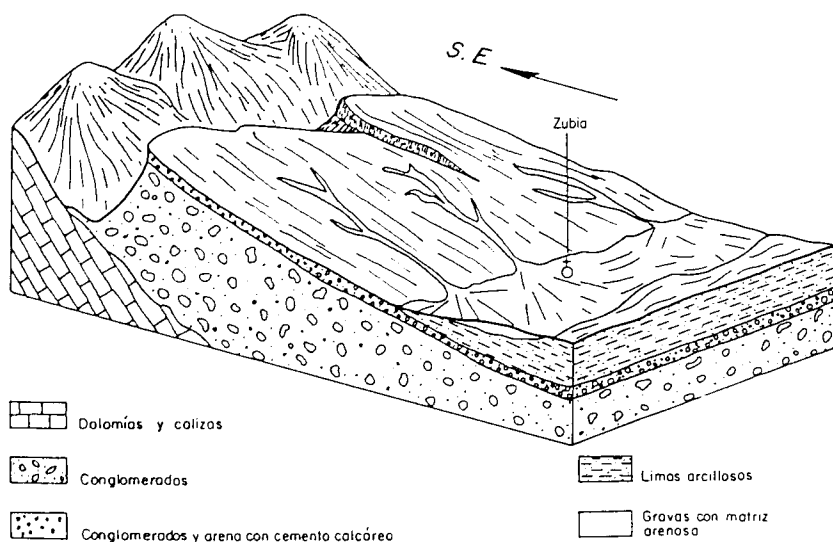


Figura 4.11. Bloque diagrama esquemático del sector Zubia. (57)

Los rios de los alrededores de Granada se abren paso sobre sedimentos aluviales transportados y depositados por otros rios de épocas pasadas junto con los actualmente existentes. Por tanto, aunque sus lechos aparentes quedan bién definidos, los materiales que los ocupan no se puede decir que sean exclusivamente los procedentes de sus cabeceras.

Los materiales del lecho aparente, salvo los más finos, son redondeados y éstos se hacen más pequeños aguas abajo. Así, los cantos más gruesos se encuentran en los cursos montañosos y las arenas y gravas en los inferiores. Este decrecimiento se debe al depósito progresivo de los materiales más gruesos a medida que se reduce la pendiente y al desgaste sufrido por el transporte.

Un lecho comprende materiales de tamaños diversos, gran heterogeneidad, que es máxima para las corrientes de divagación interna y de régimen irregular, situación que crea una yuxtaposición de zonas de colmatación y zonas barridas por fuertes corrientes capaces de descargar gruesos cantos. Los depósitos de este tipo de corrientes crean una yuxtaposición de bancos finos y gruesos de forma lenticular (69,70).

El paso de una situación de estiaje a otra de crecida puede permitir la erosión de los bancos anteriores y crear otros nuevos. Si después se conservan llegarán a constituir paleocanales.

El depósito de cantos rodados obtenido del lecho aparente de nuestros rios presentan lentejones yuxtapuestos, lo que origina una variedad textural importante.

La cantera de Dilar explota los depósitos aluviales de este afluente del Genil, constituidos por cantos de naturaleza variada (Dolomías: dolomita >95%; Caliza-dolomítica: calcita=50%, dolomita=45% y cuarzo=ind.; Esquistos: cuarzo=35%, arcilla=35%, feldespatos=10%, dolomita=ind., calcita=ind. y yeso=ind.), arrastrados por el rio desde los alrededores y relieves circundantes.

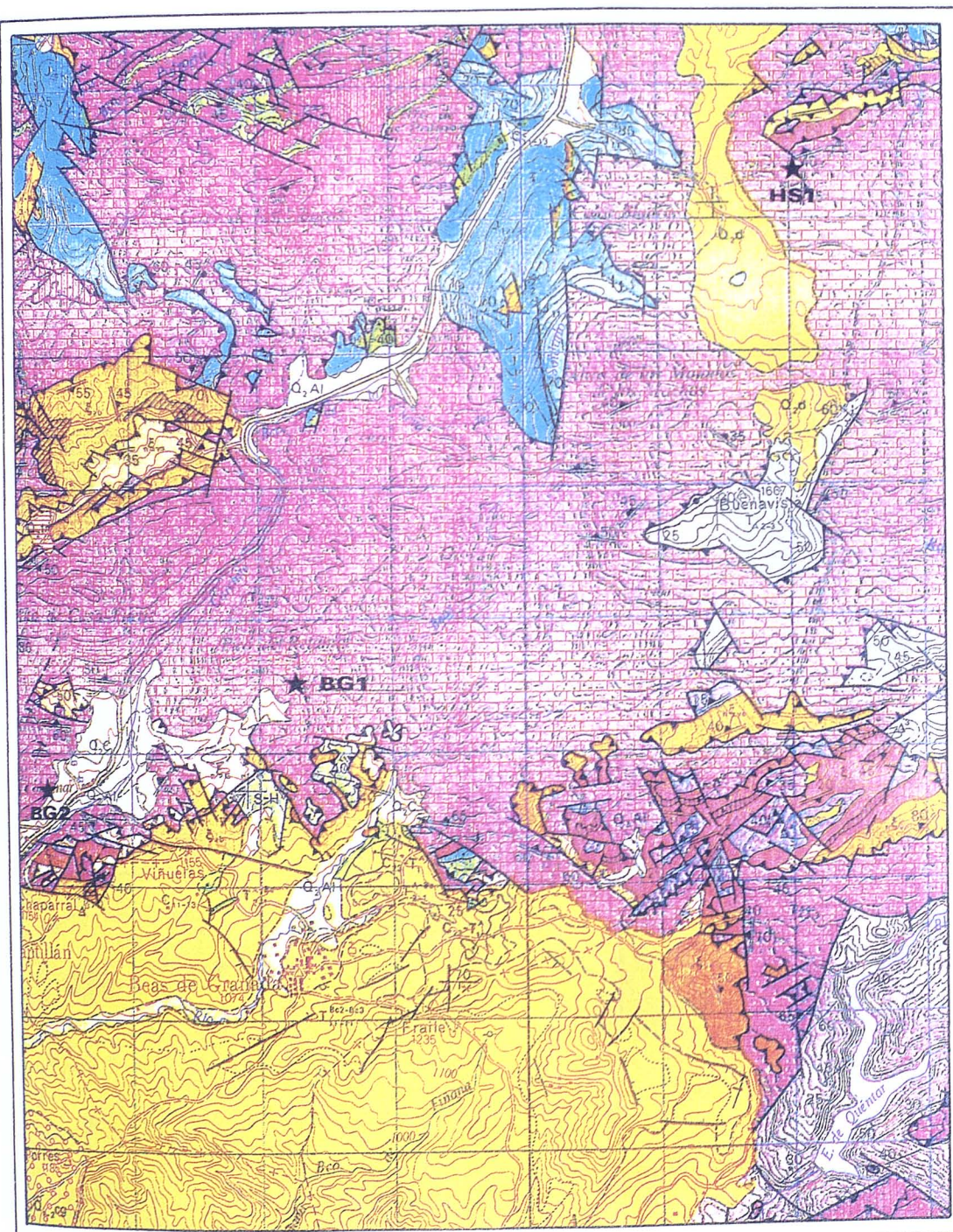
PLANO

GEOLOGICO

LEYENDA

SECTOR HUETOR S. - PUERTO DE LA MORA

ESCALA : 1 / 50.000



CUATER	HOLOCENO		Q ₁ Al	Q ₂ C	Q ₂ tr	Q ₂ d	Q ₁₋₂ Cg	Conglomerados rojos heterométricos de matriz limosa	
	PLEISTOCENO						Q ₂ tr	Travertino	
TERCIARIO	NEOGENO	MIOCENO	MED. SUPERIOR	MESSINIENSE				Q ₂ Al	Aluviales
				TORTONIENSE				Q ₂ C	Pie de monte
				SERRAVALLIENSE				T ^{8c3-8c6} ₁₁₋₁₂	Limos, arenas y algún conglomerado hacia arriba
						T ^{8c2-8c3} ₁₁₋₁₂	Calcarentas bioclásticas y arenas (Molasa)		

UNI. DE LA MORA									
TERCIARIO	PALEOG.	NEO.	MIOC.	INFERIOR				T ^{A-8a} ₃₋₁	Calcarentas pardas y margas blanquecinas
				OLIGOCENO				T ^{Ac} ₂	Margas rosadas y verdosas apizarradas
				EOC.	SUPERIOR				C ₂₃₋₂₆
CRETAC.	SUP.	SENONIENSE					C ₁₁₋₁₃	Calizas, arcillas rojas apizarradas	
	JURASICO	MALM	KIMMERIDIENSE				J ₃₁₋₃₂	Calizas micríticas ligeramente brechoides	
OXFORDIENSE					J ₁₂₋₂	Calizas oolíticas blancas, calizas con sílex (arriba)			
DOGGER				J ₁₂₋₃₂	Calizas esparíticas micríticas y con sílex				
LIAS				J ₁₁	Dolomías				

UNI. DEL DESPEÑADERO									
TERCIARIO	PALEOGENO	NEO.	MIOC.	INFERIOR				T ^{A-8a} ₂₋₁	Margas rojas y pardas, calizas detríticas, conglomerados y areniscas calcáreas
				OLIGOCENO					
				EOCENO					

COBERTERAS SUPRABETICAS								
CRETAC.	PALEOCENO						C _{22-T^A}	Margas y calizas margosas claras, rojas, y asalmonadas
	SUP.	SENONIENSE						

MALAGUIDE								
		PERMICO		P-T		P-T ₆		Areniscas, conglomerados finos y limos rojos
		CARBONIFERO		S-H		S-H		Calizas, grauwacas y pelitas, conglomerados
		DEVONICO						

MANTO DE LA PLATA								
TRIASICO							Δ ₆	Mármoles con biotita
							ξ ₆	Esquistos biotíticos de grano fino con andalucita hacia la base
							Δ ₃	Mármoles intercalados
PALEOZOICO							ξ ₆	Micasquistos y cuarzoesquistos con granate y andalucita
							ξ ₅ vs	Esquistos negros grafitosos con estaurofita y andalucita
							ξ ₅ vs	Esquistos negros grafitosos con sillimanita y cianita

MANTO DE CARBONALES									
TRIASICO							ξ ₆	Calcoesquistos intercalados	
		PERMICO						ξ ₁₀	Esquistos biotíticos con clorita y epidota

MANTO DE LA ALFAGUARA									
TRIASICO	MEDIO Y SUPERIOR						T ^{A23} ₂	Dolomías y calizas; mármoles	
	INFERIOR						T _{A2}	Calizas, margas y calcoesquistos; brechas calizas coloreadas	
		PERMICO						P-T _{A1}	Fliitas y pelitas rojas; cuarcitas basales

MANTO DEL ZUJERIO								
TRIASICO	MEDIO Y SUPERIOR						T _{A2-3}	Calizas y dolomías; margocalizas. Mineralizaciones

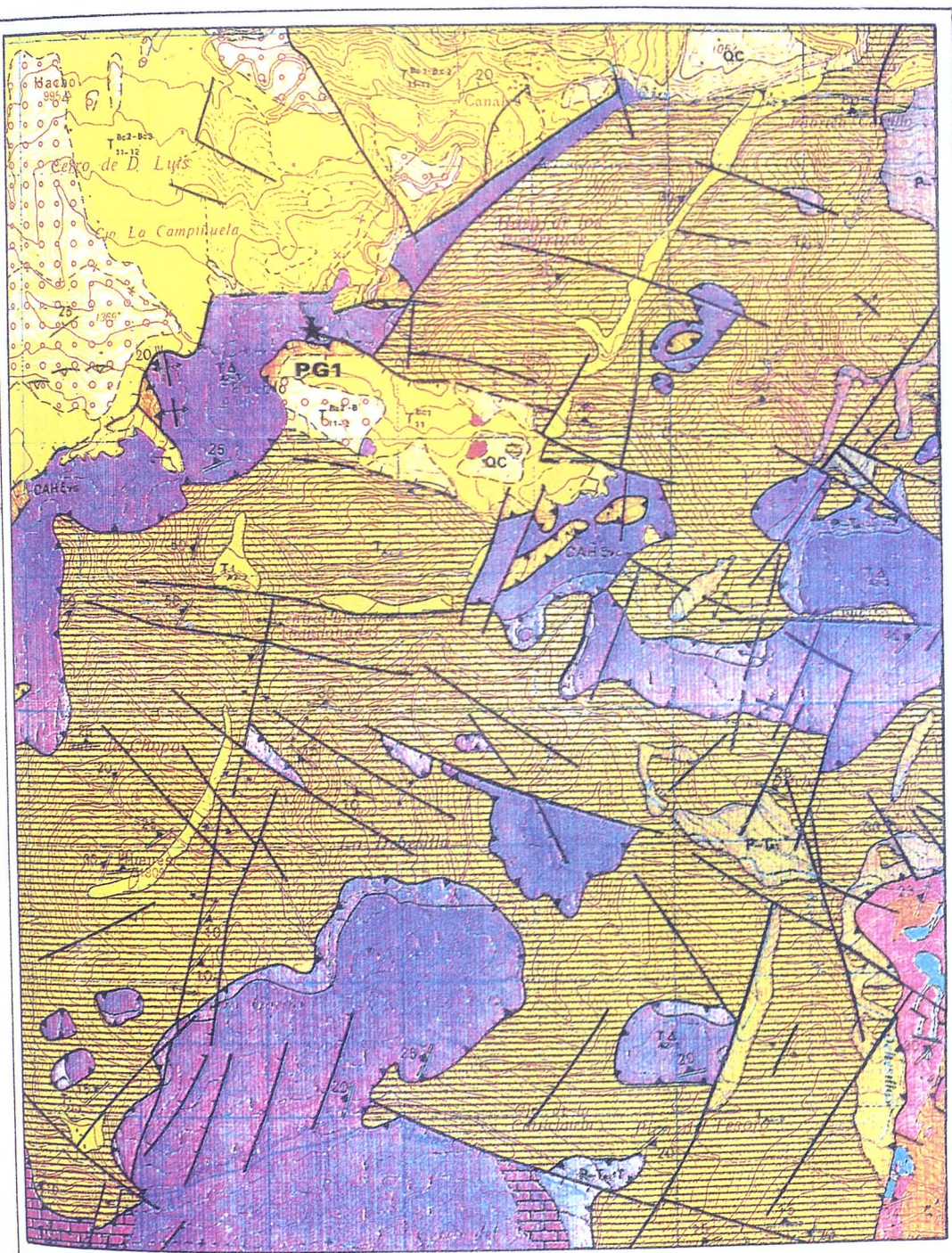
★ Localización Cantera

PLANO

GEOLOGICO

SECTOR GÜEJAR - SIERRA

ESCALA : 1 / 50.000



LEYENDA

NEOGENO-CUATERNARIO							
TERCIARIO	NEOGENO	CUATERNARIO	QAI	QC	QL	Derrubios	
		PLIOCENO				QAI	Aluvial
	MIOCENO	SUPERIOR				QC	Coluvial
						T ^{Bc2-B} ₁₁₋₂	Abanicos Aluviales
					T ^{Bc2-Bc3} ₁₁₋₁₂	Limos arenas y conglomerados	
					T ^{Bc1-Bc2} ₁₁₋₁₁	Calcarentas y detritico siliceo	
					T ^{Bc1} ₁₁	Limos y conglomerados localmente yesos	
ALPUJARRIDE							
UNIDADES DEL MANTO DE LOS GUAJARES							
PALEOZOICO			CAH ξ_{v6}		CAH ξ_{v6}	Micasquistos grafitosos con granate Estaurolita	
UNIDADES DEL MANTO DEL TREVENQUE							
TRIAS.	SUPERIOR		TA		TA	Dolomias y mármoles dolomíticos	
			T ^{ca} _{A2-3}		T ^{ca} _{A2-3}	Calizas y calizodolomias masivas y tableadas	
		INF.	P-T _{A1T}		P-T _{A1T}	Filitas y cuarcitas gris-acerado y azuladas	
	PERMICO						
UNIDADES DEL MANTO DE VIBORAS							
TRIAS.	SUPERIOR		T _{A2-3}		T _{A2-3}	Calizas masivas y tableadas con calcoesquistos y calizas margosas	
			T _{A2-3}		T _{A2-3}	Filitas violaceas amarillas y rojizas intercaladas	
		INF.	P-T _{A1}		P-T _{A1}	Filitas y cuarcitas grises y violetas	
	PERMICO						
NEVADO-FILABRIDE							
FORMACION DE MARMOLES CONGLOMERATICOS							
ENTRE PALEOCENO Y MIOCENO INFERIOR			T ^{A-Ba} ₁₁		T ^{A-Ba} ₁₁	Micasquistos de grano fino y filitas	
			K ₁		K ₁	Turmalinitas	
			T ^{A-Ba} ₁₁		T ^{A-Ba} ₁₁	Mármoles brechoides	
MANTO DEL MULHACEN							
UNIDAD DE LAS SABINAS							
TRIASICO			T _{AM}		T _{AM}	Mármoles cipolinicos	
			E _m		E _m	Ortogneises fengiticos	
			Σ		Σ	Serpentinita	
			ξ ₁₁		ξ ₁₁	Micasquistos granatíferos con anfíbol zoisita ó distena y estaurolita	
			ξ _{0k}		ξ _{0k}	Micasquistos con cloritoide y distena	
UNIDAD DE SAN FRANCISCO							
UNIDAD DE LA CALDERA							
TRIASICO			T _{AD}		T _{AD}	Mármoles cipolinicos con granate y anfíbol	
PERMICO-TRIAS INFERIOR			P-T _{A1} ξ _{ph}		P-T _{A1} ξ _{ph}	Micasquistos con feldespato y anfíbol cuarcitas	
PALEOZOICO Y (PRECAMBRICO)			E _v		E _v	Micasquistos grafitosos	
			ξ _A		ξ _A	Anfibolitas y anfíbolitas eclogiticas	
			E		E	Ortogneises pegmatoides	
			Σ		Σ	Serpentinitas	
MANTO DEL VELETA							
UNIDAD DE LAS YEGUAS							
PERMICO-TRIAS			P-T _{A1} ξ _v		P-T _{A1} ξ _v	Micasquistos con distena y estaurolita	
PALEOZOICO Y (PRECAMBRICO)			CA-H(PC)ξ _{v0db}		CA-H(PC)ξ _{v0db}	Anfibolitas y anfíbolitas eclogiticas y cloritoide	
			E		E	Ortogneises pegmatoides	
			P-T _{A1} ξ ₀		P-T _{A1} ξ ₀	Cuarcitas feldespáticas	
			CA-H(PC)ξ _{v0db}		CA-H(PC)ξ _{v0db}	Micasquistos grafitosos con feldespato, cloritoide y biotita	
			Σ		Σ	Serpentinita	
			ξ _A		ξ _A	Anfibolita	
			KC ₂		KC ₂	Epidotitas con albita y epidota	

★ Localizacion Cantera

PLANO

GEOLOGICO

SECTOR PADUL - DURCAL

ESCALA : 1 / 50.000



LEYENDA

NEOGENO-CUATERNARIO

CUATER.	HOLOCENO	Q ₂	Q ₂ Ce	Q ₂ Al
	PLEISTOCENO	Q ₁ Al	Q ₁ Ce	Q ₁ Al
TERCIARIO	NEOGENO SUPERIOR	PLIOCENO	T ₂ ^{sc}	T ₂ ^{sc}
		MESSINIENSE	T ₁ ^{sc}	T ₁ ^{sc}
		TORTONIENSE	T ₁ ^{sc}	T ₁ ^{sc}

- Q₂ Indiferenciado
- Q₂Ce Conos de deyección
- Q₁ Turbaros
- Q₂Al Aluvial
- Q₁₋₂Ce Conos de deyección
- Q₁Ce Conos de deyección
- Q₁Al Aluvial
- T₂^{sc} Limos, arenas y conglomerados
- T₁₋₂^{sc} Abanicos aluviales
- T₁₋₂^{sc} Calizas
- ce Niveles de celestina
- T₁₋₂^{sc} Limos, yesos, arenas y conglomerados
- T₁₋₂^{sc} Materiales detríticos y calcarenitas
- Y Yesos
- s Areniscas

ALPUJARRIDE

UNIDADES DEL MANTO DE LOS GUAJARES

TRIAS.	INF.	WERFENIENSE	P-T ₁ T ₁ ²
PALEOZOICO			CA-H ₂ Vo

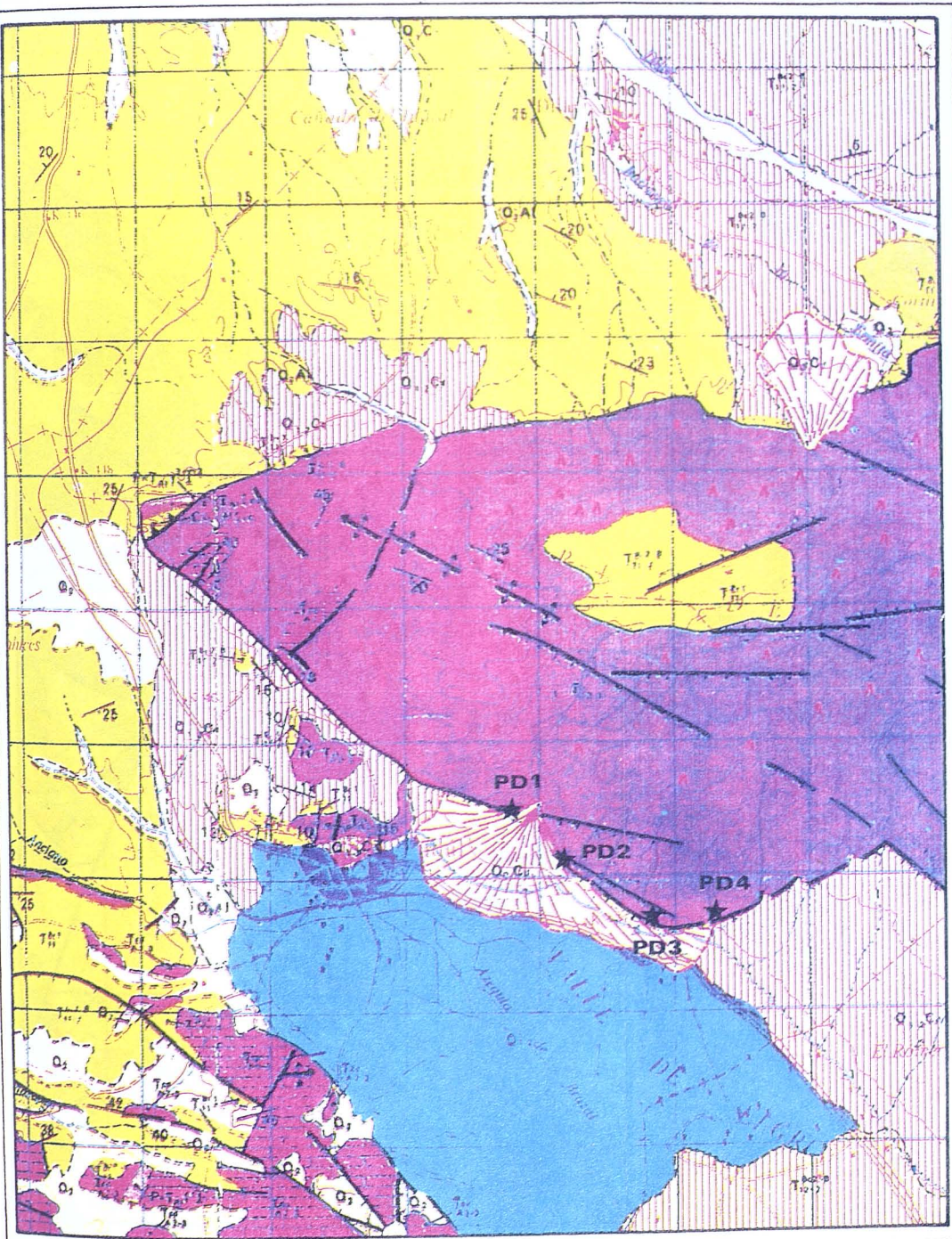
- P-T₁T₁² Filitas-cuarcitas gris azulado
- P-T₁E₁ Micasquistos y cuarcitas biotíticas con epidota
- CA-H₂Vo Micasquistos grafitosos con granato-estaurolita

UNIDADES DEL MANTO DE TREVENQUE

TRIAS.	SUPERIOR		T ₂ ²
	MEDIO		T ₂ ²
TRIAS.	INF.	WERFENIENSE	T ₂ ²
	PERMICO		

- T₂² Dolomías y mármoles dolomíticos "kekirticas"
- T₂² Calizas y calizo-dolomías masivas y tableadas
- P-T₁T₁ Filitas y cuarcitas gris acerado y azulado

★ Localización Cantera

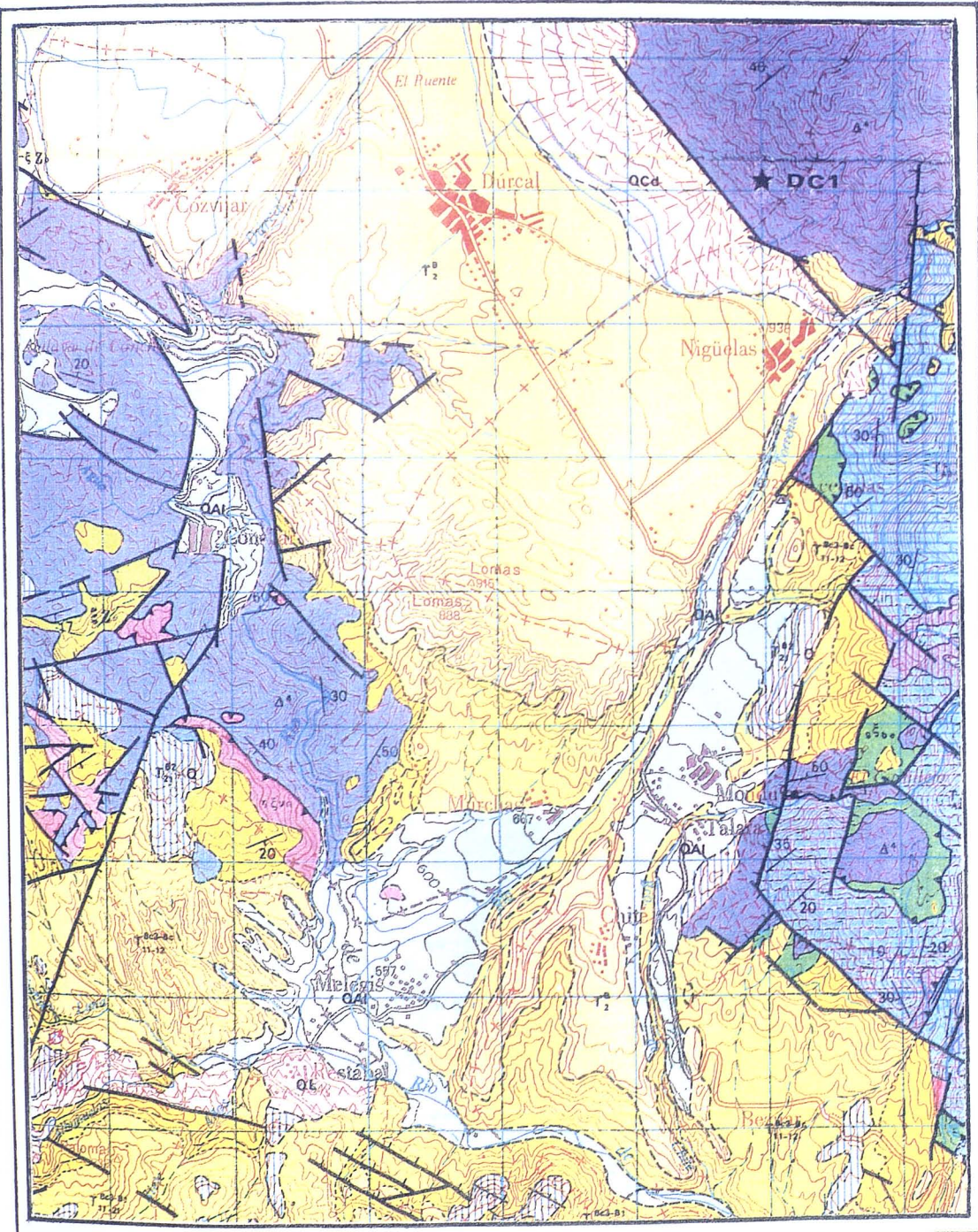


PLANO

GEOLOGICO

SECTOR PADUL - DURCAL

ESCALA : 1 / 50.000



LEYENDA

NEOGENO Y CUATERNARIO

TERCIARIO	CUATERNARIO		QL	Qtr	QCd	QAI	T ₂₁ ^Q
	PLIOCENO		T ₂ ⁰				T ₂₁ ^Q
	NEOGENO	MIOCENO	SUPERIOR	T ₁₁₋₁₂ ^{Bc3-Bc}		T ₁₁₋₂₁ ^{Bc3-D1}	
			TORTONIENSE	T ₁₁₋₁₁ ^{Bc2-Bc3}			
			SERRAVALIENSE	T ₁₂₋₁₁ ^{Bb2-Bc1}			
		INF.	T ₁₂₋₁₂ ^{Ba-Bb1}				
			T ₁₂₋₁₂ ^{Bb-Bc}				
			T ₁₁₋₂₁ ^{Bc3-B1}				
			T ₁₁₋₁₂ ^{Bc3-Bc}				
			T ₁₂₋₁₂ ^{Bb-Bc}				
			T ₁₁₋₁₁ ^{Bc2-Bc3}				
			T ₁₂₋₁₁ ^{Bb2-Bc1}				
			T ₁₂₋₁₂ ^{Ba-Bb1}				

- QL Derrubios, y brechas cementadas
- Qtr Travertino
- QCd Conos de deyección
- QAI Aluviales
- T₂₁^Q-Q Conglomerados, y margas
- T₂⁰ Conglomerado heterométrico con arenas
- T₁₁₋₂₁^{Bc3-B1} Arenas y limos
- T₁₁₋₁₂^{Bc3-Bc} Limos y arenas azules y amarillos
- T₁₂₋₁₂^{Bb-Bc} Arenas, limos y conglomerados
- T₁₁₋₁₁^{Bc2-Bc3} Calcarenitas bioclasticas y arenas (Molasa)
- T₁₂₋₁₁^{Bb2-Bc1} Limos, arenas y conglomerados
- T₁₂₋₁₂^{Ba-Bb1} Calcarenitas bioclasticas coraligenas y arenas

ALPUJARRIDE UNIDADES DEL MANTO DE LOS GUAJARES

TRIAS.	Alpujarride		Δ ₀	Esquistos frecuentemente con biotita
				Esquistos biotíticos, con andalucita hacia la parte inferior
PALEOZOICO			ξ _{2a}	Cuarzoesquisto y esquistos grises con estauroлита epidótica con distena. Anfíboles y epidotitas
			ξ _{2bc}	Niveles cuarcíticos y esquistos grises con estauroлита y distena, anfíbotas
			ψ	Gneises migmatíticos y migmatita
			ξ _{2v}	Esquistos negros grafitosos con sillimanita y cianita
			ξ _{2v0}	Esquistos negros grafitosos con estauroлита y andalucita
			ξ _{2v0}	Esquistos negros grafitosos con granate y estauroлита; localmente sillimanita y cianita

MANTOS DE LA HERRADURA Y TREVENQUE

TRIAS.	Mantos de la Herradura y Trevenque		Δ [*]	Mármoles con intercalaciones esquistosas, Dolomias y mármoles dolomíticos
				Calizo-dolomias y calizas masivas tableadas
PALEOZOICO			ξ _{2b}	Esquistos de grano fino con epidota y plagioclase
			ξ _{2bc}	Esquistos grises con biotita y epidota; anfíbol
			ξ _{2b0}	Esquistos grises con estauroлита y cianita
			ξ ₂₀	Esquistos y cuarzoesquistos oscuros con estauroлита y cianita

UNIDADES DEL MANTO DE ALCAZAR

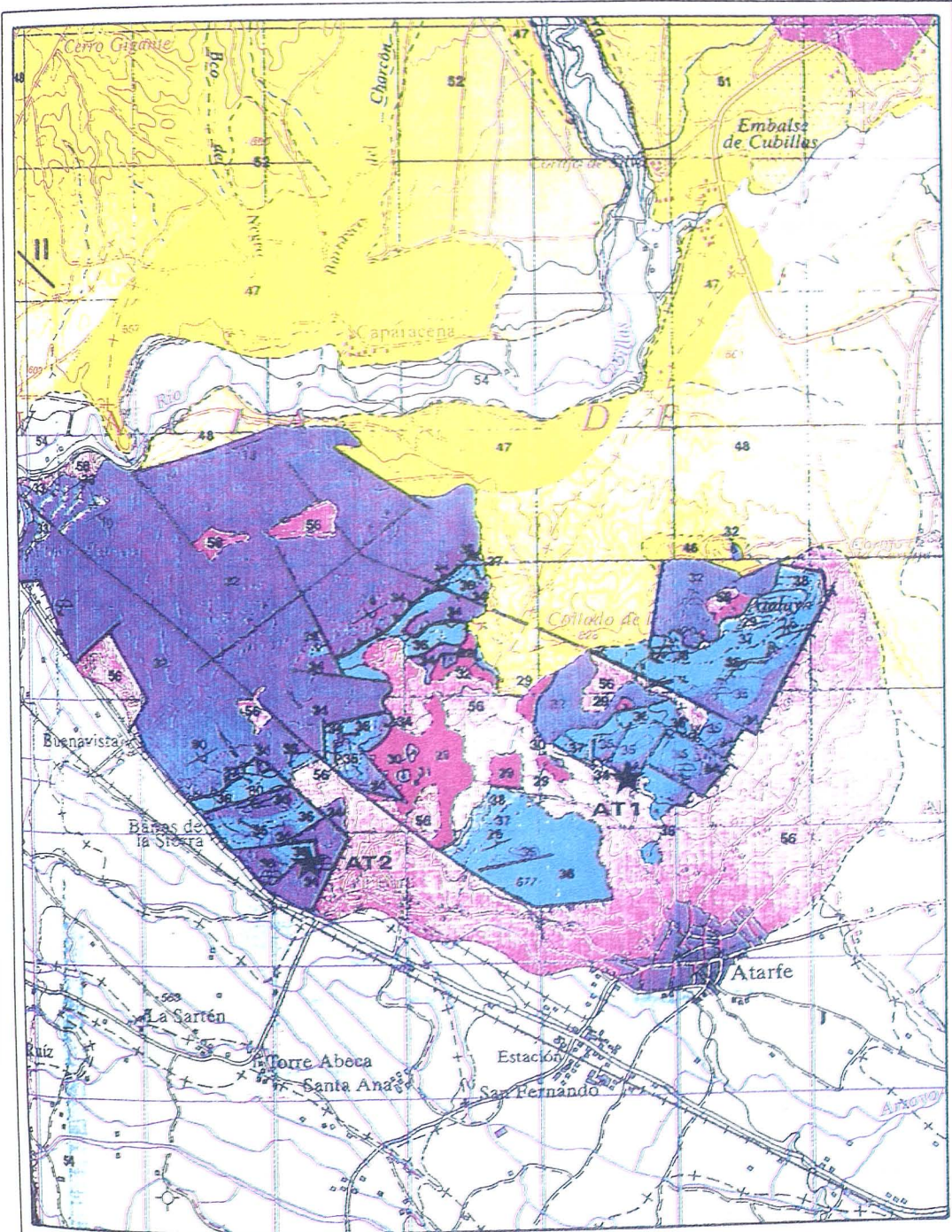
TRIAS.	SUPERIOR	T _{A2-3} ^Δ	Dolomias y calizas; mármoles
	MEDIO	T _{A2-3} ^{em}	Calizas margocalizas y calcoesquistos
	INFERIOR	P-T _{A1} ^t	Filitas con niveles de cuarcitas
PÉRMICO			

PLANO

GEOLÓGICO

SECTOR SIERRA – ELVIRA

ESCALA : 1 / 50.000



LEYENDA

NEOGENO Y CUATERNARIO DEPRESION DE GRANADA

TERCIARIO CUATERN.	HOLOCENO	56	54
		53	52
	PLEISTOCENO	47	48
		46	40
NEOGENO	MIOCENO TUROLIENSE	39	40
	TORTONIENSE	39	40

ZONAS EXTERNAS

SUBETICO MEDIO MERIDIONAL

JURASICO	LIAS	PLIEN.	MALM	38
			DOGGER	37
			TOARCIENSE	36
			DOMERIENSE	35
			CARIENSE	34
			HETTANGIE - SINEMUR	33, 32, 31, 30, 29
TRIAS			38, 37, 36, 35, 34, 33, 32, 31, 30, 29	

SUBBETICO INTERNO

CRET.	INFERIOR	28	
JURASICO	LIAS	DOGGER	26
		SUPERIOR	25
		INFERIOR Y MEDIO	24

ZONAS INTERNAS

FLYSH CIRCUMBETICO

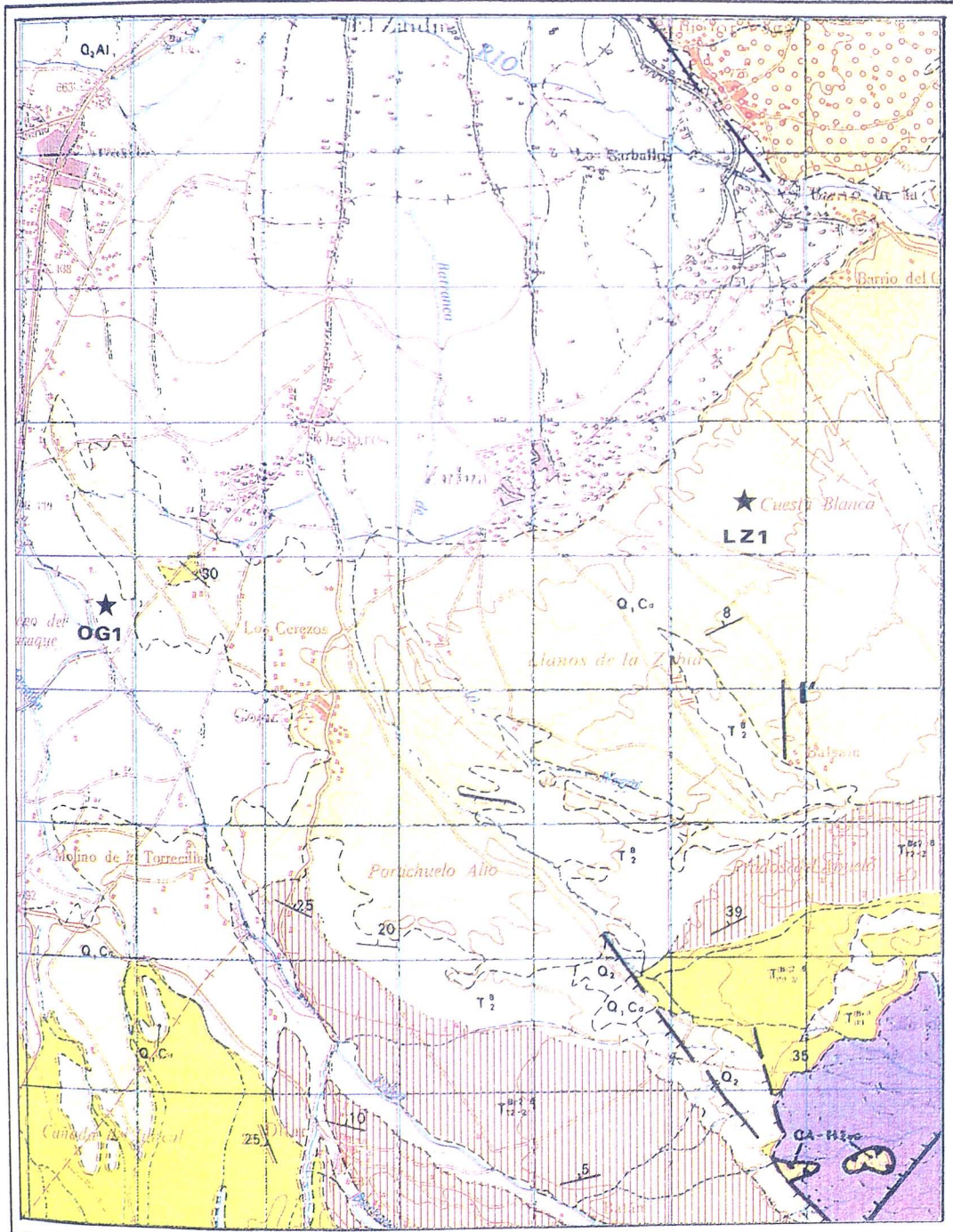
SENONIENSE - MIOCENO MED.	23
---------------------------	----

★ Localizacion Canteras

PLANO GEOLOGICO

SECTOR DILAR - LA ZUBIA

ESCALA : 1 / 50.000



LEYENDA

NEOGENO-CUATERNARIO

CUATER.	NEOGENO	
	MIOCENO SUPERIOR	PLIOCENO
CUATER.	Holoceno	
	Pleistoceno	
TERCIARIO	NEOGENO	Messiniense
		Tortonense

- Q₂ Indiferenciado
- Q₂ C₀ Conos de deyección
- Q_{1,2} Turberas
- Q₂ Al Aluvial
- Q_{1,2} C₀ Conos de deyección
- Q₁ C₀ Conos de deyección
- Q₂ Conglomerados
- Q₂ Al Aluvial
- T₂ Limos, arenas y conglomerados
- T₁₂₋₀ Abanicos aluviales
- T₁₂₋₂ Calizas
- T₁₂₋₁ Calizas
- ce Niveles de celestina
- T₁₁₋₂ Limos, yesos, arenas y conglomerados
- T₁₁ Materiales detríticos y calcarenitas
- Y Yesos
- a Areniscas

ALPUJARRIDE

UNIDADES DEL MANTO DE LOS GUAJARES

TRIAS.	PALEOZOICO	
	INF.	WERFENIENSE

- P-T₁f²T² Filitas-cuarcitas gris azulado
- P-T₁f⁰ Micasquistos y cuarcitas biotíticas con epidoto
- CA-H₂vo Micasquistos grafiticos con granato-estauronita

UNIDADES DEL MANTO DE TREVENQUE

TRIAS.	PERMICO	
	INF.	WERFENIENSE

- T₂ Dolomías y mármoles dolomíticos "kaliríticos"
- T₂ Calizas y calizo-dolomías masivas y tabeadas
- P-T₁f Filitas y cuarcitas gris acerado y azulado

★ Localización Cantera

5. METODOLOGIA DEL TRABAJO

5. METODOLOGIA DEL TRABAJO.

5.1. METODOLOGIA DE CAMPO.

5.1.1. Datos previos.

En primera instancia, se procedió a un reconocimiento general de todas las canteras seleccionadas, al objeto de establecer, con exactitud, su localización en mapas topográficos (Mapa Topográfico Nacional de España, E 1:25.000) y en fotografías aéreas (Vuelo Fotogramétrico Nacional, E 1:33.000 aproximadamente) y, así mismo, definir los itinerarios más adecuados por sectores.

También se tomaron datos referentes a:

- Altura topográfica
- Término Municipal
- Distancia, por carretera y otros viales, a Granada capital.

5.1.2. Designación de canteras.

Para identificar las canteras, éstas se han designado mediante códigos alfanuméricos, atendiendo a los siguientes criterios:

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.

- Término Municipal:

- Atarfe- AT
- Beas de Granada- BG
- Dúrcal- DC
- Huétor Santillán- HS
- La Zubia- LZ
- Ogíjares- OG
- Padul- PD
- Pinos Genil- PG

- Número de orden, según localización Norte-Sur dentro del término municipal.

La designación de las canteras correspondientes a cada uno de los sectores diferenciados es la siguiente:

- Sector Padul-Dúrcal
 - PD1, PD2, PD3 y PD4
 - DC1.

- Sector Dílar-La Zubia
 - OG1
 - LZ1.

- Sector Huétor Santillán-Puerto de la Mora
 - HS1
 - BG1 y BG2.

- Sector Güéjar Sierra
 - PG1.

- Sector Sierra Elvira
 - AT1 y AT2.

5.1.3. Caracterización geológica de las canteras.

Además de la información obtenida de la recopilación bibliográfica, en cada una de las canteras se recogieron aquellos datos geológicos de interés para este estudio, tales como:

- Tipo o tipos de materiales
- Estructura de los materiales
- Características de los los recubrimientos

Así mismo se tomaron muestras representativas de los afloramientos para su posterior análisis mineralógico por difracción de rayos X.

Como información complementaria, se recabaron datos referentes a tipo de vegetación, localización de manantiales, en su caso, y condiciones generales de estabilidad de las zonas.

5.1.4. Datos de la explotación.

Se han tomado medidas en los frentes de explotación, referentes a:

- Orientación
- Altura aproximada
- Pendiente
- Condiciones de estabilidad

Así mismo, en relación con los sistemas de explotación, se han recabado datos referentes a:

- Sistemas de excavación, diferenciándose:
 - a) Vertical
 - b) Horizontal, por bancadas horizontales descendentes
 - c) Vertical por estratos
 - d) Vaciado descendente

- Métodos de elaboración, en base al siguiente cuestionario:

- a) ¿Existe precibado?
- b) ¿Existen acopios previos?
- c) ¿Se efectúa molienda?. ¿En qué fracciones?
- d) Sistemas de molienda:
 - Molino de martillo
 - Molino de mandíbulas
 - Otros
- e) ¿Se efectúa lavado?
- f) ¿Existen ciclones?

Por último, la información referente a la explotación se completa con las denominaciones y tamaños de las diferentes fracciones que se comercializan.

5.1.5. Toma de muestras.

Cualquier ensayo o proceso analítico requiere, sin duda alguna, gran meticulosidad en su desarrollo al objeto de que el resultado posea fiabilidad. Sin embargo, la fase anterior puede fracasar si no hemos sido sumamente rigurosos en la toma de muestra, pues, aún siendo correcto el resultado del ensayo, puede carecer de utilidad práctica al no ser representativo de la muestra analizada.

Es obvio, por tanto, que la toma de muestra juega un papel decisivo en el éxito de la valoración de cualquier ensayo, y más aun cuando se analizan materiales heterogéneos, como ocurre con los áridos, al tratarse de un producto extraído de yacimientos naturales.

Por tales motivos, en el proceso de ejecución de este trabajo siempre hemos tenido especial preocupación de aportar a cada ensayo las máximas garantías de fiabilidad desde el

principio: "la toma de muestras"; siguiendo, a tal efecto, una metodología rigurosa, tal y como indica la norma UNE 83.109 (74).

El control del árido que hemos realizado en este trabajo se ha llevado a cabo, por razones obvias y cuestiones de metodología, en la misma fuente de suministro. El árido se presenta en los acopios de dos formas: separado en fracciones y como árido total o "árido conjunto" o "todo uno". De los áridos que se sirven como conjuntos se ha prestado un especial interés en el de tamaño máximo 20 mm, pues entendemos que es el de empleo más extendido en los hormigones de edificación. Para el árido total se han extremado las precauciones en la toma de muestras, debido a la diversidad de tamaños que concurren en tal material. De cualquier modo, la fracción "arena" siempre merece atención especial, porque realmente es un "todo uno" con tamaños de partículas entre 0 y 5 mm.

Con los áridos, debe tenerse en cuenta la posible acción de los agentes atmosféricos (lluvia, viento y heladas), tanto en el proceso de elaboración como sobre el material acopiado. En el primer caso, puede producirse, por ejemplo, mayor migración de finos hacia las gravas por un tamizado en húmedo o la reducción de finos en las arenas por el efecto del viento. En acopios no protegidos, la acción de los agentes atmosféricos puede contribuir a la segregación parcial del árido, sobre todo en las capas más externas. De ahí la importancia de realizar más de una toma en aquellas explotaciones de suministro continuo; es necesario realizar al menos dos de ellas en distintas épocas del año (por ejemplo, invierno y verano), y así observar de que forma los agentes atmosféricos, además de otros factores, pueden modificar las propiedades y, consecuentemente, la homogeneidad de suministro. Así mismo, la toma de muestra en el acopio deberá realizarse una vez eliminada la capa superficial de éste.

Vista la importancia que conlleva lo expuesto anteriormente, y teniendo en cuenta los criterios que se especifican en la norma UNE 83.109, la toma de muestras, realizada la mayor parte en acopios de cantera a la intemperie (figura 5.1), se ha llevado a cabo mediante el siguiente procedimiento:

- a) Inspección previa de los acopios, determinando los puntos de toma en función de su representatividad
- b) Eliminación de la capa superficial del acopio en los puntos de toma, situando éstos en distintas zonas, tanto en horizontal como en vertical (figura 5.2).
- c) Previa mezcla y homogeneización de todas las tomas parciales efectuadas de cada fracción, se procede al cuarteo hasta conseguir la cantidad de muestra deseada para su traslado al laboratorio (figura 5.3).
- d) Identificación, mediante etiquetado en el interior y exterior del envase (figura 5.3).

Cuando se realice el muestreo directamente de un silo (figura 5.4), se deberá dejar salir previamente cierta cantidad de material antes de tomar la muestra. También deberá evitarse tomar toda la cantidad de una sólo vez, haciéndolo a intervalos.

Como caso particular, en nuestro proceso de toma de muestras en cantera, se realizaron algunas tomas directamente en cinta transportadora en el punto de descarga (figura 5.5). En este caso se procedió al llenado de los sacos en distintos intervalos de tiempo.

Por otra parte, debemos señalar que la toma de muestra específica para el ensayo de resistencia al desgaste de la grava, "Ensayo de los Angeles", se realizó también en campo mediante cuarteo previo y tamizado directo de las fracciones pertinentes: 40-25, 25-20, 20-12'5, 12'5-10 (figura 5.6).



Figura 5.1. Acopios a la intemperie de áridos fraccionados.

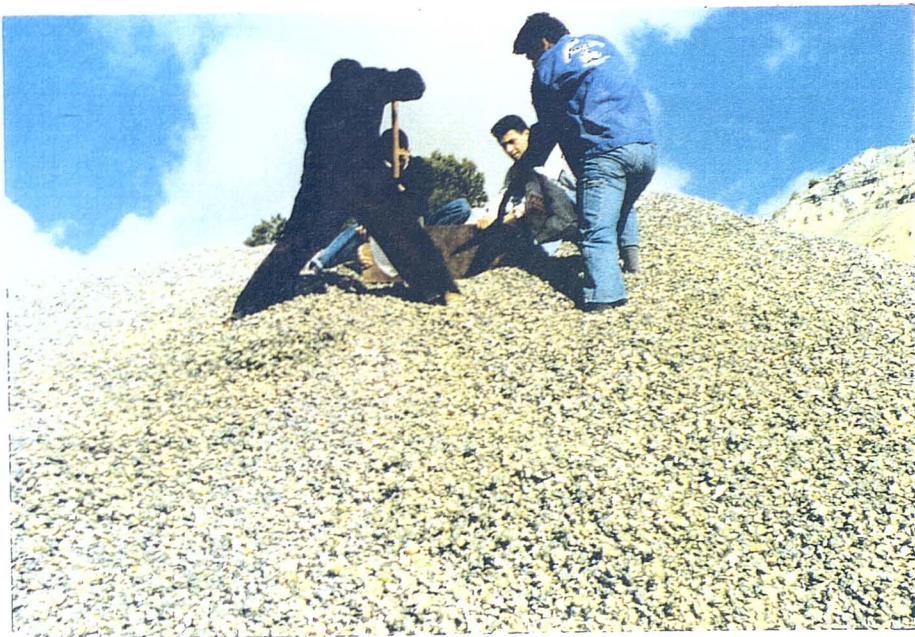


Figura 5.2. Toma singular de muestra, previa eliminación de la capa superficial del acopio.





Figura 5.3. Cuarteo, ensacado e identificación de muestras.



Figura 5.4. Acopios a la intemperie y en silos de áridos fraccionados.



Figure 1. A photograph showing a patient's condition, possibly related to the study mentioned in the text.



Figure 2. A photograph showing a patient's condition, possibly related to the study mentioned in the text.



Figura 5.5. Toma de muestra en punto de descarga de la cinta transportadora.

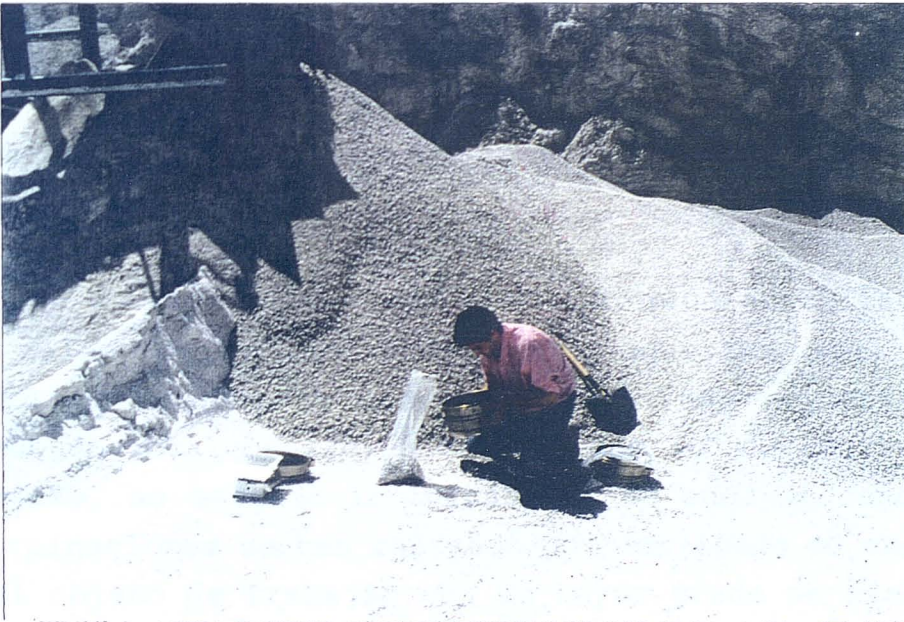
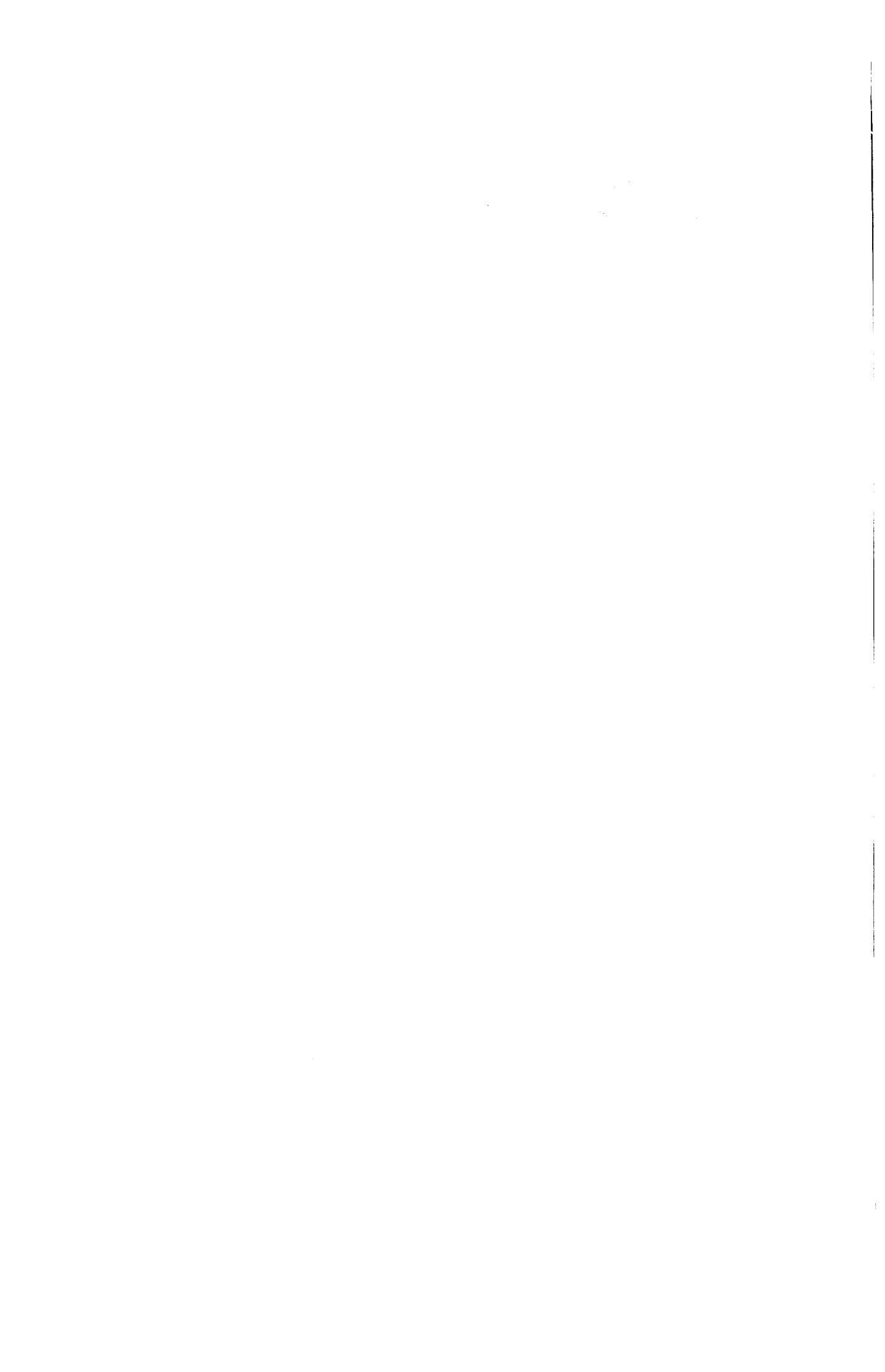


Figura 5.6. Toma y preparación previa de muestra en campo de árido para el ensayo de desgaste de Los Angeles.



Para la realización de este trabajo se ha establecido un sistema de muestreo en distintas épocas del año, habiéndose llevado a cabo dos tomas completas (de la totalidad de las fracciones comercializadas en cada cantera): una en Marzo de 1991 y otra en Octubre del mismo año. Además, al ser la arena la fracción más relevante, se ha realizado un especial seguimiento mediante tomas mensuales en el periodo comprendido entre Octubre de 1991 y Julio de 1992. Dicho seguimiento se realizó mediante el control del equivalente de arena y el contenido en finos < 0'080 mm, parámetros que, entendemos, ponen de manifiesto, sin gran esfuerzo, las variaciones en la composición granulométrica de la arena. En este sentido la norma americana ASTM C-33 (75) propone un control en base al módulo granulométrico.

5.2. METODOLOGIA DE LABORATORIO.

En este apartado se hace descripción de la metodología de trabajo que se ha seguido en el laboratorio con las muestras tomadas en cantera, a fin de cuantificar los parámetros correspondientes a las prescripciones establecidas, a tal respecto, en la Instrucción EH-91 y, por otra parte, obtener los datos necesarios para abordar otros estudios puntuales de especial interés.

De las muestras sometidas a ensayo (400 aproximadamente), se han seleccionado, en cada caso, aquellas que, por los resultados mostrados, se han considerado más representativas, resultando un total de 138, además de las 160 de arenas tomadas mensualmente, no estando incluidas las de ensayos específicos. Las determinaciones se han realizado por duplicado en cada una de ellas, al objeto de trabajar con un mayor grado de fiabilidad.

La identificación de las muestras se ha realizado mediante unos códigos alfanuméricos, reseñando:

- Término municipal y número de orden (visto anteriormente)
- Fracción (A=arena, G=grava, T=árido total)
- Número de toma (Marzo=1, Octubre=2)
- Número de muestra (01, 02, 03,.....)
- Procedencia (R=roca, A=aluvial, L=depósito de ladera o coluvial)

Las cantidades de muestra necesaria para las distintas determinaciones, se han obtenido mediante cuarteo (figura 5.7).

La mayor parte de los ensayos se han realizado de acuerdo con la normativa UNE correspondiente, evaluándose los siguientes parámetros:

ENSAYOS RELATIVOS A PRESCRIPCIONES CONTEMPLADAS EN LA INSTRUCCIÓN
EH-91

Condiciones físico-químicas

- Terrones de arcilla
- Partículas blandas
- Partículas de bajo peso específico
- Compuestos de azufre
- Compuestos de cloro
- Materia orgánica
- Equivalente de arena
- Valor de azul de metileno

Condiciones físico-mecánicas

- Friabilidad de la arena
- Resistencia al desgaste de la grava
- Absorción de agua por los áridos
- Heladicidad

Granulometría y coeficiente de forma

- Finos menores de 0,08 mm
- Coeficiente de forma



Figura 5.7. Preparación, mediante cuarteo en laboratorio, de muestras para ensayo.



Figura 5.8. Identificación de terrones de arcilla.

OTROS ENSAYOS

- Granulometría por tamizado
- Granulometría por sedimentación
- Determinación del contenido en arcilla
- Determinación de los límites de Atterberg
- Análisis mineralógico por difracción de rayos X
- Observación y microanálisis por microscopía electrónica
- Rotura a compresión de probetas de hormigón
- Medida de la consistencia del hormigón mediante asiento en cono de Abrams
- Determinación de la velocidad de propagación de ultrasonidos en probetas de hormigón.

A continuación, exponemos los aspectos más significativos de la metodología seguida en los diferentes ensayos, haciendo mayor hincapié, mediante una descripción detallada y documentación gráfica, en aquellos que presentan mayor dificultad de interpretación o ejecución.

5.2.1. Terrones de arcilla.

La determinación se realiza según la norma UNE 7.133 (76), que consiste en detectar, mediante la vista y el tacto, los terrones de arcilla que se encuentren en la fracción del árido mayor a 1'25 mm (figura 5.8); según esta norma, por tanto, las partículas de menor tamaño serían tratadas simplemente como elementos finos. Una vez detectados los terrones, se desmenuzan con los dedos y el contenido de éstos se evalúa por la diferencia entre el peso de la muestra de partida y el de la muestra una vez exenta de terrones.

5.2.2. Partículas blandas.

La determinación se realiza según la norma UNE 7.134 (77). Los granos de árido objeto de estudio se someten al rayado con un cilindro de cuzín, de 1'5 mm de diámetro, con dureza Rockwell comprendida entre B.65 y B.67.

Se considera partícula blanda cuando se produce un surco por efecto del rayado, sin que se deposite metal en dicha partícula. También se considera blanda si se observa desprendimiento de partículas a simple vista, aunque aparezca algún depósito de metal. Es importante hacer notar que la presión ejercida no debe ser superior a 1 Kg.

En la figura 5.9 puede apreciarse a simple vista la existencia de partículas blandas constituidas por calcoesquistos ocres alterados.

5.2.3. Partículas de bajo peso específico.

Se determinan con arreglo al método de ensayo indicado en la norma UNE 7.244 (78), teniendo por objeto determinar la existencia de carbón, lignito, pequeños trozos de madera, materias vegetales y otras partículas de bajo peso específico, que contaminen los áridos.

El líquido de peso específico 2 se ha conseguido mediante la mezcla de bromoformo y benceno, utilizando para el lavado tetracloruro de carbono.

El ensayo se ha realizado sobre las arenas y las gravas, triturando, estas últimas, hasta tamaño inferior a 5 mm.



Figura 5.9. Existencia de partículas blandas en una grava dolomítica del sector Padul-Dúrcal.

5.2.4. Compuestos de azufre.

A partir de la Instrucción EH-88, se rebajó sustancialmente el porcentaje de compuestos de azufre permitido en los áridos para hormigón hasta un 0,4 %, expresado en SO_3 y referidos al árido seco, tanto para el árido fino como para el árido grueso (79). Estos compuestos deben ser analizados ahora por medio de la norma UNE 83.120; no obstante, lo más llamativo de la citada Instrucción es la especificación de "la prohibición de emplear áridos que contengan sulfuros oxidables".

En base a los comentarios realizados, a tal efecto, en la Instrucción EH-91, referente a la inestabilidad potencial del árido en relación con los compuestos de azufre, en el primer procedimiento operativo se ha seguido la norma UNE 7.245 (80), que tiene por objeto conocer, cualitativamente, la existencia en los áridos de compuestos de azufre solubles en agua o en ácido

clorhídrico y los sulfuros oxidables durante la hidratación. En Instrucciones anteriores al año 88, el contenido en SO_4^- se limitaba a 1,2 %, referido al peso seco del árido.

Sin embargo, el procedimiento anterior, según las últimas revisiones de la Normativa, es ineficaz para evaluar el contenido en sulfuros con precisión, ya que éstos pueden volatilizarse, en forma de gas sulfhídrico, al tratar el árido con ácido clorhídrico (79).

Por tal motivo, en un segundo procedimiento operativo, mucho más complejo que el anterior, se ha seguido la norma UNE 83.120, que determina los sulfatos y sulfuros totales extraíbles por disgregación alcalina oxidante; esta disgregación se hace por vía seca utilizando Na_2O_2 y por vía húmeda, añadiendo una disolución acuosa saturada de bromo. Por determinación posterior de sulfatos extraíbles sólo por disgregación alcalina no oxidante, a través de un procedimiento similar al utilizado en la norma UNE 7.245, se obtiene, por diferencia, el contenido en sulfuros totales.

5.2.5. Compuestos de cloro.

En lo referente a áridos, hemos seguido la norma UNE 83.124 (81), actualmente en fase experimental. El contenido se determina en la disolución que resulta del ataque de la muestra con ácido nítrico diluido; los cloruros presentes en la disolución nítrica se precipitan al estado de cloruro de plata por adición de una disolución de nitrato de plata de normalidad conocida.

Por el previsible bajo contenido en compuestos de cloro en los áridos estudiados y por tratarse de una norma en fase experimental, se estimó conveniente poner a punto este ensayo y contrastar su eficacia analizando una arena que asegurara un contenido en ion cloro apreciable. Para ello seleccionamos muestras de arena de playa tomadas en el litoral granadino,

obteniéndose resultados muy homogéneos rondando el valor de 0,20% de Cl^- .

De acuerdo con lo establecido en la norma, la disolución previa de los compuestos de cloro contenidos en los áridos se realizó con agua destilada a 100°C , utilizando un agitador rotativo, que entendemos es equivalente al que se emplea en la disolución de iones sulfato (figura 5.10). Al objeto de comprobar la eficacia del proceso, sometimos la muestra a una segunda agitación; en este caso el contenido residual en ión cloro en las arenas de playa no superó el 0,01 %, demostrándose que un único proceso de agitación es suficiente para disolver la práctica totalidad de los iones Cl^- , al menos en los áridos con contenidos semejantes o inferiores al de la arena de playa ensayada.

La citada norma indica introducir 800 gr de muestra junto con 800 cc de agua destilada en un frasco con tapón esmerilado de 1 litro de capacidad, resultando en la práctica imposible realizarlo; fué necesario reducir la cantidad de muestra a 700 gr y, consecuentemente, la de agua a 700 cc, de modo que se mantuviera la proporción muestra/disolvente.

Por otra parte, debemos indicar la dificultad que entraña el filtrado y posterior lavado de la muestra, por lo elevado de su cuantía. Por tal motivo y como metodología alternativa, optamos por filtrar y valorar una parte alícuota de la disolución, pues, de este modo, se obtienen resultados similares con un proceso mucho más sencillo.

Finalmente, indicaremos que el viraje en la valoración por retroceso se produce de forma gradual; además resulta ambigua la tonalidad "rojo ladrillo" que, según la norma, señala la conclusión del viraje, y que, como en tantas determinaciones colorimétricas, deja a criterio del operario su terminación. Por todo ello, entendemos que el proceso de valoración es algo

impreciso, pues cantidades significativas de sulfocianuro de amonio apenas alteran la tonalidad de la disolución y, sin embargo, se traducen en variaciones sustanciales del porcentaje de ion cloro.

5.2.6. Materia orgánica.

En la totalidad de las muestras analizadas, se ha seguido el método colorimétrico especificado en la norma UNE 7.082 (82), aplicable para la determinación aproximada de la materia orgánica en arenas para hormigones o morteros.

Consiste en observar, después de las 24 horas, el color del líquido que sobrenada (hidróxido sódico al 3%) con el de la disolución coloreada tipo (mezcla de 97'5 cc de disolución de hidróxido sódico al 3% con 2'5 cc de ácido tánico al 2% en 10% de alcohol), que se ha preparado al mismo tiempo.

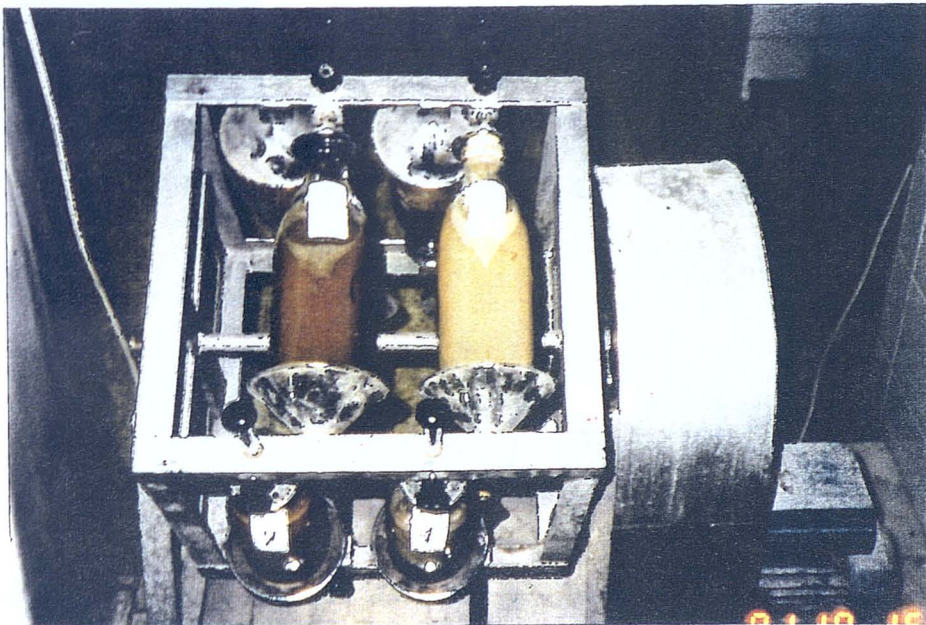


Figura 5.10. Agitador rotativo, con capacidad para ocho litros, para disolución de iones cloro.

No obstante, durante el proceso de ejecución de otros ensayos, se observó que determinadas muestras dispersadas en agua destilada mantenían partículas coloidales en suspensión durante varios días, pigmentando el agua con tonalidades similares a la que presenta la disolución tipo. La duda a que un comportamiento de este tipo introdujera un error en la valoración colorimétrica, al menos en algunas muestras, condujo a la revisión del proceso, preparando otras arenas tratadas con agua destilada junto a las propias del ensayo.

Se observó que la presencia de un soluto como el hidróxido sódico impide que, incluso en las muestras con elevado contenido en coloides, se mantengan en suspensión partículas coloreantes. Esta sal confiere a la dispersión un marcado carácter floculante (83), eliminando el posible error del ensayo (figura 5.11).

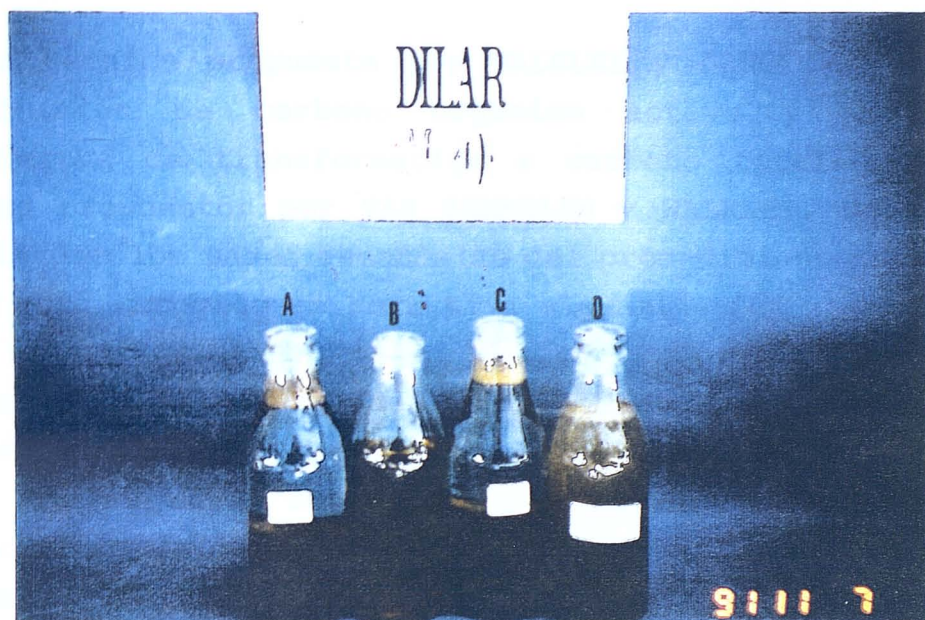


Figura 5.11. Comparación de muestra tratada con hidróxido sódico (A,C) y muestra tratada con agua destilada (D) con la disolución patrón (B) en el ensayo de materia orgánica. Obsérvese la aparente coloración del líquido de la muestra D (parecido al de la muestra B), mientras que en A y C el líquido que sobrenada es incoloro.

Aun siendo suficiente, a efectos de caracterización del árido, la determinación colorimétrica, se consideró de interés llevar a cabo determinaciones cuantitativas de materia orgánica, utilizando, en unos casos, la técnica propuesta por WALKLEY y BLACK (84), y, en otros, el procedimiento de ensayo establecido en la norma NLT-117 (85); metodologías no usuales en el caso de áridos.

Las citadas normas de ensayo proponen operar con la fracción inferior a 2 mm y pulverizar hasta que pase por el tamíz 100 ASTM. Puesto que tales normas son de aplicación a suelos en los que granulométricamente se define arena como la fracción inferior a 2 mm, consideramos más correcto en nuestro caso partir de la fracción menor de 5 mm. Con este último procedimiento se asegura la total inclusión de todas aquellas partículas que pudieran retener trazas de materia orgánica, que anteriormente se podrían haber desechado al eliminar parte de la muestra.

La técnica propuesta por WALKLEY y BLACK se basa en la determinación de carbono orgánico activo y mantiene los coeficientes de transformación a carbono total y a materia orgánica propuestos por VAN BEMMELEN y WALKLEY. Describimos a continuación los pasos esenciales del procedimiento operativo ya que no está recogido en Normativa alguna.

La muestra pesada (de 0'25 a 2'0 gr, dependiendo de la cantidad de materia orgánica previsible) se introduce en un matraz erlenmeyer de 300-550 cc y se agrega, exactamente, 10 ml de disolución 1N de dicromato potásico. Se agita suavemente a mano hasta que toda la muestra se haya empapado de esta solución, y a continuación se le añaden 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, agitando suavemente durante 30 s y dejando en reposo durante 30 minutos.

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

Se añaden 200 ml de agua desmineralizada o destilada y se enfria hasta temperatura ambiente. Se añaden ahora 10 ml de ácido fosfórico y 1 ml de solución de difenilamina, enfriando nuevamente bajo chorro de agua o en baño de agua. Seguidamente se efectúa la valoración del exceso de dicromato no reducido mediante la solución de Sal de Mohr 0'5 N.

$$\% M.O. = \left(1 - \frac{M}{B}\right) \cdot \frac{6'7}{P}$$

donde:

M ml de Sal de Mohr consumidos en la valoración de la muestra

B ml de Sal de Mohr consumidos en la valoración de la prueba en blanco

P Peso en gramos tomados de la muestra

El porcentaje de carbono orgánico se puede calcular de la fórmula:

$$\% C.O. = \left(1 - \frac{M}{B}\right) \cdot \frac{3,9}{P}$$

Finalmente, se han sometido al procedimiento de ensayo establecido en la norma NLT-117 aquellas muestras que por el método colorimétrico dieron cierta tonalidad amarillenta en la disolución, al objeto de contrastar su posible aplicación a áridos.

En este método se oxida la materia orgánica con agua oxigenada. Por diferencia entre el peso de la muestra inicial

seca y el peso seco despues del tratamiento, se calcula la proporción de materia orgánica volatilizada mediante la oxidación.

5.2.7. Equivalente de arena.

Este ensayo fue ideado y puesto a punto en Estados Unidos hacia 1950 por HUEEN en el Laboratorio de Carreteras de California aplicado a suelos, y se encuentra ampliamente extendido en la tecnología de viales. Aplicado al árido para hormigón, determina la proporción de partículas arcillosas, limosas o ultrafinas contenidas en la arena.

El ensayo, recogido en las normas UNE 83.131 y NLT-113 (86), se basa en la ley de Stockes, pues a patir de determinados tamaños ($< 100 \mu$) el tamizado resulta poco eficaz como método de análisis granulométrico. Consiste en sedimentar una muestra de arena dentro de una probeta que contiene una disolución floculante. Las partículas arenosas precipitan en el fondo mientras que los finos y los coloides se mantienen en suspensión.

Las condiciones de ejecución del ensayo son muy precisas y deben respetarse, pues el ensayo está concebido para que en el momento de la lectura, 20 minutos despues del inicio de la sedimentación, las partículas en suspensión sean aquellas con tamaño inferior a 20 micras (87). Pese a ello, la separación granulométrica es imprecisa pues depende en gran medida de parámetros tan aleatorios como las condiciones de floculación y de la disposición de las partículas a lo largo de la probeta en el momento de iniciar la sedimentación. Además, no existe una correspondencia directa con el ensayo de finos pues en este se determinan partículas menores de 80 micras.

La determinación del EA se inicia con la imbibición de la muestra de ensayo en la disolución floculante. El tiempo de

imbibición está prefijado pues influye notablemente en el valor final. En este sentido mencionaremos que las muestras de arena húmeda arrojan valores menores de EA (24,86). La influencia de la humedad de la arena al comienzo de la sedimentación es un hecho constatado.

La muestra tras el periodo de imbibición se somete a una enérgica agitación que dispersa las partículas y se lava la fracción gruesa con la disolución flocculante, de modo que la fracción fina asciende por la probeta. Se enrasa ésta y se da comienzo a la sedimentación.

Transcurridos veinte minutos se toma lectura de la altura que alcanza el flóculo (h_2). Se introduce en la probeta una varilla lastrada, dotada de un pisón en el extremo, que desciende hasta el sedimento. La altura medida con este pisón se considera (h_1). Esta última lectura puede tomarse, también, a vista, tal y como prescribe la Instrucción EH-91 (figura 5.12).

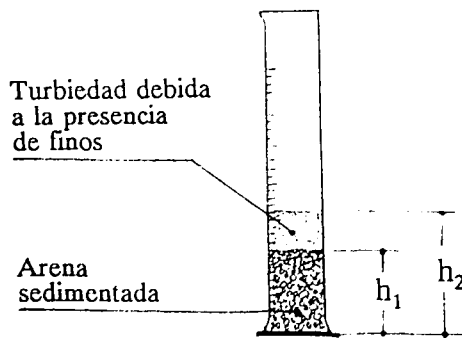


Figura 5.12. Definición del equivalente de arena.

El valor de EA se obtiene de la expresión:

$$E.A. = \frac{h_1}{h_2} \cdot 100$$

donde:

h_1 - Altura que representan las partículas de arena sedimentadas.

h_2 - Altura que presentan los finos y coloides en suspensión.

por lo tanto, se trata de una relación volumétrica entre la arena y la fracción fina.

Como ya se ha indicado anteriormente, se puede establecer una relación entre el equivalente de arena determinando h_1 con pisón (EA_p) y el equivalente de arena determinando h_1 a vista (EA_v), que se denomina factor de arena (FA) (23).

Respecto a la determinación del EA_p conviene aclarar algunas particularidades del pisón empleado en nuestro país. Mientras que en Francia y en Estados Unidos los respectivos pisonos están diseñados para que la lectura h_1 se tome en la base del pisón, no ocurre así en España. Tanto la norma NLT-113/72 como la UNE 7324 proponen un pisón dotado de unos tornillos centradores situados 10 mm por encima de la base de este, realizándose la lectura h_1 a la altura de los mismos. Tal particularidad puede deberse a la intención de corregir el asiento que experimenta el sedimento al apoyar en él el pisón y de este modo equiparar las lecturas a vista con las tomadas con aquel. Con este diseño resulta frecuente obtener valores de EA_p superiores a los de EA_v

El EA_p determinado de acuerdo con nuestras normas difiere del que se obtiene con los métodos de ensayo de la normativa francesa y estadounidense. En este sentido proponemos la corrección:

$$h_{1p} = h'_{1p} - 10 \quad (4)$$

Esta corrección se ha realizado en los ensayos de EA a fin de poder calcular FA.

A título informativo, en una arena de playa hemos obtenido un valor de 0,97 para el FA, mientras que en un terreno arcilloso, con un $I_p=18$, el valor de FA descendió a 0,30 (figura 5. 13).

5.2.8. Valor de azul de metileno.

Para su determinación se ha seguido, en esencia, el método recogido en la norma UNE 83.130, que permite medir la capacidad de adsorción de azul de metileno por los finos de una arena.

El azul de metileno es adsorbido preferentemente por los minerales de la arcilla, la materia orgánica, y los hidróxidos de hierro, siendo un indicador de la actividad superficial de estos.

Se llama "valor de azul" (VA) de los finos a la cantidad de azul de metileno adsorbido por 100 gramos de finos.

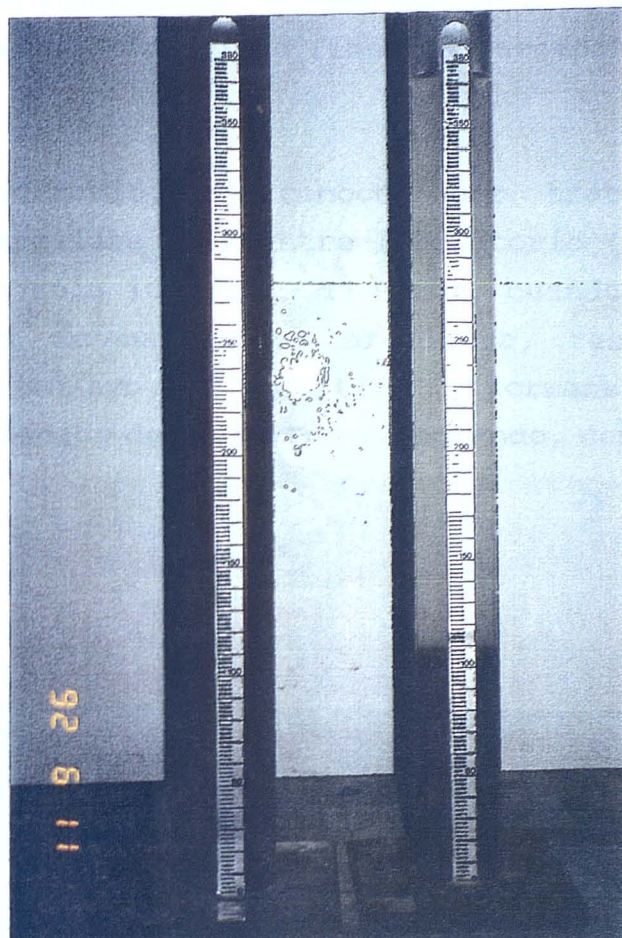


Figura 5.13. Comparación entre el E.A. realizado a una arena limpia de playa y a un suelo arcilloso.

Por la experiencia adquirida hasta ahora por este ensayo, se ha creído recomendable introducir algunas variaciones en las secuencias del proceso operativo, que, si bien no inciden en la metodología de la citada norma, evitan, a nuestro entender, posibles pequeños errores derivados de la propia manipulación de la muestra.

En primer lugar, la cantidad de finos menores de 0'08 mm presentes en las muestras ensayadas ha oscilado en torno a 40-50 gramos de media, cantidad algo superior a los 30 gramos fijados por la norma; cuantías menores pueden originar una mayor dispersión en los resultados, quizás debido a la escasa adsorción que presentan la mayoría de los finos que acompañan a los áridos estudiados.

Por el contrario, se conoce, por trabajos paralelos realizados con arcillas en nuestro laboratorio (88), que con la presencia de tan solo 10 gramos de finos, cuando éstos son casi en su totalidad de naturaleza arcillosa, resulta impreciso conseguir que el ensayo sea "positivo" y permanezca así durante el período establecido de 5 minutos, afectando, consecuentemente,



Figura 5.14. Preparación de muestras para el ensayo de azul de metileno. Proceso de saturación previa.

tanto a la capacidad de azul de metileno fijado como a la duración del ensayo. Esto último puede introducir errores adicionales, no solamente porque las partículas arcillosas adquieran un mayor grado de dispersión, sino también por la posibilidad de aumentar el contenido en finos por abrasión (si se trata de partículas blandas) (89).

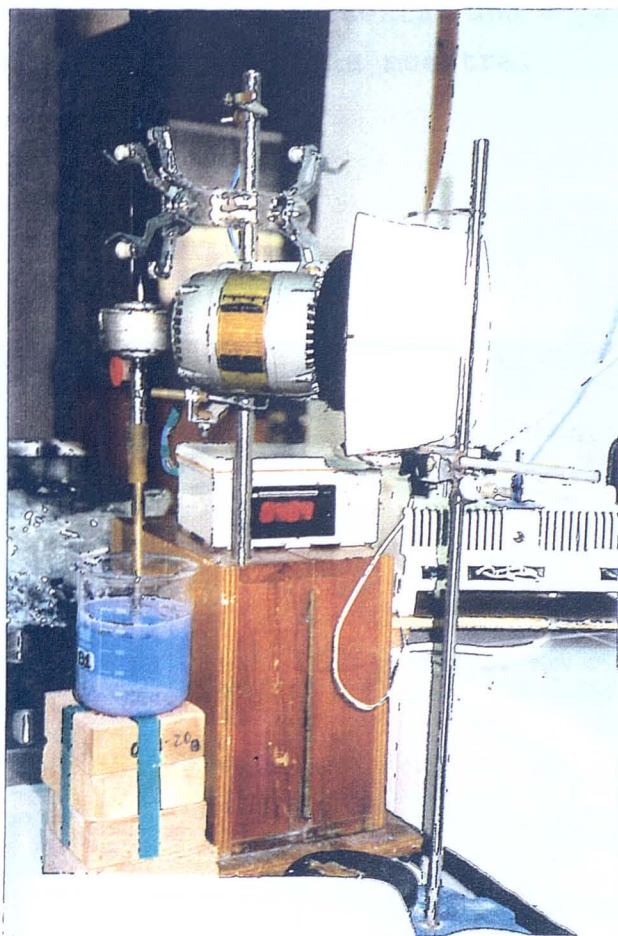


Figura 5.15. Agitación de la muestra en el ensayo de azul de metileno.

Por otra parte, en muestras con bajo contenido en finos obligan a trabajar con cantidades muy elevadas de fracción arena, si se quiere mantener el criterio de la norma a este respecto. Ello puede constituir un problema para conseguir la distribución y homogeneización de la disolución de azul añadida, aparte de otros problemas derivados de la agitación.

Tales problemas se pueden subsanar separando de las muestras objeto de ensayo las fracciones superiores a 2'5 mm, refiriendo, posteriormente, el resultado a la muestra inicial. El error que puede introducir esta metodología debe considerarse mínimo, ya que las fracciones desechadas presentan una superficie específica despreciable en el conjunto de la muestra.

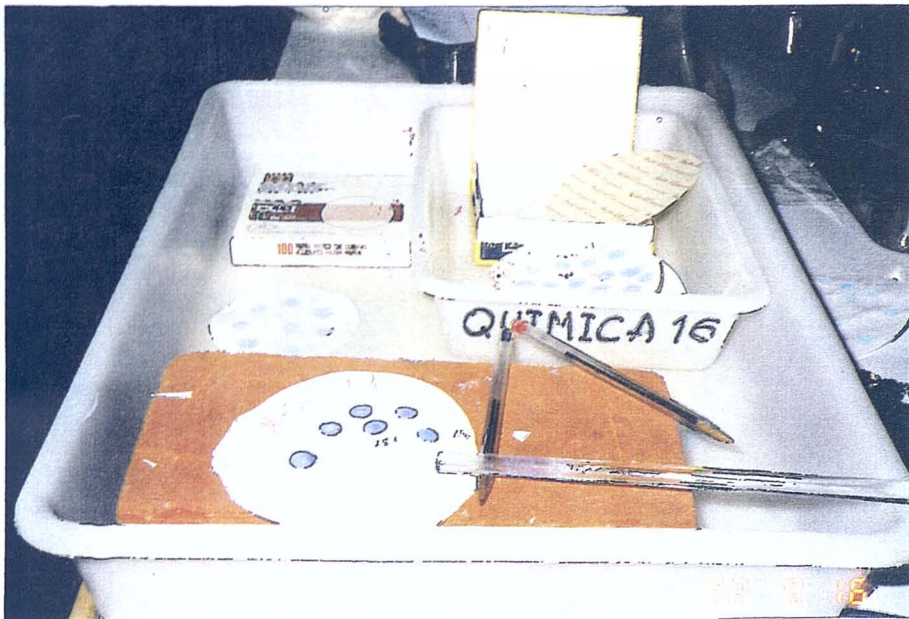


Figura 5.16. Aureolas que se obtienen durante el ensayo de azul de metileno.

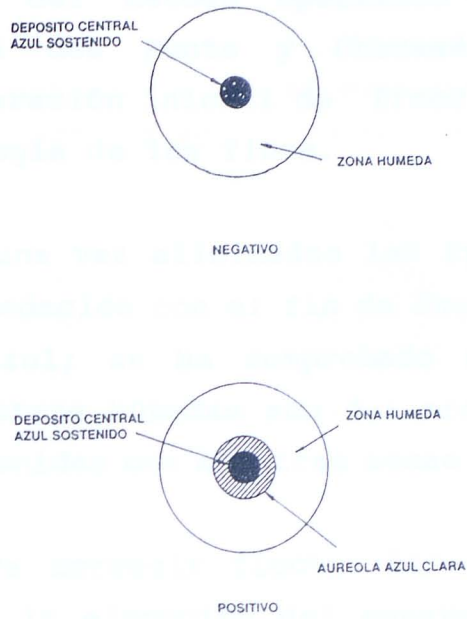


Figura 5.17. Test de la mancha en esquema.(90).



Figura 5.18. Lavado de finos después de realizar el ensayo de azul de metileno.

En el avance del método operativo propuesto por el laboratorio Central des Ponts y Chaussées (89), se hace referencia a la separación inicial de fracciones en función de la cantidad y tipología de los finos.

Las muestras, una vez eliminadas las fracciones mayores a 2'5 mm, se han humedecido con el fin de facilitar el acceso de la disolución de azul; se ha comprobado que los resultados obtenidos sobre muestras húmedas son del orden de hasta un 10% superiores a los obtenidos con muestras secas (89) (figura 5.14).

Así mismo, para corregir fluctuaciones imputables a una excesiva rapidez en la ejecución del ensayo (especialmente en muestra con bajo contenido en finos arcillosos) y evitar, así, que parte de la muestra quede sin saturar de azul, se ha fijado un tiempo mínimo de ejecución de 10 minutos, manteniéndose, a la vez, el criterio de la norma UNE 83.130, en cuanto a los tiempos de agitación y r.p.m. (figura 5.15), así como el de considerar el ensayo positivo cuando la aureola azul claro perdure 5 minutos (figura 5.16).

Cuando el punto de aparición de la aureola es difícil de precisar, puede servir de ayuda efectuar el test de la mancha (figura 5.17), colocando otro papel de filtro bajo el de ensayo; la aparición de una mancha en el papel inferior indica un cierto exceso de azul en la muestra.

En nuestro caso particular, aún habiéndose determinado con anterioridad a este ensayo el contenido en finos, se ha creído conveniente cuantificarlos nuevamente sobre la propia muestra utilizada en la determinación del valor de azul (figura 5.18), con objeto de controlar las posibles dispersiones de resultados.

5.2.9. Reactividad potencial.

Una de las propiedades de los áridos que más ha llamado la atención, y posiblemente sobre la que más artículos han aparecido en la literatura científica, ha sido la reactividad de los áridos con los álcalis del cemento (91 a 105). Según se desprende de los comentarios al artículo 7 de la EH-91 y de la bibliografía encontrada sobre el tema, las rocas susceptibles de producir dicha reacción pueden incluirse dentro de dos grandes grupos: las que poseen sílice en estado de moderada inestabilidad (generalmente amorfa o con baja cristalinidad) y algunas dolomías.

Se ha desarrollado una gran variedad de procedimientos para intentar conocer, previamente a su uso, la susceptibilidad de los áridos a sufrir expansiones cuando el hormigón se encuentre en servicio. La Instrucción EH-91 prescribe la evaluación de la reactividad potencial únicamente a través del ensayo químico especificado en la norma UNE 7.137, consistente esencialmente en someter el material, de una granulometría perfectamente controlada, a los efectos de una disolución alcalina de hidróxido sódico a 80°C durante 24 horas. Comparando la cantidad de sílice, SiO₂, que se solubiliza por este tratamiento con la reducción de alcalinidad, R, que experimenta la disolución de NaOH tras su reacción con el árido, se puede conocer la susceptibilidad del árido a sufrir la reacción árido silíceo-álcalis ya que cuanto más sílice se solubilice y, a su vez, menos se reduzca la alcalinidad de la sosa, más propenso será el árido a producir la reacción destructiva. Según la Instrucción EH-91, el árido será considerado potencialmente reactivo si

Para $R \geq 70$, la concentración de SiO₂ resulta $\geq R$

Para $R \leq 70$, la concentración de SiO₂ resulta $\geq 35 + 0,5xR$

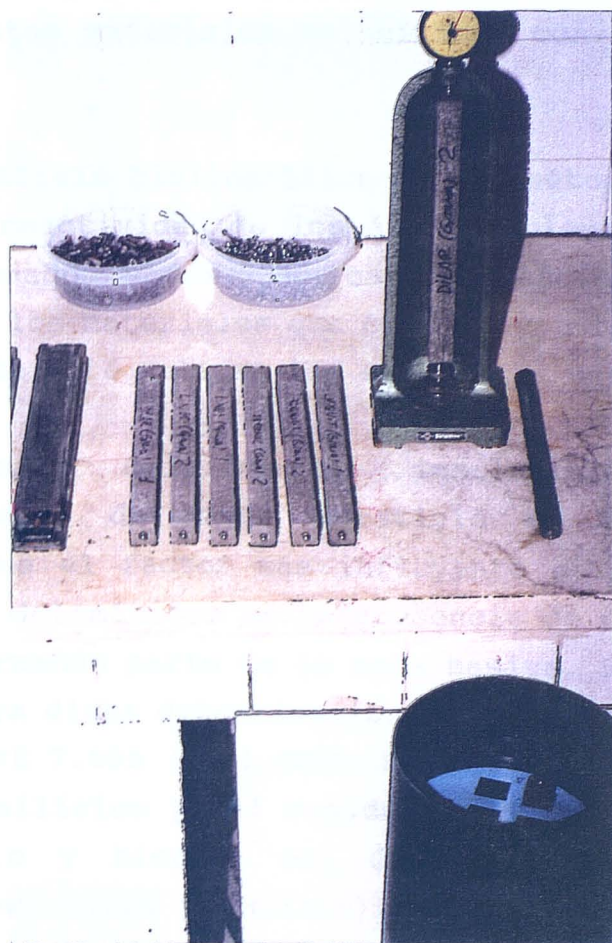


Figura 19. Medida de las barras de mortero para evaluar la reactividad potencial de los áridos con los álcalis.

A pesar de que la EH-91 sólo ofrece la posibilidad de este ensayo y, por tanto, de valorar únicamente la reactividad potencial de los áridos silíceos, en la propia Instrucción se advierte del riesgo que presentan otras sustancias carbonatadas magnesianas de los áridos de provocar fenómenos fuertemente expansivos en el hormigón. Esta advertencia no puede pasar desapercibida en el caso de los materiales que se extraen de las

explotaciones que abastecen al casco urbano de Granada porque la mayoría de los mismos son de naturaleza dolomítica. Sin embargo, no se tiene conocimiento de que en ningún momento se haya abordado estudio alguno para valorar concretamente la reactividad potencial de estos materiales dolomíticos con los álcalis del cemento.

Tras un análisis bibliográfico de los métodos que permiten cuantificar la reactividad de los áridos dolomíticos, y aparte del ya mencionado y de la caracterización geológica y mineralógica de los materiales que constituyen los áridos objeto de estudio, se decidió aplicar los siguientes métodos de ensayo:

-Determinación del residuo insoluble, ya que los investigadores de mayor prestigio en este campo han señalado que el factor más influyente en la expansión de los áridos dolomíticos es la presencia de ciertos tipos de arcilla formando parte de la roca masiva. El procedimiento seguido para dicha determinación ha sido el especificado en la norma UNE 7.095 (106) (Método para la determinación del anhídrido silícico y del residuo insoluble, de los óxidos de aluminio y hierro, del óxido cálcico y del óxido magnésico en cales y calizas). Consiste esencialmente en tratar con ácido clorhídrico diluido la muestra pulverizada, pesando la porción que queda sin disolver tras la calcinación correspondiente.

-El denominado "método de la barra de mortero" especificado en la norma ASTM C.227-87 para ensayar la reactividad potencial con los álcalis en las combinaciones de cemento y árido. Consiste en medir la expansión lineal desarrollada en probetas prismáticas de mortero, elaboradas con los áridos en cuestión y cemento con alto contenido en álcalis, y almacenadas en un recipiente sellado a la temperatura

de unos 38°C y con una humedad relativa del 100% (figura 5.19). Aunque la demarcación entre las combinaciones reactivas y las no reactivas no está claramente definida, se considera que las expansiones son índice de riesgo en los hormigones cuando éstas exceden del valor de 0,05% a los tres meses.

-El conocido como "método del cilindro de roca", aplicable al estudio de las características expansivas de las rocas carbonatadas cuando se utilizan como áridos para hormigones, está especificado en la norma ASTM C.586-86 (107) (reaprobado en 1986) y consiste en medir los cambios de longitud que se pueden presentar, a determinados plazos, en unos pequeños cilindros de roca, tras su inmersión en una disolución de hidróxido sódico a temperatura ambiente (figuras 5.20 y 5.21). A la luz de la experiencia actual, parece ser que las expansiones por encima del 0.10% son indicativas de un cierto nivel de reactividad, lo que, según la citada norma ASTM, obligaría a confirmarla con otros ensayos, especialmente sobre muestras de hormigones.

5.2.10. Friabilidad de la arena.

El método de ensayo, recogido en nuestro país en la Norma UNE 83.115, consiste en medir la evolución de tamaño de una determinada granulometría de la fracción arena en el seno de un cilindro en rotación, con una carga abrasiva y en presencia de agua.

La muestra de ensayo se prepara con el material que pasa por el tamiz 2 mm UNE y que retiene el tamiz 0'1 mm UNE. De lo obtenido se separan 500 gramos de muestra. Se lava, para asegurar la ausencia de partículas menores de 0'1 mm, y se introduce en el recipiente de ensayo junto con 2'5 litros de agua y la carga abrasiva, consistente en bolas de acero.



Figura 5.20. Extracción de cilindros de roca con broca de diamante.

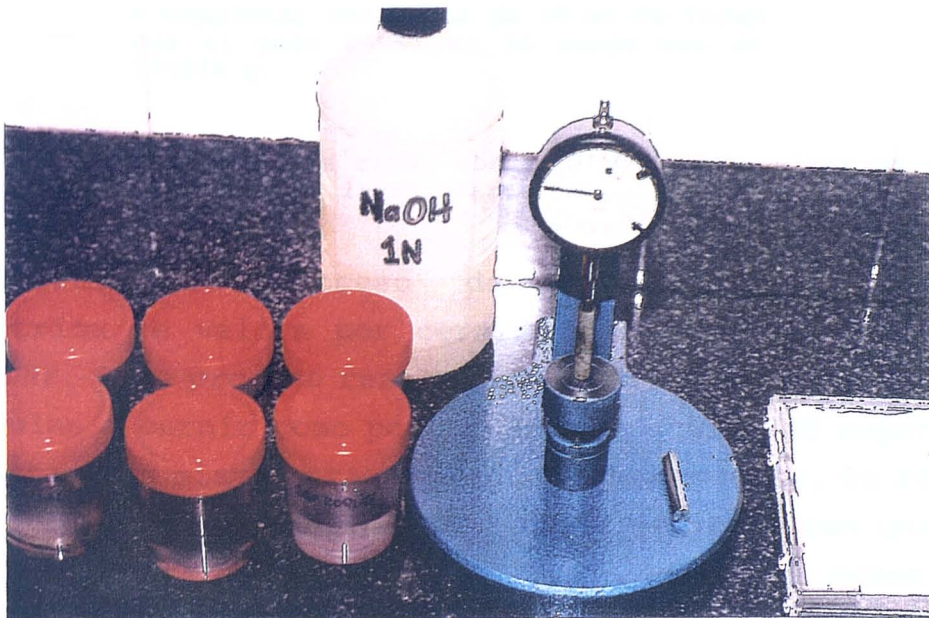


Figura 21. Medida de los cilindros de roca para evaluar su reactividad con los álcalis.

La cuantía de la carga abrasiva y el número de vueltas que da el recipiente son fijos y se recogen en la tabla 5.I.

El ensayo de friabilidad se realiza en la máquina de Micro-deval (figura 5.22). Como en los restantes ensayos Deval el esfuerzo a que se somete la arena es el de desgaste por rozamiento, que se complementa con sollicitaciones de impacto dinámico producidas por la carga abrasiva. El ensayo se realiza en presencia de agua y, por lo tanto, se trata de un coeficiente en húmedo, más desfavorable, en general, que el coeficiente en seco (37).

Nº DE BOLAS	DIAMETRO	PESO CONJUNTO	Nº DE VUELTAS
9	30 mm	975 g	1500
21	18 mm	490 g	
*	10 mm	*	

* Completar con bolas de 10 mm de forma que el peso total de la carga sea de 2500±4 g.

Tabla 5.I. Cuantía de la carga abrasiva y nº de vueltas en el ensayo de friabilidad de las arenas.

Finalizado el proceso de desgaste, la evolución granulométrica se valora por cernido en húmedo sobre el tamiz 0,050 mm UNE. Este proceso resulta engorroso, tanto por el tamaño de partículas a cernir como por la intensa actividad superficial que presentan las mismas tras el proceso de desgaste. De resultas de estos dos factores, la malla del tamiz se atora con una pasta untuosa muy coherente de material fino, casi al comenzar el cribado. Sólo mediante la dispersión previa de las partículas en un recipiente y el posterior vertido al tamiz, con sucesivas aportaciones de agua, el cernido resulta operativo. La adición

de dispersantes (hexametáfosfato sódico) nos ha resultado, también, muy positiva.

El coeficiente de friabilidad de la arena resulta de la expresión:

$$F.A. = \frac{500-m}{500} \cdot 100$$

donde:

m es el peso del rechazo sobre el tamiz 0,050 mm UNE lavado y seco.

El principal inconveniente de este ensayo radica en la variabilidad de la granulometría ensayada. Pese a que la muestra está comprendida entre las fracciones 2/0'1 mm el margen aún resulta amplio para asegurar la homogeneidad de tamaños entre distintas muestras. La dispersión de resultados depende, así mismo, de las composición mineralógica de los diferentes tamaños contenidos en la muestra de ensayo, la cual resulta, a menudo, variable.

5.2.11. Resistencia al desgaste de la grava.

En este ensayo se determina la resistencia a la fragmentación del árido, principalmente, y, entendemos que también, al desgaste producido sobre una superficie metálica.

El método de ensayo, recogido en nuestro país en las Normas UNE 83.116 y NLT 149/72 (108), consiste en someter a una determinada familia granulométrica de grava al impacto de un determinado número de bolas de acero, llamado "carga abrasiva", en el seno de un cilindro metálico en rotación (figura 5.23). A tal efecto, el cilindro está dotado en su interior de un resalto

que voltea el árido y la carga abrasiva, en cada giro, generando los impactos.

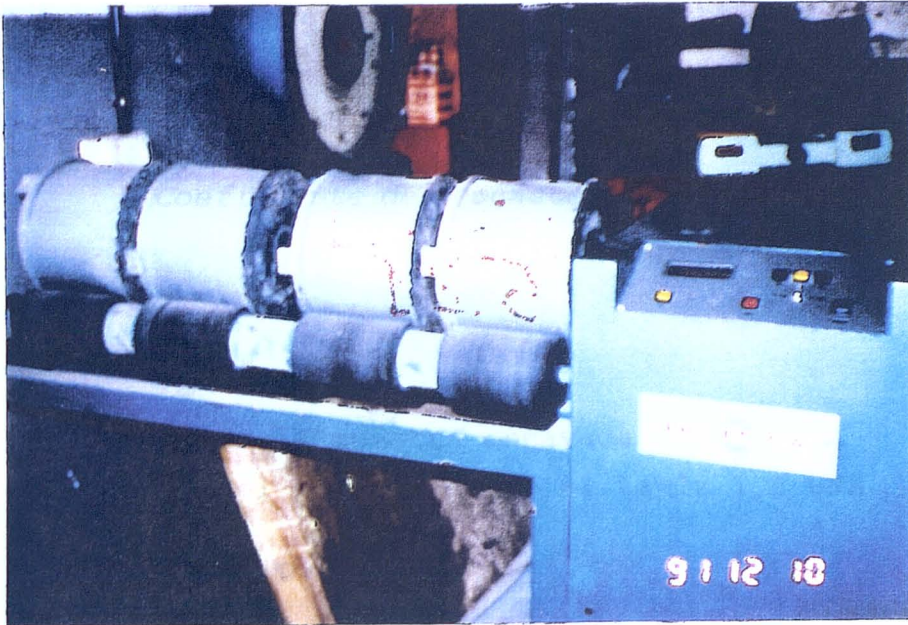


Figura 5.22. Máquina de Micro-Deval utilizada en el ensayo de friabilidad de la arena.

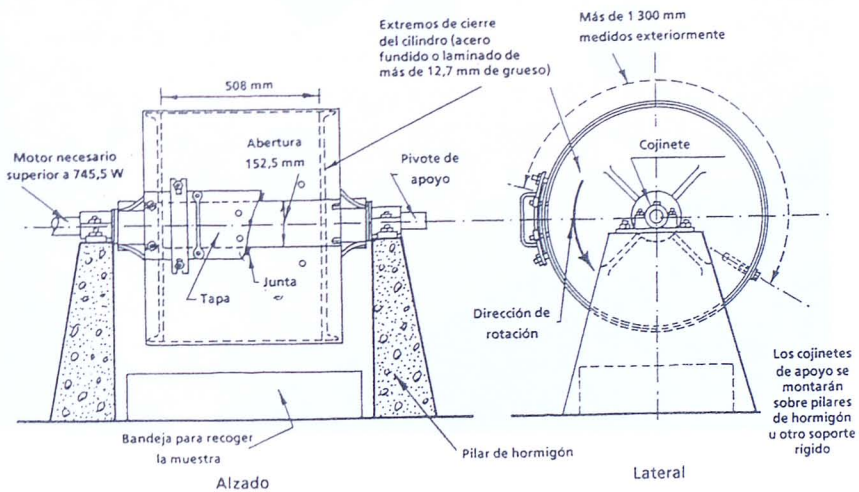


Figura 5.23. Máquina de desgaste de Los Angeles.

El coeficiente de desgaste se mide como evolución granulométrica, determinada sobre el tamiz 1'6 UNE, de la fracción ensayada (figura 5.24), y se obtiene mediante la expresión:

$$\text{Coeficiente de desgaste} = \frac{M-m}{M} \cdot 100$$

donde:

M es el peso de la muestra ensayada

m es el peso del rechazo sobre el tamiz 1,6 UNE.

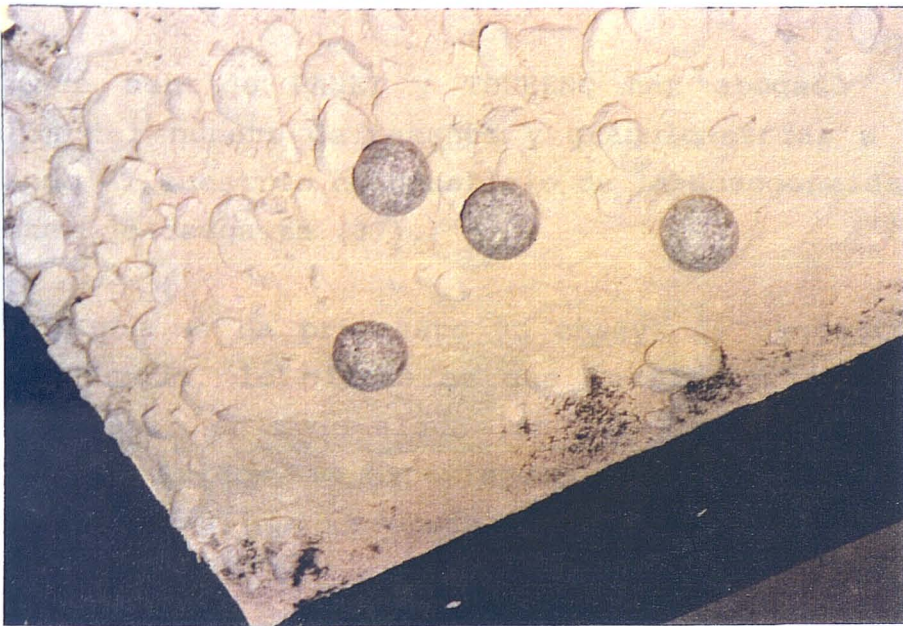


Figura 5.24. Aspecto de una muestra sometida al proceso de desgaste en la maquina de Los Angeles. Observese la elevada cantidad de partículas finas generadas en el proceso.

La muestra que se ensaya debe introducirse lavada y seca, con objeto de eliminar cualquier adherencia en la grava que, en el posterior cernido sobre el tamiz 1'6 UNE, pudiera reflejarse como desgaste. El peso del rechazo sobre el mencionado tamiz debe corresponder igualmente al del material lavado y seco, en este caso para garantizar que toda fracción menor que la luz de malla se elimine.

Las distintas familias granulométricas establecidas para el ensayo se recogen en la tabla 5.II. Tal variedad obedece al deseo de muestrear la gama más amplia posible de tamaños. Ahora bien, la sollicitación en el ensayo viene establecida por la cuantía de la carga abrasiva y el número de vueltas a que se somete el árido. El ajuste de ambos se realizó sobre un determinado número de materiales para que se obtuvieran idénticos coeficientes de Los Angeles para las distintas granulometrías ensayadas. Por lo tanto, es frecuente que los datos dispersen, en función de la granulometría, para materiales distintos de aquellos.

En este sentido PANET y TOURENQ han abogado por una disminución del número de tamaños y granulometrías a ensayar, perjudicando el muestreo en beneficio de la homogeneidad de los coeficientes de desgaste (37).

Pese a que se ha propuesto un ensayo de desgaste de Los Angeles en húmedo, lo cierto es que la presencia de agua no parece intervenir en modo alguno en los procesos de fractura dinámica de los áridos. La experiencia de diversos laboratorios parece demostrar su improcedencia.

La angulosidad del árido influye en el coeficiente de desgaste de Los Angeles, resultando más alterables los áridos más angulosos. El ensayo de Los Angeles debe efectuarse sobre áridos de machaqueo según PANET y TOURENQ (37), pues los valores obtenidos para éstos difieren desfavorablemente de los que

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

arrojan los áridos rodados, que resultan generalmente inferiores. Pese ello la Instrucción española no distingue entre árido rodado o angulosos, limitando para todos el coeficiente de desgaste en 40.

GRANULOMETRIA		A	B	C	D	E	F	G
Pasa	Retiene							
80	63					2500±50		
63	50					2500±50		
50	40					5000±50	5000±50	
40	25	1250±25					5000±50	5000±25
25	20	1250±25						5000±25
20	12,5	1250±10	2500±10					
12,5	10	1250±10	2500±10					
10	6,3			2500±10				
6,3	5			2500±10				
5	2,5				5000±10			
Nº DE BOLAS		12	11	8	6	12	12	12
Nº DE VUELTAS		500	500	500	500	1000	1000	1000

Tabla 5.II. Cuantía de la carga abrasiva y nº de vueltas en el ensayo de desgaste de Los Angeles.

5.2.12. Absorción de agua por los áridos.

La determinación se ha realizado con arreglo a las especificaciones contempladas en las normas UNE 83.133 (109) y 83.134 (110), siendo de aplicación la primera, a las arenas (método del picnómetro) y la segunda, a las gravas (método de la balanza hidrostática).



Figura 5.25. Ensayo de absorción de la arena. Obtención de la humedad de saturación con superficie seca.



Figura 5.26. Eliminación de las burbujas de aire atrapadas en el agua introducida en el picnómetro.

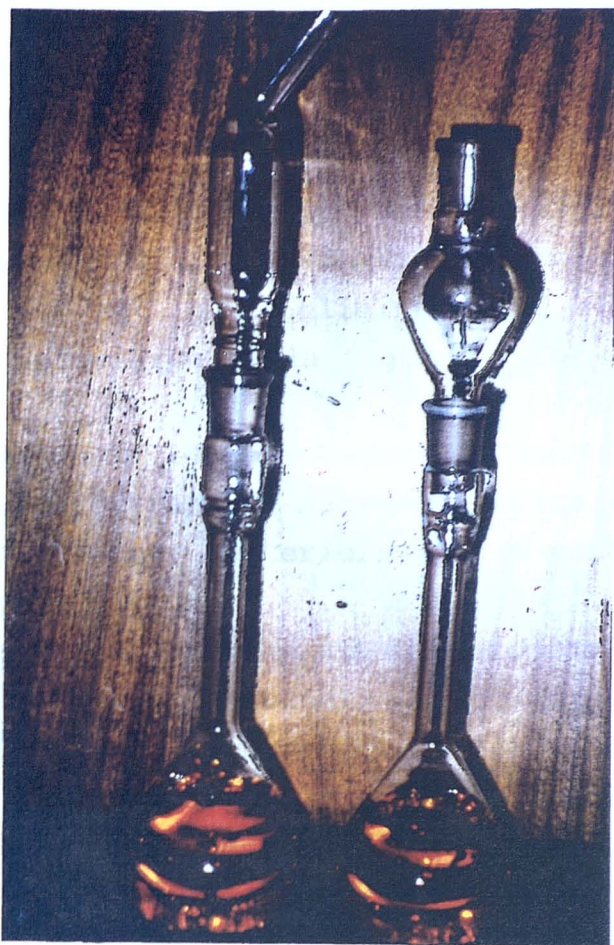


Figura 5.27. Vista de picnómetros con dos cámaras de expansión distintas.

Si bien entre las prescripciones de la Instrucción EH-91 se hace referencia exclusivamente a la absorción de agua, el proceso analítico de las citadas normas contempla, a su vez, la determinación del peso específico en cada caso.

Una vez saturada la muestra en agua durante 24 horas, se ha extendido en bandeja metálica, activando la evaporación mediante una corriente de aire templado, controlando frecuentemente el proceso para evitar un secado excesivo de la misma; la corriente de aire ha sido suficientemente suave para evitar la pérdida de las fracciones más finas por volatización.

Conseguido el estado de saturación con superficie seca de los granos (figura 5.25), se ha procedido a introducir 500 gr de muestra en el picnómetro, completando con agua hasta casi llegar al enrase; el proceso para eliminar las burbujas de aire atrapadas puede apreciarse en la figura 5.26.

Una vez enrasado el picnómetro y realizada la pesada correspondiente, se extrae del matraz el árido fino y se deseca en estufa, procediéndose, posteriormente, a tomar el peso seco.

Referente a los últimos pasos del proceso (extracción del matraz y desecación en estufa), hemos experimentado otro procedimiento alternativo, consistente en la desecación de la muestra dentro del propio matraz, siendo necesario para ello acoplarle una cámara de expansión (figura 5.27), para evitar el desbordamiento del líquido, y las consiguientes proyecciones de agua y muestra al exterior, como consecuencia de las variaciones de volumen propias de la ebullición; el proceso puede acelerarse mediante extracción forzada del vapor de agua. La ventaja de este método es que asegura que no se pierde muestra en la operación del vaciado del picnómetro, y resulta muy adecuado cuando se precisan con urgencia los resultados, al reducirse el tiempo de ensayo considerablemente.

En lo referente al árido grueso, se han seguido, en su totalidad, las especificaciones de la norma 83.134, que no entraña dificultades en su ejecución.

En la Instrucción EH-91, dentro de su artículo 7.3.2, se indica que la absorción de agua por los áridos, determinada de acuerdo con los métodos de ensayo citados, no deberá superar el 5 % ; por el contrario, no existe limitación alguna referente al peso específico.

5.2.13. Heladicidad.

Puede contemplarse bajo esta denominación el grado de estabilidad de los áridos frente a disoluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico, prescripción que se establece en la Instrucción EH-91, y cuyo método de ensayo se recoge en la norma UNE 7.136 (111).

La citada norma tiene por objeto describir un ensayo apropiado para la determinación de la resistencia a la desintegración de los áridos utilizados en la fabricación de morteros y hormigones, al ser sometidos a ciclos alternativos de inmersión en disoluciones saturadas de sulfato sódico o sulfato magnésico y desecado a 105°-110°C, acción que simula el efecto del hielo-deshielo.

Los resultados obtenidos al ensayar un mismo tipo de árido difieren entre sí, según se emplee una disolución de sulfato sódico o sulfato magnésico. Nosotros hemos llevado a cabo ambas variantes, es decir, se ha procedido a sumergir las muestras en ambas disoluciones, para ver los efectos en cada caso y comparar los resultados, durante 16 horas; posteriormente, una vez escurridos, se ha secado el árido en estufa, repitiendo cada ciclo 5 veces.

Finalmente, una vez lavadas las muestras y secadas hasta peso constante, se pesa la fracción que queda retenida sobre el mismo tamiz con que se clasificó el tamaño ensayado, y se obtiene la pérdida por diferencia de pesos.

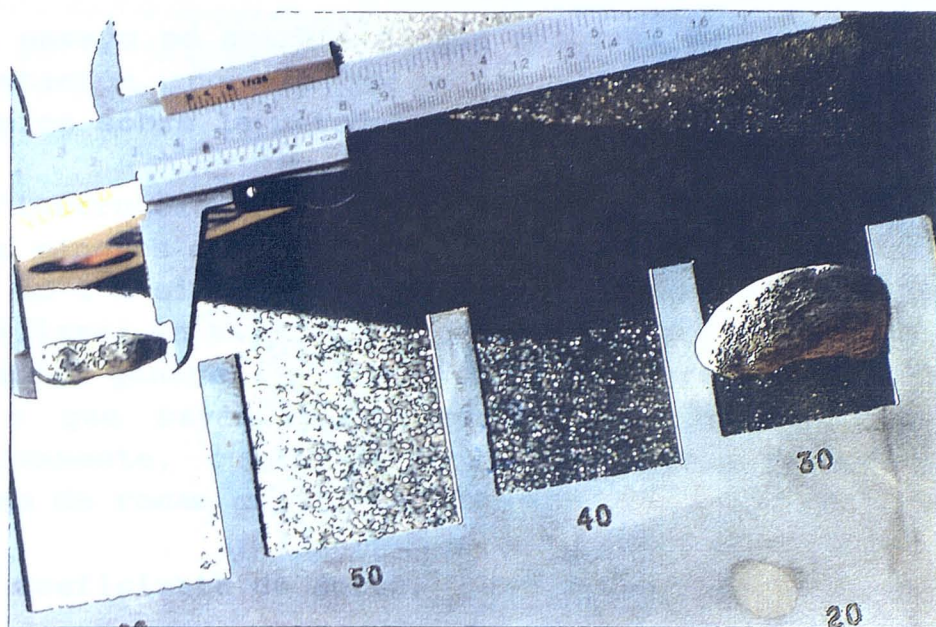
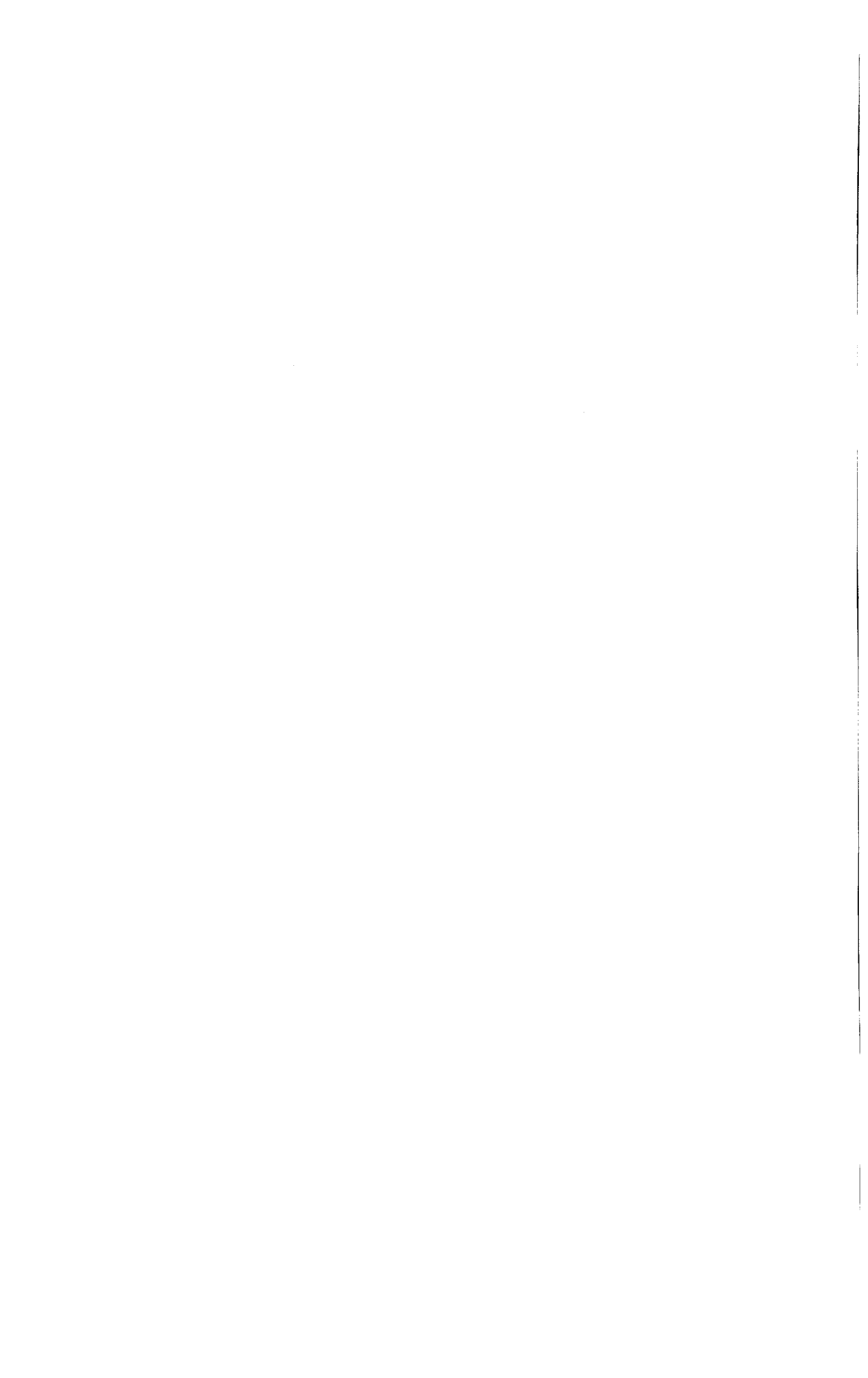


Figura 5.28. Determinación de la máxima dimensión de un árido mediante galga y con calibrador.

Según la Instrucción EH-91, el árido ensayado no debe experimentar una pérdida de peso mayor que las siguientes: en árido fino, un 10 % con SO_4Na_2 y un 15 % con SO_4Mg ; en árido grueso, un 12 % con SO_4Na_2 y un 18 % con SO_4Mg . La distinción se debe a la diferencia de presión que ejercen estas sales al cristalizar, mayores en el caso del sulfato magnésico. No obstante y según la citada Instrucción, este ensayo sólo se realizará cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

5.2.14. Finos menores de 0,080 mm.

Se han determinado según norma UNE 7.135 (112). El procedimiento se basa en separar, mediante lavados y tamizados sucesivos, las partículas finas existentes en los áridos;



entendiéndose por finos las partículas que pasan a través de un tamiz 0'080 UNE.

El ensayo no entraña ningún problema de realización ni de interpretación, por lo que no consideramos preciso realizar comentarios sobre la metodología.

La Instrucción EH-91 limita en el árido grueso el contenido en finos menores de 0'080 mm al 1 % del peso total de la muestra y hasta un 2 % si se trata de árido procedente del machaqueo de rocas calizas; en el árido fino esta limitación se eleva al 6 %, con carácter general, y al 10 y 15 % para obras en ambientes I-II y III o que hayan de soportar ciclos de hielo deshielo, respectivamente, cuando se trate de arenas procedentes del machaqueo de rocas calizas.

5.2.15. Coeficiente de forma.

Se ha determinado en el árido grueso, según la norma UNE 7.238 (113). El coeficiente de forma de un árido es el obtenido, a partir de un conjunto de n granos representativos de dicho árido, mediante la expresión:

$$C.F. = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{\frac{\pi}{6} \cdot (d_1^3 + d_2^3 + \dots + d_n^3)}$$

donde:

V_1, V_2, \dots, V_n volumen de cada grano

d_1, d_2, \dots, d_n la mayor dimensión de cada grano

Se deberá operar al menos con 20 granos de cada fracción, obtenidos por cuarteo de una muestra representativa. Las determinaciones de la máxima dimensión se ha realizado, en la mayoría de los casos, mediante galga normalizada, que proporciona directamente el volumen de la esfera circunscrita al grano, y, en otros, con calibrador (figura 5.28). La medida de volúmenes se ha llevado a cabo en probetas de 250 y 500 cc de capacidad.

5.2.16. Análisis granulométrico por tamizado.

El procedimiento de ensayo está especificado en la norma UNE 7.139 (114), que consiste en cribar los áridos a través de una serie de tamices.

El método no es aplicable a áridos recuperados de mezclas bituminosas ni a las cargas minerales (fillers).

Hemos empleado la siguiente serie de tamices UNE 7.050 (115):

Tamiz Serie 7.050	Luz de malla (mm)
UNE 80	80
UNE 40	40
UNE 20	20
UNE 10	10
UNE 5	5
UNE 2'5	2'5
UNE 1'25	1'25
UNE 0'63	0'63
UNE 0'32	0'32
UNE 0'16	0'16

Previamente, en las muestras de árido total se ha separado la mezcla en dos tamaños con el tamiz 5 UNE, siguiéndose posteriormente el procedimiento operativo normalizado.

No existe prescripción a tal respecto en la Instrucción EH-91. La aptitud de la granulometría de un árido debe establecerse en base a los criterios propuestos por numerosos autores de prestigio, de los cuales ya hemos hablado en capítulos precedentes.

5.2.17. Analisis granulométrico por sedimentación.

Como complemento a las determinaciones de valor de azul de metileno, se estimó oportuno conocer la composición granulométrica de la fracción fina (<0,080 mm) de las arenas, utilizando este procedimiento, propio del estudio de suelos e inusual en los áridos.

Para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el método más adecuado es , evidentemente, el tamizado, comentado en el apartado anterior. Ahora bien, al aumentar la finura de las partículas, el cernido se hace cada vez más pesado. La fabricación de los tamices también presenta limitaciones y a partir del tamiz 0'080 UNE es preciso recurrir a otros procedimientos.

Los más empleados se basan en la Ley de Stokes, según la cual la velocidad de caída de una esfera sumergida en un fluido es igual a:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} \cdot D^2$$

donde:

v = velocidad de caída de la esfera (cm/s)

γ_s = peso específico del material de la esfera. (p/cm³)

γ_w = peso específico del agua (p/cm³)

D = diámetro de la esfera (cm)

η = coeficiente de viscosidad, llamado también viscosidad dinámica o absoluta del fluido (p s/cm²)

en el sistema cm-p-s

De entre los métodos más utilizados: método de Robinson o de la pipeta y método de Bouyoucos-Casagrande o del densímetro; hemos escogido este último. Mientras que en el método de la pipeta es posible hallar directamente la fracción de suelo

compuesta de partículas de diámetro menor que un prefijado D , introduciendo la pipeta a una profundidad cualquiera z , en el del densímetro no puede hacerse lo mismo, ya que el bulbo del instrumento se sumerge a una profudidad que no podemos imponer, sino que depende de la concentración de la suspensión, que no es dato sino resultado. El método del densímetro es menos exacto, pero es rápido y permite obtener gran número de puntos de la curva granulométrica (116).

En una suspensión uniforme de suelo en agua, consideremos un punto cualquiera situado a una profundidad z bajo la superficie de la suspensión, y designemos por t el tiempo transcurrido desde el inicio de la sedimentación. El diámetro D de la partícula, que tarda el tiempo t en caer desde la superficie a la profundidad z , se puede hallar mediante la Ley de Stokes:

$$\frac{z}{t} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} \cdot D^2$$

despejando:

$$D = \sqrt{\frac{18\eta}{\gamma_s - \gamma_w} \cdot \frac{z}{t}}$$

[1]

A la profundidad z no habrá partículas de diámetro mayor que D , ya que todas las partículas más gruesas habrán descendido en el tiempo t a una profundidad mayor que z .

En cualquier elemento situado a la profundidad z la cantidad de partículas de diámetro menor que D no cambiará, pues las que hayan entrado por la cara superior del elemento igualarán a las que hayan salido por la inferior.

Sea C_{zt} la concentración a la profundidad z en el instante t . Si N es la relación entre el peso de las partículas menores que D y el peso de todas las partículas en la muestra original de suelo, se cumplirá:

$$N = \frac{C_{zt}}{C_i} \quad [2]$$

donde:

C_i la concentración inicial.

Así pues, una determinación de la concentración a una profundidad z y en un instante t nos permitirá mediante las fórmulas [1] y [2], hallar D y N , y, por tanto, obtener un punto de la curva granulométrica.

El método de la pipeta hace esta determinación directamente; el del densímetro lo hace indirectamente a través del peso específico medio en la zona ocupada por la parte sumergida del densímetro, tal y como vamos a exponer:

Concentración de una suspensión en función de su peso específico.

La concentración C de una suspensión es, por definición, el peso de sólidos por unidad de volumen en suspensión. El correspondiente volumen de sólidos es C/G_{τ_w} (se supone $\tau_w \approx$ peso específico del agua a 4°C), siendo G el peso específico de las partículas sólidas. Como la unidad de volumen está compuesta por sólidos y líquidos, el volumen de agua será $1 - (C/G_{\tau_w})$, y el peso del agua, $\tau_w - (C/G)$. El peso específico será:

$$\gamma = C + \gamma_w - \frac{C}{G}$$

despejando C:

$$C = \frac{G}{G-1} \cdot (\gamma - \gamma_w)$$

[3]

Teoría del densímetro.

En la figura 5.29 se muestra un densímetro de líneas hidrodinámicas, del tipo empleado para la determinación de curvas granulométricas de suelos.

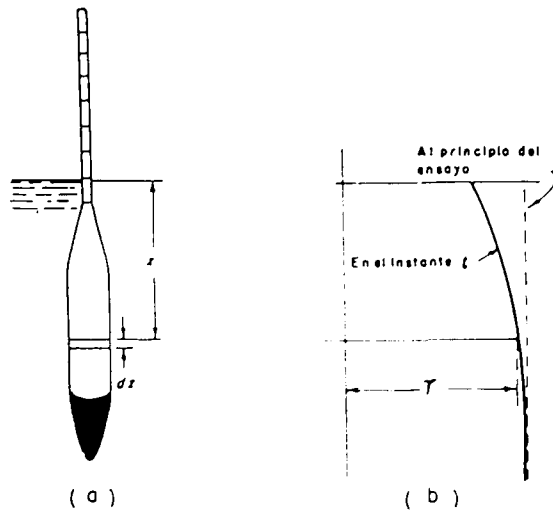


Figura 5.29. a) Densímetro; b) Variación del peso específico de la suspensión con la profundidad. (116)

Si es r la lectura correspondiente al contacto de la superficie del líquido con el vástago del densímetro, cuando se trata de un líquido homogéneo, r es su peso específico relativo:

$$r = \frac{\gamma}{\gamma_0} ; \gamma = r\gamma_0$$

donde:

γ es el peso específico del líquido

γ_0 es el peso específico del agua a temperatura de calibración.

Cuando un densímetro flota en un líquido homogéneo, el peso del densímetro, W_H , es igual al empuje del líquido desalojado:

$$W_H = \gamma \cdot \int S \cdot dz$$

$$W_H = r \cdot \gamma_0 \cdot \int S \cdot dz$$

[4]

donde:

S es el área de la sección del densímetro a una profundidad z , y la integral se extiende a la profundidad sumergida del aparato.

Pero la fórmula [3] es también la ecuación que liga la lectura del densímetro, r , con el volumen del aparato situado debajo de la lectura, $\int S \cdot dz$.

Cuando en un análisis por sedimentación ha transcurrido algún tiempo, el peso específico de la suspensión varía con la profundidad, como se indica en la figura 5.29. En tal caso W_H se calcula:

$$W_H = \int \gamma \cdot S \cdot dz \quad [5]$$

CASAGRANDE (117) ha demostrado que el suponer que τ varía linealmente con la profundidad implica, par nuestros fines, errores muy pequeños y siempre inferiores al 3%. Así, pues, podemos suponer:

$$\gamma = C_1 + C_2 \cdot Z \quad [6]$$

Sea z_r la profundidad en la que el peso específico es igual a $r \cdot \gamma_0$, siendo r la lectura del aparato. Tendremos:

$$r \cdot \gamma_0 = C_1 + C_2 \cdot z_r \quad [7]$$

Sustituyendo τ en [6] en [5], y el valor de $r \cdot \gamma_0$ dado por [7] en [4], y despejando z_r , tendremos:

$$z_r = \frac{\int S \cdot z \cdot dz}{\int S \cdot dz}$$

Esta ecuación indica que la profundidad en la que el peso específico relativo es igual a r es, precisamente, el centro de gravedad del volumen de densímetro sumergido.

El calibrado del densímetro nos dará z_r en función de r .

Como el volumen del bulbo es considerablemente mayor el del vástago, y , además, aquél suele ser simétrico respecto a un plano horizontal, el centro de gravedad del volumen sumergido se encuentra muy próximo al centro del bulbo.

Sustituyendo en [3], tenemos:

$$C = \frac{G}{G-1} \cdot \gamma_0 \cdot (r - r_w)$$

sustituyendo este último valor en [2], resulta:

$$C = \frac{G}{G-1} \cdot \frac{\gamma_0}{C_i} \cdot (r - r_w)$$

Esta ecuación, juntamente con la resultante de sustituir z_r en lugar de z en [1]:

$$D = \sqrt{\frac{18\eta}{\gamma_s - \gamma_w} \cdot \frac{z_r}{t}}$$

nos proporciona para cada lectura del densímetro, N y D , y por tanto, un punto de la curva granulométrica.

El ensayo se ha realizado con arreglo a lo establecido en la NELC 16.01-a del Laboratorio Central de Ensayos de Materiales de Construcción (118). Consiste, como hemos mencionado, en introducir un densímetro o areómetro en una probeta, que contiene una dispersión de la muestra a ensayar, a intervalos regulares de tiempo y tomar lecturas.

Se comienza por mezclar la muestra menor de 0,16 mm en una probeta con un liquido, en nuestro caso agua.

(100 + W_0) gramos en suelos arenosos y
(50 + $W_0/2$) gramos en terrenos arcillosos,

siendo W_0 el tanto por ciento de humedad natural.

Para lograr la dispersión de las partículas se agregan pequeñas cantidades de ciertos productos químicos dispersantes, y se agita fuertemente el conjunto.

La precisión de los resultados obtenidos en un análisis por sedimentación depende en su mayor parte, especialmente en tierras arcillosas o de granos muy finos, de llegar a relizar una buena dispersión de las partículas.

En los terrenos arenosos se puede obtener una dispersión conveniente, agitando con agua la muestra ensayada, pero en los suelos arcillosos y en aquellos otros en los que los elementos muy finos están adheridos rodeando los granos gruesos, es necesario recurrir, como ya hemos indicado, al tratamiento con soluciones de agentes químicos dispersivos y a la agitación mecánica.

Las soluciones de agentes químicos usadas como dispersivos en el laboratorio propuestas por la norma NELC 16.01-a son las siguientes:

Silicato sódico.....al	0'1 y al 0'4 %
Pirofosfato sódico.....al	0'05 y al 0'5 %
Oxalato sódico.....al	0'2 y al 0,5 %
Citrato sódico.....al	0'1 y al 0,4 %
Ferrocianuro sódico....al	0'01 N y 0'001 N

Dicha norma indica el modo operativo a seguir para escoger el dispersante más apropiado. Nosotros hemos optado por emplear Hexametáfosfato sódico, propuesto por la norma NLT-104 para el análisis granulométrico de la fracción fina, al 0'4 %, que ha proporcionado muy buenos resultados.

La muestra con la disolución dispersante se agita en una batidora mecánica, a fin de desleir los grumos de material. La falta de una dispersión completa produce errores, pues las partículas agrupadas caen con la velocidad correspondiente, no al diámetro propio, sino al del grumo. Parte de la arcilla puede quedar así clasificada como limo o incluso como arena.

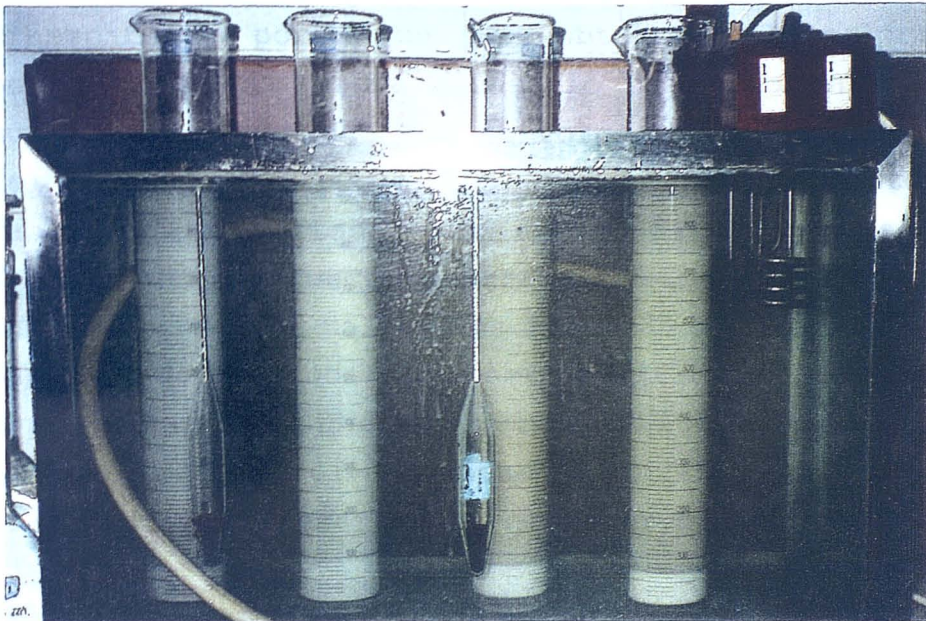


Figura 5.30. Disposición en baño termostático de la probetas en el ensayo de granulometría por sedimentación. Puede observarse en primer término los densímetros empleados.

La suspensión así obtenida se introduce en una probeta cilíndrica, de un litro de capacidad. Se enrasa la probeta, se agita energicamente la mezcla y se da comienzo a la sedimentación. Las probetas deben mantenerse sumergidas en un baño termostático a fin de manter constante la temperatura de la dispersión durante la sedimentación (figura 5.30).

Las lecturas del densímetro se toman a los: 15", 30", 45", 60", 2', 4', 8', 15', 30', 60', 2 h, 4 h, 8h, 24 h, 32 h, 48 h, 56 h y 72 h. Para las arenas ensayadas no ha sido necesario tomar lecturas más allá de las 24 h.

- Correcciones debidas al menisco y al peptizante.

Al aplicar, dentro de esta determinación, la ley de Stokes para el cálculo de las proporciones en que están las partículas de los diversos tamaños, hay que tener en cuenta que el líquido con que se opera en la mayoría de los casos es de color terroso, y, por tanto, poco transparente, por lo que, para obtener lecturas precisas en el areómetro, será necesario hacerlas en el borde superior del menisco que se forma alrededor del tallo del instrumento. Como los areómetros propuestos por Casagrande y adoptados para esta determinación se taran a la altura en que la superficie libre horizontal del agua encuentra al tallo, las lecturas hechas en el borde superior del menisco deben ser rectificadas mediante una corrección (C_m), que es una constante para cada aparato. La norma NELC 16.01-a propone el método para determinar la corrección necesaria por el error de menisco.

Por otra parte, como la densidad del líquido en el que se hace la dispersión varía de unos casos a otros, según la concentración y naturaleza del agente químico que se utilice para facilitarla, es necesario tener en cuenta este aumento de densidad que se origina en relación con

la del agua destilada, lo que se consigue disminuyendo la lectura hecha en el areómetro en la corrección debida al peptizante, y que es constante para cada solución del mismo agente químico y la misma concentración. Su valor C_p se determina colocando, aproximadamente, un litro de dicha solución a 20°C en una probeta de cristal y, cuando se quede en reposo, se sumerge lentamente el areómetro y se toma la lectura, tal y como indica la norma NELC 16.01-a.

La proporción de un determinado tamaño en la muestra, se obtienen a partir de las lecturas de densidad de la dispersión, en los diferentes instantes, multiplicándolas por unos coeficientes que dependen del peso específico del material ensayado y de su proporción en la muestra total. A estas lecturas debe aplicarse, previamente, las correcciones C_m , C_p y otra de temperatura, necesaria si la sedimentación no se realiza a 20° C.

El tamaño de las partículas se determina, con ayuda de un ábaco propuesto por la norma NELC 16.01-a, a partir del peso específico del material ensayado, la temperatura de la dispersión, tiempo de lectura y la profundidad a la que el areómetro toma la lectura. Esta profundidad, como hemos visto, depende de la densidad de la dispersión en cada instante, y puede obtenerse a partir de las lecturas de densidad sin corrección si se tara previamente el areómetro, toda vez que podemos suponer, sin gran error, que la lectura corresponde al volumen de dispersión situado a la misma profundidad que el centro geométrico del bulbo del areómetro.

5.2.18. Límites de Atterberg.

Se han seguido las normas NLT-105 (119), para el límite líquido, por el método de la cuchara de Casagrande, y NLT-106 (120), para el límite plástico.

En ambos casos se ha operado con la fracción de muestra que pasa por el tamiz 0'40 UNE, separando, en primera instancia, el material que pasa por el tamiz 2 UNE.

En la determinación del límite líquido, debido a la baja cohesión del material ensayado, ha sido preciso utilizar para la realización del surco el acanalador de la A.S.T.M., aunque tiene el inconveniente de que no controla la altura de los labios, por lo cual da sistemáticamente valores de límite líquido inferiores a los obtenidos con el acanalador de Casagrande (119).

Las determinaciones, cuando han sido posibles, se han realizado mediante dos puntos, tanto en el límite líquido como en el plástico.

5.2.19. Observación y microanálisis por microscopía electrónica.

El trabajo ha sido llevado a cabo, bajo nuestra supervisión, en la Unidad de Servicios Técnicos Centrales de la Universidad de Granada.

Se ha realizado sobre algunas muestras en aquellas fracciones que se han sometido al ensayo de friabilidad (antes y después), con objeto de valorar la posible influencia de la microestructura cristalina u otros factores en los resultados, en cierto modo pesimistas, del citado ensayo.

Se ha utilizado microscopía electrónica de barrido (SEM) con un microscopio Zeiss, modelo DSM 950, equipado con sistema de microanálisis mediante espectrometría de Energía Dispersiva de Rayos X (EDX), LINK. con un detector de Si (Li) y una resolución de 150 eV.

Además del estudio morfológico mediante visualización y toma de fotografías, el microanálisis ha permitido conocer la composición química puntual de las fases mineralógicas, con lo

que se ha contribuido a la identificación de las mismas, así como a su caracterización.

5.2.20. Análisis mineralógico por difracción de rayos X.

Preparación de la muestra

El procedimiento general seguido comprende los siguientes apartados:

- Molienda

Previo secado a temperatura ambiente, la muestra ha sido molida hasta conseguir un tamaño inferior a 5 mm. Posteriormente, se ha separado una pequeña porción, procurando que sea totalmente representativa, y se ha molido en un mortero de ágata hasta obtener un tamaño de partícula inferior a $53 \mu\text{m}$ (140 ASTM), adecuado para el estudio de la mineralogía total mediante rayos X.

- Extracción de la fracción arcilla

A fin de poder realizar estas extracciones, previamente hay que conseguir la dispersión de la muestra. Para ello se ha empleado hexametáfosfato sódico en agua al 5%, añadiendo la menor cantidad posible para evitar posteriores interferencias que se pudieran producir en el análisis.

Dispersada la muestra y mediante las técnicas habituales, basadas en la ley de STOKES, se extrae, con repetidas decantaciones, de los 10 cm superiores de la columna de agua, la fracción $< 2 \mu\text{m}$. Los tiempos de sedimentación de las partículas empleados en estas extracciones han sido de 8 horas.

Una vez finalizada la extracción de las fracciones arcilla, se concentran las partículas mediante centrifugación del agua.

- *Eliminación de carbonatos*

Para evitar el enmascaramiento que las elevadas cantidades de carbonatos producen en las reflexiones correspondientes a los minerales de la arcilla, se hace aconsejable proceder a la eliminación de estos en la preparación de agregados orientados. Este es un proceso que requiere una cuidadosa atención para evitar la actuación del agente atacante sobre los minerales de la arcilla (121 a 123). Así por ejemplo, las cloritas, al menos las que tienen un alto contenido en hierro, son susceptibles a alterarse ante el ataque con ClH (124), igual ocurre con ciertas esmectitas y sobre todo con minerales fibrosos de la arcilla: sepiolita y paligorskita.

Debido a la naturaleza carbonática de la mayoría de nuestros áridos, entendimos que resultaba más operativo realizar esta eliminación una vez separada la fracción arcilla, evitando así una duración más prolongada del proceso.

Se han propuesto varios métodos para la eliminación de los carbonatos. Unos proponen el ataque con ClH 0'2 N, incrementando la concentración hasta 1 N. (125,126) Otros utilizan una mezcla de ácido acético 1 N, acetato sódico 1 N y ácido clorídrico 14 N, en proporciones 1:1:0'02, respectivamente (127). Igualmente, otro método consiste en realizar un ataque con ácido acético partiendo de concentraciones 0'3 N hasta 1 N con agitación constante de la muestra para evitar ataques puntuales prolongados (128). Este último ha sido el procedimiento seguido en este trabajo.

Una vez concluida la descarbonatación, se procede a la eliminación de los iones de acetato, que se consigue mediante sucesivos lavados de la muestra.

La separación de la fracción arcilla y eliminación de carbonatos sólo se ha realizado en determinadas muestras de arena, de las que nos interesaba conocer las especies

mineralógicas de dicha fracción, por su posible incidencia en el valor de azul de metileno. En los restantes análisis (caracterización de rocas, arenas y gravas), se ha sometido a estudio la totalidad del material preparado con tamaño inferior 53 μm .

-Preparación de agregados orientados

Con una pequeña parte representativa de cada fracción se ha preparado una suspensión en agua destilada. Esta suspensión se deposita en portamuestras de vidrio y se dejan secar a temperatura ambiente. De este modo, se favorecen las reflexiones 001 de los minerales de la arcilla. Se han preparado cuatro agregados orientados de cada una de las muestras para las determinaciones por difracción de rayos X de agregado orientado natural, (A.O.), con etilenglicol (A.O.+E.G.), dimetilsulfóxido (A.O.+D.M.S.) y calentamiento térmico a 550°C (A.O.+550°C).

Análisis mineralógico cualitativo

Se ha utilizado un difractómetro Phillips modelo PW-1710, empleando radiación $\text{CuK}\alpha$, monocromador de grafito y rendija automática con las siguientes condiciones experimentales: KV=40, sensibilidad $1 \cdot 10^3$ y velocidad de exploración 1 y 6 °/min.

Para algunas series, la recogida de datos se ha realizado con la ayuda de programas de control del difractómetro.

Con el programa POLVO (129) se han recogido los diagramas de polvo de la muestra total y de los agregados orientados de la fracciones arcilla y sus tratamientos con etilenglicol, dimetilsulfóxido y calentamiento térmico. Estos diagramas han sido utilizados para la identificación de los minerales presentes en las muestras, así como para el posterior análisis semicuantitativo.

La comunicación del ordenador con el difractómetro es de tipo Full Duplex, sin posibles interferencias. Las condiciones experimentales de la rutina REGISTRO para la recogida de datos han sido: Velocidad de exploración equivalente a $6^\circ/\text{min}$. con medidas realizadas cada $0'04^\circ 2\theta$, con un tiempo de integración de $0'4$ seg.

Este programa permite también realizar la lectura de los diagramas con la rutina LECTOR. En concreto elimina el fondo del difractograma mediante una función Cramped Cubic Splint con derivada inicial y final igual a cero. Posteriormente calibra el diagrama mediante una corrección lineal a partir de un estándar interno que suele ser el propio cuarzo de la muestra. Por último, también permite una búsqueda de picos según las recomendaciones de la Sociedad de Mineralogía de América (130), utilizando el cálculo de la segunda derivada por la derecha y por la izquierda, con posible selección de intensidad mínima y con rutinas implícitas de suavizado por filtro lineal y tensionado de la curva lineal.

1) *Diagramas de polvo.*

Para determinar la mineralogía total, la fracción con tamaño inferior a $53 \mu\text{m}$ (140 ASTM) se monta en un portamuestras de aluminio mediante la técnica habitual, evitando ejercer presiones que puedan favorecer alguna orientación. Las reflexiones obtenidas en difracción se han comparado con los ficheros de datos de difracción P.D.F. (Power Data File) del Joint Comitee of Power Difraccion Standars (131), o con los datos recogidos por diferentes autores (132).

2) *Diagramas de agregados orientados*

Debido a que los minerales de la arcilla suelen presentar reflexiones comunes, se hace necesario la realización de diferentes tratamientos especiales para establecer con claridad qué minerales se hayan presentes

(tabla 5.III). En concreto, para cada muestra se han realizado los siguientes diagramas:

-Agregado orientado natural (A.O.). Sin ningún tratamiento adicional.

-Agregado orientado solvatado con etilenglicol (A.O.+E.G.), con el fin de caracterizar los minerales hinchables (esmectitas e interestratificados ilita-esmectita). Consiste en realizar un calentamiento a 60°C durante 48 horas en atmósfera de etilenglicol (132).

-Agregado orientado con dimetilsulfóxido (A.O.+D.M.S.). Para confirmar la existencia de caolinita en presencia de clorita. El tratamiento se efectúa calentando a 80°C durante 72 horas en atmósfera de dimetilsulfóxido (133). Con este tratamiento hay que tener en cuenta que no toda la caolinita pasa a tener un espaciado de 11'18 Å, ya que hay partículas, sobre todo las de menor tamaño, que no expanden.

-Agregado orientado sometido a calentamiento térmico de 550°C (A.O. + 550°C). Durante 90 minutos se somete la muestra a este tratamiento para destruir la caolinita, comprobar la presencia de clorita y analizar el comportamiento de los minerales hinchables (134). En este caso, también hay que precisar que la clorita puede tener comportamiento distinto ante el calentamiento, pudiendo variar su cristalinidad, disminuir la intensidad de sus reflexiones e incluso, en algunos casos, destruirse.

Análisis mineralógico semicuantitativo

El cálculo de las proporciones en las que se presentan cada uno de los minerales en las muestras, es siempre una labor que

ha de desarrollarse teniendo presente la existencia de toda una serie de factores que hacen que los resultados obtenidos no puedan ser considerados como valores absolutos de cantidad, sino más bien como indicadores relativos de la concentración de los distintos minerales en las diferentes muestras.

MINERAL	AO	AO+EG	AO+DMS	AO+550°C
Caolinita	7'1	7'1	11'2	-
Ilita	10'0	10'0	10'0	10'0
Esmectita (Mg,Ca)	14'0-15'0	17'0	19'0	10'0
Esmectita (Na)	12'5	17'0	19'0	10'0
Clorita	14'0	14'0	14'0	14'0
Paligorskita	10'5	10'5	10'5	10'0
Ilita/Esmectita *	12'0	14'0	15'0	10'0

* Valores teóricos para proporciones del 50 % de cada una de las fases minerales.

Tabla 5.III. Efectos de los tratamientos sobre los espaciados basales de los minerales de la arcilla. .

Dentro de las múltiples variables que influyen sobre un análisis cuantitativo, en primer lugar hay que tener en cuenta los diversos factores que afectan a la intensidad de una reflexión (135). Igualmente es necesario considerar el método utilizado en la cuantificación (136), el enmascaramiento por otros compuestos tales como sustancias amorfas, la interferencia de picos correspondientes a varios minerales, el tipo de catión de cambio y el grado de orientación de las muestras, así como la homogeneidad (137) y cantidad de muestra que se utiliza en la preparación (138). Todos estos factores son estudiados exhaustivamente por MELLIGER (139).

A pesar de lo dicho anteriormente, el estudio semicuantitativo mantiene todo su valor como medio de

caracterización y comparación de los distintos materiales estudiados.

1) *Mineralogía total*

El cálculo de las proporciones que presentan los minerales en las distintas muestras, tanto de las tomadas directamente de los frentes de cantera como de diferentes fracciones comercializadas, se ha efectuado sobre los difractogramas de la muestra total. Se han medido las áreas de las reflexiones más significativas de cada mineral y se han aplicado los poderes reflectantes que se citan en la tabla 5.IV. La incorporación de una rendija automática al equipo de difracción citado anteriormente da lugar a la necesidad de efectuar una corrección de dichos poderes reflectantes; éstos también se recogen en la misma tabla.

MINERAL	Reflexión (Å)	PR	PRC
Filosilicatos	4'45	0'10-0'15	0'07-0'11
Cuarzo	3'34	2'00	1'43
Calcita	3'03	1'00	1'05
Dolomita	2'89	1'00	1'08
Feldespatos	3'20	1'00	1'03
Yeso	7'56	1'50	0'70

PR: poder reflectante

PRC: poder reflectante corregido para rendija automática.

Tabla 5.IV. Poderes reflectantes utilizados para los diagramas de polvo.

2) *Minerales de la arcilla*

Además de los factores anteriormente citados, existe toda una serie de problemas bien estudiados (140 a 143),

que se suman a la ya dificultosa estimación cuantitativa de estos minerales. Cabe señalar entre otros, la existencia de sustituciones isomórficas que producen cambios en la intensidad de las reflexiones; la meteorización y baja cristalinidad que causan un ensanchamiento, asimetría y pérdida de intensidad de los picos; y el solapamiento de varias reflexiones de diferentes minerales.

El procedimiento a seguir se corresponde con el ya indicado para la mineralogía total. Los poderes reflectantes para las fases minerales que aparecen, son los recogidos en la tabla 5.V, en la que se muestran también las correcciones introducidas debidas a la colocación de la rendija automática en el difractómetro.

MINERAL	Reflexión (Å)	PR	PRC
Esmectitas	14'0	4'00	0'93
Ilita	10'0	1'00	0'36
Paligorskita	10'5	0'67	0'22
Clorita	7'1	2'00	0'98
Caolinita	7'1	2'00	0'98

PR: poder reflectante
 PRC: poder reflectante corregido para rendija automática.

Tabla 5.V. Poderes reflectantes utilizados para agregados orientados.

5.2.21. Dosificación y confección de probetas de hormigón.

Una vez establecidos los parámetros de calidad de los diferentes áridos, consideramos que el análisis de los mismos se

completa con la caracterización que supone la confección de hormigones con ellos y su rotura a compresión. Con el estudio comparativo de las resistencias medias obtenemos un nuevo punto de referencia para confrontar la idoneidad de los áridos de las diferentes canteras.

Como método de dosificación, tanto para áridos como para hormigón, hemos adoptado el propuesto por DE LA PEÑA (42). La elección del método, que comentamos a continuación, se debe a la gran cantidad de variables que se contemplan en él, relativas a resistencia a conseguir, tipología del árido, categoría del cemento, consistencia del hormigón, etc., por lo que consideramos que este método nos proporciona unos resultados acordes con el fin perseguido: comparación árido-resistencia.

METODO PROPUESTO POR DE LA PEÑA

Si se trata de dos áridos (una arena y una grava), el porcentaje de arena, en volumen real, referido al volumen real del total del árido, se puede averiguar a partir del módulo granulométrico de la arena -que se define después-, con el auxilio del gráfico adjunto. Si llamamos t_0 al valor hallado, el porcentaje de grava expresado en la misma forma, será $t_1=100-t_0$, ya que $t_0+t_1=100$.

Se llama módulo granulométrico de una arena, a los efectos de aplicación de este método, a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos, al cribar la misma por diez tamices de malla cuadrada con aberturas en mm, de 80, 40, 20, 10, 5, 2'5, 1'25, 0'63, 0'32 y 0'16, entendiéndose que tales porcentajes deben referirse al volumen real de la muestra ensayada.

En el caso de más de dos áridos se empieza por considerar como "arena" el más fino de todos ellos, y como "gravas" a todos los demás. Seguidamente, y valiéndose del gráfico citado, se calcula el porcentaje de "arena" que correspondería a cada una de las mezclas de dicha "arena" con las distintas "gravas", por separado; es decir, como si se tratara de hormigones independientes, que estuviesen constituidos solamente por la "arena" y una de las "gravas".

Llamemos t_{a1} , t_{a2} , ..., t_{ai} , ..., t_{an} , los porcentajes de arena que resultan, por este procedimiento, para las distintas mezclas, ordenados por el tamaño máximo de sus "gravas", de menor a mayor.

El tanto por ciento de arena en volumen absoluto, referido a la suma de los volúmenes absolutos de todos los áridos que deben formar parte del hormigón, es: $t_0 = t_{an}$.

El tanto por ciento de la mezcla total correspondiente a la grava de menor tamaño máximo es:

$$t_1 = t_{an} \frac{100 - t_{a1}}{t_{a1}}$$

El tanto por ciento de esta fórmula, que corresponde a la grava situada en segundo lugar por su tamaño máximo, de menor a mayor es:

$$t_2 = t_{an} \frac{100 - t_{a2}}{t_{a2}} - t_1$$

El tanto por ciento, con el que debe figurar en la mezcla la grava del tamaño máximo siguiente, es:

$$t_3 = t_{an} \frac{100 - t_{a3}}{t_{a3}} - (t_1 + t_2)$$

El tanto por ciento de una grava cuyo tamaño máximo esté en un lugar cualquiera "i", en la escala de menor a mayor, es:

$$t_i = t_{an} \frac{100 - t_{ai}}{t_{ai}} - (t_1 + t_2 + \dots + t_{a(i-1)})$$

Como es natural, en todos los casos debe verificarse que :

$$t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_n = 100$$

Los valores que da el gráfico corresponden al hormigón armado, de consistencia adecuada para el picado con barra, fabricado con áridos naturales de forma redondeada. Para hormigones con otras características es preciso aplicar la corrección o correcciones que correspondan, entre las que se citan después.

Correcciones

Estas correcciones se aplicarán después de haber calculado el tanto por ciento de la mezcla de todos los áridos, que corresponde a cada uno de ellos, para las condiciones ya citadas.

Hormigón vibrado.- Se aumentará el árido más grueso en un 4 %. el aumento se restará de los demás áridos,

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

distribuyéndolo en partes proporcionales a sus tanto por ciento.

Hormigón sin armar.- Se aumentará el árido más grueso en un 3 %, que se restará de los demás, como antes.

Aridos machacados.- Se aumentará el árido más fino en un 4 %, que se restará de los demás, en la forma ya indicada.

Dosificación por metro cúbico.

Para establecer la dosificación por metro cúbico es necesario tener en cuenta lo siguiente:

1º El agua se evapora en parte; es también parcialmente absorbida por los áridos cuando están secos, y el resto forma una pasta con el cemento, que retrae notablemente, sobre todo antes de fraguar. La contracción que experimenta el hormigón fresco por todas estas causas es del orden del 2,5 %. Por tanto, la suma de los volúmenes reales de todos los materiales (agua, cemento, puzolana, áridos, aire ocluido, etc.) debe ser igual a unos 1025 litros, con el fin de obtener, aproximadamente, un metro cúbico de hormigón fraguado. De estos 1025 litros hay que restar el volumen del agua de amasado, V_a , y el volumen real del cemento (que es igual a su peso, P_c , dividido por su peso específico real), con el fin de conocer el volumen real que corresponde a los áridos. Este volumen real es el que hay que repartir entre los distintos áridos con arreglo a los tanto por ciento calculados.

2º Cualquier exceso o falta de cemento con relación a la cifra 300 kg/m^3 ($\approx 97 \text{ dm}^3$ de volumen real) debe compensarse, con una disminución o aumento, respectivamente, de la arena, en igual volumen. Lo mismo ocurre en cuanto al aire ocluido en el hormigón: debe restarse su volumen del volumen real de la arena que resulte al aplicar el porcentaje recomendado; y

3º Es conveniente encargar a un laboratorio que determine los pesos específicos de los materiales que se vayan a utilizar, ya que estos ensayos son algo engorrosos, y, por otra parte, no hay que realizarlos más que una sola vez. De todas formas, para los casos corrientes, se puede suponer, sin gran error, que el peso específico real del cemento Portland es 3'1 y el de los áridos 2'65. Los pesos específicos de los áridos, multiplicados por sus volúmenes reales en dm^3 , dan los pesos, en kg, que hacen falta de cada uno de ellos, para el m^3 de hormigón.

De los áridos comercializados en cada cantera se han seleccionado tres fracciones, correspondientes a los tamaños: arena, gravilla y grava; el tamaño máximo de la mezcla se ha fijado en 20 mm. Es una excepción la cantera LZ1, en la que los tamaños comerciales sólo han permitido dosificar un árido compuesto de dos fracciones y con tamaño máximo 10 mm..

Contemplar todos los tamaños de grava disponibles en cantera, en la confección del árido dosificado, entendemos que suponía esfuerzo adicional no justificado en el cálculo de las mezclas y en la ejecución de los hormigones no justificado, dados los objetivos de este trabajo. De hecho, la buena práctica aconseja no complicar la composición del hormigón con un excesivo número de fracciones de árido.

Atendiendo a este criterio, el estudio comparativo árido-resistencia se ha realizado empleando una arena y dos tamaños de grava en la dosificación del árido, pese a las discontinuidades previsibles en las curvas dosificadas debido a tal simplificación.

Se ha utilizado un cemento de la firma comercial Hisalba, tipo II-C/35, fabricado en Carboneras (Almería). A continuación exponemos sus características físicas, químicas y mecánicas, en relación con las prescripciones fijadas en el Pliego RC-88 (144).

CARACTERISTICAS FISICAS		
	CEMENTO UTILIZADO	LIMITACION RC-88
PRINCIPIO DE FRAGUADO (minut.)	135	> 45
FINAL DE FRAGUADO (horas)	3	< 12
EXPANSION EN CALIENTE (mm)	0'3	< 10

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.

CARACTERISTICAS FISICAS		
	CEMENTO UTILIZADO	LIMITACION RC-88
PERDIDA AL FUEGO (%)	2'77	< 7
RESIDUO INSOLUBLE (%)	0'77	-
SO ₃ (%)	2'72	< 4
K ₂ O (%)	0'67	NO CONTEMPLADO
Na ₂ O (%)	0'57	NO CONTEMPLADO

CARACTERISTICAS FISICAS			
		CEMENTO UTILIZADO	LIMITACION RC-88
RESITENCIA A COMPRESION	7 días	35'6 N/mm ²	20'0 N/mm ²
	28 días	43'5 N/mm ²	35'0 N/mm ²

Se ha utilizado agua de la red de distribución de agua potable de Granada, con las siguientes características:

CONDICIONES LIMITADAS EN LA EH-91		
	AGUA UTILIZADA	LIMITACION EH-91
pH	7'8	≥ 5
SUSTANCIAS DISUELTAS	190 mg/l	≤ 15 g/l
SULFATOS SO ₄ ⁼	30 mg/l	≤ 1 g/l
ION Cl ⁻	11 mg/l	≤ 6 g/l
HIDRATOS DE CARBONO	INAPRECIABLES	0
SUSTANCIAS ORGANICAS	INAPRECIABLES	15 g/l

La relación agua/cemento es uno de los parámetros fundamentales en la resistencia del hormigón, por lo que para nuestro objetivo era imprescindible fijar tal relación. La

relación escogida fue 0'6, valor que conduce a hormigones de buena compacidad. A tal efecto, se realizó una primera amasada con una cantidad fija de cemento (300 kg/m^3), mientras que la cantidad de agua de partida en cada caso, fue modificada hasta lograr una consistencia blanda, con asientos en el cono de Abrams entre 6 y 9, de modo que los hormigones fueran trabajables.

A partir de las cantidades de agua obtenidas como idóneas en la primera amasada, se modificó la dosificación para obtener la relación agua/cemento anteriormente citada, incluyendo las correcciones derivadas de la humedad natural de la fracción arena en el momento de la fabricación del hormigón.

La segunda amasada, con la nueva dosificación y relación agua/cemento constante, es la que consideramos como más representativa para el estudio comparativo árido-resistencia. Igualmente, se ha realizado una tercera amasada, manteniendo la relación agua/cemento de 0'60, utilizando en este caso el árido conjunto, con tamaños máximos no superiores a 20 mm. Ello ha tenido como objetivo el estudio comparativo en cada cantera de la curva granulométrica resultante de los áridos dosificados con la del árido conjunto correspondiente; así mismo, nos ha permitido comparar los resultados de resistencia a compresión.

En cada amasada, única por dosificación, se confeccionaron 12 probetas al objeto de romper en grupos de tres a las edades de 7, 28, 60 y 90 días.

Entendemos que esta cantidad de elementos y el número de resultados obtenidos es suficiente para el objetivo perseguido, distinto del que subyace en la Instrucción EH-91, en lo referente a ensayos previos del hormigón (artículo 67).

Las probetas se fabricaron, en moldes metálicos cilíndricos de 15x30 cm, y se conservaron, en cámara húmeda, con arreglo al método de ensayo de la norma UNE 83.301 (145) (figura 5.31).

5.2.22. Medida de la consistencia del hormigón fresco.

El control de la consistencia se realizó según Norma UNE 83.313. Consiste en rellenar un molde tronco cónico con tres tongadas de hormigón, compactadas mediante picado con barra. Tras el llenado se enrasa el molde y se retira éste verticalmente con decisión, evitando sacudidas en la masa de hormigón fresco. Se mide el descenso que experimente el cono, que se define como asiento (figura 5.32).

5.2.23. Determinación de la velocidad de propagación de ultrasonidos en probetas de hormigón.

La velocidad de propagación del ultrasonido está en razón directa a la compacidad de la pieza, es decir, a más velocidad de propagación mayor compacidad tendrá el elemento estudiado. Parece lógico por tanto que, si la compacidad va ligada al concepto de resistencia, la velocidad del ultrasonido debe estar relacionada también con la resistencia mecánica del hormigón auscultado.

Ocurre, sin embargo, que las relaciones entre velocidad y resistencia que podamos obtener están influenciadas por una serie de variables, por lo que serán ciertas para cada tipo de hormigón que ensayemos. Es por ello, y al objeto de obtener la máxima fiabilidad en los resultados, que, en nuestro caso particular, hemos evitado introducir ciertas variables, dejando tan sólo el tipo de árido, además de las que pudieran derivarse de la confección de las probetas de hormigón.

Para esta determinación se ha utilizado un aparato de la marca Steinkamp (figura 5.33). Las ondas ultrasónicas son ondas acústicas de igual naturaleza que las ondas sónicas, solamente que operan en frecuencias por encima de la zona audible (superior a 20 Kc.).

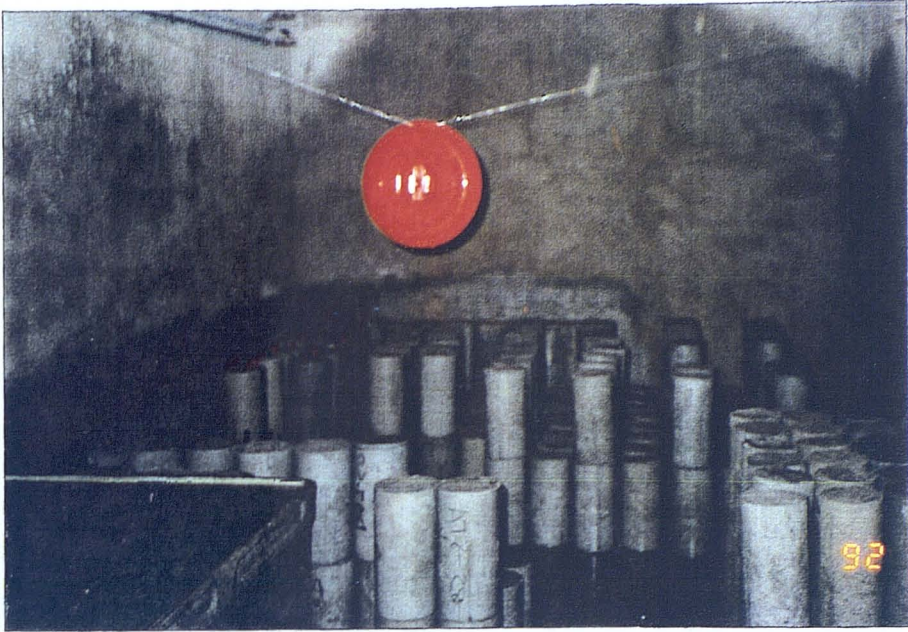


Figura 5.31. Curado de probetas en cámara húmeda. Ambiente 100% HR.



Figura 5.32. Medida del asiento en cono de Abrams.



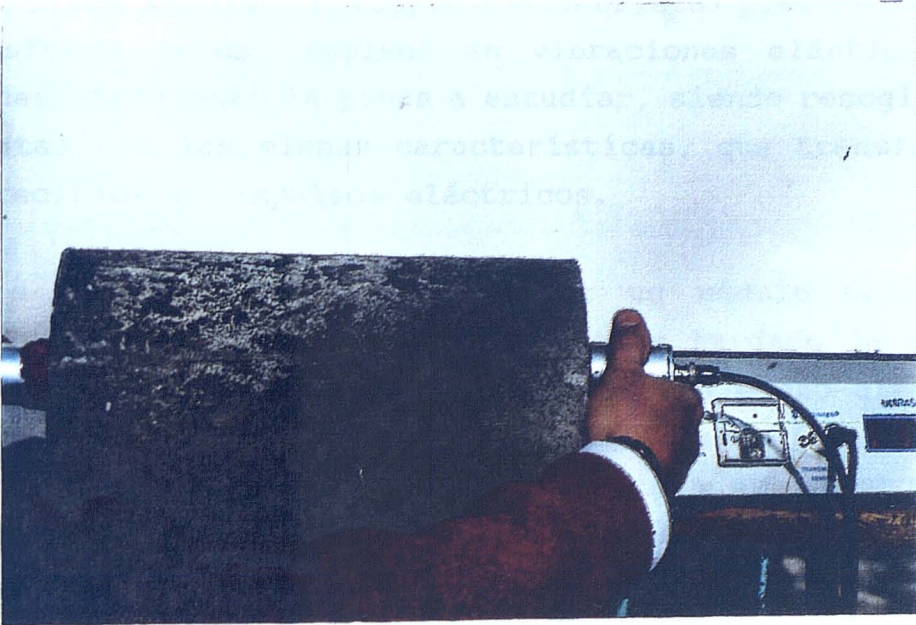


Figura 5.33. Determinación de la velocidad de propagación de ultrasonidos en probeta cilíndrica de hormigón, de 15x30 cm.

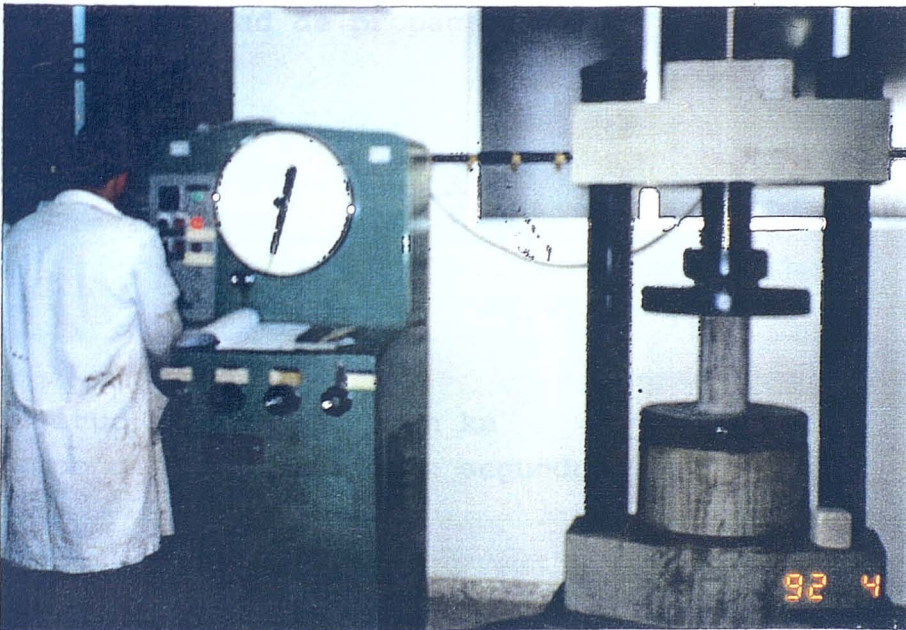


Figura 5.34. Disposición de la probeta en la prensa para su rotura.

En síntesis, el aparato de ultrasonidos consta de un módulo que proporciona impulsos eléctricos a un cristal piezo-eléctrico, que transforma estos impulsos en vibraciones elásticas. Las vibraciones atraviesan la pieza a estudiar, siendo recogidas por otro cristal, de las mismas características, que transforma la energía recibida en impulsos eléctricos.

Estos impulsos son recogidos por un módulo medidor de tiempos, que nos ofrecerá el tiempo que ha tardado la onda en recorrer la pieza auscultada. Ambos cristales piezo-eléctricos van montados en unas cápsulas metálicas llamadas palpadores. A la hora de aplicar los palpadores a la pieza que ensayamos es conveniente introducir entre ambos una sustancia que haga el contacto lo más perfecto posible, utilizándose grasa, parafina, etc.

En la práctica, conociendo la longitud del elemento ensayado (en nuestro caso, probetas de hormigón de 30 cm de altura) y el tiempo que tarda el impulso en atravesarlo, podemos hallar fácilmente la velocidad de propagación.

$$v = \frac{l}{t}$$

donde:

- l longitud del elemento en km
- t tiempo de propagación en segundos.

A título orientativo, se expone a continuación un cuadro donde se relaciona la velocidad de propagación con la calidad del hormigón:

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

Velocidad en km/sg.	Calidad del hormigón
> 4'5	EXCELENTE
4'5 - 3'6	BUENO
3'6 - 3'0	ACEPTABLE
3'0 - 2'1	MALO
< 2'1	MUY MALO

La Instrucción EH-91 contempla este método adecuado como ensayo, no destructivo, de información del hormigón, si bien no establece ninguna prescripción a este respecto.

5.2.24. Rotura a compresión simple de probetas de hormigón.

La rotura a compresión se realizó con arreglo a la Norma UNE 83.304 (146) en una prensa pendular para pruebas de compresión de hormigones de 300 Tn, de la marca Metro Com (figura 5.34), previo refrentado con azufre, según norma UNE 83.303 (147). Se ha trabajado en la escala de 150 Tn.

6. RESULTADOS EXPERIMENTALES

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA

1ª TOMA

2ª TOMA

BG1A101R

BG1A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	84	92
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		0,101
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	695,0	510,0
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	5,3	0,5

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	30	23
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,1 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	3,26 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	6,50 %	---

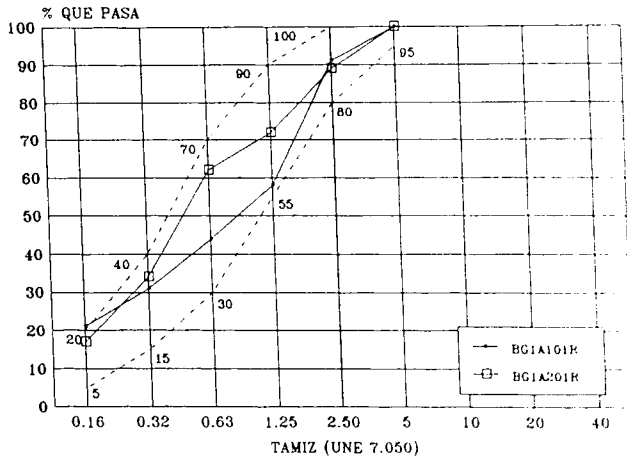
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	11,60	7,00
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

**SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1**

ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA				
	BG1A101R		BG1A201R	
TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA

40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	19	91	11	89
1,25	42	58	28	72
0,63	56	44	38	62
0,32	69	31	66	34
0,16	79	21	83	17
FONDO	100	0	100	0

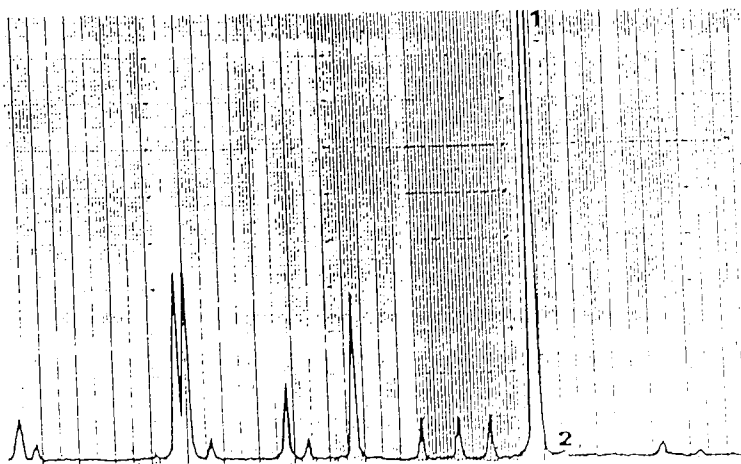
M.G. 2,65

2,26

T.Max. 2,50

5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	BG1G102R	

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	0,14 %	
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

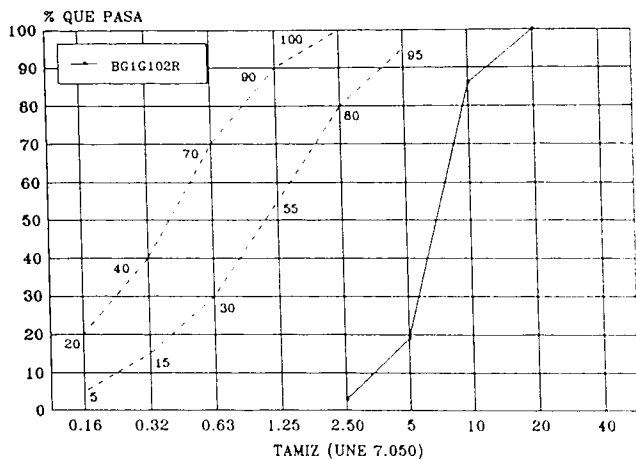
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	33	
(UNE 83.116)	Granulometría G	44	
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,8 %	
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,58 %	
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	0,90 %	

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,24	
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,30	

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1**

ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA

BG1G102R

TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100		
20	0	100		
10	14	86		
5	81	19		
2,5	97	3		
1,25	100	0		
0,63	100	0		
0,32	100	0		
0,16	100	0		
FONDO	100	0		

M.G. 5,94

T.Max. 12,5

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	BG1G103R	BG1G203R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA (UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS (UNE 7.134)	0,90 %	1,20 %
PARTICULAS DE p.e. < 2 (UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE (UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO (UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA (UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA (UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO (UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS R (mmol/l) (UNE 7.137)	665,0	
SiO ₂ (mmol/l)	29,6	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA (UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA Granulometría A (UNE 83.116)	33	44
Granulometría G	44	48
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)	0,8 %	---
PERDIDA DE PESO SO ₄ Na ₂ (UNE 7.136)	1,41 %	---
SO ₄ Mg	1,72 %	---

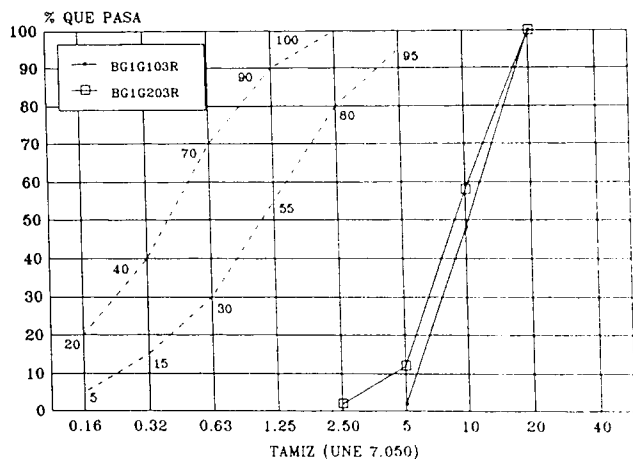
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080 (UNE 7.050)	0,22	1,55
COEFICIENTE DE FORMA (UNE 7.238)	0,20	0,16

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	BG1G103R		BG1G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	52	48	42	58
5	98	2	88	12
2,5	100	0	98	2
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,50

6,31

T.Max. 20

20

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral	% aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	BG1G104R	BG1G204R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS		
TERRONES DE ARCILLA (UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS (UNE 7.134)	2,79 %	0,63 %
PARTICULAS DE p.e. < 2 (UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE (UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO (UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA (UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA (UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO (UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS R (mmol/l) (UNE 7.137) SiO ₂ (mmol/l)		

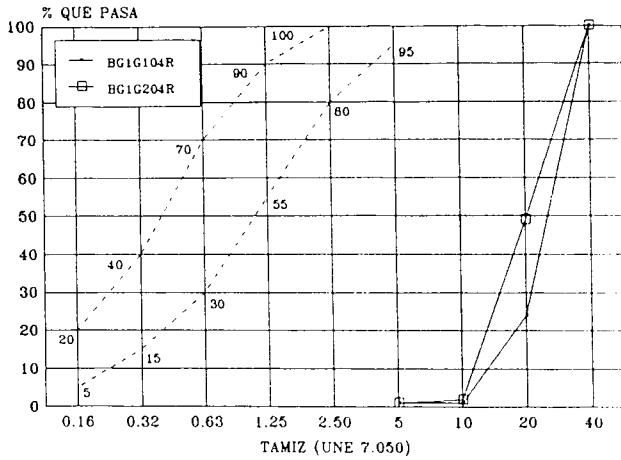
CONDICIONES FISICO-MECANICAS		
FRIABILIDAD DE LA ARENA (UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA Granulometría A (UNE 83.116) Granulometría G	33 44	42 48
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)	0,80 %	---
PERDIDA DE PESO SO ₄ Na ₂ (UNE 7.136) SO ₄ Mg	2,50 % 2,80 %	--- ---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA		
FINOS < 0,080 (UNE 7.050)	0,30	0,32
COEFICIENTE DE FORMA (UNE 7.238)	0,25	0,18

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	BG1G104R		BG1G204R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	76	24	51	49
10	99	1	98	2
5	99	1	99	1
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 7,74

7,48

T.Max. 40

25

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	BG2A101R	BG2A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	83	74
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		0,119
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	640,0	600,0
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	2,3	1,0

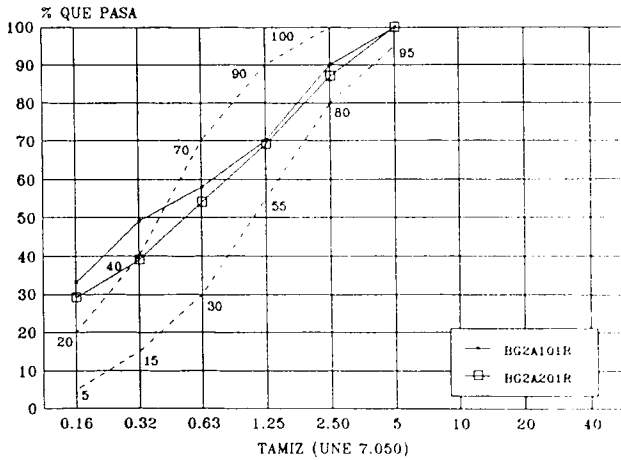
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	29	31
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,30 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	4,09 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	6,97 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	13,30	16,54
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	BG2A101R		BG2A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	10	90	13	87
1,25	30	70	31	69
0,63	42	58	46	54
0,32	51	49	61	39
0,16	67	33	71	29
FONDO	100	0	100	0

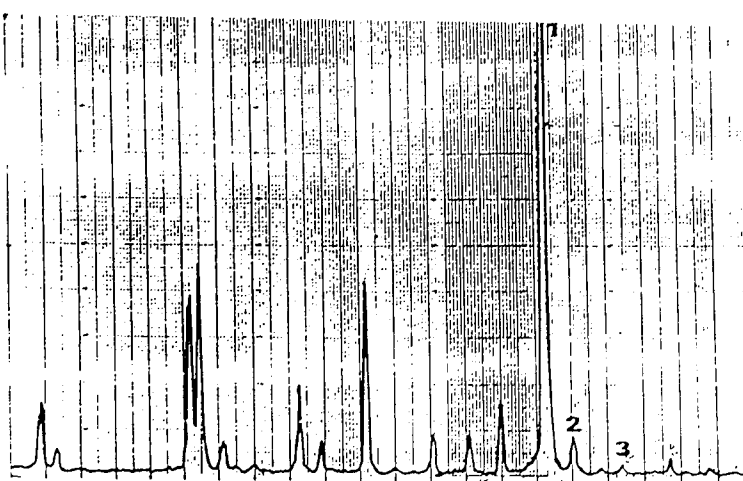
M.G. 2,00

2,22

T.Max. 5

5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	BG2A102R	BG2A202R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA (UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS (UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2 (UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE (UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO (UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA (UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA (UNE 83.131)	85	86
VALOR DE AZUL DE METILENO (UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS R (mmol/l)		
(UNE 7.137) SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA (UNE 83.115)	27	29
DESGASTE DE LA GRAVA Granulometría A (UNE 83.116) Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)	0,3 %	---
PERDIDA DE PESO SO ₄ Na ₂ (UNE 7.136)	3,16 %	---
SO ₄ Mg	5,63 %	---

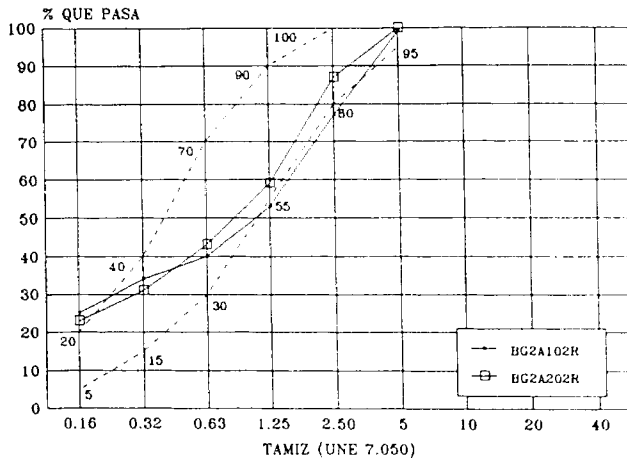
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080 (UNE 7.050)	14,27	13,85
COEFICIENTE DE FORMA (UNE 7.238)		

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2**

ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA

TAMIZ UNE	BG2A102R		BG2A202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	1	99	0	100
2,5	23	77	13	87
1,25	47	53	42	59
0,63	60	40	57	43
0,32	66	34	69	31
0,16	75	25	77	23
FONDO	100	0	100	0

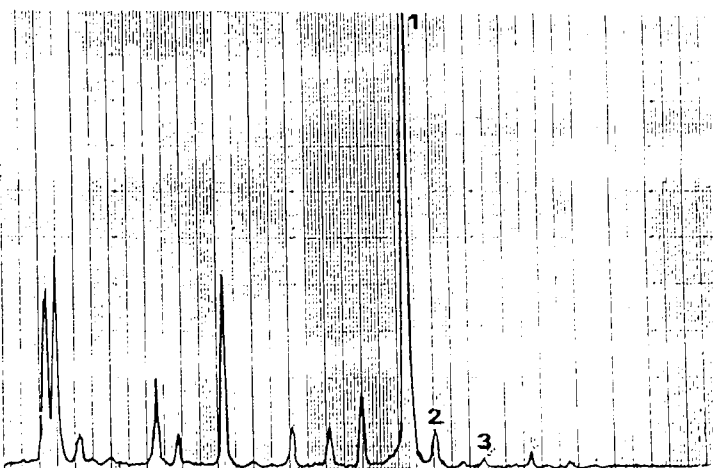
M.G. 2,72

2,57

T.Max. 5

5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	BG2G101R	BG2G201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA (UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS (UNE 7.134)	0,63 %	0,95 %
PARTICULAS DE p.e.&^E (UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE (UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO (UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA (UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA (UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO (UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS R (mmol/l) (UNE 7.137) SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA (UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA Granulometría A (UNE 83.116) Granulometría G	30	31
	32	33
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)	0,8 %	---
PERDIDA DE PESO SO ₄ Na ₂ (UNE 7.136) SO ₄ Mg	0,32 %	---
	0,67 %	---

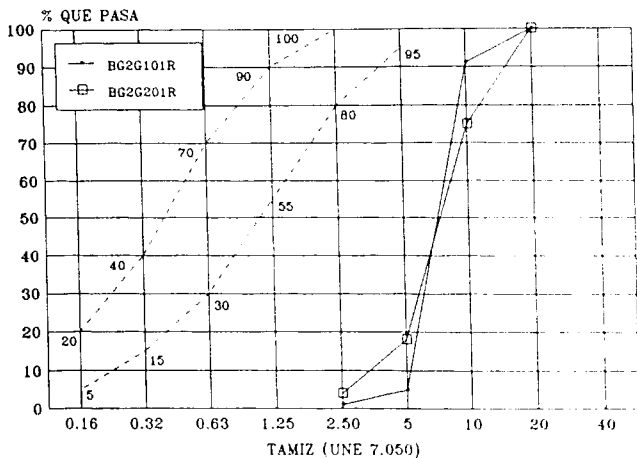
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080 (UNE 7.050)	1,33	3,62
COEFICIENTE DE FORMA (UNE 7.238)	0,21	0,20

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA			
BG2G101R		BG2G201R	
TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% QUE PASA

TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	9	91	25	75
5	95	5	82	18
2,5	99	1	96	4
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,04

6,07

T.Max. 10

12,5

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	BG2G102R	BG2G202R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	1,99 %	1,57 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

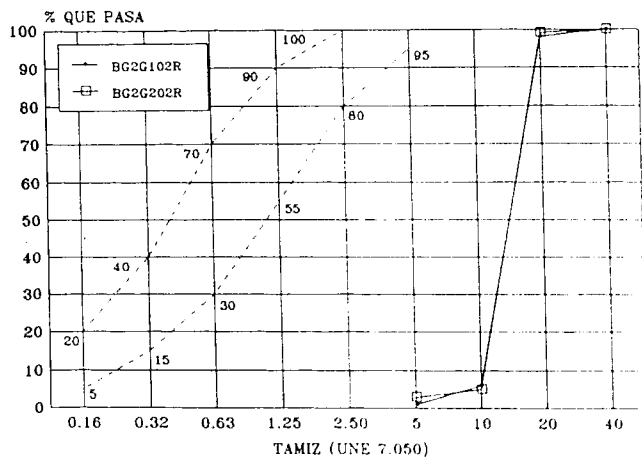
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	30	31
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	33
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,8 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,33 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	4,05 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,43	1,56
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,22	0,18

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	BG2G102R		BG2G202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	2	98	1	99
10	94	6	95	5
5	99	1	97	3
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,95

6,93

T.Max. 20

20

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		BG2G103R

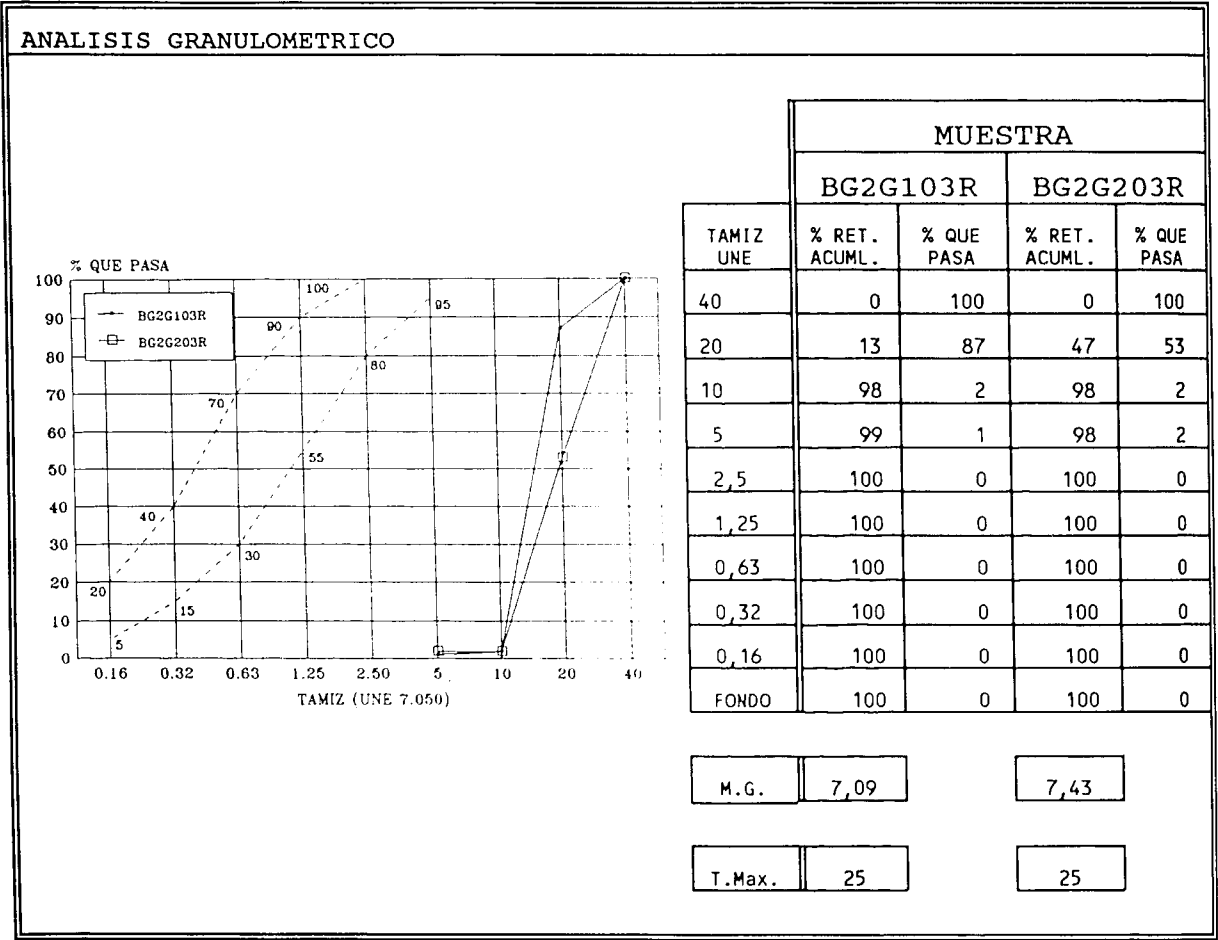
CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	2,54 %	9,56 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	30	31
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	33
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)		0,8 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,43 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	4,21 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,43	0,95
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,22	0,24

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2**



ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral	% aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	BG2G104R	

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	3,85 %	
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

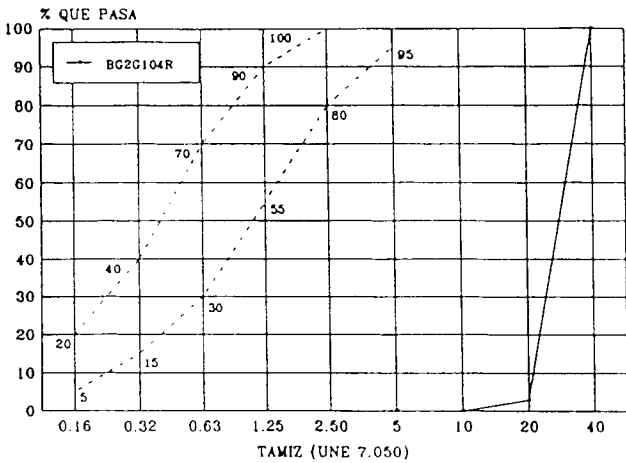
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	30	
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,8 %	
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,45 %	
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	4,25 %	

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,10	
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,28	

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: BG2

ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA

TAMIZ UNE	BG2G104R		% RET. ACUML.	% QUE PASA
	% RET. ACUML.	% QUE PASA		
40	0	100		
20	97	3		
10	100	0		
5	100	0		
2,5	100	0		
1,25	100	0		
0,63	100	0		
0,32	100	0		
0,16	100	0		
FONDO	100	0		

M.G.

T.Max.

ANALISIS MINERALOGICO

Ref	Mineral	% aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	HS1A101R	HS1A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	80	80
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		0,083
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	655,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	1,3	

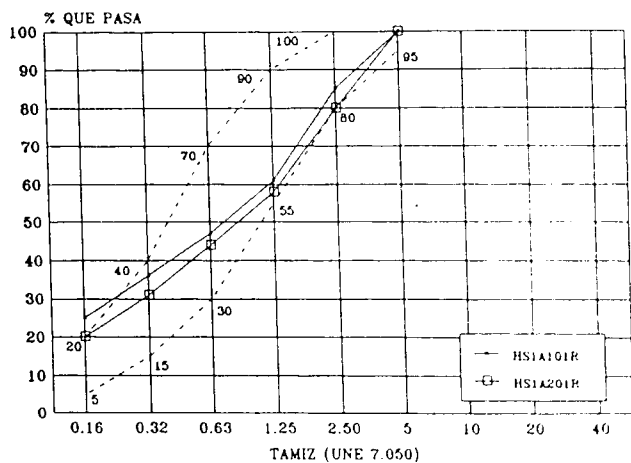
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	27	25
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,1 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	4,87 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	6,72 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	13,18	13,13
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: HSI

ANALISIS GRANULOMETRICO

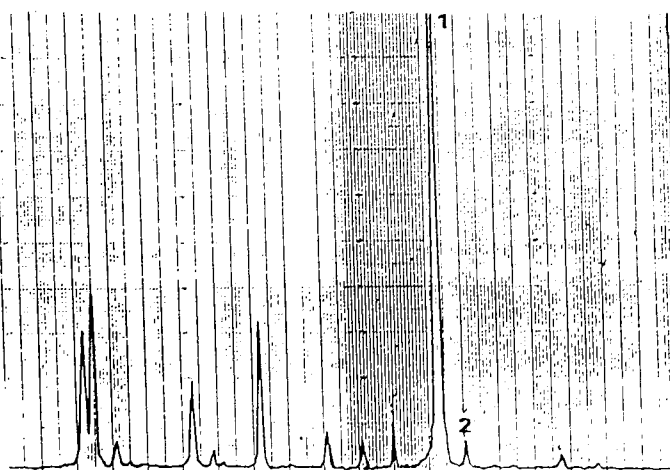


TAMIZ UNE	MUESTRA			
	HS1A101R		HS1A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	15	85	20	80
1,25	39	61	42	58
0,63	53	47	56	44
0,32	64	36	69	31
0,16	75	25	80	20
FONDO	100	0	100	0

M.G.	2,46	2,68
------	------	------

T.Max.	5	5
--------	---	---

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1.-	Dolomita	> 95 %
2.-	Calcita	Indic.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	HS1G101R	HS1G201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA (UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS (UNE 7.134)	---	---
PARTICULAS DE p.e. < 2 (UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE (UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO (UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA (UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA (UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO (UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS R (mmol/l)		
(UNE 7.137) SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA (UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA Granulometría A	25	28
(UNE 83.116) Granulometría G	29	30
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)	0,7 %	---
PERDIDA DE PESO SO ₄ Na ₂	0,03 %	---
(UNE 7.136) SO ₄ Mg	0,75 %	---

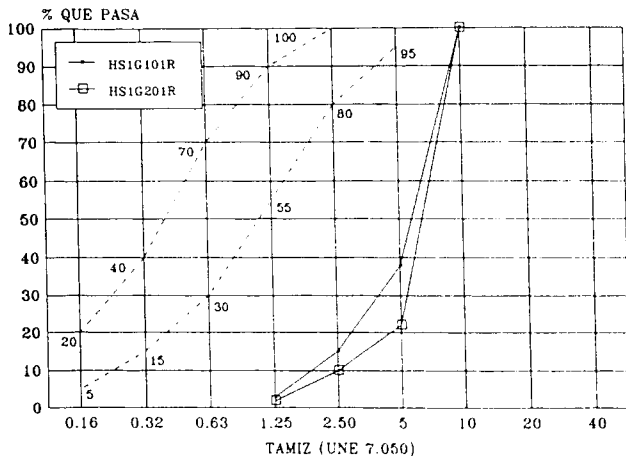
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080 (UNE 7.050)	0,18	1,14
COEFICIENTE DE FORMA (UNE 7.238)	---	0,25 %

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HSI**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	HS1G101R		HS1G201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	62	38	78	22
2,5	85	15	90	10
1,25	97	3	98	2
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 5,62

5,78

T.Max. 10

10

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: HS1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	HS1G102R	

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	1,00 %	
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	25	
(UNE 83.116)	Granulometría G	29	
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,70 %	
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,03 %	
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	0,75 %	

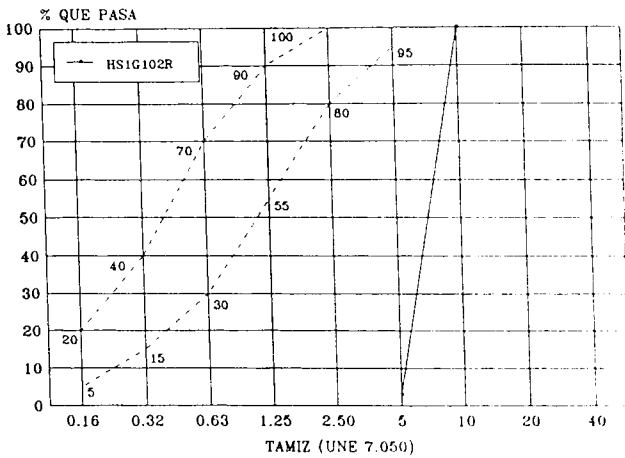
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,30	
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	---	

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	HS1G102R			
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100		
20	0	100		
10	0	100		
5	97	3		
2,5	100	0		
1,25	100	0		
0,63	100	0		
0,32	100	0		
0,16	100	0		
FONDO	100	0		

M.G.

T.Max.

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral	% aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: HS1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	HS1G103R	HS1G203R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	1,18 %	0,66 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	675,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	0,0	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	25	28
(UNE 83.116)	Granulometría G	29	30
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,70 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,49 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	1,79 %	---

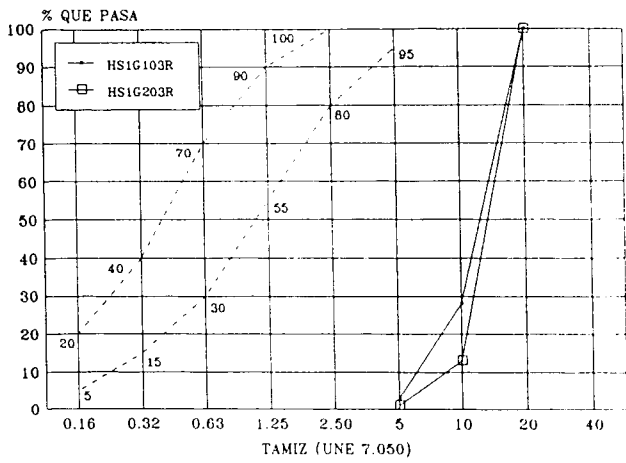
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,33	0,51
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,28	0,26

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA

TAMIZ UNE	HS1G103R		HS1G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	72	28	87	13
5	97	3	99	1
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,69

6,86

T.Max. 20

20

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	HS1G104R	HS1G204R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	1,55 %	0,53 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

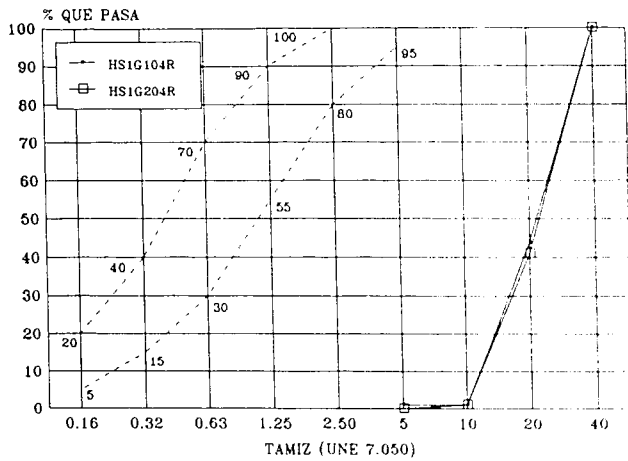
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	25	28
(UNE 83.116)	Granulometría G	29	30
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,70 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,75 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	2,40 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,43	0,29
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,26	0,22

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
CANTERA: HS1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	HS1G104R		HS1G204R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	56	44	59	41
10	99	1	99	1
5	99	1	100	0
2,5	100	0		
1,25	100	0		
0,63	100	0		
0,32	100	0		
0,16	100	0		
FONDO	100	0		

M.G. 7,54

7,58

T.Max. 40

40

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: GÜEJAR - SIERRA
CANTERA: PG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PG1A101R	PG1A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	75	82
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)	0,130	0,106
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	710,0	735
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	8,3	16,0

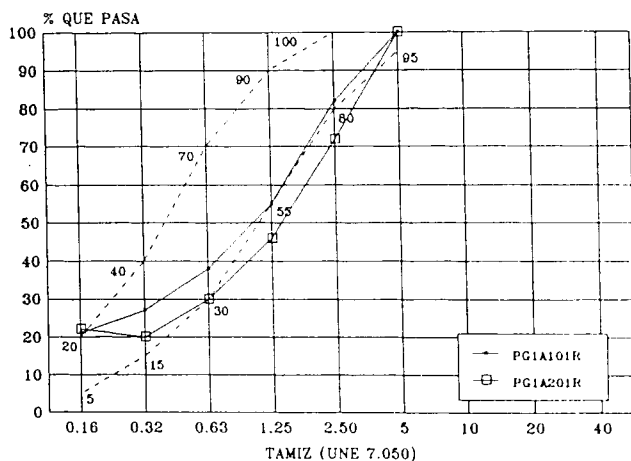
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	22	27
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,1 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	6,39 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	7,98 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	15,36	3,17
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: GÜEJAR - SIERRA
CANTERA: PG1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PG1A101R		PG1A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	18	82	28	72
1,25	45	55	54	46
0,63	62	38	70	30
0,32	73	27	80	20
0,16	79	21	85	15
FONDO	100	0	100	0

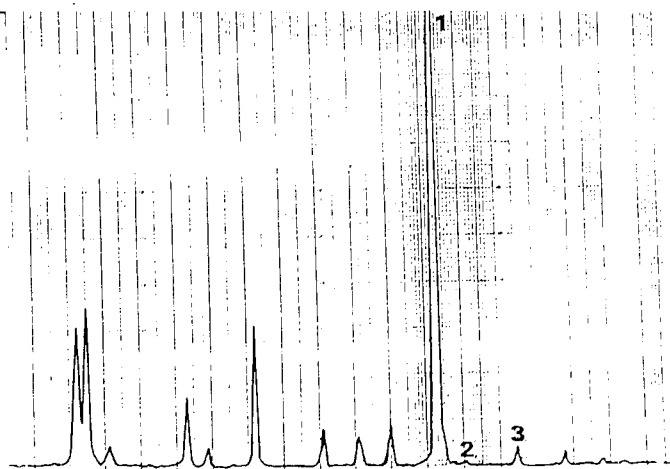
M.G. 2,77

3,17

T.Max. 5

5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: GÜEJAR - SIERRA
 CANTERA: PG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PG1G101R	PG1G201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	---	---
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

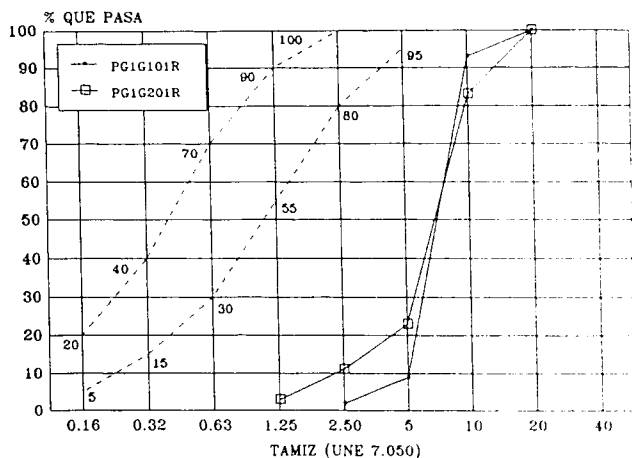
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	22	22
(UNE 83.116)	Granulometría G	24	27
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,70 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,48 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	0,78	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,70	2,08
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,28	0,24

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: GÜEJAR - SIERRA
CANTERA: PG1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PG1G101R		PG1G201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	7	93	17	83
5	91	9	77	23
2,5	98	2	89	11
1,25	100	0	97	3
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 5,98

5,94

T.Max. 10

12,5

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: GÜEJAR - SIERRA
CANTERA: PG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PG1G102R	PG1G202R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	22	22
(UNE 83.116)	Granulometría G	24	27
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,70 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,12 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	1,88 %	---

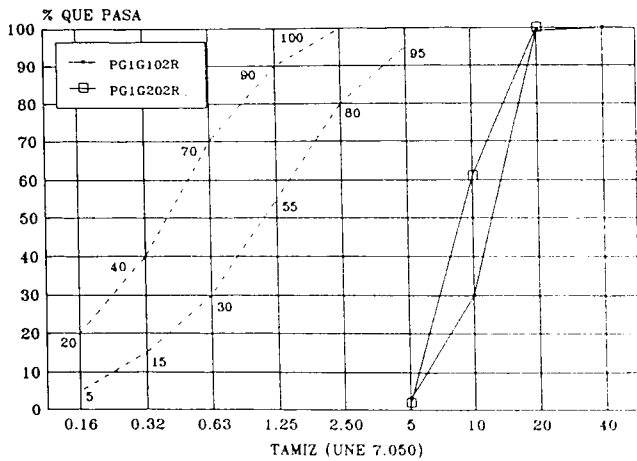
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	1,25	1,56
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,28	0,22

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: GÜEJAR - SIERRA
CANTERA: PG1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PG1G102R		PG1G202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	1	99	0	100
10	10	30	39	61
5	97	3	98	2
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,68

6,37

T.Max. 20

12,5

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: GÜEJAR - SIERRA
CANTERA: PG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PG1G103R	PG1G203R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	0,36 %	0,15 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

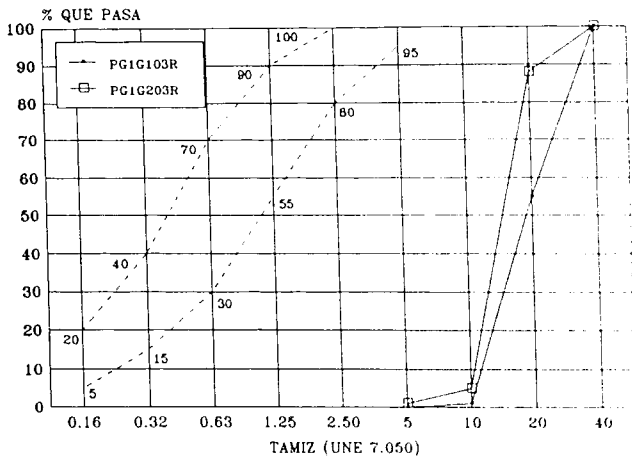
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	22	22
(UNE 83.116)	Granulometría G	24	27
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,70 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,39 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	2,33 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,24	0,78
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,19	0,25

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

SECTOR: GÜEJAR - SIERRA
CANTERA: PG1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PG1G103R		PG1G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	45	55	12	88
10	99	1	95	5
5	100	0	99	1
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 7,44

7,06

T.Max. 25

25

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		PD1A101R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	75	67
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		0,200
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	630,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	0,0	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	30	35
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,90 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	5,51 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	8,67 %	---

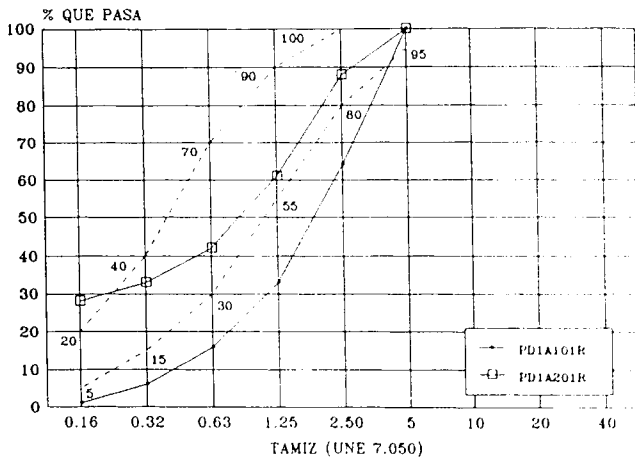
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	15,18	20,96
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1**

ANALISIS GRANULOMETRICO

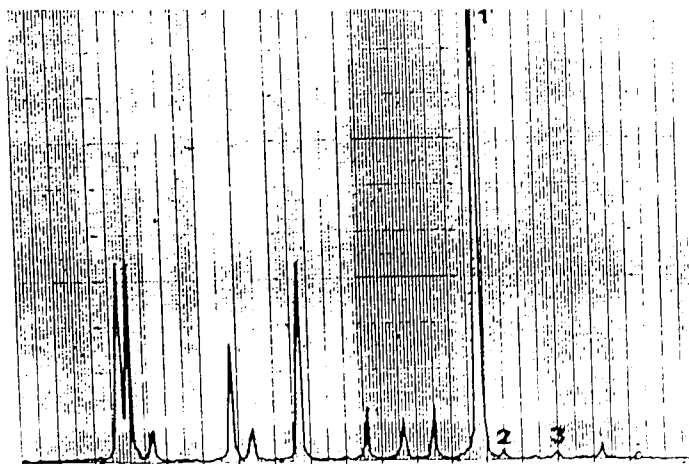


TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD1A101R		PD1A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	36	64	12	88
1,25	67	33	39	61
0,63	84	16	58	42
0,32	94	6	67	33
0,16	99	1	72	28
FONDO	100	0	100	0

M.G.	3,80	2,48
------	------	------

T.Max.	5	5
--------	---	---

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		PD1A102R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	77	75
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)	0,140	0,151
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

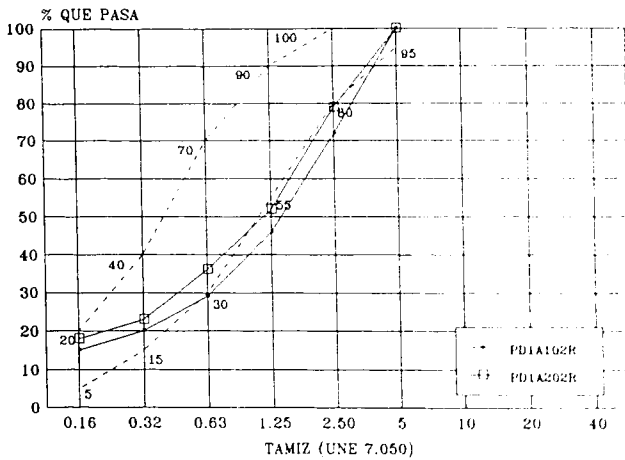
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	24	24
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,90 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	5,99 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	9,36 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	13,95	15,20
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1**

ANALISIS GRANULOMETRICO

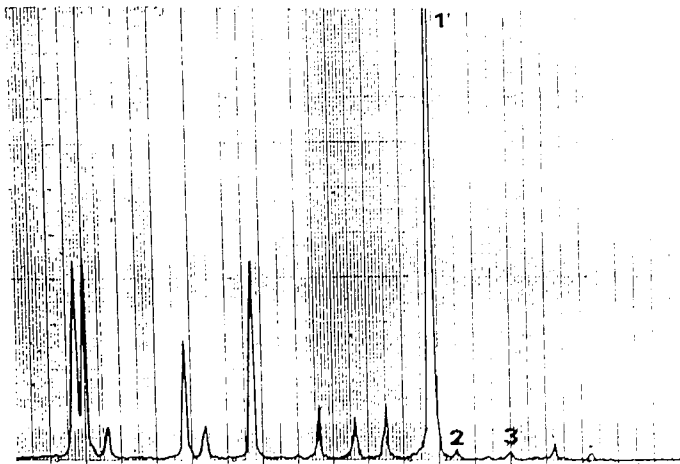


TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD1A102R		PD1A202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	28	72	21	79
1,25	54	46	48	52
0,63	71	29	64	36
0,32	80	20	77	23
0,16	85	15	82	18
FONDO	100	0	100	0

M.G.	3,18	2,92
------	------	------

T.Max.	5	5
--------	---	---

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD1G101R	PD1G201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	---	---
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

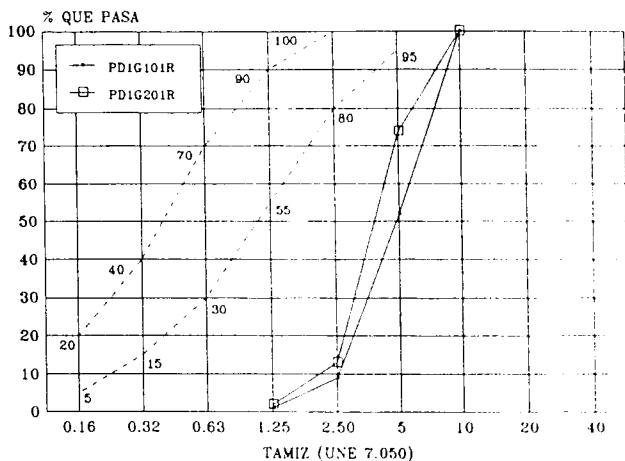
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	28	26
(UNE 83.116)	Granulometría G	33	31
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,9 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,18 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	1,15 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	4,50	6,11
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,22	0,28

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD1G101R		PD1G201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	48	52	26	74
2,5	91	9	87	13
1,25	99	1	98	2
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 5,48

5,26

T.Max. 10

10

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD1G102R	PD1G202R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	1,91 %	0,52 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

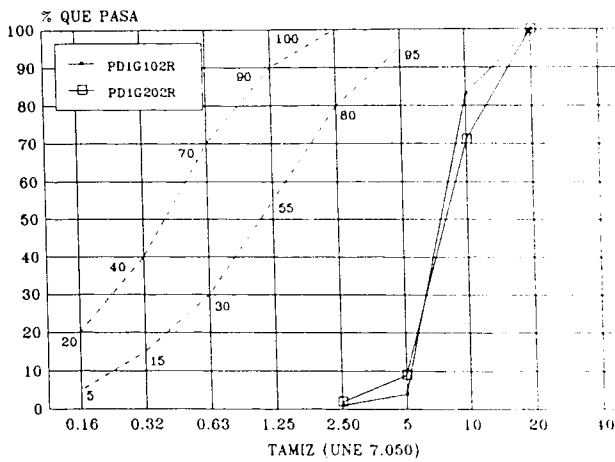
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	28	26
(UNE 83.116)	Granulometría G	33	31
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,9 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,82 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	2,11 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	1,76	2,23
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,27	0,25

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD1G102R		PD1G202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	17	83	29	71
5	96	4	91	9
2,5	99	1	98	2
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,13 6,20

T.Max. 12,5 12,5

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		PD1G103R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	2,67 %	0,46 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	730,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	3,0	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	28	26
(UNE 83.116)	Granulometría G	33	31
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,9 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	3,49 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	6,08 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,83	0,79
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,26	0,29

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD1**

ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD1G103R		PD1G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	3	97	14	86
10	84	16	90	10
5	92	8	97	3
2,5	98	2	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G.	6,8	7,01
T.Max.	20	25

ANALISIS MINERALOGICO

	Ref Mineral	% aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL

CANTERA: PD2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91

Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD2A101R	PD2A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	80	85
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		0,112
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	705,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	2,7	

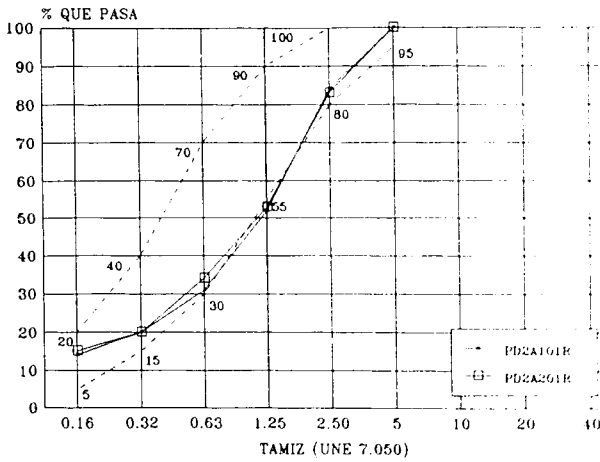
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	21	24
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,9 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	3,86 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	6,55 %	---

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	11,88	10,43
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD2**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD2A101R		PD2A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	16	84	17	83
1,25	48	52	47	53
0,63	69	31	66	34
0,32	80	20	80	20
0,16	86	14	85	15
FONDO	100	0	100	0

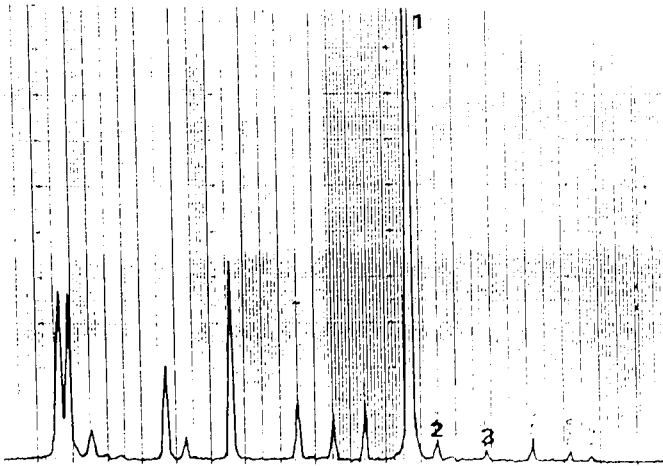
M.G. 2,99

2,95

T.Max. 5

5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD2G101R	PD1G201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	---	---
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	24	28
(UNE 83.116)	Granulometría G	29	40
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,00 %	---
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,35 %	---
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	0,85 %	---

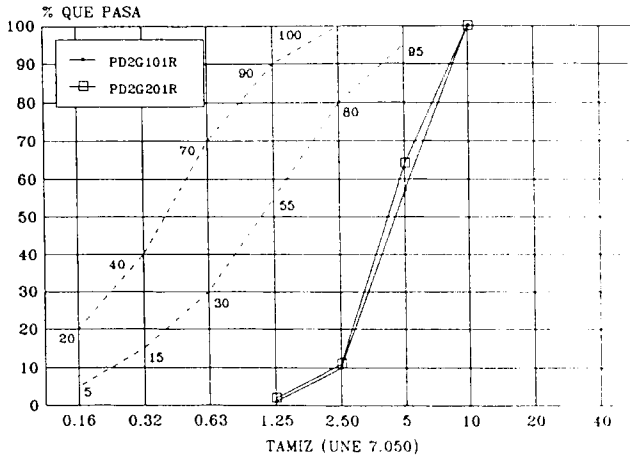
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	2,80	2,65
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,22	0,25

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD2**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD2G101R		PD2G201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	43	57	36	64
2,5	90	10	89	11
1,25	99	1	98	2
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 5,43

5,36

T.Max. 10

10

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD2G102R	PD2G202R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	1,55 %	3,17 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	24	28
(UNE 83.116)	Granulometría G	29	40
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)		1,00 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,18 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	1,53 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,74	1,28
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,20	0,26

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD2G103R	PD2G203R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	3,48 %	0,25 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	775,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	1,3	

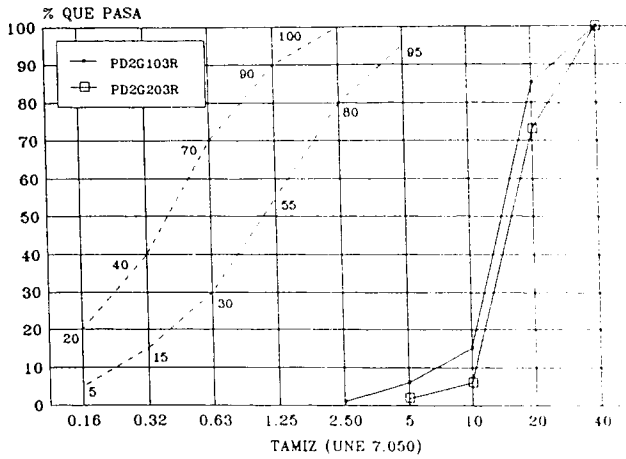
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	24	28
(UNE 83.116)	Granulometría G	29	40
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,00 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	3,47 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	3,56 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,70 %	1,33 %
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,25	0,26

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD2**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD2G103R		PD2G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	15	85	27	73
10	85	15	94	6
5	94	6	98	2
2,5	99	1	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,95

7,19

T.Max. 25

25

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD3

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD3A101R	PD3A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	76	86
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)	0,149	0,105
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	595,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	0,0	

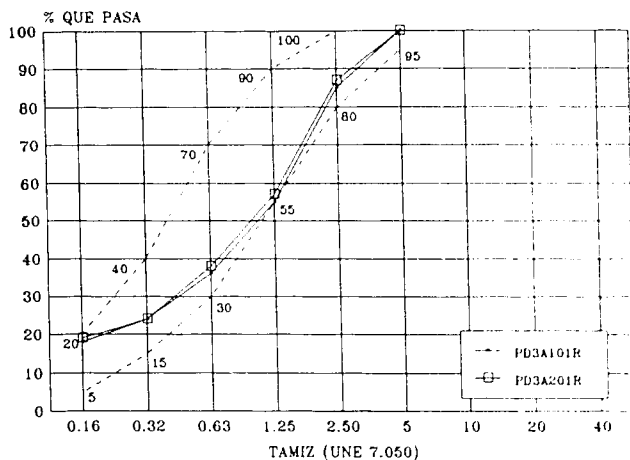
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	32	23
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,70 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	4,39 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	4,35 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	17,04	15,94
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD3A101R		PD3A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	15	85	13	87
1,25	45	55	43	57
0,63	64	36	62	38
0,32	76	24	76	24
0,16	82	18	81	19
FONDO	100	0	100	0

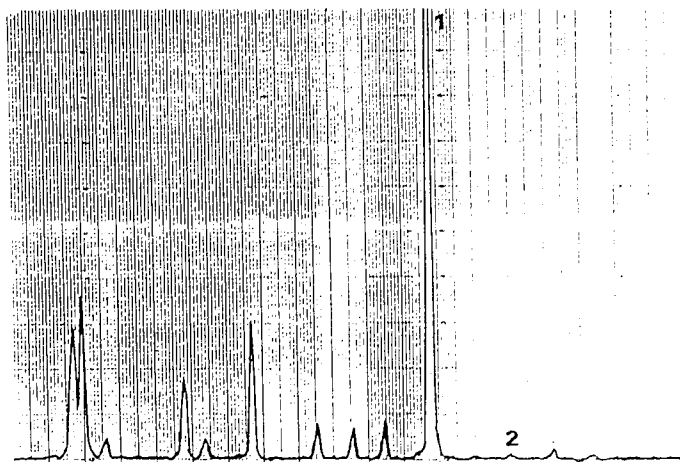
M.G. 2,82

2,75

T.Max. 5

5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Cuarzo	Indic.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		PD3G101R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	----	----
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

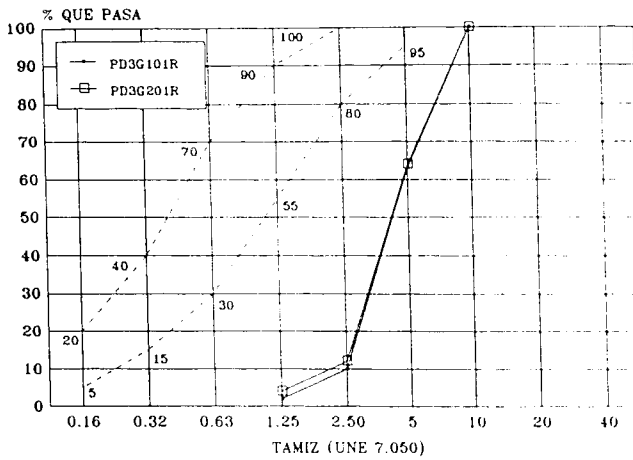
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	30	41
(UNE 83.116)	Granulometría G	36	51
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,80 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,15 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	1,00 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	2,77	2,79
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,20	0,28

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD3G101R		PD3G201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	37	63	36	64
2,5	90	10	88	12
1,25	98	2	96	4
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 5,37

5,36

T.Max. 10

10

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral	% aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		PD3G102R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	0,10 %	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	4,12 %	10,07 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	705,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	1,0	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	30	41
(UNE 83.116)	Granulometría G	36	51
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,80 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,57 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	1,62 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,65	0,99
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,27	0,24

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		PD3G103R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	2,26 %	0,43 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

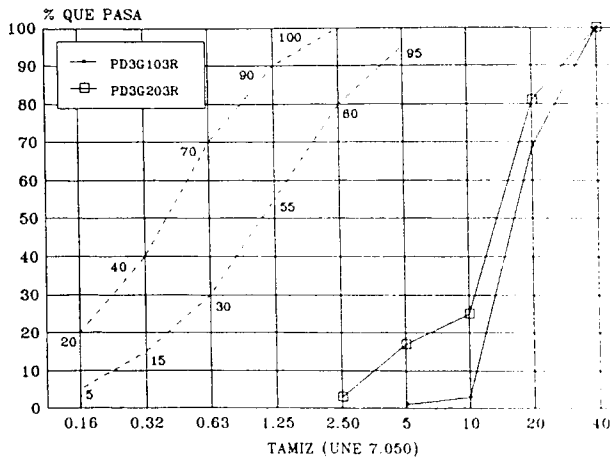
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	30	41
(UNE 83.116)	Granulometría G	36	51
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,80 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,37 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	2,81 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,40	2,94
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,27	0,23

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD3**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD3G103R		PD3G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	31	69	19	81
10	97	3	75	25
5	99	1	83	17
2,5	100	0	97	3
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 7,27

6,76

T.Max. 40

25

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD4

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD4A101R	PD4A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA (UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS (UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2 (UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE (UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO (UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA (UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA (UNE 83.131)	78	82
VALOR DE AZUL DE METILENO (UNE 83.130)	0,139	0,126
REACTIVIDAD CON ALCALIS R (mmol/l)	730,0	660,0
(UNE 7.137) SiO ₂ (mmol/l)	2,4	4,0

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA (UNE 83.115)	24	27
DESGASTE DE LA GRAVA Granulometría A		
(UNE 83.116) Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)	1,00 %	----
PERDIDA DE PESO SO ₄ Na ₂	5,13 %	----
(UNE 7.136) SO ₄ Mg	5,93 %	----

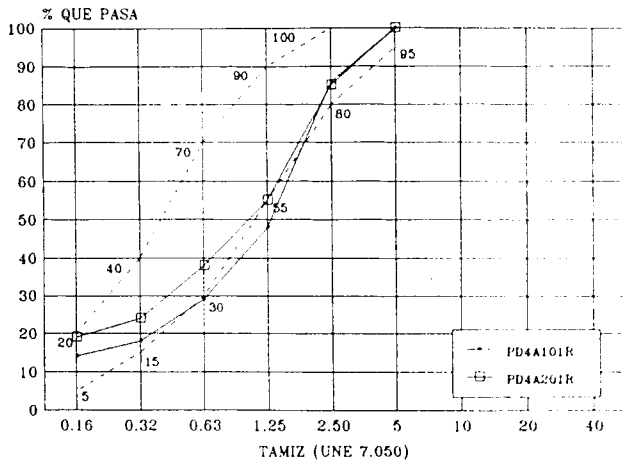
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080 (UNE 7.050)	10,90	13,94
COEFICIENTE DE FORMA (UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4

ANALISIS GRANULOMETRICO

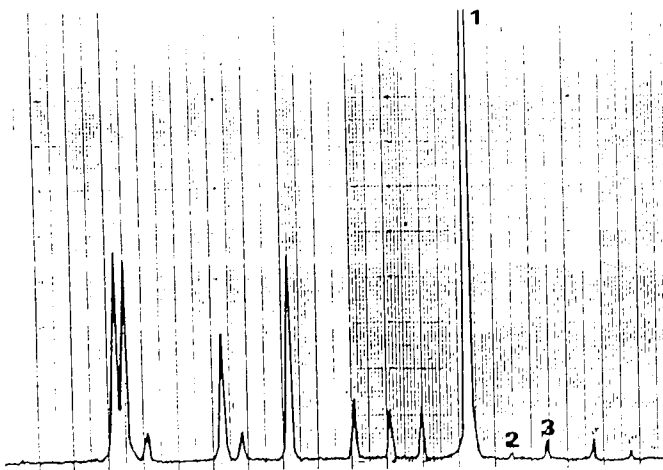


TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD4A101R		PD4A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	14	86	15	85
1,25	52	48	45	55
0,63	71	29	62	38
0,32	82	18	76	24
0,16	86	14	81	19
FONDO	100	0	100	0

M.G.	3,05	2,79
------	------	------

T.Max.	5	5
--------	---	---

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD4G101R	PD4G201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	----	----
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

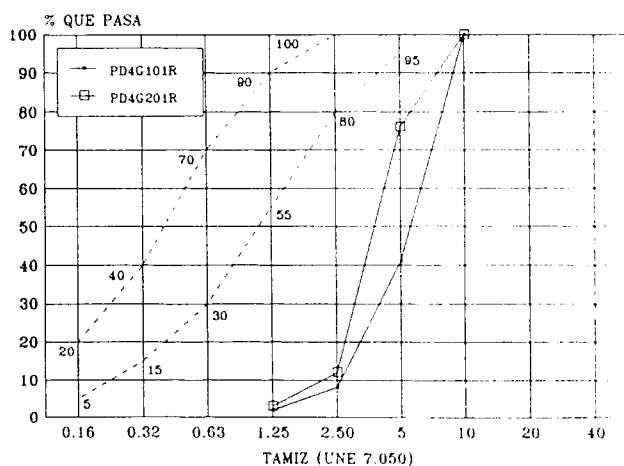
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	25	25
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	30
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,10 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,17 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	0,55 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,21	5,80
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,24	0,28

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANtera: PD4

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD4G101R		PD4G201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	59	41	24	76
2,5	92	8	88	12
1,25	98	2	97	3
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 5,59

5,24

T.Max. 10

10

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	PD4G102R	

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	2,39 %	
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	25	
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,10 %	
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,63 %	
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	1,76 %	

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,73	
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,21	

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD4

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		PD4G103R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	1,92 %	3,25 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	725,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	3,0	

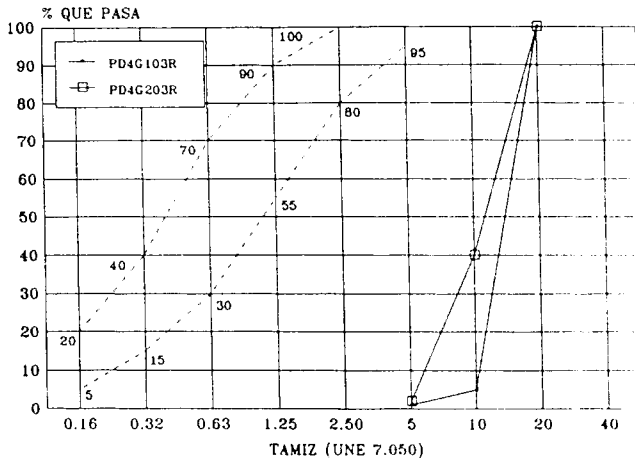
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	25	25
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	30
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,10 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,12 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	3,00 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,30	1,00
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,24	0,22

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4**

ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA

TAMIZ UNE	PD4G103R		PD4G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	95	5	60	40
5	99	1	98	2
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,94

6,58

T.Max. 20

20

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		PD4G104R

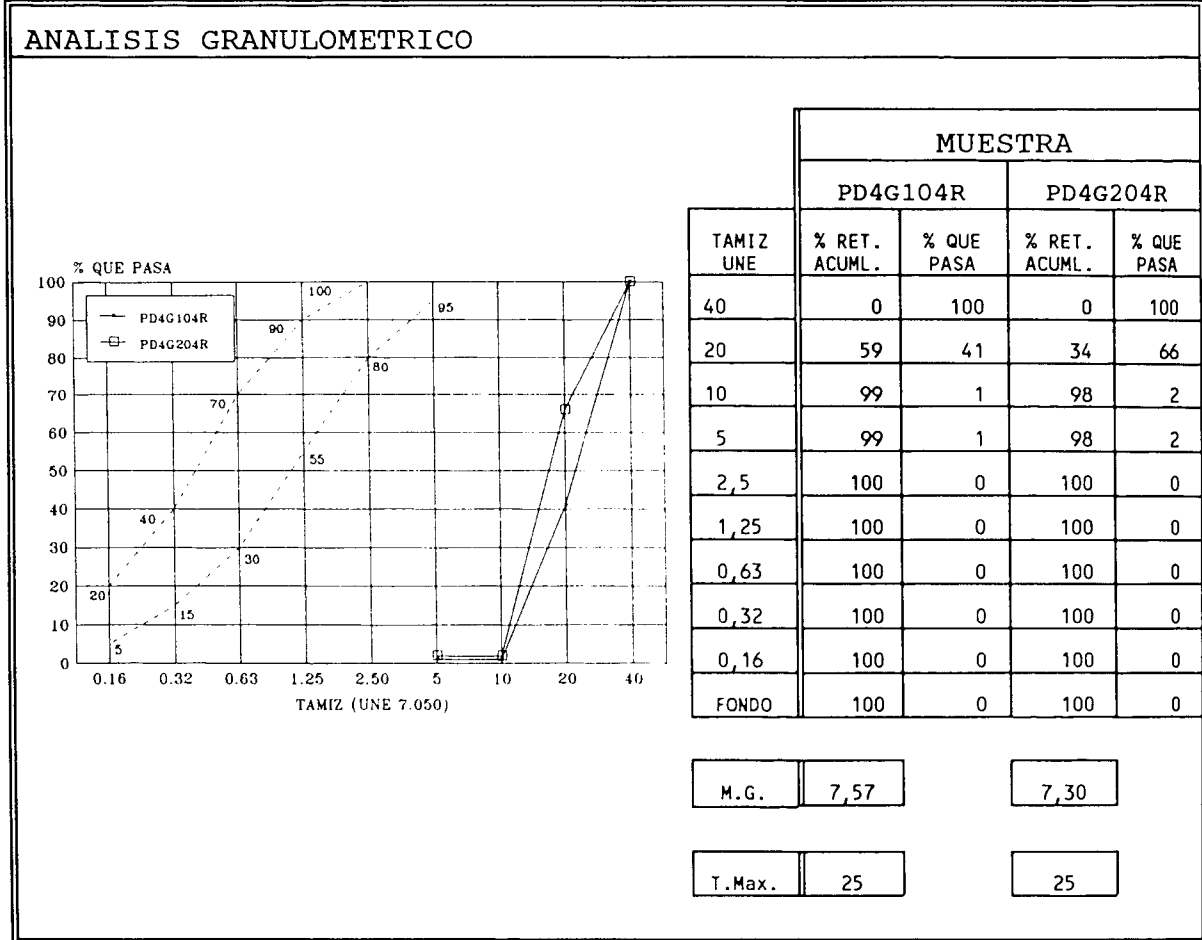
CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	2,24 %	2,37 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	25	25
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	30
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,10 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,20 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	3,10 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,18	1,00
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,26	0,23

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: PD4



ANALISIS MINERALOGICO

	Ref Mineral	% aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: DC1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	DC1A101R	DC1A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	84	80
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		0,120
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	640,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	1,0	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	52	66
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,10 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	4,88 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	4,96 %	----

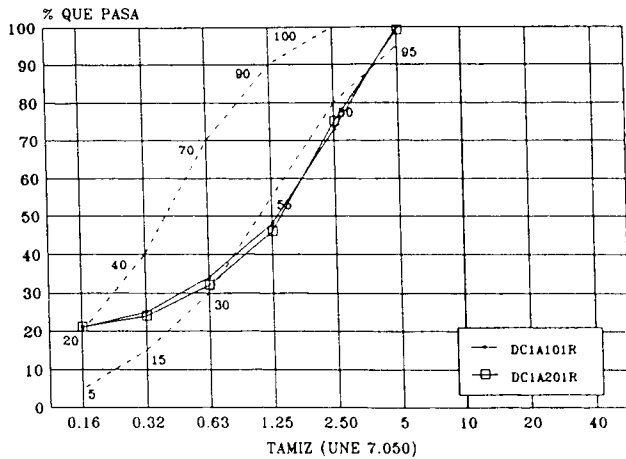
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	18,22	16,32
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: DC1**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	DC1A101R		DC1A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	1	99
2,5	27	73	25	75
1,25	52	48	54	46
0,63	66	34	68	32
0,32	75	25	76	24
0,16	79	21	79	21
FONDO	100	0	100	0

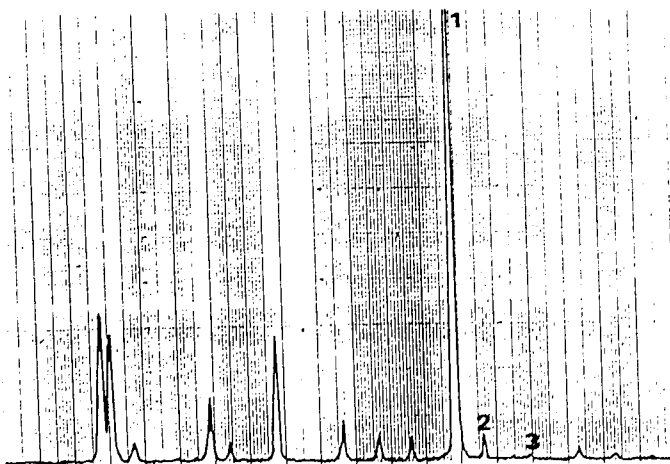
M.G. 2,99

3,03

T.Max. 5

5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: DC1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	DC1G101R	DC1G201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	----	----
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	26	32
(UNE 83.116)	Granulometría G	33	37
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,90 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,30 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	0,40 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	2,42	4,60
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	----	0,29

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: DC1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	DC1G102R	DC1G202R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	0,25 %	1,41 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

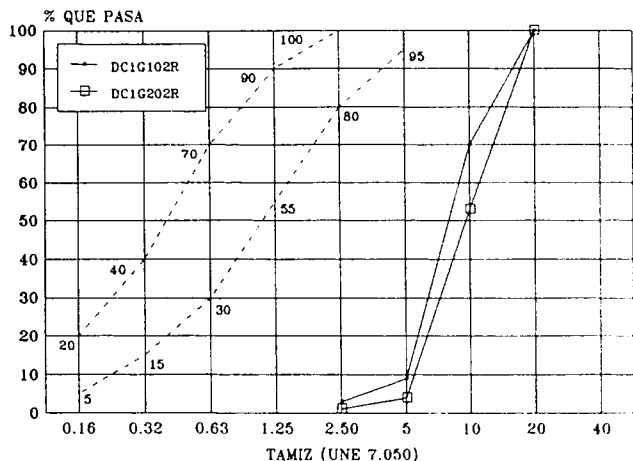
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	26	32
(UNE 83.116)	Granulometría G	33	37
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,90 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,60 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	2,84 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	3,45 %	2,53
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,23	0,22

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: DC1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	DC1G102R		DC1G202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	30	70	47	53
5	91	9	96	4
2,5	97	3	99	1
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,20

6,44

T.Max. 12,5

12,5

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: DC1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	DC1G103R	DC1G203R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	Inapreciables	1,35 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	730,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	10,0	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	26	32
(UNE 83.116)	Granulometría G	33	37
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,90 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,20 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	8,57 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,18	0,76
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,23	0,22

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	AT1A101R	AT1A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	66	77
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)	0,620	0,285
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	255,0	530,0
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	5,3	5,3

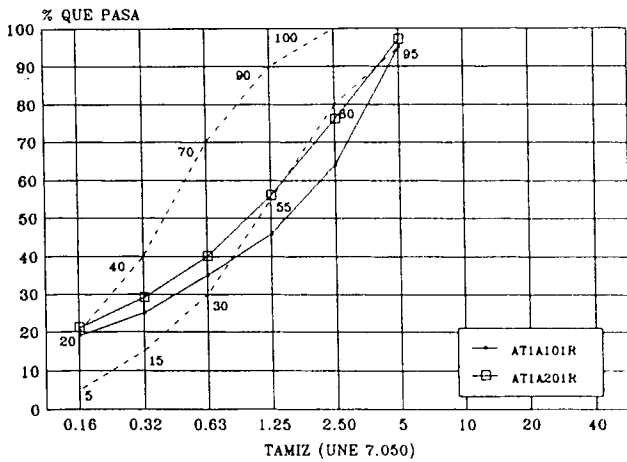
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	27	21
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,40 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	3,39 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	5,13 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	13,05	15,10
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT1

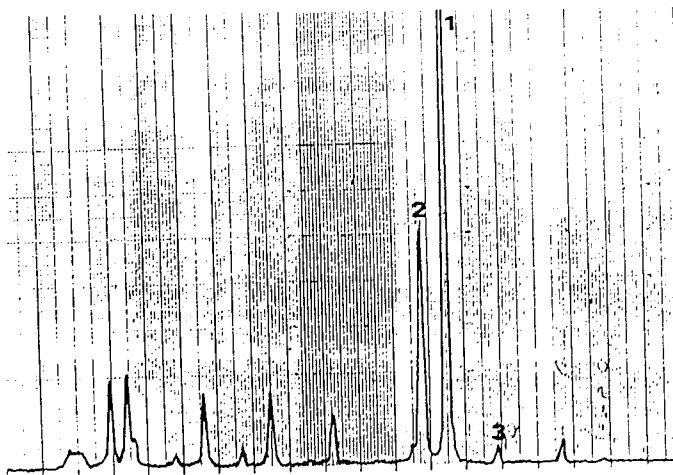
ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA				
TAMIZ UNE	AT1A101R		AT1A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	5	95	3	97
2,5	36	64	24	76
1,25	54	46	44	56
0,63	65	35	60	40
0,32	75	25	71	29
0,16	81	19	79	21
FONDO	100	0	100	0

M.G.	3,16	2,81
T.Max.	5	5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Calcita	65 %
2	Dolomita	30 %
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
 CANTERA: AT1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)		Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)		Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)		Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)		Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		78
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		0,280
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		23
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)		0,40 %
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂		3,30 %
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg		4,98 %

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)		9,23
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	AT1G101R	AT1G201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	Inapreciables	3,98 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	23	28
(UNE 83.116)	Granulometría G	24	29
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,90 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,04 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	1,31 %	----

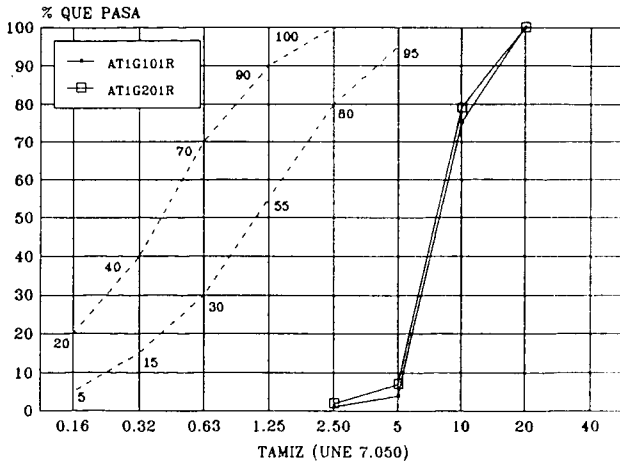
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,24	1,14
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,24	0,25

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	AT1G101R		AT1G201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	25	75	21	79
5	96	4	93	7
2,5	99	1	98	2
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,21

6,13

T.Max. 12,5

12,5

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	AT1G102R	AT1G202R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	0,61 %	3,32 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	295,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	1,3	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	23	28
(UNE 83.116)	Granulometría G	24	29
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)		0,90 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,35 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	2,60 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,48	0,38
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,20	0,20

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANtera: AT1

ANALISIS GRANULOMETRICO

MUESTRA				
TAMIZ UNE	AT1G102R		AT1G202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	1	99	0	100
10	98	2	98	2
5	98	2	99	1
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G.	6,97	6,98
T.Max.	20	20

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral	% aprox

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	AT1G103R	AT1G203R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	1,26 %	1,04 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

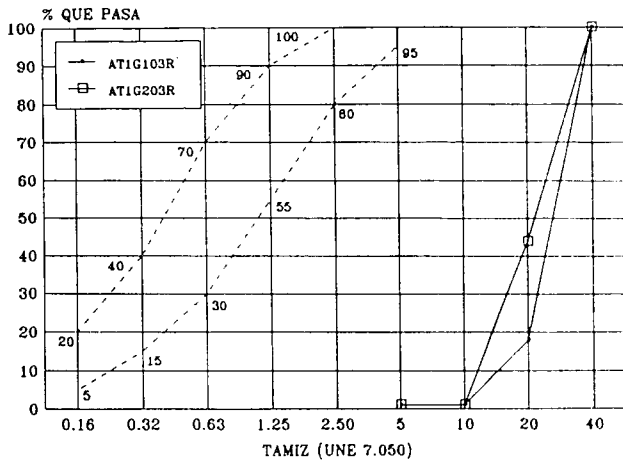
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	23	28
(UNE 83.116)	Granulometría G	24	29
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,90 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,35 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	2,60 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,59	0,39
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,22	0,19

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT1**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	AT1G103R		AT1G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	82	18	56	44
10	99	1	99	1
5	99	1	99	1
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 7,81

7,54

T.Max. 40

25

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	AT2A101R	AT2A201R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	75	88
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)	0,640	0,713
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	330,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	2,7	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	23	25
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,30 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	3,05 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	5,10 %	----

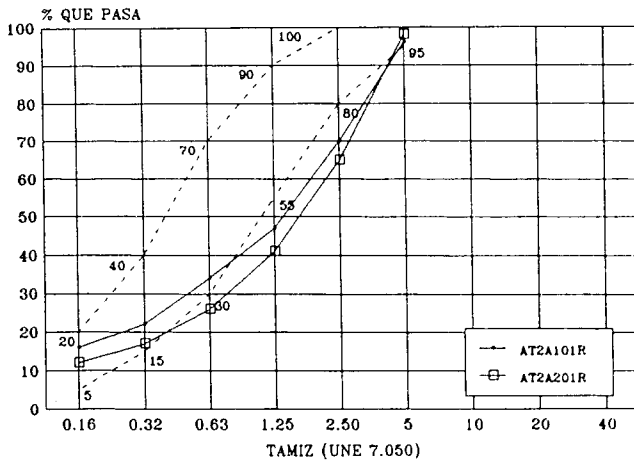
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	10,71	8,20
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT2

ANALISIS GRANULOMETRICO

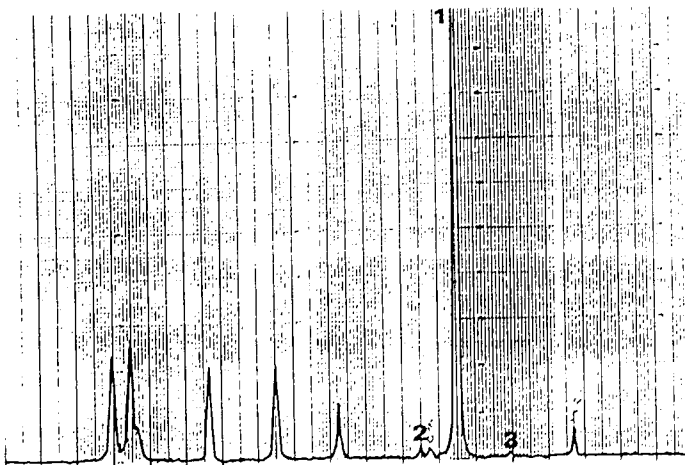


TAMIZ UNE	MUESTRA			
	AT2A101R		AT2A201R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	4	96	2	98
2,5	30	70	35	65
1,25	53	47	59	41
0,63	66	34	74	26
0,32	78	22	83	17
0,16	84	16	88	12
FONDO	100	0	100	0

M.G.	3,15	3,41
------	------	------

T.Max.	5	5
--------	---	---

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Calcita	> 95 %
2	Dolomita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
 CANTERA: AT2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	AT2G102R	AT2G202R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	125,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	7,7	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

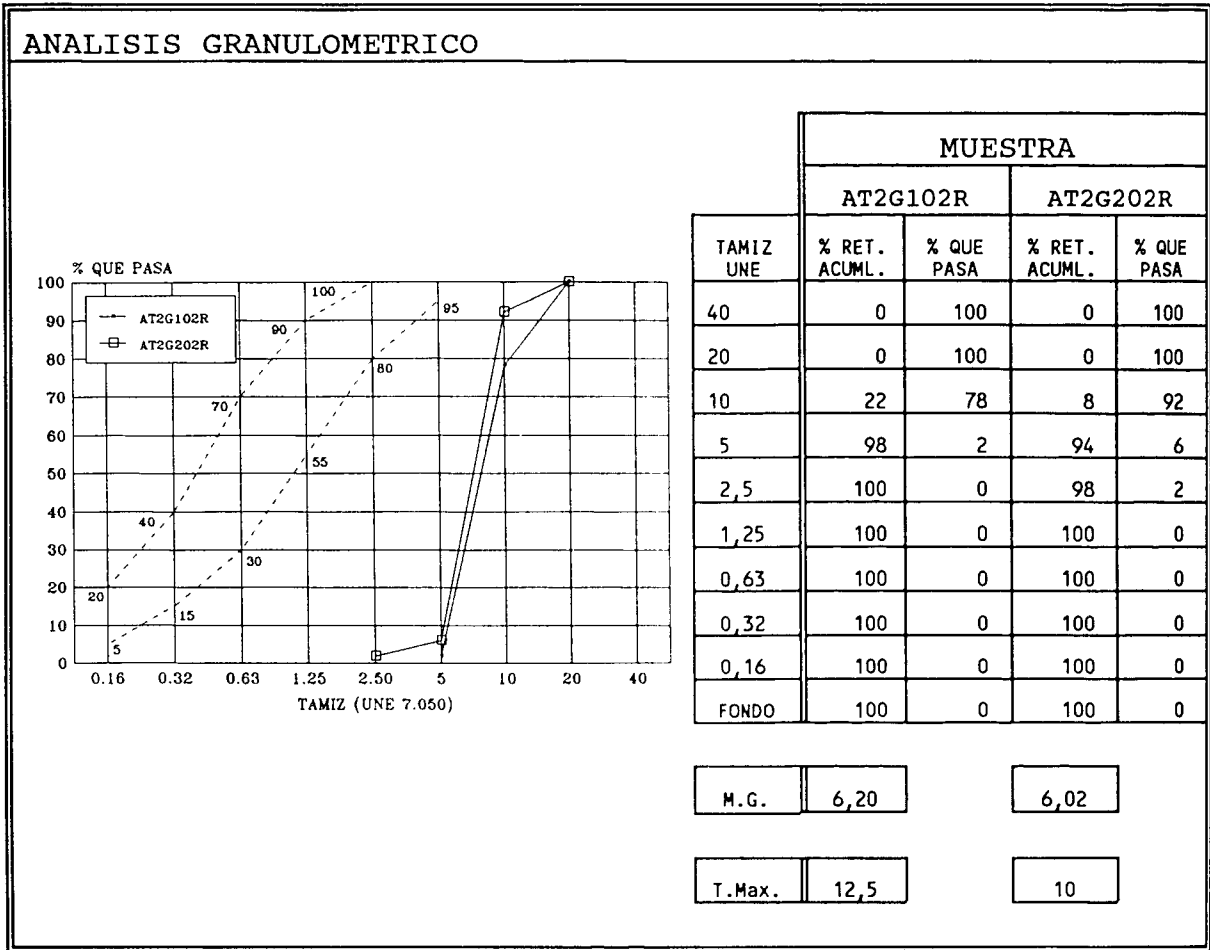
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	24	26
(UNE 83.116)	Granulometría G	28	28
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,00 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,87 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	0,95 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,42	0,48
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,25	0,20

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT2**



ANALISIS MINERALOGICO

	Ref Mineral	% aprox

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		AT2G103R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	0,77 %	0,49 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	120,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	9,3	

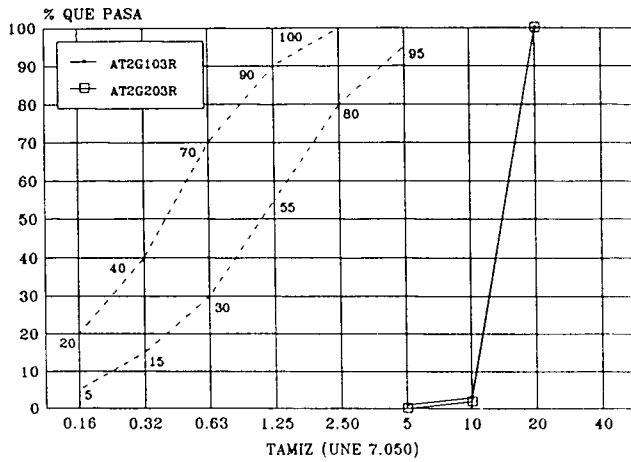
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	24	26
(UNE 83.116)	Granulometría G	28	28
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,00 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,43 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	3,06 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	1,19	0,37
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,21	0,19

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT2

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	AT2G103R		AT2G203R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	97	3	98	2
5	99	1	100	0
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G.	6,95	6,98
------	------	------

T.Max.	20	20
--------	----	----

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral	% aprox

SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT2

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	AT2G104R	AT2G204R

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	2,95 %	1,01 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

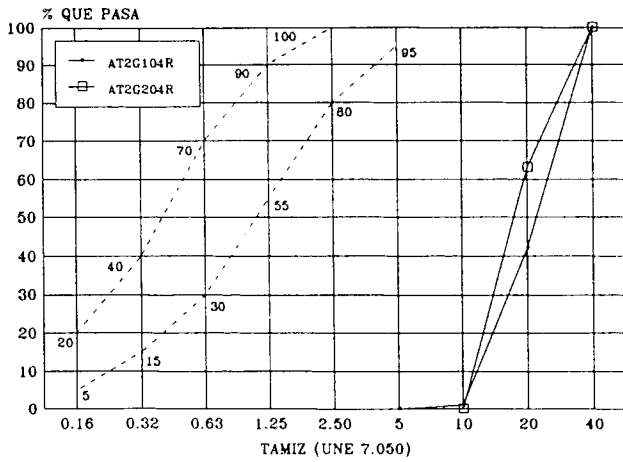
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	24	26
(UNE 83.116)	Granulometría G	28	28
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,00 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	2,48 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	3,12 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,35	0,19
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,27	0,24

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

**SECTOR: SIERRA - ELVIRA
CANTERA: AT2**

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	AT2G104R		AT2G204R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	58	42	37	63
10	99	1	100	0
5	100	0	100	0
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 7,57

7,37

T.Max. 25

25

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	OG1A101A	OG1A201A

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	89	94
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		1,032
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	265,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	3,0	

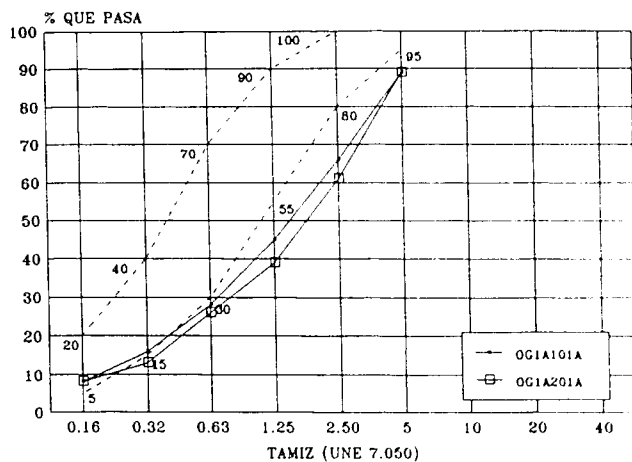
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	33	26
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,00 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	1,79 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	3,25 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	3,77	3,88
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

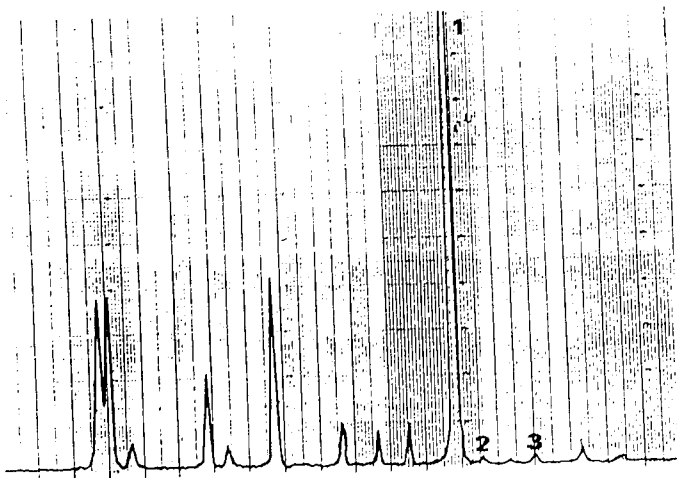
ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	OG1A101A		OG1A201A	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	11	89	11	89
2,5	34	66	39	61
1,25	55	45	61	39
0,63	72	28	74	26
0,32	84	16	87	13
0,16	92	8	92	8
FONDO	100	0	100	0

M.G.	3,48	3,65
T.Max.	6,3	6,3

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95 %
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	OG1G101A	OG1G201A

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	0,51 %
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	16,80 %	11,60 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

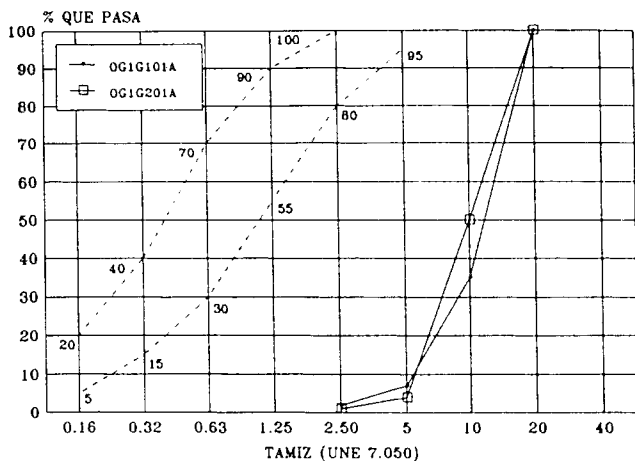
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	36	31
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	36
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,20 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	4,00 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	5,30 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	1,79	1,99
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,28	0,31

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	OG1G101A		OG1G201A	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	65	35	50	50
5	93	7	96	4
2,5	98	2	99	1
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 6,57

6,47

T.Max. 20

12,5

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
		OG1G102A

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	14,49 %	12,28 %
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	195,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	1,0	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS

FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	36	31
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	36
ABSORCION DE AGUA (UNE 83.133 y 83.134)		1,20 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	5,04 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	7,11 %	----

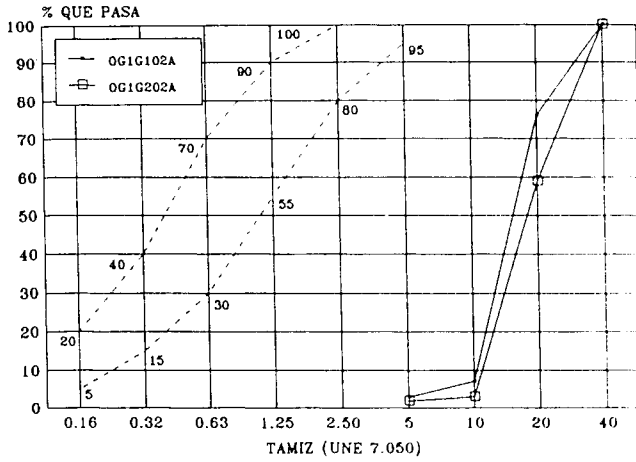
GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA

FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	1,23	1,35
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,27	0,25

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	OG1G102A		OG1G202A	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	24	76	41	59
10	93	7	97	3
5	97	3	98	2
2,5	100	0	100	0
1,25	100	0	100	0
0,63	100	0	100	0
0,32	100	0	100	0
0,16	100	0	100	0
FONDO	100	0	100	0

M.G. 7,14

7,36

T.Max. 25

25

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: OG1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	OG1A103A	

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	15,83 %	
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)		
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)		

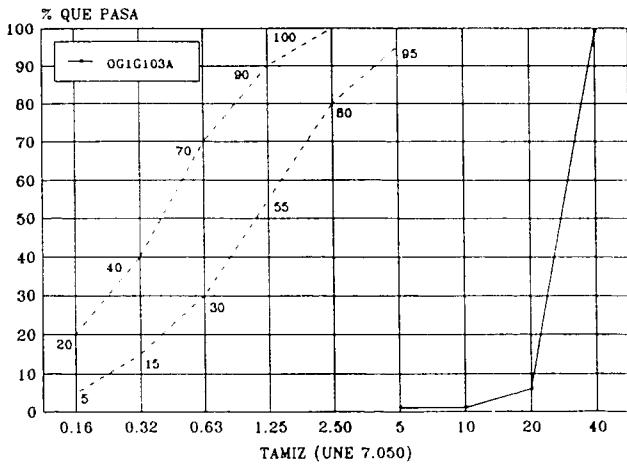
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	36	
(UNE 83.116)	Granulometría G	32	
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,20 %	
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	5,20 %	
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	7,40 %	

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,39	
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,21	

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: OG1

ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA

TAMIZ UNE	OG1G103A			
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	1	99		
20	94	6		
10	99	1		
5	99	1		
2,5	100	0		
1,25	100	0		
0,63	100	0		
0,32	100	0		
0,16	100	0		
FONDO	100	0		

M.G.

T.Max.

ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral % aprox

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: LZ1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	LZ1A101L	LZ1A201L

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)		
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)	Menor Patrón	Menor Patrón
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)	75	42
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)	0,616	0,848
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	405,0	665,0
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	5,7	1,0

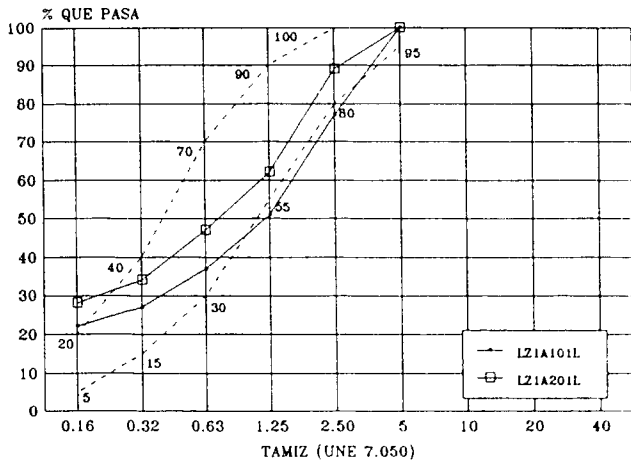
CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)	27	28
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A		
(UNE 83.116)	Granulometría G		
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	0,30 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	4,71 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	3,75 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	17,53	22,41
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)		

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANtera: LZ1

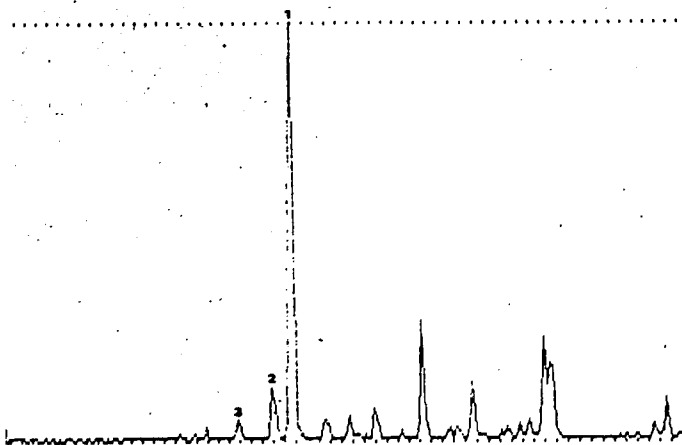
ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	LZ1A101L		LZ1A201L	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	0	100
10	0	100	0	100
5	0	100	0	100
2,5	23	77	11	89
1,25	49	51	38	62
0,63	63	37	53	47
0,32	73	27	66	34
0,16	78	22	72	28
FONDO	100	0	100	0

M.G.	2,86	2,40
T.Max.	5	5

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	85 %
2	Calcita	10 %
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: LZ1

PRESCRIPCIONES DE LA INSTRUCCION EH-91
 Artículo 7.3

MUESTRA	1ª TOMA	2ª TOMA
	LZ1G101L	LZ1G201L

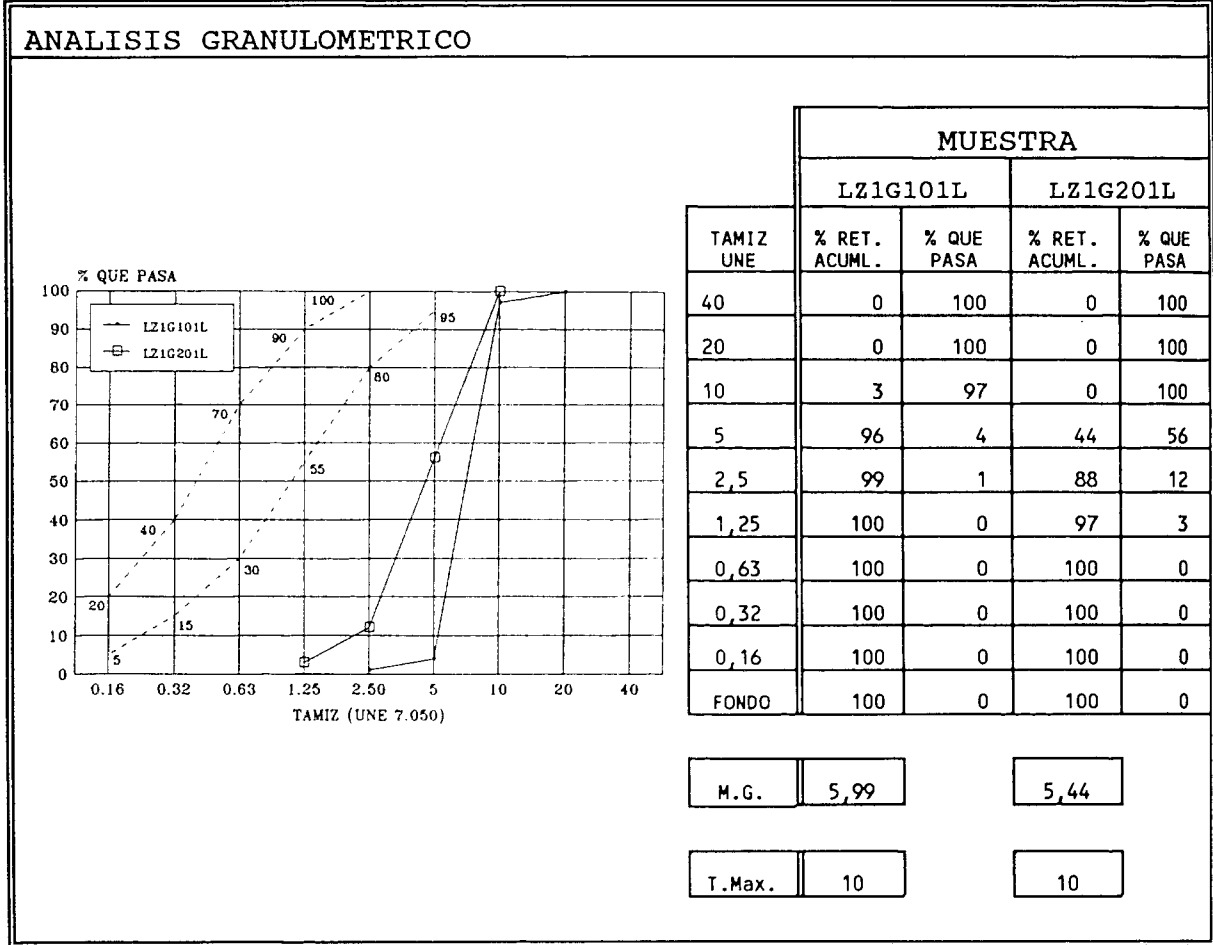
CONDICIONES FISICO-QUIMICAS			
TERRONES DE ARCILLA	(UNE 7.133)	Inapreciables	Inapreciables
PARTICULAS BLANDAS	(UNE 7.134)	0,20 %	----
PARTICULAS DE p.e. < 2	(UNE 7.244)	Inapreciables	Inapreciables
COMPUESTOS DE AZUFRE	(UNE 83.120)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
COMPUESTOS DE CLORO	(UNE 83.124)	Menor 0,01 %	Menor 0,01 %
MATERIA ORGANICA	(UNE 7.082)		
EQUIVALENTE DE ARENA	(UNE 83.131)		
VALOR DE AZUL DE METILENO	(UNE 83.130)		
REACTIVIDAD CON ALCALIS	R (mmol/l)	670,0	
(UNE 7.137)	SiO ₂ (mmol/l)	1,3	

CONDICIONES FISICO-MECANICAS			
FRIABILIDAD DE LA ARENA	(UNE 83.115)		
DESGASTE DE LA GRAVA	Granulometría A	23	----
(UNE 83.116)	Granulometría G	27	----
ABSORCION DE AGUA	(UNE 83.133 y 83.134)	1,00 %	----
PERDIDA DE PESO	SO ₄ Na ₂	0,32 %	----
(UNE 7.136)	SO ₄ Mg	0,74 %	----

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA			
FINOS < 0,080	(UNE 7.050)	0,73	5,03
COEFICIENTE DE FORMA	(UNE 7.238)	0,32	0,32

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
CANTERA: LZ1

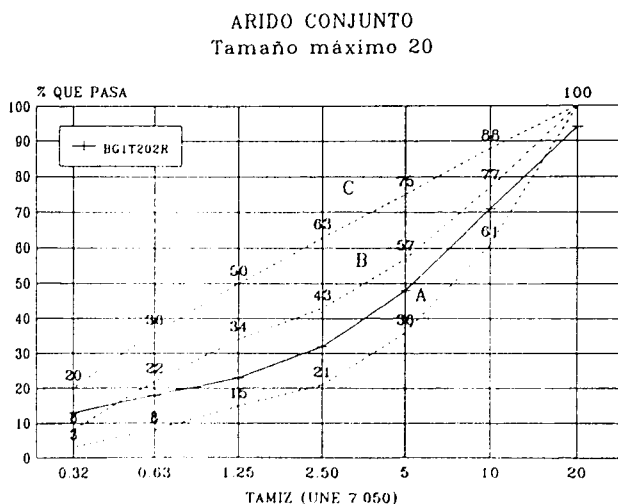


ANALISIS MINERALOGICO

Ref Mineral	% aprox

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG1

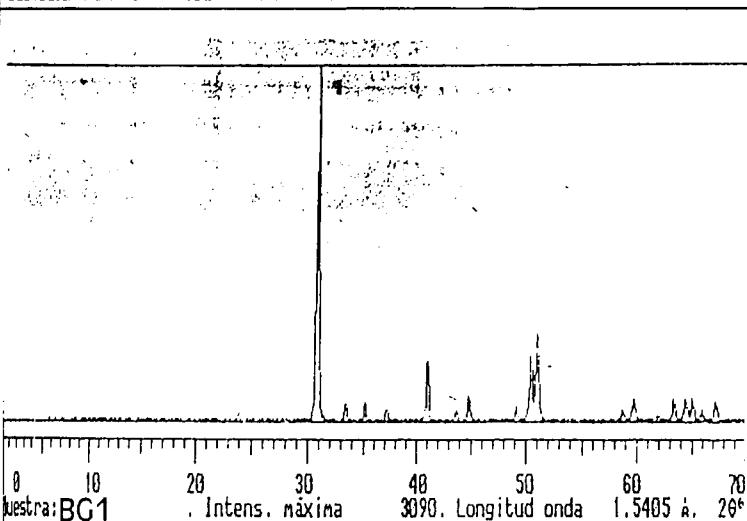
ANALISIS GRANULOMETRICO



MUESTRA				
BG1T202R				
TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40			0	100
20			6	94
10			29	71
5			52	48
2,5			68	32
1,25			77	23
0,63			82	18
0,32			87	13
0,16			92	8
FONDO			100	0

F. < 0,080		6,38 %
M.G.		5,93
T.Max.		20

ANALISIS MINERALOGICO

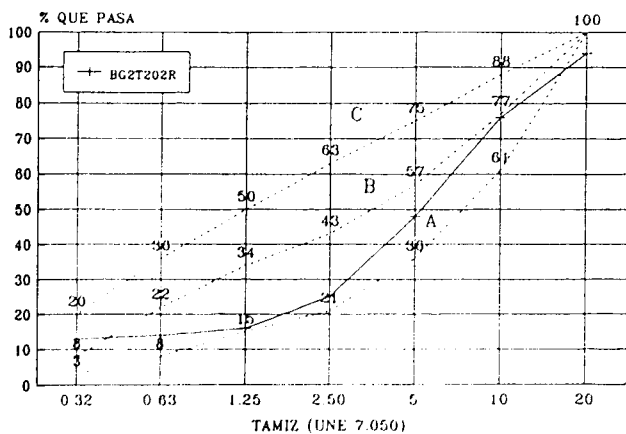


Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	100

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG2

ANALISIS GRANULOMETRICO

ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20

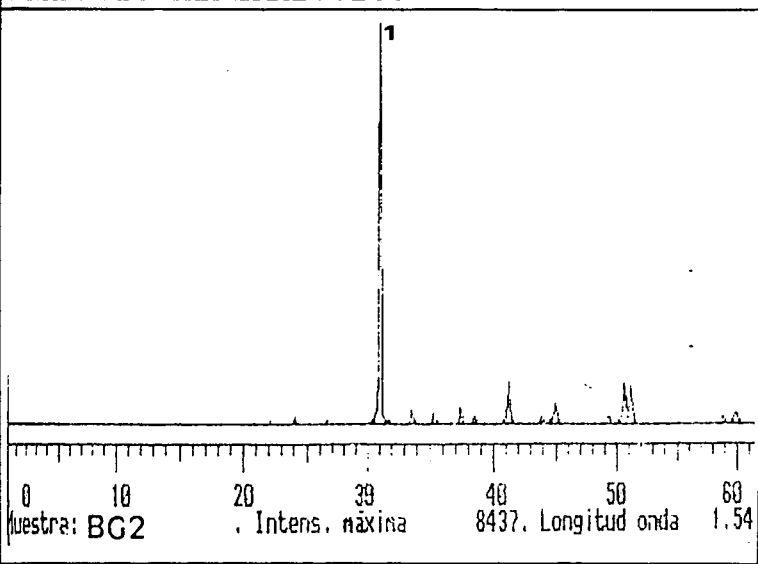


MUESTRA
 BG2T202R

TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40			0	100
20			6	94
10			24	76
5			52	48
2,5			75	25
1,25			84	16
0,63			86	14
0,32			87	13
0,16			92	8
FONDO			100	0

F. < 0,080		5,50 %
M.G.		6,06
T. Max.		20

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95
2	Cuarzo	Indic.

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

2. It is essential to ensure that all entries are supported by appropriate documentation and receipts.

3. Regular audits should be conducted to verify the accuracy of the records and identify any discrepancies.

4. The second part of the document outlines the procedures for handling customer complaints and inquiries.

5. All complaints should be addressed promptly and professionally, with a focus on resolving the issue to the customer's satisfaction.

6. It is important to maintain a positive attitude and provide excellent customer service at all times.

7. The third part of the document details the process for managing inventory and stock levels.

8. Regular inventory checks should be performed to ensure that stock levels are accurate and up-to-date.

9. It is crucial to monitor stock levels closely to avoid running out of key products or services.

10. The fourth part of the document describes the methods for calculating and reporting financial performance.

11. All financial transactions should be recorded accurately and reported on a regular basis.

12. It is important to analyze financial data to identify trends and areas for improvement.

13. The fifth part of the document discusses the role of marketing and advertising in driving business growth.

14. A comprehensive marketing strategy should be developed to reach the target audience and promote the business.

15. Regular advertising campaigns should be implemented to maintain visibility and attract new customers.

16. The sixth part of the document outlines the procedures for hiring and managing staff.

17. All hiring decisions should be based on the qualifications and skills of the candidates.

18. It is important to provide ongoing training and development opportunities for all employees.

19. The seventh part of the document describes the process for handling legal and regulatory requirements.

20. All legal and regulatory obligations should be identified and addressed in a timely manner.

21. It is essential to maintain accurate records of all legal and regulatory activities.

22. The eighth part of the document discusses the importance of maintaining a safe and secure work environment.

23. All safety protocols should be strictly followed to prevent accidents and injuries.

24. Regular safety training should be provided to all employees to ensure they are aware of potential hazards.

25. The ninth part of the document outlines the procedures for handling emergencies and crises.

26. A comprehensive emergency response plan should be developed and practiced regularly.

27. It is important to remain calm and composed during any emergency situation.

28. The tenth part of the document discusses the role of technology in modern business operations.

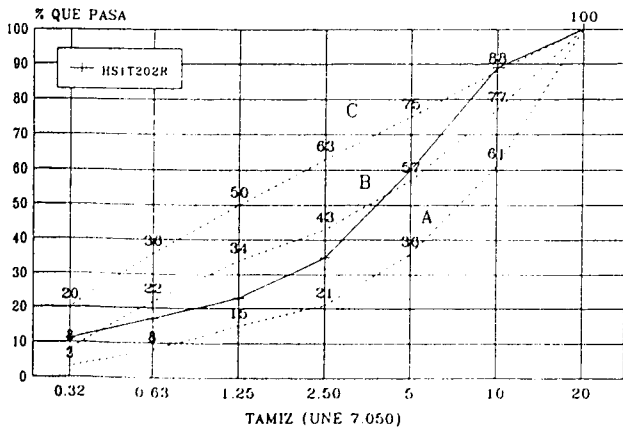
29. Investing in technology can significantly improve efficiency and productivity.

30. Regular updates and maintenance of technology systems are essential to ensure they are functioning properly.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: HS1

ANALISIS GRANULOMETRICO

ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



MUESTRA

HS1T202R

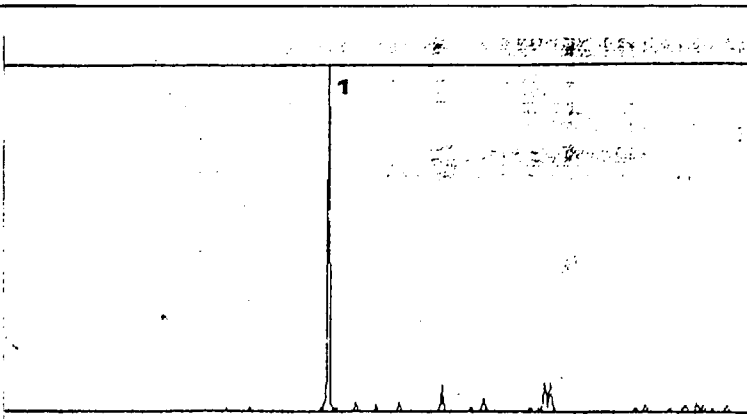
TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40			0	100
20			0	100
10			11	89
5			40	60
2,5			65	35
1,25			77	23
0,63			83	17
0,32			89	11
0,16			90	10
FONDO			100	0

F. < 0,080 7,85 %

M.G. 5,55

T.Max. 20

ANALISIS MINERALOGICO



Ref Mineral % aprox

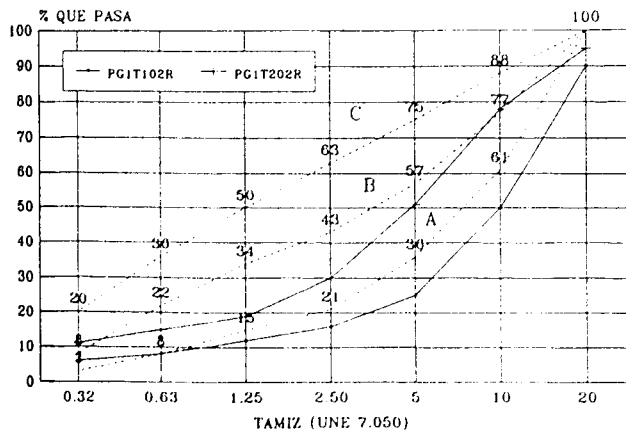
1 Dolomita 100

Muestra: HS1 Intens. máxima: 11143. Longitud onda: 1.5405 Å. 2θ

SECTOR: GÜEJAR SIERRA
 CANTERA: PG1

ANALISIS GRANULOMETRICO

ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



MUESTRA

TAMIZ UNE	PG1T102R		PG1T202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	10	90	5	95
10	50	50	22	78
5	75	25	49	51
2,5	84	16	70	30
1,25	88	12	81	19
0,63	92	8	85	15
0,32	94	6	89	11
0,16	95	5	92	8
FONDO	100	0	100	0

F.<0,080 3,79 %

6,71 %

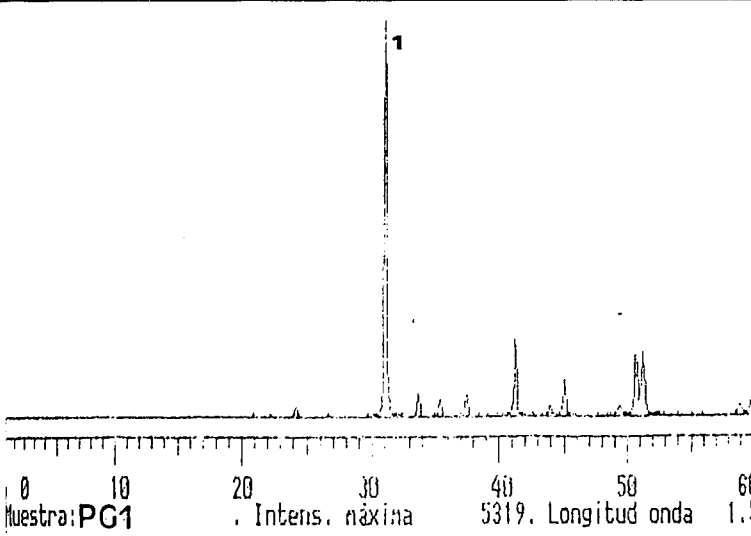
M.G. 6,88

5,93

T.Max. 20

20

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95
2	Cuarzo	Indic.

Muestra: PG1

Intens. máxima 5319. Longitud onda 1.5

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes the need for transparency and accountability in financial reporting.

2. The second part of the document outlines the various methods and techniques used to collect and analyze data. It includes a detailed description of the experimental procedures and the tools used for data collection.

3. The third part of the document presents the results of the study, including a comparison of the different methods and techniques used. It also includes a discussion of the limitations of the study and the need for further research.

4. The fourth part of the document discusses the implications of the study for the field of research. It highlights the need for more rigorous and systematic approaches to data collection and analysis.

5. The fifth part of the document concludes the study and provides a summary of the findings. It also includes a list of references and a bibliography of the sources used in the study.

6. The sixth part of the document discusses the future directions of the study and the need for more comprehensive and detailed research. It also includes a list of references and a bibliography of the sources used in the study.

7. The seventh part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes the need for transparency and accountability in financial reporting.

8. The eighth part of the document outlines the various methods and techniques used to collect and analyze data. It includes a detailed description of the experimental procedures and the tools used for data collection.

9. The ninth part of the document presents the results of the study, including a comparison of the different methods and techniques used. It also includes a discussion of the limitations of the study and the need for further research.

10. The tenth part of the document discusses the implications of the study for the field of research. It highlights the need for more rigorous and systematic approaches to data collection and analysis.

11. The eleventh part of the document concludes the study and provides a summary of the findings. It also includes a list of references and a bibliography of the sources used in the study.

12. The twelfth part of the document discusses the future directions of the study and the need for more comprehensive and detailed research. It also includes a list of references and a bibliography of the sources used in the study.

13. The thirteenth part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes the need for transparency and accountability in financial reporting.

14. The fourteenth part of the document outlines the various methods and techniques used to collect and analyze data. It includes a detailed description of the experimental procedures and the tools used for data collection.

15. The fifteenth part of the document presents the results of the study, including a comparison of the different methods and techniques used. It also includes a discussion of the limitations of the study and the need for further research.

16. The sixteenth part of the document discusses the implications of the study for the field of research. It highlights the need for more rigorous and systematic approaches to data collection and analysis.

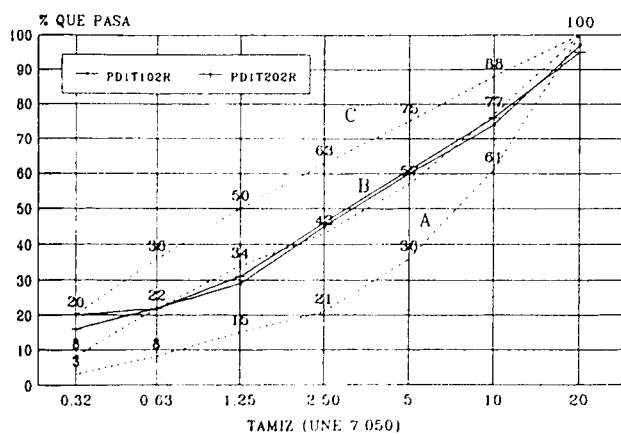
17. The seventeenth part of the document concludes the study and provides a summary of the findings. It also includes a list of references and a bibliography of the sources used in the study.

18. The eighteenth part of the document discusses the future directions of the study and the need for more comprehensive and detailed research. It also includes a list of references and a bibliography of the sources used in the study.

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD1

ANALISIS GRANULOMETRICO

ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



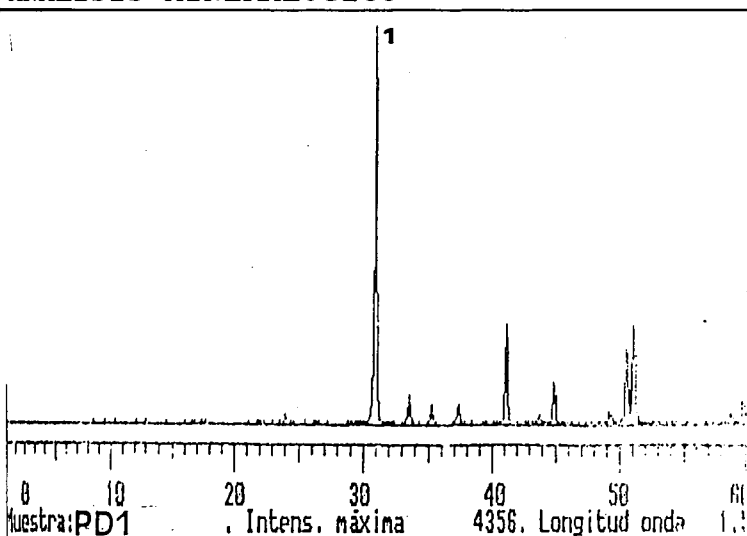
TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD1T102R		PD1T202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	3	97	5	95
10	26	74	24	76
5	40	60	39	61
2,5	55	45	54	46
1,25	71	29	69	31
0,63	78	22	78	22
0,32	80	20	84	16
0,16	82	18	86	14
FONDO	100	0	100	0

F. < 0,080 17,44 % 13,82 %

M.G. 5,68 5,39

T.Max. 20 20

ANALISIS MINERALOGICO

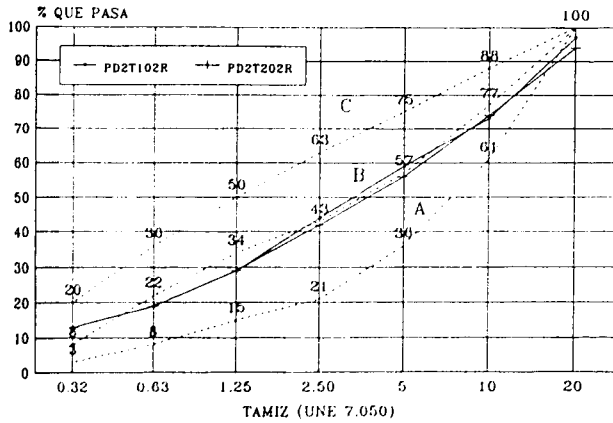


Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	100

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD2

ANALISIS GRANULOMETRICO

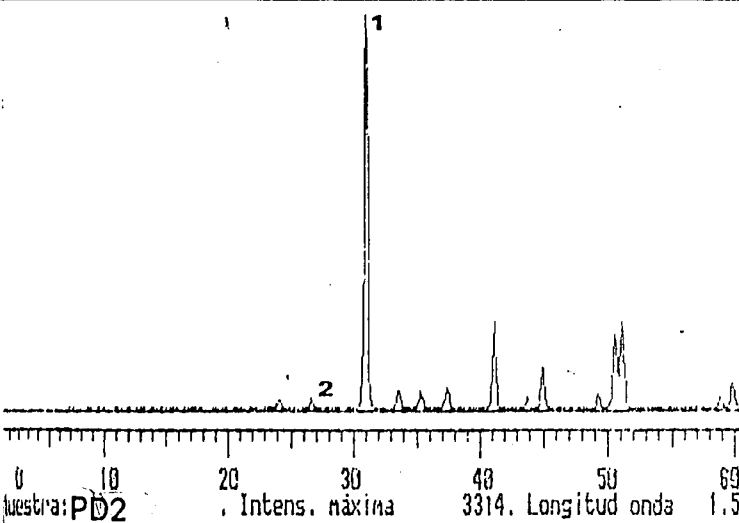
ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD2T102R		PD2T202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	3	97	6	94
10	27	73	26	74
5	41	59	44	56
2,5	56	44	58	42
1,25	71	29	71	29
0,63	81	19	81	19
0,32	87	13	87	13
0,16	91	9	90	10
FONDO	100	0	100	0

F.<0,080	7,07 %	8,45 %
M.G.	5,57	5,63
T.Max.	20	20

ANALISIS MINERALOGICO

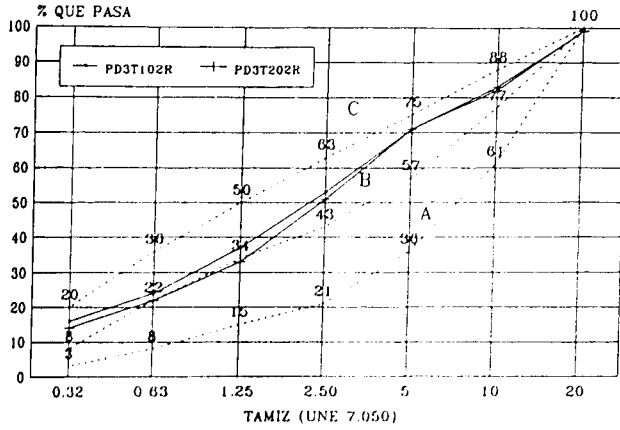


Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95
2	Cuarzo	Indic.

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD3

ANALISIS GRANULOMETRICO

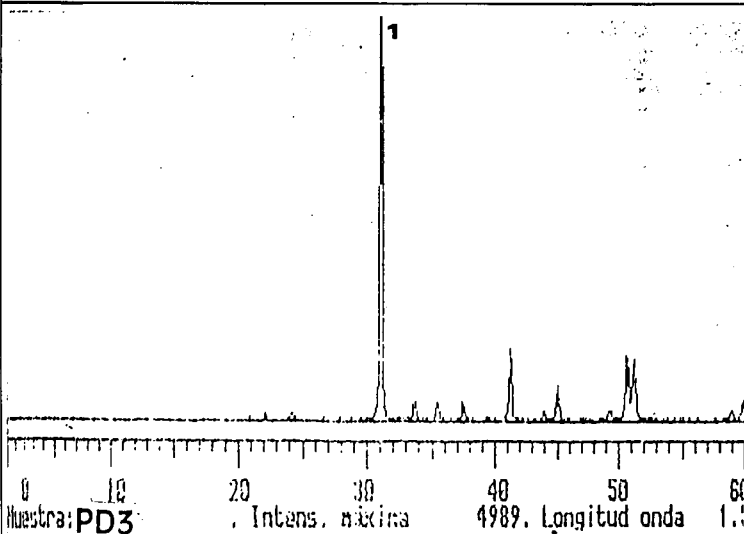
ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD3T102R		PD3T202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	1	99	1	99
10	18	82	17	83
5	29	71	29	71
2,5	47	53	49	51
1,25	63	37	67	33
0,63	76	24	78	22
0,32	84	16	86	14
0,16	88	12	90	10
FONDO	100	0	100	0

F.<0,080	9,23 %	8,68 %
M.G.	5,06	5,17
T.Max.	20	20

ANALISIS MINERALOGICO

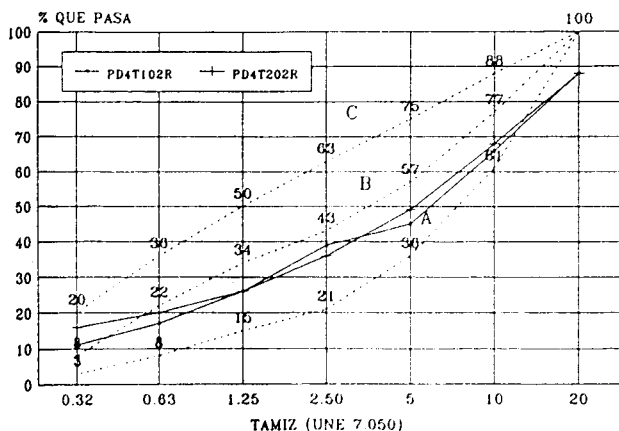


Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	100

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD4

ANALISIS GRANULOMETRICO

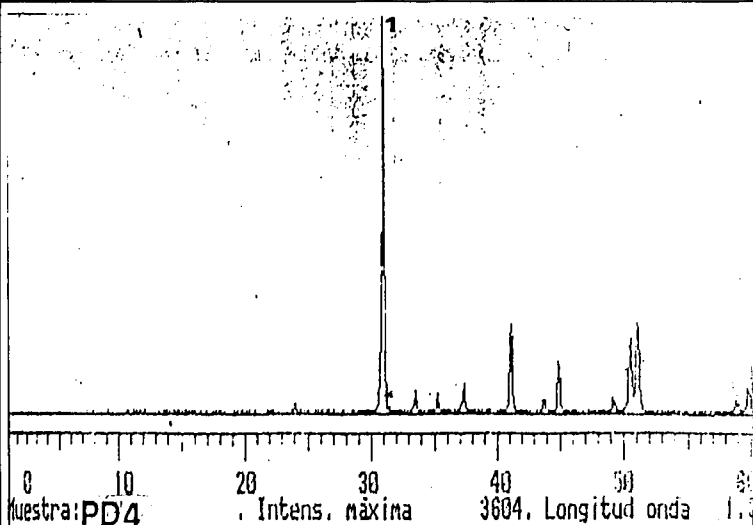
ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	PD4T102R		PD4T202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	12	88	12	88
10	34	66	32	68
5	55	45	51	49
2,5	61	39	64	36
1,25	74	26	74	26
0,63	83	17	80	20
0,32	89	11	84	16
0,16	91	9	88	12
FONDO	100	0	100	0

F.<0,080	6,85 %	10,71 %
M.G.	6,19	5,85
T.Max.	20	20

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	100

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

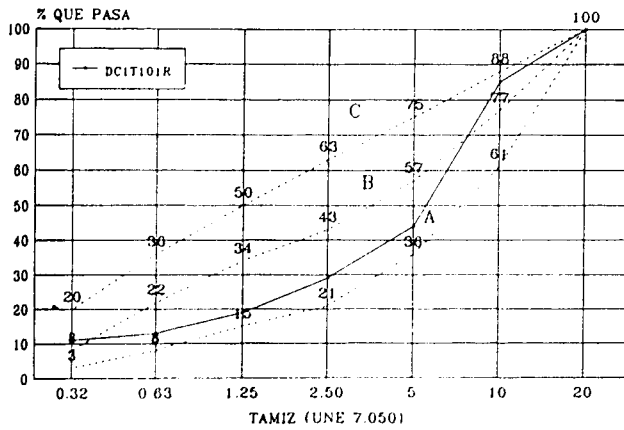
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: DC1

ANALISIS GRANULOMETRICO

ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



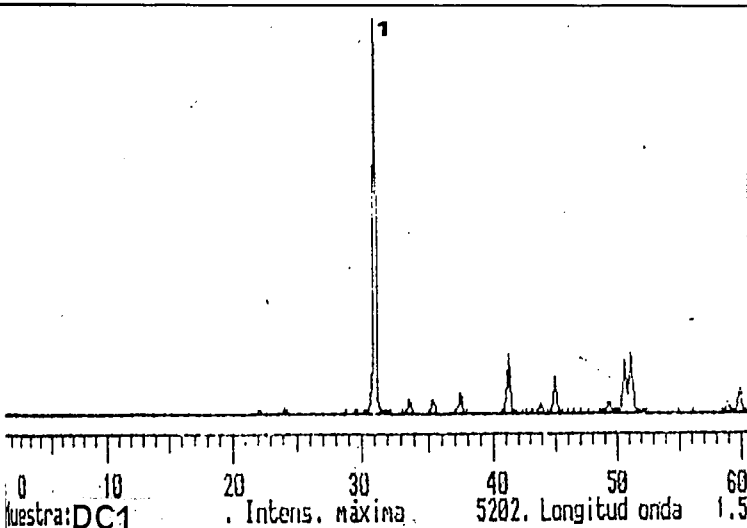
MUESTRA

DC1T101R

TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100		
20	0	100		
10	15	85		
5	56	44		
2,5	71	29		
1,25	81	19		
0,63	87	13		
0,32	89	11		
0,16	91	9		
FONDO	100	0		

F.<0,080	7,78 %	
M.G.	5,90	
T.Max.	20	

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95
2	Calcita	Indic.

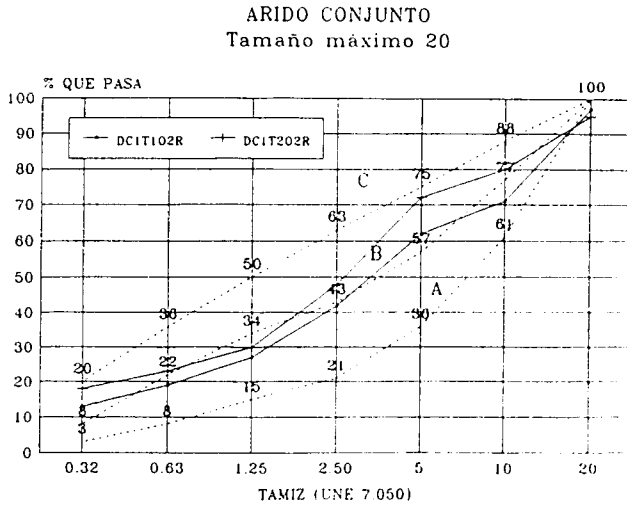
Muestra: DC1

Intens. máxima 5202. Longitud onda 1.5

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: PADUL - DURCAL
CANTERA: DC1

ANALISIS GRANULOMETRICO

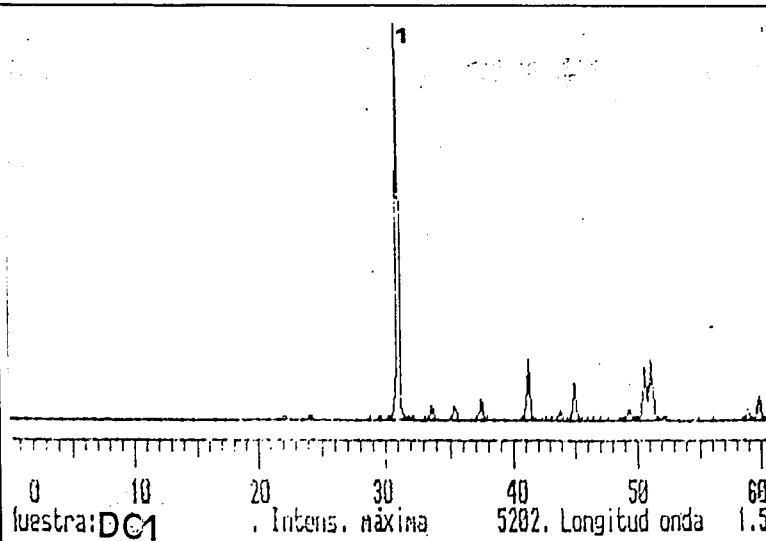


MUESTRA

TAMIZ UNE	DC1T102R		DC1T202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	3	97	5	95
10	29	71	20	80
5	38	62	28	72
2,5	58	42	52	48
1,25	73	27	70	30
0,63	81	19	77	23
0,32	87	13	82	18
0,16	89	11	86	14
FONDO	100	0	100	0

F. < 0,080	9,20 %	13,12 %
M.G.	5,58	5,20
T. Max.	20	20

ANALISIS MINERALOGICO

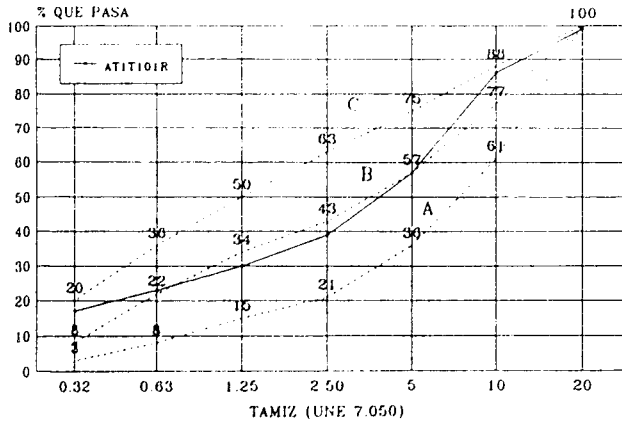


Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 95
2	Calcita	Indic.

SECTOR: SIERRA ELVIRA
 CANTERA: AT1

ANALISIS GRANULOMETRICO

ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



MUESTRA

AT1T101R

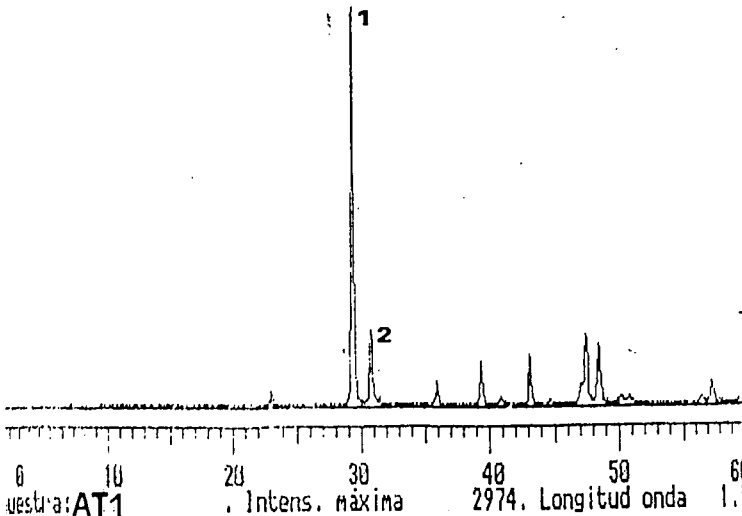
TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100		
20	1	99		
10	14	86		
5	43	57		
2,5	61	39		
1,25	70	30		
0,63	77	23		
0,32	83	17		
0,16	87	13		
FONDO	100	0		

F. < 0,080 7,29 %

M.G. 5,36

T.Max. 20

ANALISIS MINERALOGICO



Ref Mineral % aprox

1	Calcita	85
2	Dolomita	15

Muestra: AT1

Intens. máxima

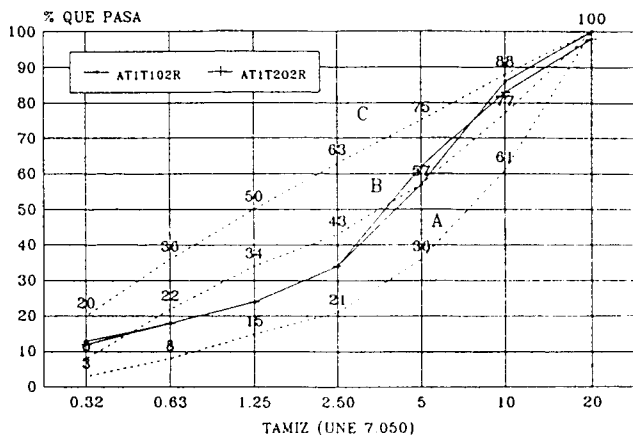
2974. Longitud onda

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT1

ANALISIS GRANULOMETRICO

ARIDO CONJUNTO
Tamaño máximo 20

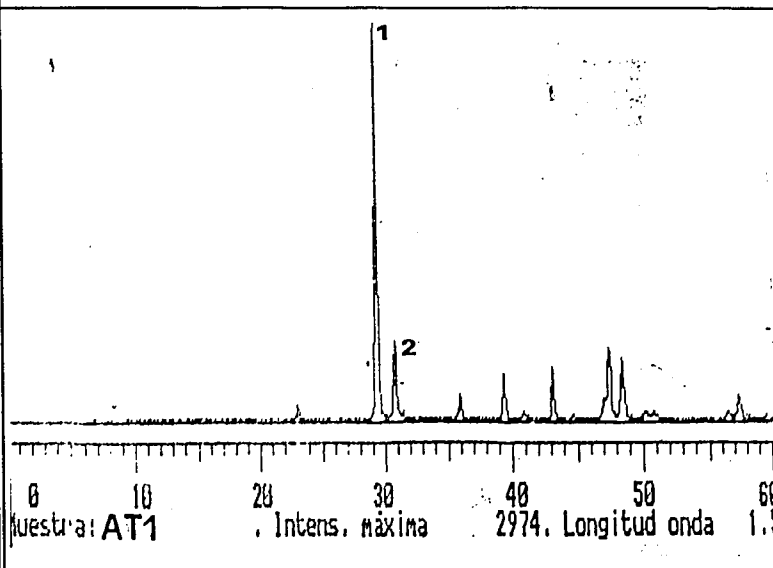


MUESTRA

TAMIZ UNE	AT1T102R		AT1T202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	2	98
10	14	86	17	83
5	43	57	38	62
2,5	66	34	66	34
1,25	76	24	76	24
0,63	82	18	82	18
0,32	87	13	88	12
0,16	90	10	91	9
FONDO	100	0	100	0

F. <0,080	7,82 %	8,07 %
M.G.	5,58	5,60
T.Max.	20	20

ANALISIS MINERALOGICO

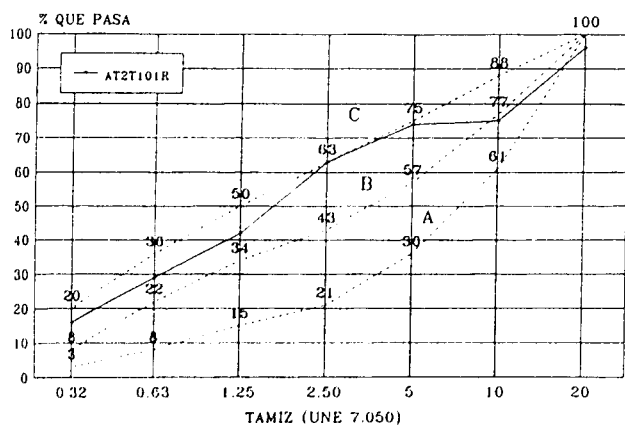


Ref	Mineral	% aprox
1	Calcita	85
2	Dolomita	15

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT2

ANALISIS GRANULOMETRICO

ARIDO CONJUNTO
Tamaño máximo 20



MUESTRA

AT2T101R

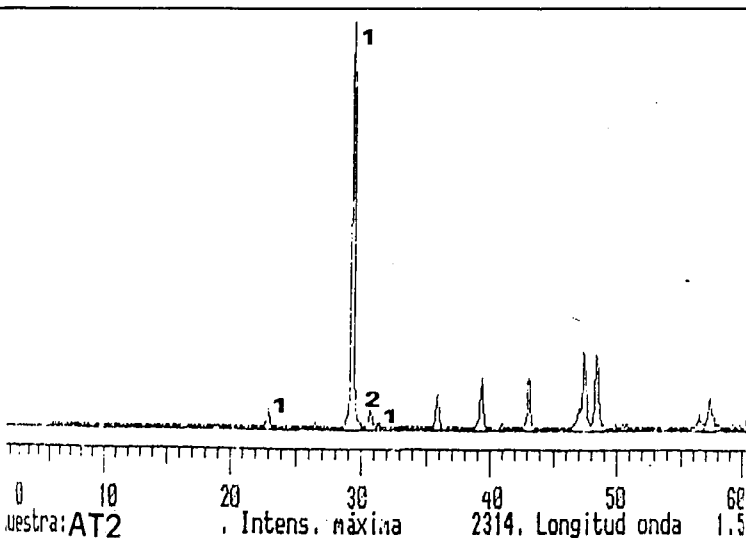
TAMIZ UNE	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100		
20	4	96		
10	25	75		
5	26	74		
2,5	37	63		
1,25	58	42		
0,63	71	29		
0,32	84	16		
0,16	86	14		
FONDO	100	0		

F. < 0,080 8,85 %

M.G. 4,91

T.Max. 20

ANALISIS MINERALOGICO



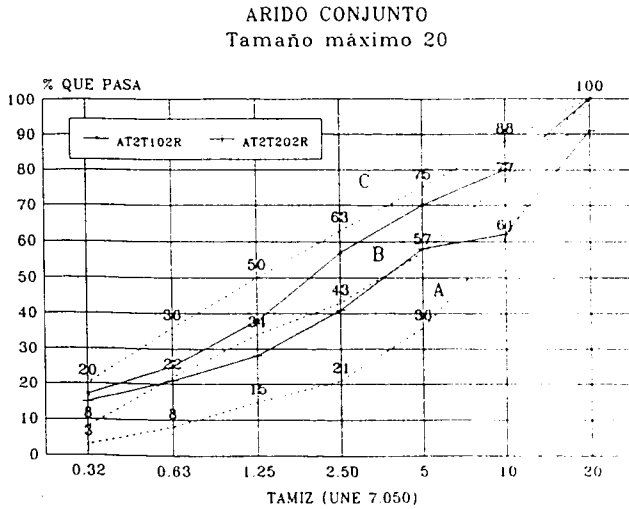
Ref	Mineral	% aprox
1	Calcita	> 95
2	Dolomita	Indic.

Muestra: AT2

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT2

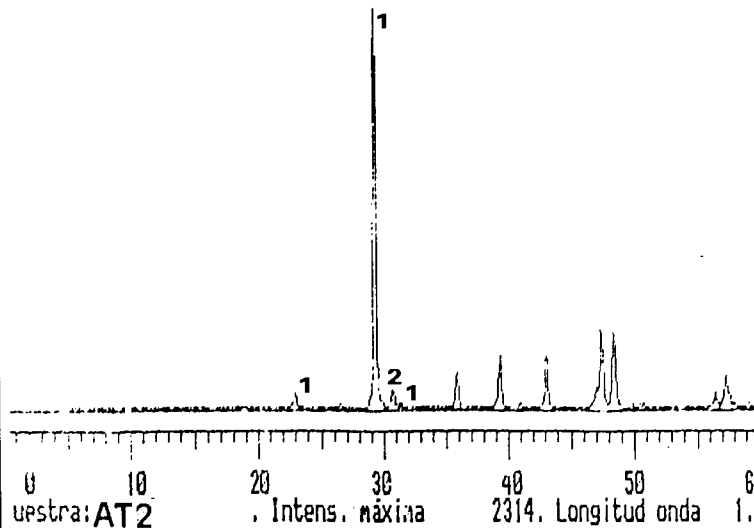
ANALISIS GRANULOMETRICO



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	AT2T102R		AT2T202R	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	0	100	9	91
10	20	80	38	62
5	30	70	42	58
2,5	43	57	59	41
1,25	62	38	72	28
0,63	75	25	79	21
0,32	83	17	85	15
0,16	88	12	91	9
FONDO	100	0	100	0

F. < 0,080	7,88 %	6,00 %
M.G.	5,01	5,75
T.Max.	20	20

ANALISIS MINERALOGICO



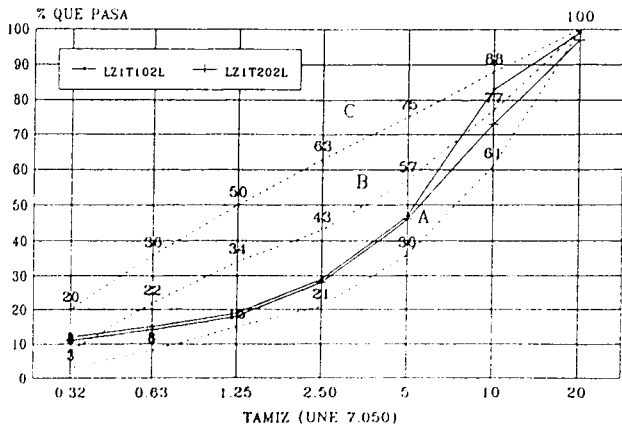
Ref	Mineral	% aprox
1	Calcita	> 95
2	Dolomita	Indic.

muestra: AT2
Intens. máxima 2314. Longitud onda 1.1

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: LZ1

ANALISIS GRANULOMETRICO

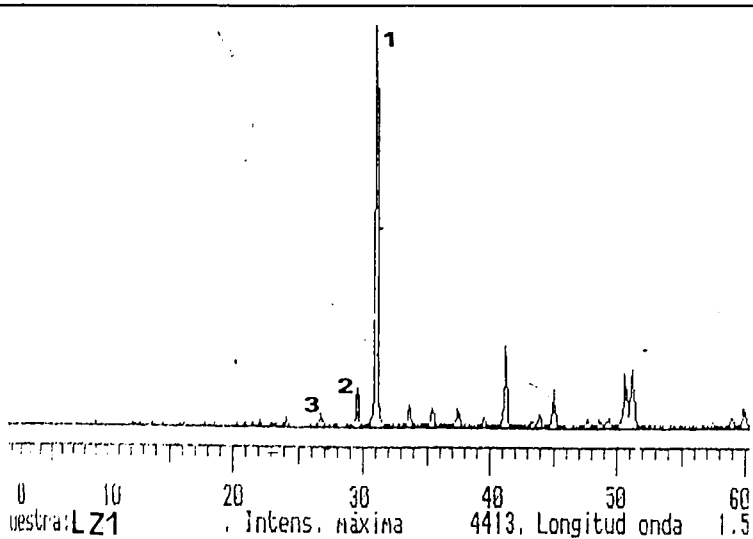
ARIDO CONJUNTO
 Tamaño máximo 20



TAMIZ UNE	MUESTRA			
	LZ1T102L		LZ1T202L	
	% RET. ACUML.	% QUE PASA	% RET. ACUML.	% QUE PASA
40	0	100	0	100
20	1	99	3	97
10	17	83	27	73
5	53	47	54	46
2,5	71	29	72	28
1,25	81	19	82	18
0,63	85	15	86	14
0,32	88	12	89	11
0,16	90	10	91	9
FONDO	100	0	100	0

F.<0,080	5,00 %	7,93 %
M.G.	6,35	6,04
T.Max.	20	20

ANALISIS MINERALOGICO



Ref	Mineral	% aprox
1	Dolomita	> 90
2	Calcita	Indic.
3	Cuarzo	Indic.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG1
 MUESTRA: BG1A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

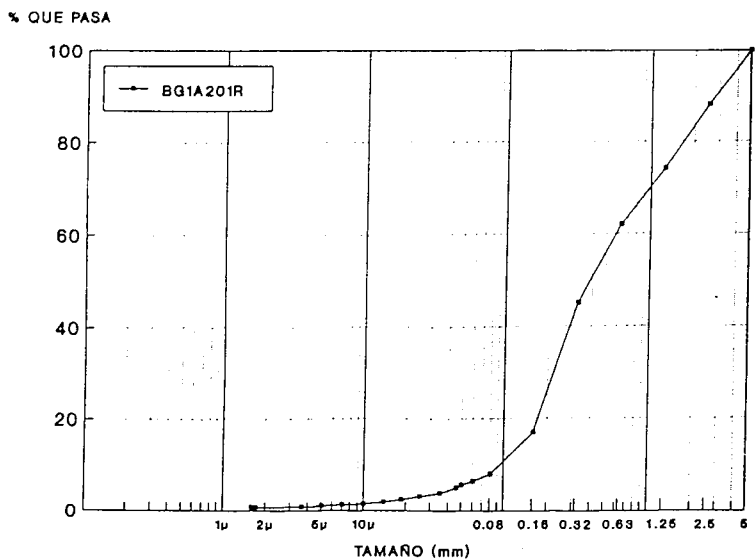
LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	92	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	0,101		Límite Plástico
Finos < 0,080	7 %		

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
ESMECTITA	20	8,80	0,16
ILITA	72	31,68	0,58
CAOLINITA + CLORITA	8	3,52	0,06
PARAGONITA			
PALIGORSKITA			
TALCO			
TOTAL	100	44	0,80
% FINOS < 0,002			1,80

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	12	88
1,25	26	74
0,63	38	62
0,32	55	45
0,16	83	17
0,08		8
0,046		5,02
0,025		3,04
0,01		1,46
0,005		0,98
0,002		0,74
0,001		0,69



M.G.a. 2,14

M.G'. 7,55

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
5800 S. DICKINSON DRIVE
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU
OFFICE: 5800 S. DICKINSON DRIVE, ROOM 205
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
5800 S. DICKINSON DRIVE
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU
OFFICE: 5800 S. DICKINSON DRIVE, ROOM 205
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG2
 MUESTRA: BG2A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	74	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	0,119		
Finos < 0,080	16,54 %	Límite Plástico	NO PLAST.

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
ESMECTITA	35	28	0,27
ILITA	26	21	0,21
CAOLINITA + CLORITA	11	9	0,11
PARAGONITA			
PALIGORSKITA	Indicios	Indicios	Indicios
TALCO	28	22	0,21
TOTAL	100	80	0,80

% FINOS < 0,002 1,00

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	11	89
1,25	29	71
0,63	47	53
0,32	58	42
0,16	72	28
0,08		15
0,043		9,40
0,018		5,37
0,010		3,29
0,005		2,04
0,002		1,08
0,001		1,08

% QUE PASA

TAMAÑO (mm)

M.G.a.	2,07
--------	------

M.G'.	7,05
-------	------

1. The first part of the document is a list of names and addresses.

2. The second part of the document is a list of names and addresses.

3. The third part of the document is a list of names and addresses.

4. The fourth part of the document is a list of names and addresses.

5. The fifth part of the document is a list of names and addresses.

6. The sixth part of the document is a list of names and addresses.

7. The seventh part of the document is a list of names and addresses.

8. The eighth part of the document is a list of names and addresses.

9. The ninth part of the document is a list of names and addresses.

10. The tenth part of the document is a list of names and addresses.

11. The eleventh part of the document is a list of names and addresses.

12. The twelfth part of the document is a list of names and addresses.

13. The thirteenth part of the document is a list of names and addresses.

14. The fourteenth part of the document is a list of names and addresses.

15. The fifteenth part of the document is a list of names and addresses.

16. The sixteenth part of the document is a list of names and addresses.

17. The seventeenth part of the document is a list of names and addresses.

18. The eighteenth part of the document is a list of names and addresses.

19. The nineteenth part of the document is a list of names and addresses.

20. The twentieth part of the document is a list of names and addresses.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: HS1
 MUESTRA: HS1A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	80	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	0,083		Límite Plástico
Finos < 0,080	13,13 %		

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
ESMECTITA	20	6,60	0,12
ILITA	72	23,80	0,43
CAOLINITA + CLORITA	8	2,60	0,05
PARAGONITA			
PALIGORSKITA			
TALCO			
TOTAL	100	33	0,60

% FINOS < 0,002 1,8

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	24	76
1,25	46	54
0,63	65	35
0,32	75	25
0,16	83	17
0,08		12
0,038		9,24
0,022		5,80
0,009		3,00
0,005		2,01
0,002		1,15
0,001		0,98

% QUE PASA

TAMARO (mm)

M.G.a.	2,93	M.G'.	6,30
--------	------	-------	------

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. This is essential for ensuring the integrity of the financial statements and for providing a clear audit trail. The records should be kept up-to-date and should be accessible to all relevant parties.

2. The second part of the document outlines the procedures for handling cash receipts and payments. It is important to ensure that all receipts are properly issued and that payments are made in a timely and accurate manner. This helps to prevent errors and ensures that the company's cash flow is properly managed.

3. The third part of the document discusses the process of reconciling bank statements. This involves comparing the company's records with the bank's records to ensure that they match. Any discrepancies should be investigated and resolved as soon as possible.

4. The fourth part of the document outlines the procedures for handling payroll. It is important to ensure that all employees are paid accurately and on time. This helps to maintain employee morale and ensures that the company's financial obligations are met.

5. The fifth part of the document discusses the process of preparing financial statements. This involves summarizing the company's financial performance over a period of time. The statements should be prepared accurately and should be reviewed by management before being presented to the board of directors.

6. The sixth part of the document outlines the procedures for handling tax matters. It is important to ensure that all taxes are paid on time and that the company is taking full advantage of all available tax deductions and credits. This helps to minimize the company's tax liability and maximize its profitability.

7. The seventh part of the document discusses the process of handling inventory. It is important to ensure that all inventory is properly counted and valued. This helps to prevent losses and ensures that the company's assets are properly accounted for.

8. The eighth part of the document outlines the procedures for handling fixed assets. It is important to ensure that all fixed assets are properly recorded and depreciated. This helps to ensure that the company's financial statements accurately reflect the value of its assets.

9. The ninth part of the document discusses the process of handling debt. It is important to ensure that all debt is properly recorded and that the company is making timely payments. This helps to maintain the company's credit rating and ensures that its financial obligations are met.

10. The tenth part of the document outlines the procedures for handling equity. It is important to ensure that all equity transactions are properly recorded and that the company's equity is accurately valued. This helps to ensure that the company's financial statements accurately reflect its financial position.

SECTOR: GÜEJAR SIERRA
 CANTERA: PG1
 MUESTRA: PG1A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	82	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	0,106		
Finos < 0,080	10,7 %	Límite Plástico	NO PLAST.

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 µm	% Arcilla Referido < 80 µm
	Indicios	Indicios	Indicios
ESMECTITA		8,80	
ILITA	53	22,30	0,53
CAOLINITA			
PARAGONITA + CLORITA	47	19,70	0,47
PALIGORSKITA			
TALCO			
TOTAL	100	42	1,00

% FINOS < 0,002 2,4

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	28	72
1,25	55	45
0,63	70	30
0,32	80	20
0,16	85	15
0,08		11,19
0,043		9,14
0,017		5,87
0,010		3,79
0,005		2,20
0,002		0,95
0,001		0,88

% QUE PASA

TAMAÑO (mm)

M.G.a. 3,18

M.G'. 6,87

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD1
 MUESTRA: PD1A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	67	Límite Líquido	14,4
Azul de Metileno	0,200		
Finos < 0,080	20,96 %		

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

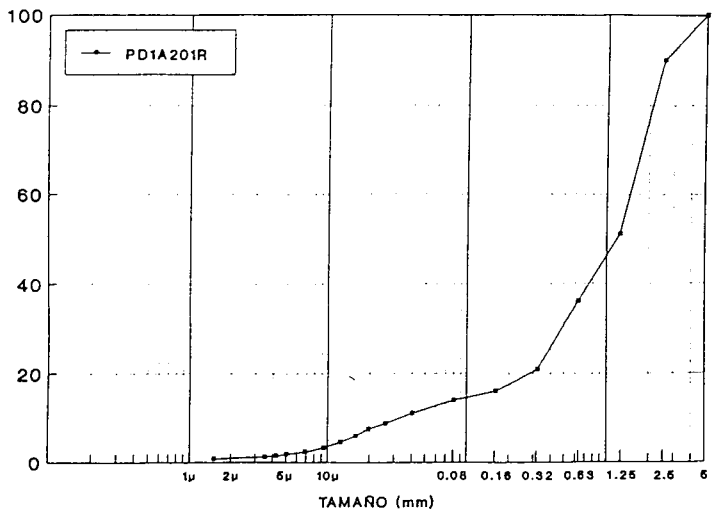
MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
ESMECTITA	6	3,84	0,02
ILITA	20	12,80	0,08
CAOLINITA + CLORITA	12	7,68	0,05
PARAGONITA			
PALIGORSKITA	Indicios	Indicios	Indicios
TALCO	62	39,68	0,25
TOTAL	100	64	0,40

% FINOS < 0,002 0,60

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	10	90
1,25	49	51
0,63	64	36
0,32	79	21
0,16	84	16
0,08		14
0,04		11
0,02		7,51
0,009		3,23
0,005		1,73
0,002		0,83

% QUE PASA



M.G.a. 2,86

M.G'. 5,41

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is arranged in several paragraphs and appears to be a formal letter or report.]

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD2
 MUESTRA: PD2A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	85	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	0,112		Límite Plástico
Finos < 0,080	10,43 %		

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
	ESMECTITA	19	9,50
ILITA	24	12	0,24
CAOLINITA + CLORITA	3	1,50	0,26
PARAGONITA			
PALIGORSKITA			
TALCO	54	27	0,34
TOTAL	100	50	1,00

% FINOS < 0,002 2,00

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	18	82
1,25	51	49
0,63	27	28
0,32	83	17
0,16	88	12
0,08		9
0,04		7,50
0,018		4,95
0,010		2,55
0,005		1,85
0,002		1,00
0,001		1,00

% QUE PASA

M.G.a. 3,12

M.G'. 7,02

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD3
 MUESTRA: PD3A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD		
Equivalente de Arena	86	Límite Líquido	---	
Azul de Metileno	0,105		Límite Plástico	NO PLAST.
Finos < 0,080	15,94 %			

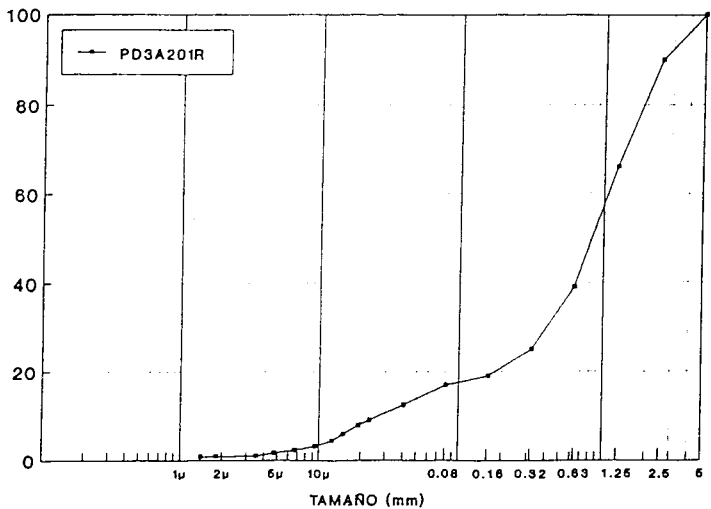
MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
	ESMECTITA		
ILITA			
CAOLINITA + CLORITA			
PARAGONITA			
PALIGORSKITA			
TALCO			
TOTAL		0,02	0,05
% FINOS < 0,002			2,2

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	10	90
1,25	34	66
0,63	61	39
0,32	75	25
0,16	81	19
0,08		17
0,04		12,50
0,019		7,85
0,009		3,15
0,005		1,60
0,002		0,90
0,001		0,75

% QUE PASA



M.G.a. 2,60

M.G'. 7,23

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD4
 MUESTRA: PD4A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

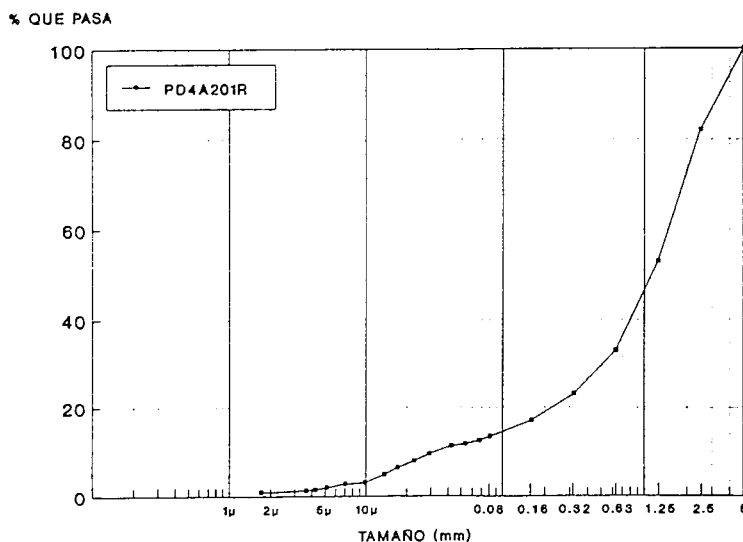
LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	82	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	0,126		
Finos < 0,080	13,94 %	Límite Plástico	NO PLAST.

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
	ESMECTITA		
ILITA			
CAOLINITA + CLORITA			
PARAGONITA			
PALIGORSKITA			
TALCO			
TOTAL		50	0,10
% FINOS < 0,002			0,20

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	18	82
1,25	47	53
0,63	67	33
0,32	77	23
0,16	83	17
0,08		13,44
0,042		11,23
0,017		6,21
0,01		2,99
0,005		1,93
0,002		0,86



M.G.a. 2,92

M.G'. 6,94

1. The first part of the document is a list of names and addresses.

2. The second part of the document is a list of names and addresses.

3. The third part of the document is a list of names and addresses.

4. The fourth part of the document is a list of names and addresses.

5. The fifth part of the document is a list of names and addresses.

6. The sixth part of the document is a list of names and addresses.

7. The seventh part of the document is a list of names and addresses.

8. The eighth part of the document is a list of names and addresses.

9. The ninth part of the document is a list of names and addresses.

10. The tenth part of the document is a list of names and addresses.

11. The eleventh part of the document is a list of names and addresses.

12. The twelfth part of the document is a list of names and addresses.

13. The thirteenth part of the document is a list of names and addresses.

14. The fourteenth part of the document is a list of names and addresses.

15. The fifteenth part of the document is a list of names and addresses.

16. The sixteenth part of the document is a list of names and addresses.

17. The seventeenth part of the document is a list of names and addresses.

18. The eighteenth part of the document is a list of names and addresses.

19. The nineteenth part of the document is a list of names and addresses.

20. The twentieth part of the document is a list of names and addresses.

21. The twenty-first part of the document is a list of names and addresses.

22. The twenty-second part of the document is a list of names and addresses.

23. The twenty-third part of the document is a list of names and addresses.

24. The twenty-fourth part of the document is a list of names and addresses.

25. The twenty-fifth part of the document is a list of names and addresses.

26. The twenty-sixth part of the document is a list of names and addresses.

27. The twenty-seventh part of the document is a list of names and addresses.

28. The twenty-eighth part of the document is a list of names and addresses.

29. The twenty-ninth part of the document is a list of names and addresses.

30. The thirtieth part of the document is a list of names and addresses.

31. The thirty-first part of the document is a list of names and addresses.

32. The thirty-second part of the document is a list of names and addresses.

33. The thirty-third part of the document is a list of names and addresses.

34. The thirty-fourth part of the document is a list of names and addresses.

35. The thirty-fifth part of the document is a list of names and addresses.

36. The thirty-sixth part of the document is a list of names and addresses.

37. The thirty-seventh part of the document is a list of names and addresses.

38. The thirty-eighth part of the document is a list of names and addresses.

39. The thirty-ninth part of the document is a list of names and addresses.

40. The fortieth part of the document is a list of names and addresses.

41. The forty-first part of the document is a list of names and addresses.

42. The forty-second part of the document is a list of names and addresses.

43. The forty-third part of the document is a list of names and addresses.

44. The forty-fourth part of the document is a list of names and addresses.

45. The forty-fifth part of the document is a list of names and addresses.

46. The forty-sixth part of the document is a list of names and addresses.

47. The forty-seventh part of the document is a list of names and addresses.

48. The forty-eighth part of the document is a list of names and addresses.

49. The forty-ninth part of the document is a list of names and addresses.

50. The fiftieth part of the document is a list of names and addresses.

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: DC1
 MUESTRA: DC1A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	80	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	0,120		
Finos < 0,080	16,32 %		
		Límite Plástico	NO PLAST.

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

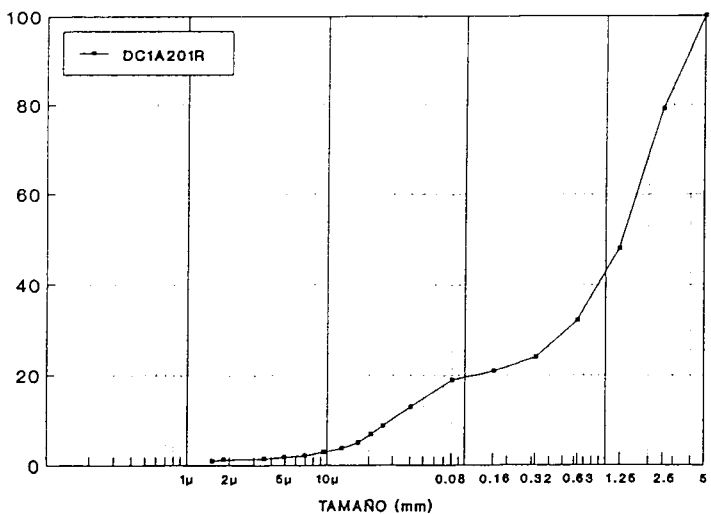
MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
ESMECTITA	10	0,80	0,02
ILITA	17	1,36	0,03
CAOLINITA + CLORITA	37	2,96	0,07
PARAGONITA			
PALIGORSKITA			
TALCO	36	2,88	0,08
TOTAL	100	8	0,20

% FINOS < 0,002 2,4

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	21	79
1,25	52	48
0,63	68	32
0,32	76	24
0,16	79	21
0,08		19
0,04		13
0,021		6,90
0,090		2,85
0,005		1,70
0,002		1,20
0,001		0,95

% QUE PASA



M.G.a. 2,96

M.G'. 7,57

SECTOR: SIERRA ELVIRA
 CANTERA: AT1
 MUESTRA: AT1A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

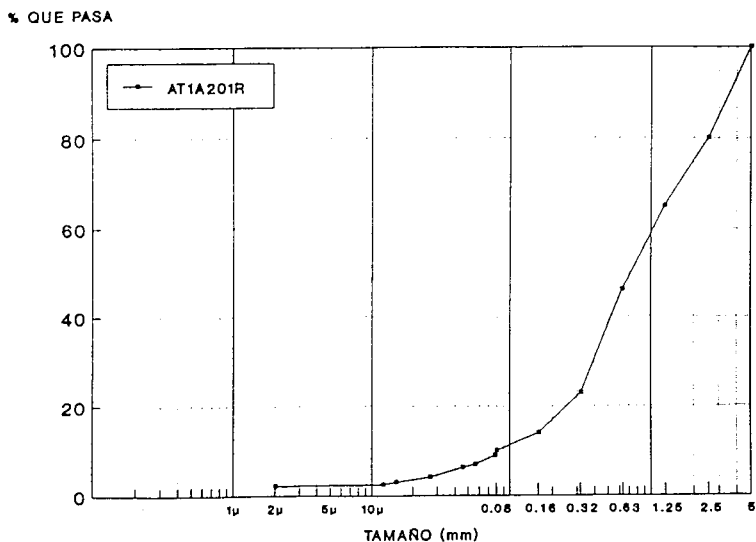
LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	77	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	0,285		Límite Plástico
Finos < 0,080	15,10 %		

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
	ESMECTITA		
ILITA			
CAOLINITA + CLORITA			
PARAGONITA			
PALIGORSKITA			
TALCO			
TOTAL		50	0,05
% FINOS < 0,002			0,1

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	20	80
1,25	35	65
0,63	54	46
0,32	77	23
0,16	86	14
0,08		10
0,045		6,20
0,026		4,00
0,012		2,50
0,001		2,20



M.G.a. 2,72

M.G'. 7,24

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is essential for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent data collection procedures and the use of advanced analytical techniques to derive meaningful insights from the data.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and processing, thereby improving efficiency and accuracy.

4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data management, such as data quality, security, and privacy. It provides strategies to mitigate these risks and ensure that the data remains reliable and secure throughout its lifecycle.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key findings and recommendations. It stresses the importance of ongoing monitoring and evaluation to ensure that the data management processes remain effective and aligned with the organization's goals.

SECTOR: SIERRA ELVIRA
 CANTERA: AT2
 MUESTRA: AT2A201R

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	88		
Azul de Metileno	0,713	Límite Líquido	---
Finos < 0,080	8,2 %	Límite Plástico	NO PLAST.

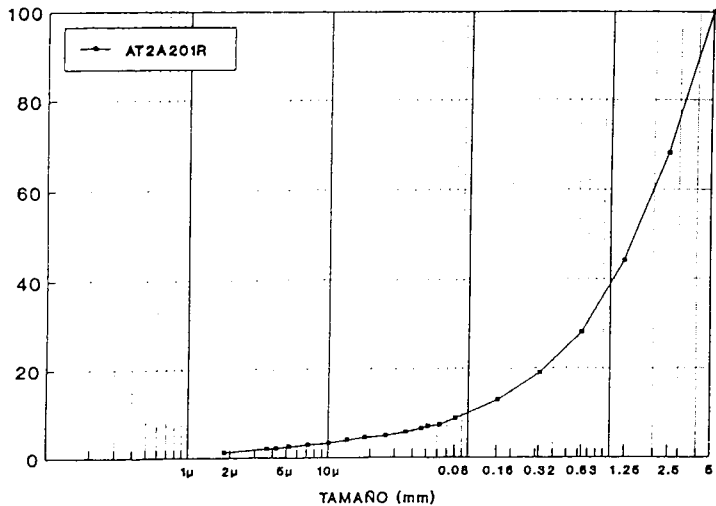
MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
	Indicios	Indicios	Indicios
ESMECTITA			
ILITA	95	35,20	1,32
CAOLINITA + CLORITA	5	1,80	0,08
PARAGONITA			
PALIGORSKITA			
TALCO			
TOTAL	100	37	1,40
% FINOS < 0,002			3,80

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	32	68
1,25	56	44
0,63	72	28
0,32	81	19
0,16	87	13
0,08		8,81
0,046		6,50
0,018		4,43
0,010		3,35
0,005		2,43
0,002		1,21

% QUE PASA



M.G.a. 3,28

M.G'. 6,70

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: OG1
 MUESTRA: OG1A201A

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	94	Límite Líquido	---
Azul de Metileno	1,032		
Finos < 0,080	3,88 %	Límite Plástico	NO PLAST.

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral	% Arcilla	% Arcilla
	Referido Arcilla	Referido < 2 μm	Referido < 80 μm
ESMECTITA	18	18	0,60
ILITA	67	67	2,10
CAOLINITA + CLORITA	15	15	0,50
PARAGONITA			
PALIGORSKITA	Indicios	Indicios	Indicios
TALCO			
TOTAL	100	100	3,20

% FINOS < 0,002 3,20

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	3	97
2,5	36	64
1,25	59	41
0,63	76	24
0,32	88	12
0,16	93	7
0,08		4,41
0,037		1,83
0,020		1,31
0,010		0,95
0,004		0,84
0,002		0,65

% QUE PASA

TAMAÑO (mm)

M.G.a.	3,55	M.G'.	7,50
--------	------	-------	------

1. The first part of the document is a list of names and addresses.

2. The second part of the document is a list of names and addresses.

3. The third part of the document is a list of names and addresses.

4. The fourth part of the document is a list of names and addresses.

5. The fifth part of the document is a list of names and addresses.

6. The sixth part of the document is a list of names and addresses.

7. The seventh part of the document is a list of names and addresses.

8. The eighth part of the document is a list of names and addresses.

9. The ninth part of the document is a list of names and addresses.

10. The tenth part of the document is a list of names and addresses.

11. The eleventh part of the document is a list of names and addresses.

12. The twelfth part of the document is a list of names and addresses.

13. The thirteenth part of the document is a list of names and addresses.

14. The fourteenth part of the document is a list of names and addresses.

15. The fifteenth part of the document is a list of names and addresses.

16. The sixteenth part of the document is a list of names and addresses.

17. The seventeenth part of the document is a list of names and addresses.

18. The eighteenth part of the document is a list of names and addresses.

19. The nineteenth part of the document is a list of names and addresses.

20. The twentieth part of the document is a list of names and addresses.

SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: LZ1
 MUESTRA: LZ1A201L

ANALISIS DE LA FRACCION FINA DE LA ARENA

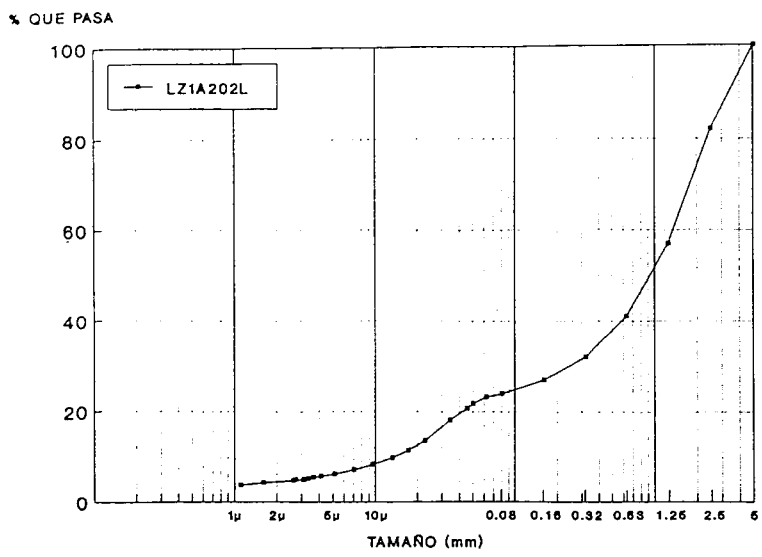
LIMITACIONES EH-91		PLASTICIDAD	
Equivalente de Arena	42		
Azul de Metileno	0,848	Límite Líquido	18,30
Finos < 0,080	22,41 %	Límite Plástico	17,10

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

MINERALES	% Mineral Referido Arcilla	% Arcilla Referido < 2 μm	% Arcilla Referido < 80 μm
		Indicios	Indicios
ESMECTITA	71	44,02	1,14
ILITA	29	17,98	0,46
CAOLINITA + CLORITA	Indicios	Indicios	Indicios
PARAGONITA	Indicios	Indicios	Indicios
PALIGORSKITA			
TALCO			
TOTAL	100	62	1,60
% FINOS < 0,002			2,60

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

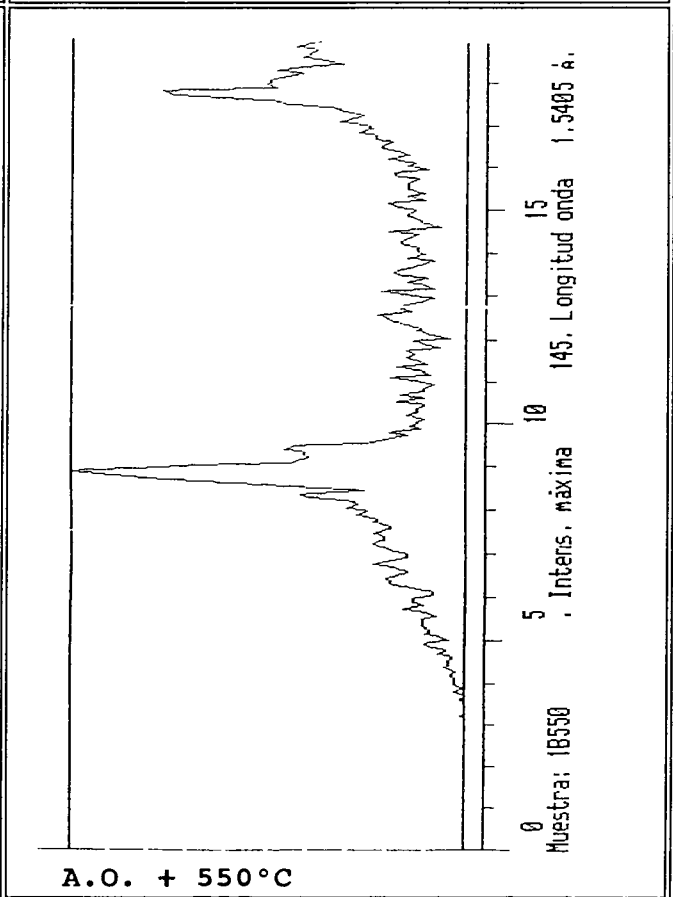
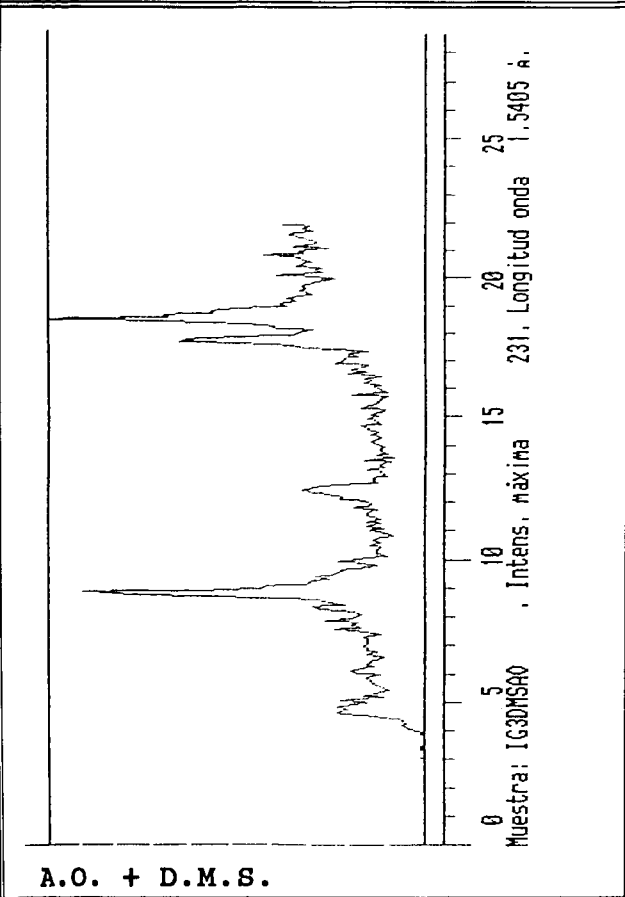
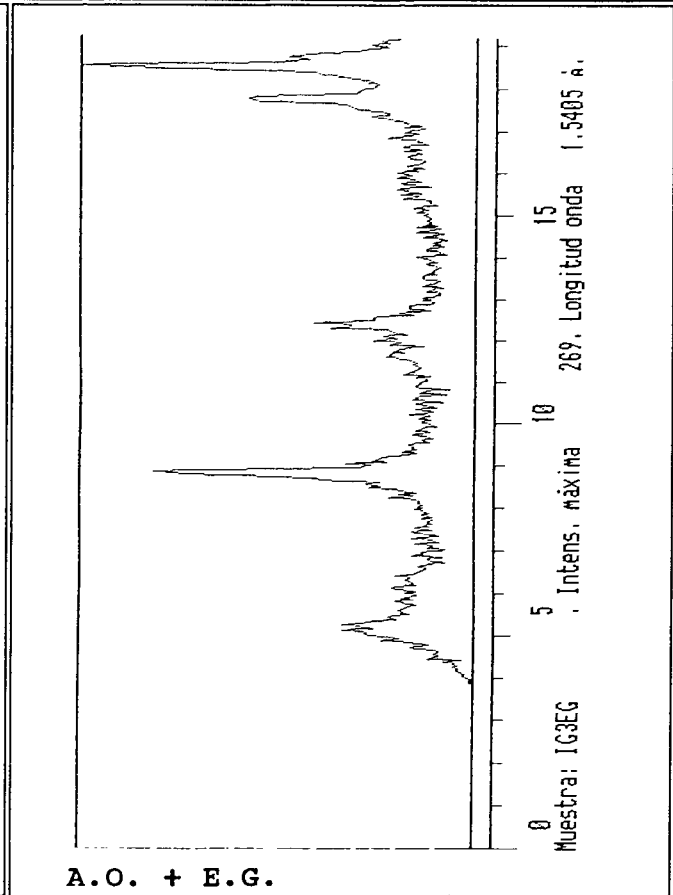
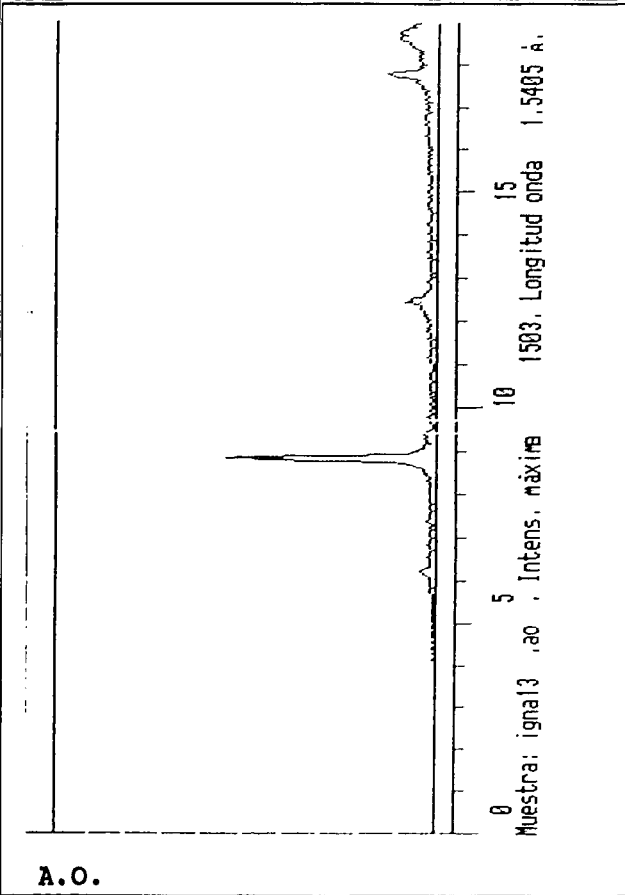
TAMAÑO (mm)	% Retenido	% que Pasa
5	0	100
2,5	18	82
1,25	43	57
0,63	59	41
0,32	68	32
0,16	73	27
0,08		24
0,045		20,70
0,023		13,62
0,010		8,32
0,005		6,27
0,002		4,24
0,001		7,37



M.G.a. 2,60

M.G'. 6,51

SECTOR: HUOTOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG1
 MUESTRA: BG1A201R



1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that proper record-keeping is essential for the integrity of the financial system and for the ability to detect and prevent fraud. The text notes that without reliable records, it would be difficult to track the flow of funds and identify any irregularities.

2. The second part of the document outlines the specific procedures for recording transactions. It details the steps involved in entering data into the system, from initial verification to final posting. The procedures stress the need for consistency and accuracy in all entries, as well as the importance of regular audits to ensure that the records are up-to-date and correct.

3. The third part of the document addresses the role of management in overseeing the record-keeping process. It states that management is responsible for ensuring that the system is properly implemented and maintained, and for providing the necessary resources and support. The text also discusses the importance of training staff and establishing clear lines of responsibility for the various tasks involved.

4. The fourth part of the document discusses the challenges associated with record-keeping in a complex and rapidly changing environment. It notes that the volume and variety of transactions are increasing, and that new technologies are being introduced, which can make it more difficult to maintain accurate records. The text suggests that management should be proactive in addressing these challenges by investing in new technologies and providing ongoing training and support.

5. The fifth part of the document concludes by reiterating the importance of record-keeping and the need for a strong, consistent system. It emphasizes that a well-maintained record-keeping system is not only a requirement for regulatory compliance but also a key to the success of any organization. The text ends with a call to action, urging management to take the necessary steps to ensure that the system is working effectively.

6. The sixth part of the document provides a detailed overview of the current state of the record-keeping system. It includes a summary of the existing procedures and a list of the key areas where improvements are needed. The text also discusses the impact of recent changes in the regulatory environment and the need to update the system accordingly. The overview highlights the strengths of the current system and identifies the specific areas where additional resources and support are required.

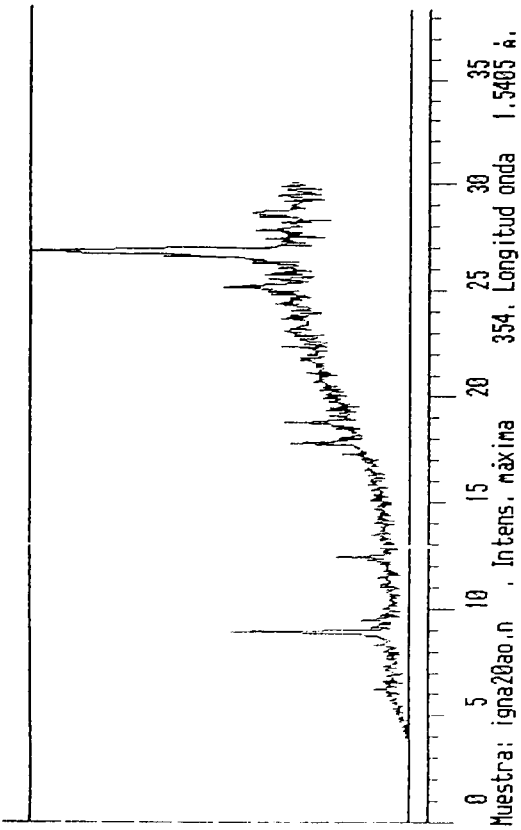
7. The seventh part of the document outlines the proposed changes to the record-keeping system. It details the new procedures and technologies that will be implemented, and explains how these changes will address the challenges identified in the previous part. The text also discusses the expected benefits of the new system, including improved accuracy, efficiency, and compliance. The proposed changes are designed to ensure that the system is able to handle the increasing volume and complexity of transactions.

8. The eighth part of the document discusses the implementation plan for the new system. It outlines the key milestones and the resources that will be required to successfully implement the changes. The text also discusses the importance of communication and training in the implementation process, and provides a timeline for the various tasks. The implementation plan is designed to ensure that the new system is rolled out smoothly and that all staff are properly trained and supported.

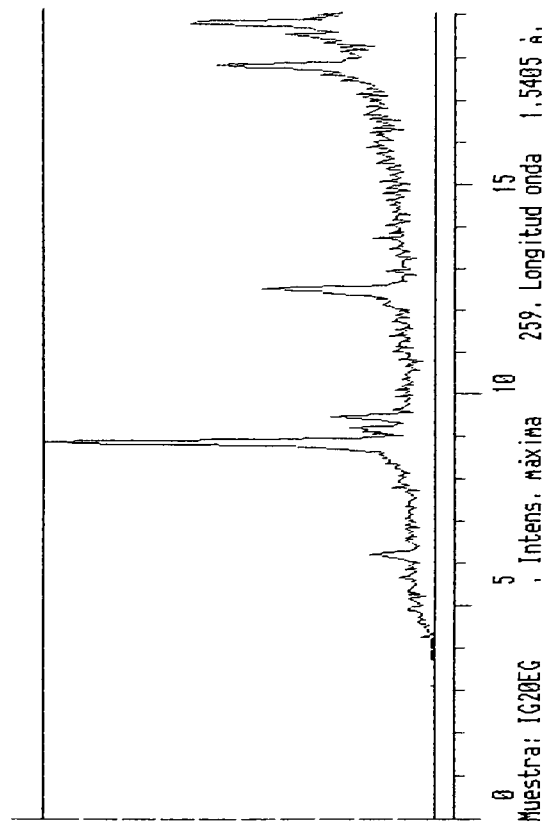
9. The ninth part of the document provides a summary of the key findings and recommendations. It reiterates the importance of record-keeping and the need for a strong, consistent system. The text also provides a list of the key areas where improvements are needed and a list of the specific actions that should be taken to address these areas. The summary emphasizes that a well-maintained record-keeping system is essential for the success of any organization and that management has a key role to play in ensuring that the system is working effectively.

10. The tenth part of the document concludes with a final call to action, urging management to take the necessary steps to ensure that the system is working effectively. It emphasizes that a well-maintained record-keeping system is not only a requirement for regulatory compliance but also a key to the success of any organization. The text ends with a strong statement of commitment to the integrity and accuracy of the financial system.

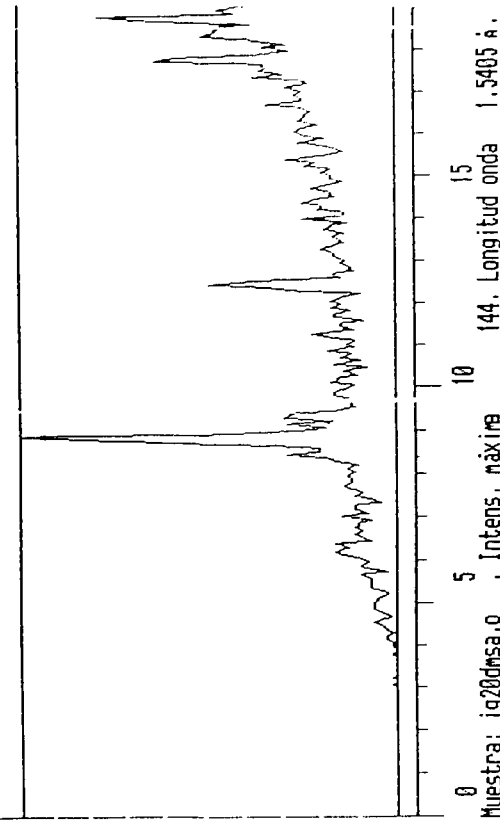
SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG2
 MUESTRA: BG2A201R



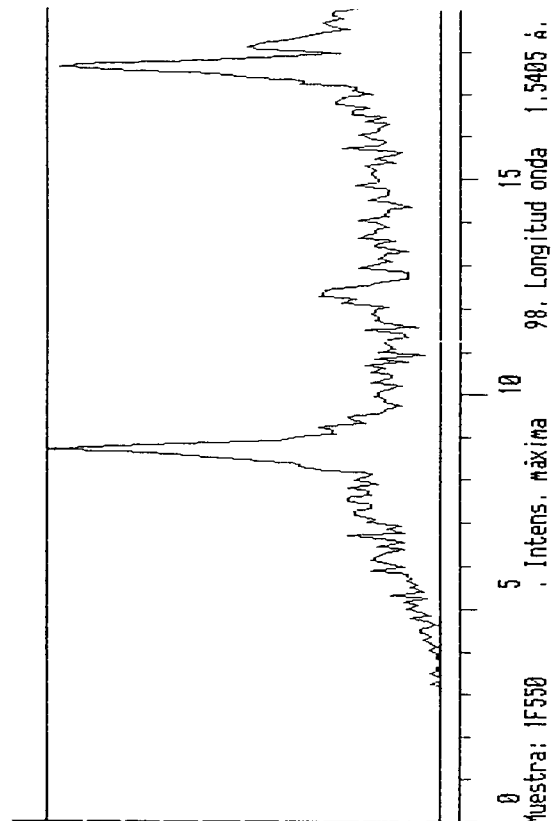
A.O.



A.O. + E.G.

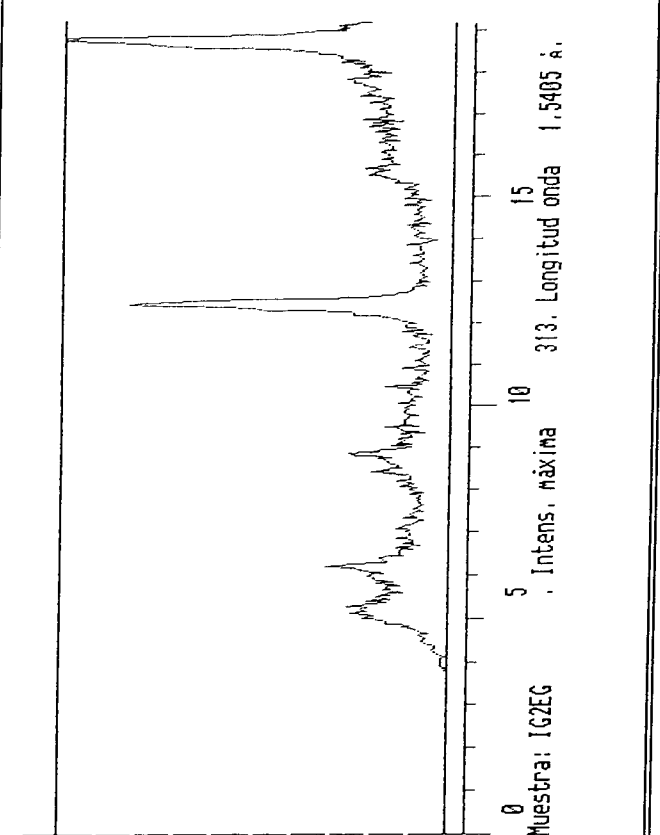
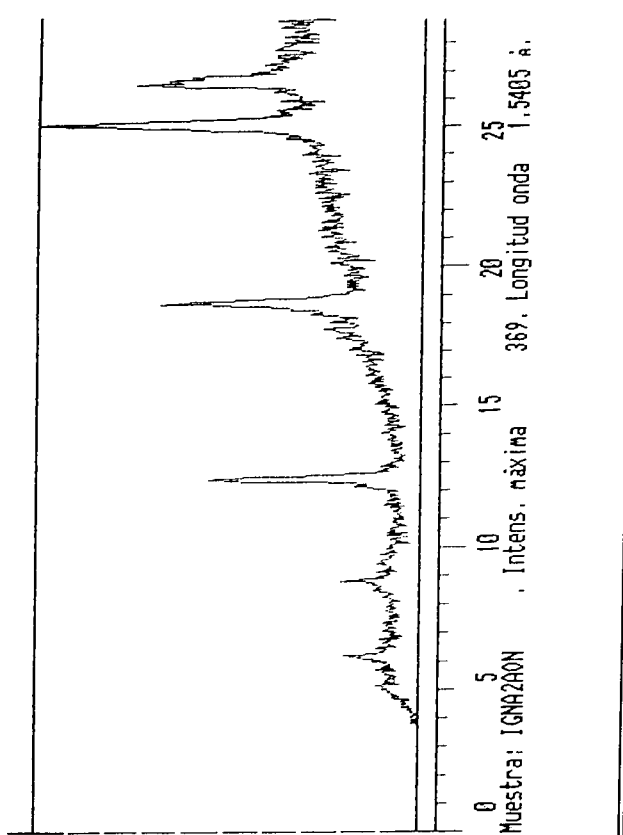


A.O. + D.M.S.



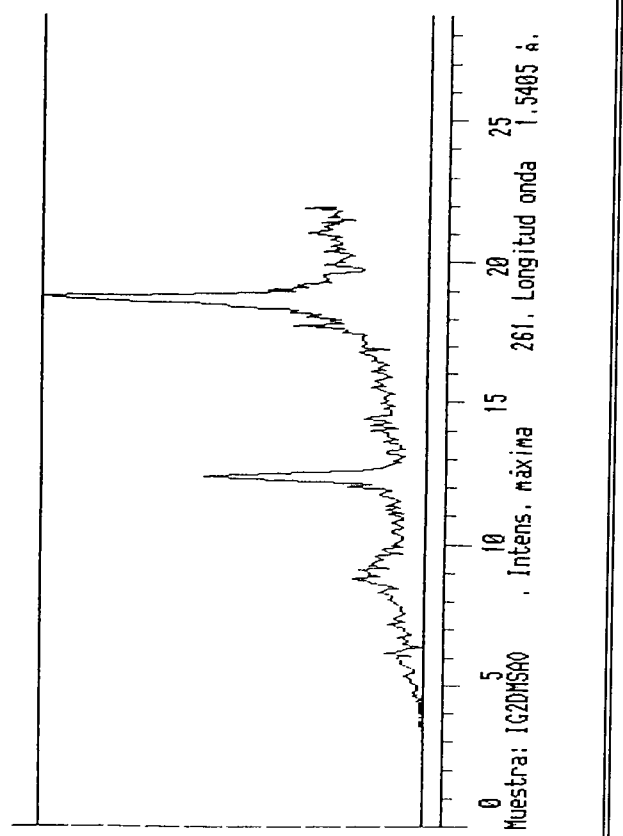
A.O. + 550°C

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: HS1
 MUESTRA: HS1A201R

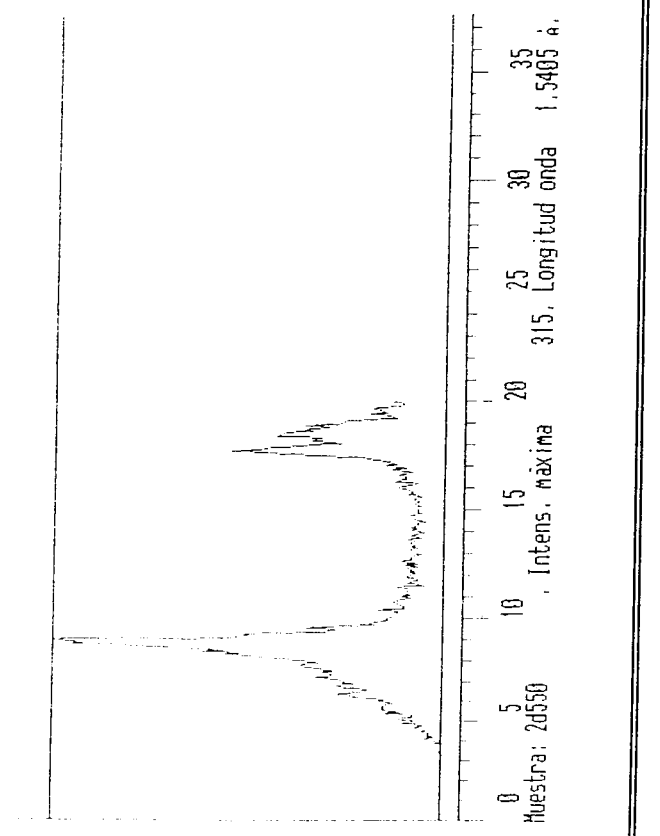


A.O.

A.O. + E.G.

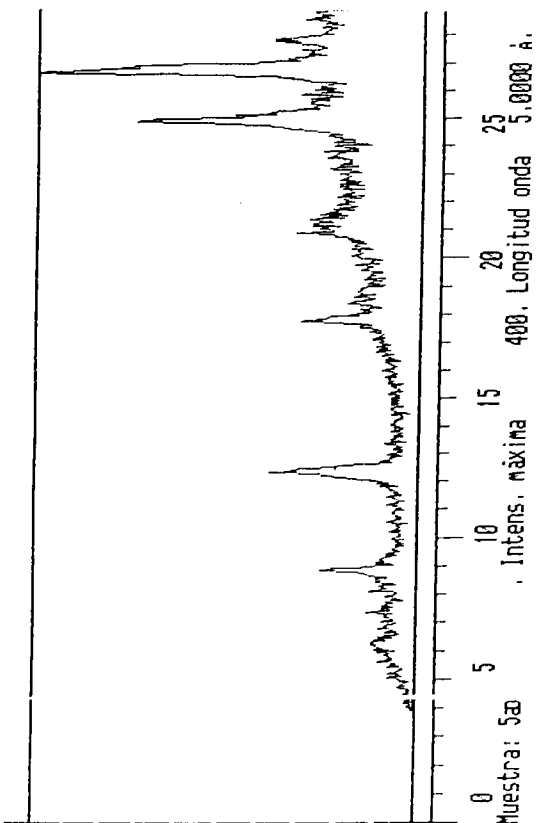


A.O. + D.M.S.

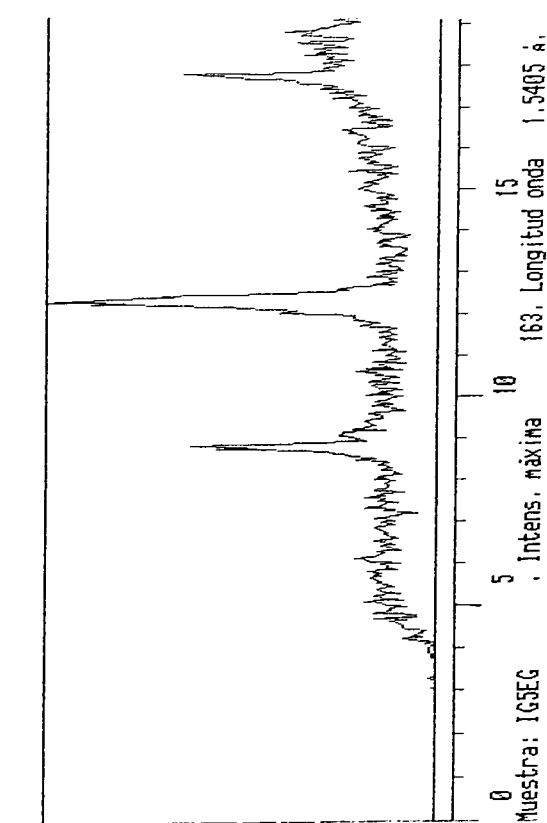


A.O. + 550°C

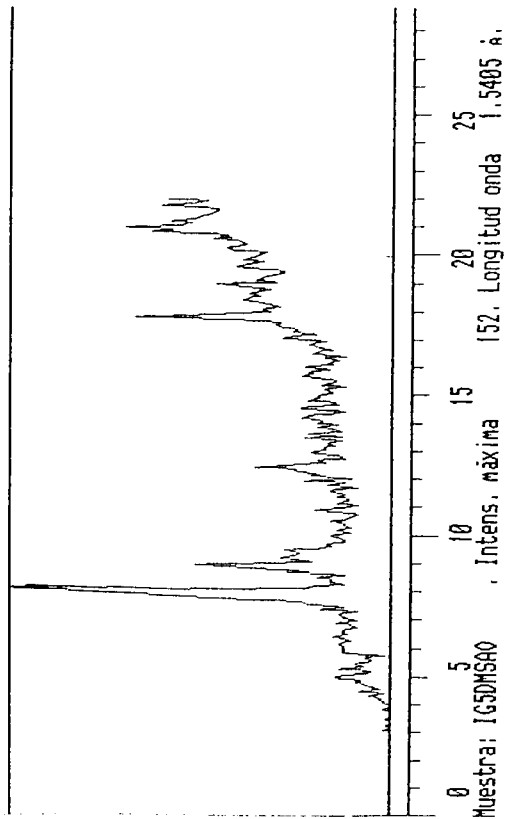
SECTOR: GÜEJAR SIERRA
 CANTERA: PG1
 MUESTRA: PG1A201R



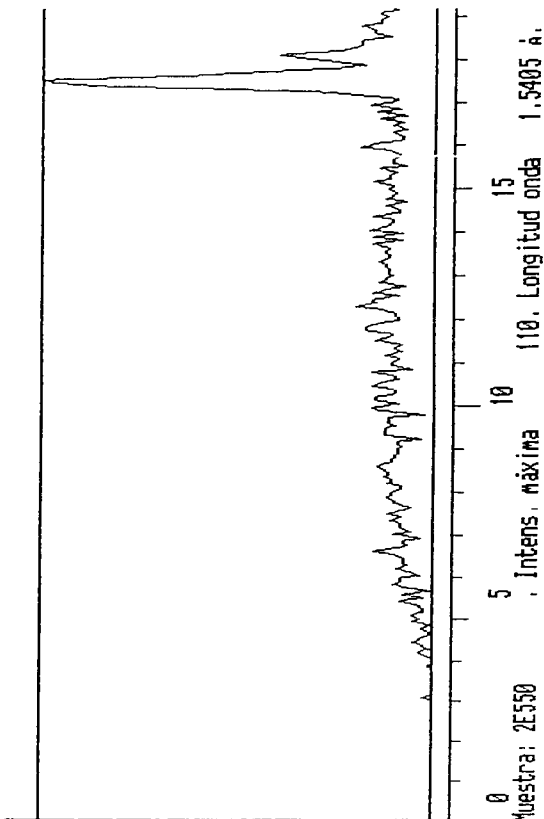
A.O.



A.O. + E.G.

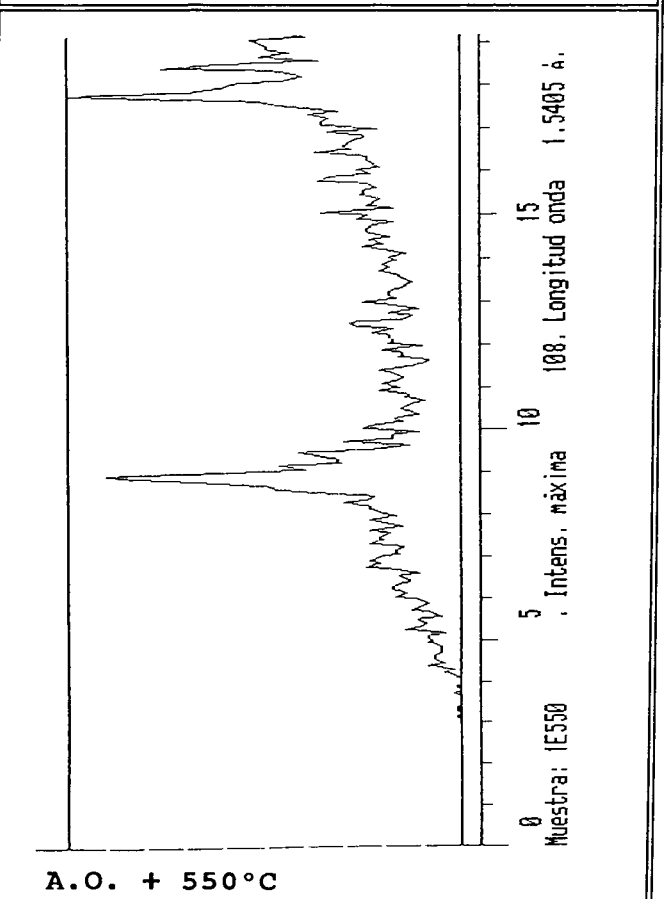
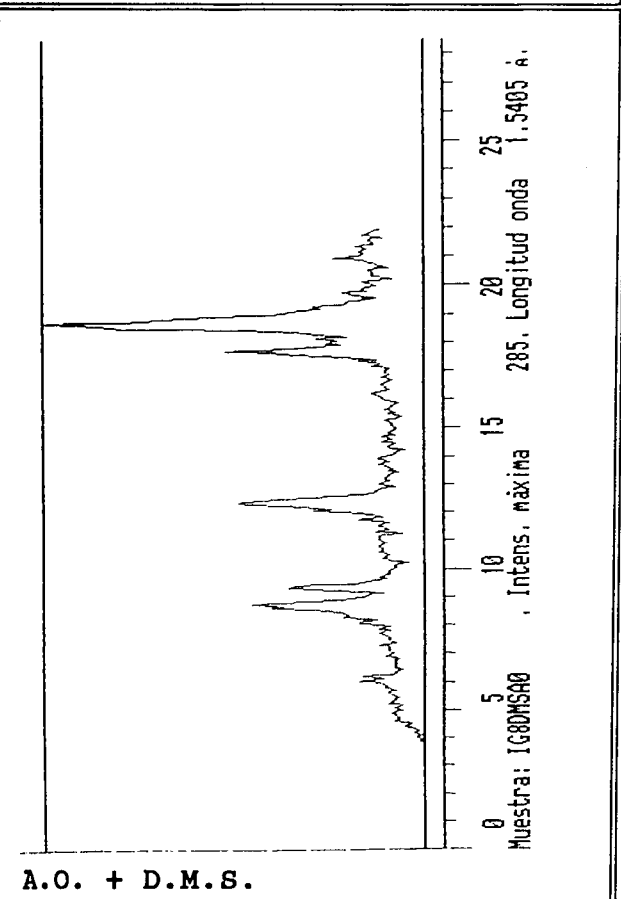
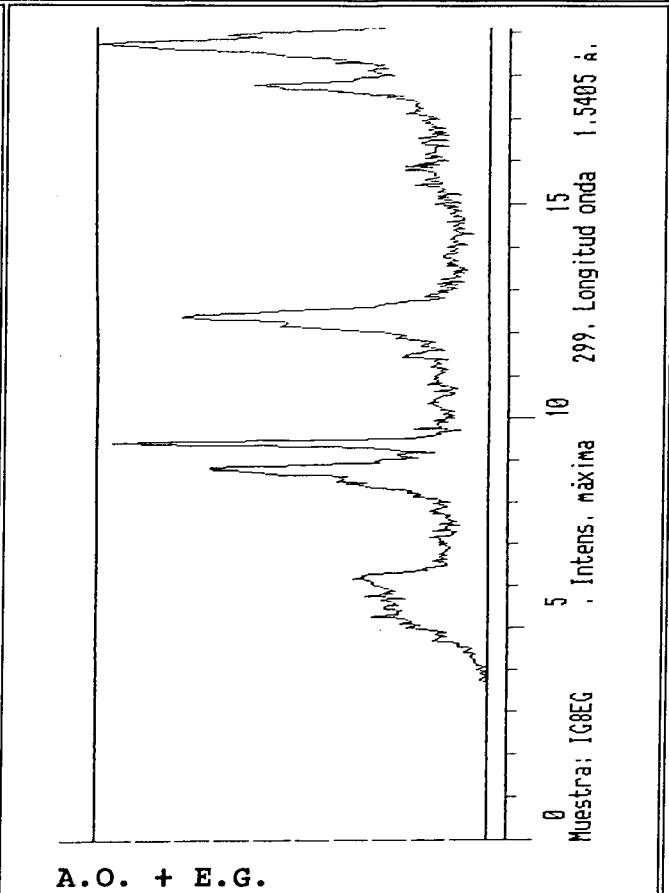
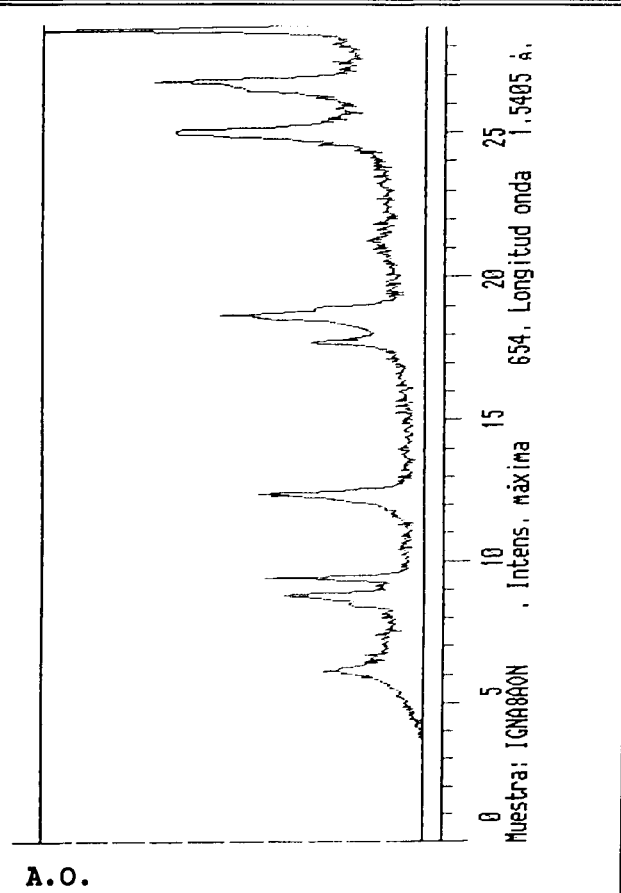


A.O. + D.M.S.



A.O. + 550°C

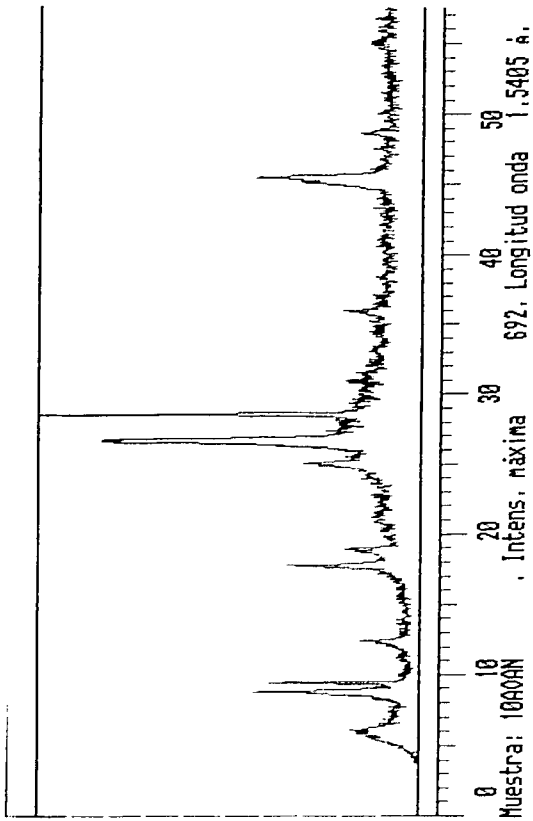
SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD1
 MUESTRA: PD1A201R



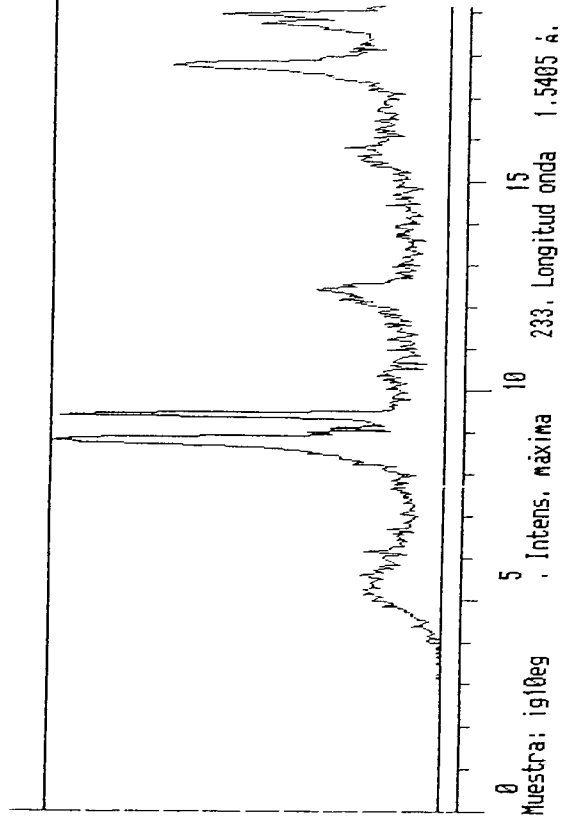
A.O. + D.M.S.

A.O. + 550°C

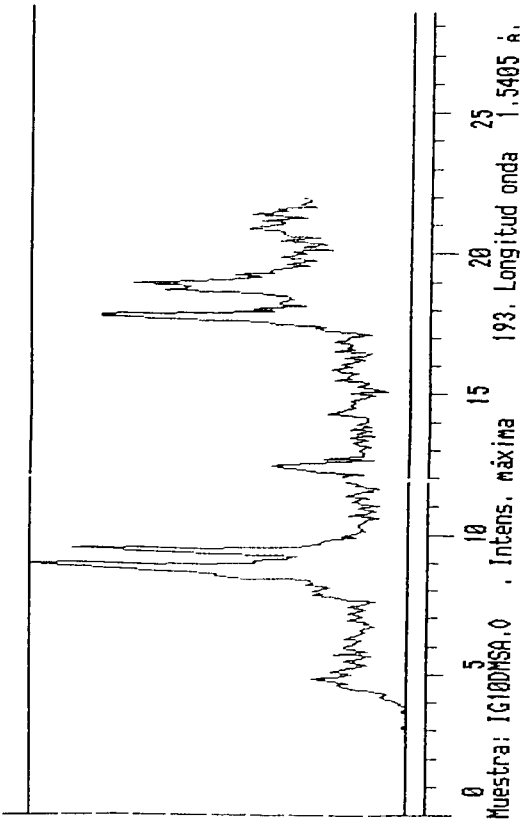
SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD2
 MUESTRA: PD2A201R



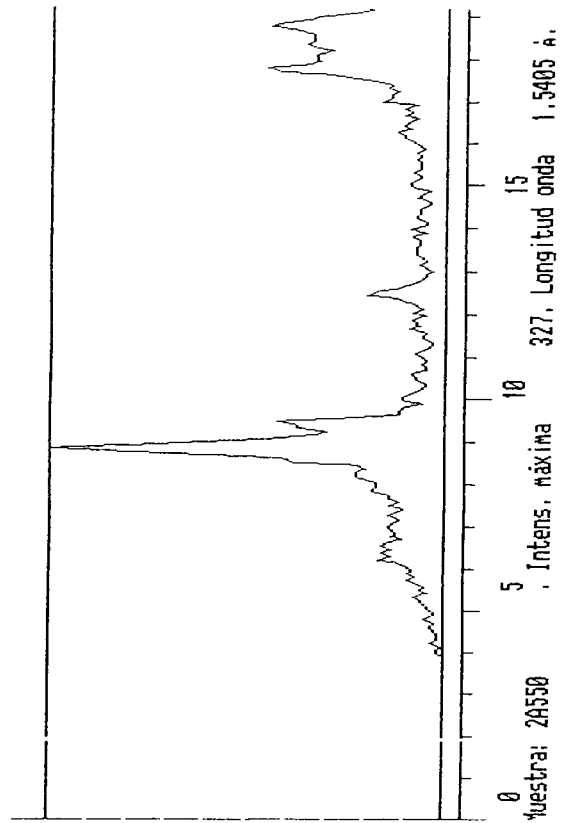
A.O.



A.O. + E.G.



A.O. + D.M.S.



A.O. + 550°C

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

2. It also highlights the need for regular audits to ensure the integrity of the financial data.

3. Furthermore, the document emphasizes the role of transparency in building trust with stakeholders.

4. In addition, it notes that clear communication is essential for the successful implementation of any financial strategy.

5. Finally, the document concludes by stating that a strong financial foundation is crucial for long-term organizational success.

6. The second part of the document provides a detailed overview of the current financial performance.

7. It includes a comprehensive analysis of the revenue streams and their contribution to the overall income.

8. Additionally, it examines the various expenses and identifies areas where cost savings can be achieved.

9. The document also presents a comparison of the current performance against the industry benchmarks.

10. This analysis reveals several key trends and offers valuable insights into the company's financial health.

11. The findings indicate that while there are some challenges, the overall financial outlook remains positive.

12. It is recommended that the company continue to focus on improving operational efficiency and expanding its market reach.

13. The document also suggests exploring new investment opportunities to diversify the revenue base.

14. In conclusion, the financial performance is solid, and the company is well-positioned for future growth.

15. The next steps involve implementing the proposed strategies and monitoring the results closely.

16. The document ends with a call to action, urging all team members to work together towards achieving the company's financial goals.

17. Finally, it expresses confidence in the company's ability to overcome any obstacles and reach its full potential.

18. The document is signed off by the Chief Financial Officer, who has reviewed and approved the content.

19. The document is dated and includes the contact information for the author and the relevant departments.

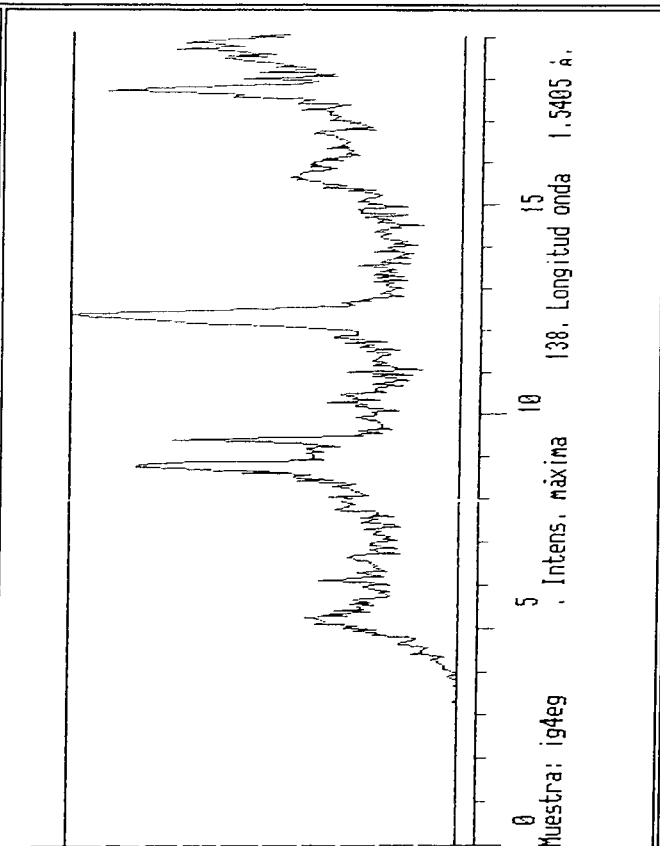
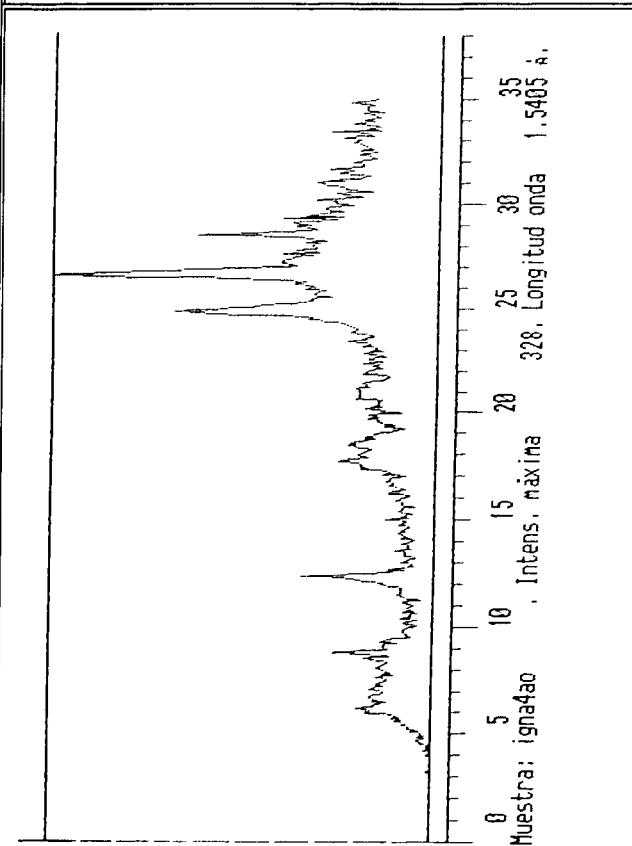
20. The document is distributed to all relevant stakeholders and is available for their review and feedback.

21. The document is stored in the company's secure database and is accessible to authorized personnel only.

22. The document is subject to change and will be updated as more information becomes available.

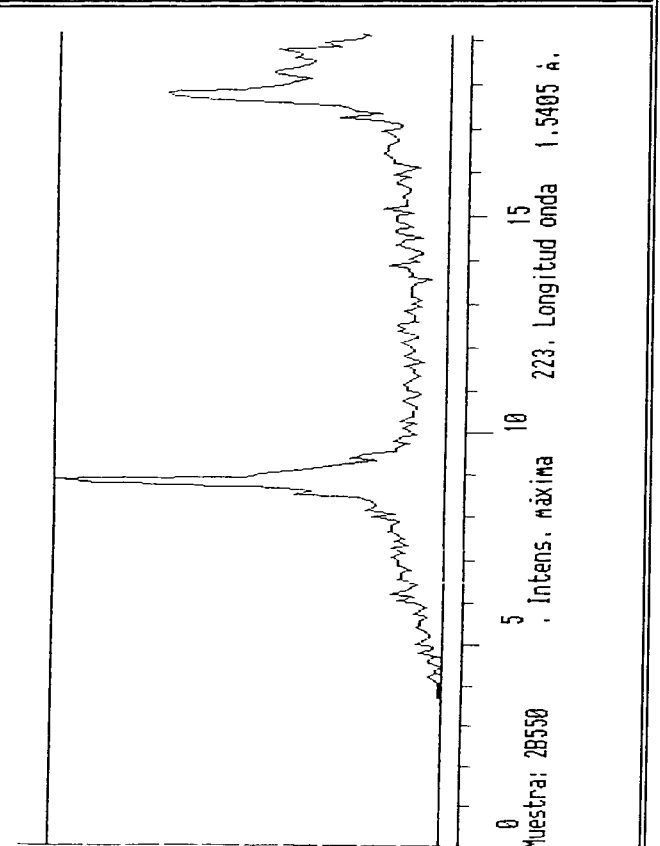
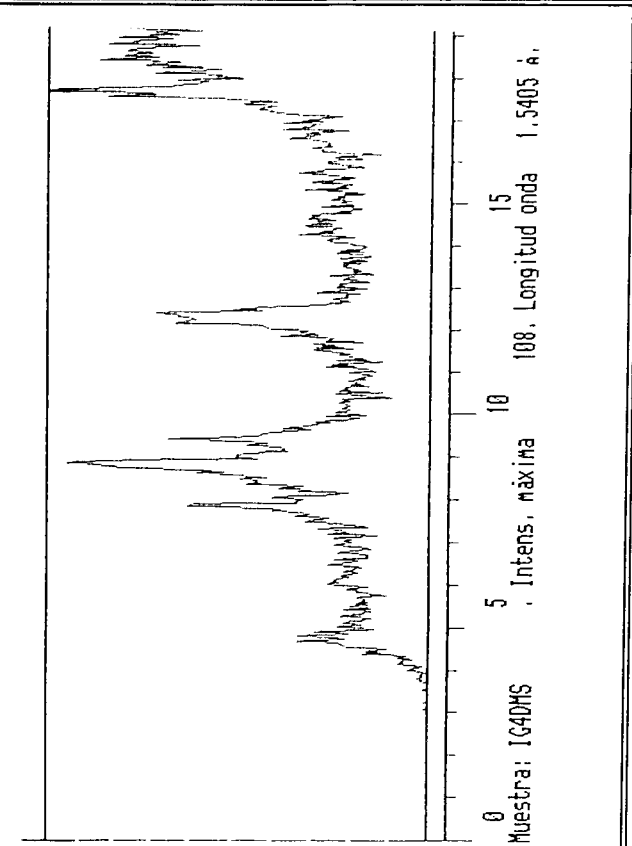
23. The document is a confidential document and should be handled accordingly.

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: DC1
 MUESTRA: DC1A201R



A.O.

A.O. + E.G.



A.O. + D.M.S.

A.O. + 550°C

SECTOR: SIERRA ELVIRA
CANTERA: AT1
MUESTRA: AT1A201R

No se ha realizado
difracción de RX por
ausencia de fracción $< 2 \mu\text{m}$,
de naturaleza arcillosa,
después del tratamiento.

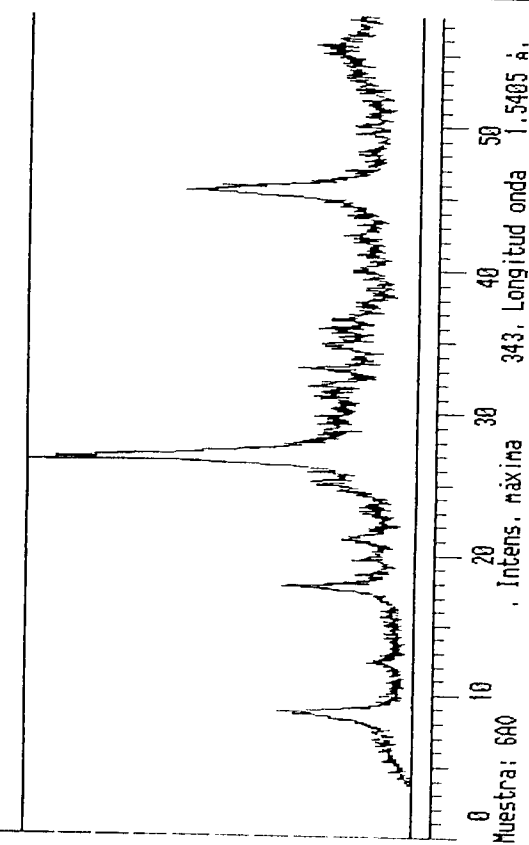
A.O.

A.O. + E.G.

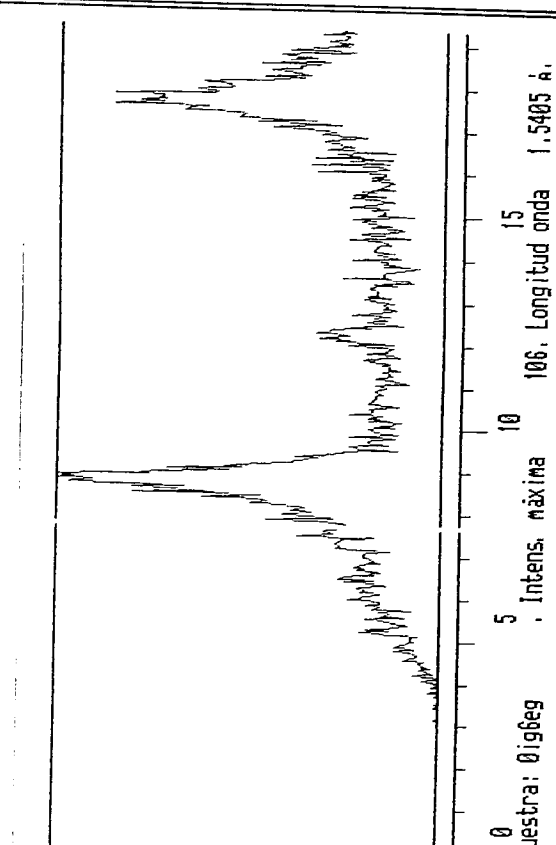
A.O. + D.M.S.

A.O. + 550°C

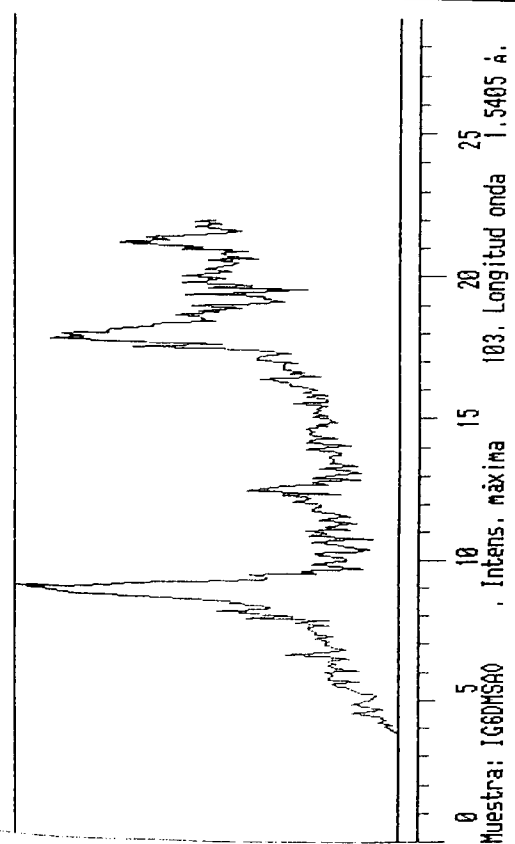
SECTOR: SIERRA ELVIRA
 CANTERA: AT2
 MUESTRA: AT2A201R



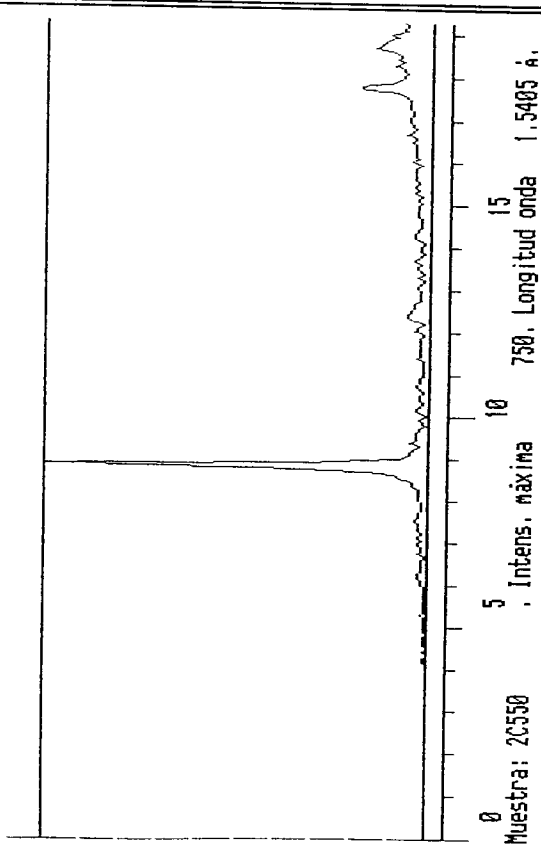
A.O.



A.O. + E.G.

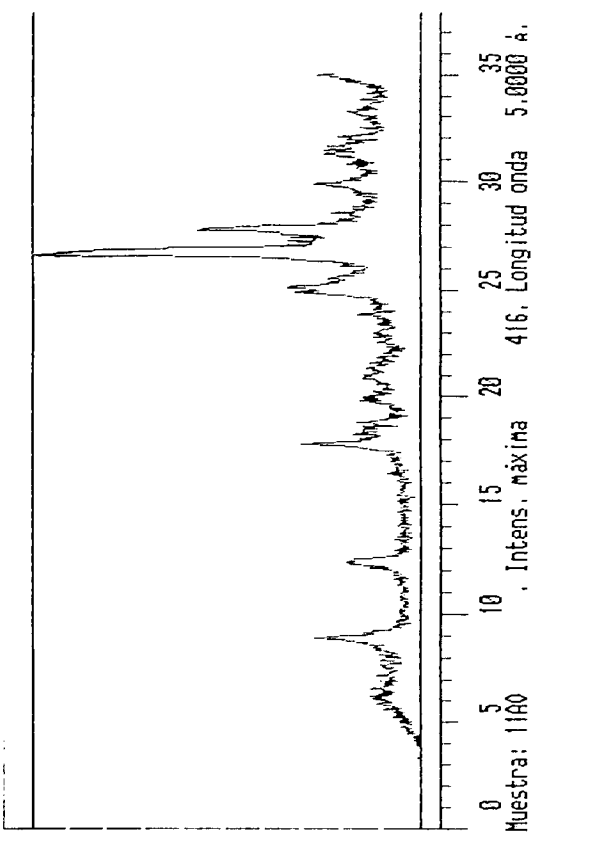


A.O. + D.M.S.

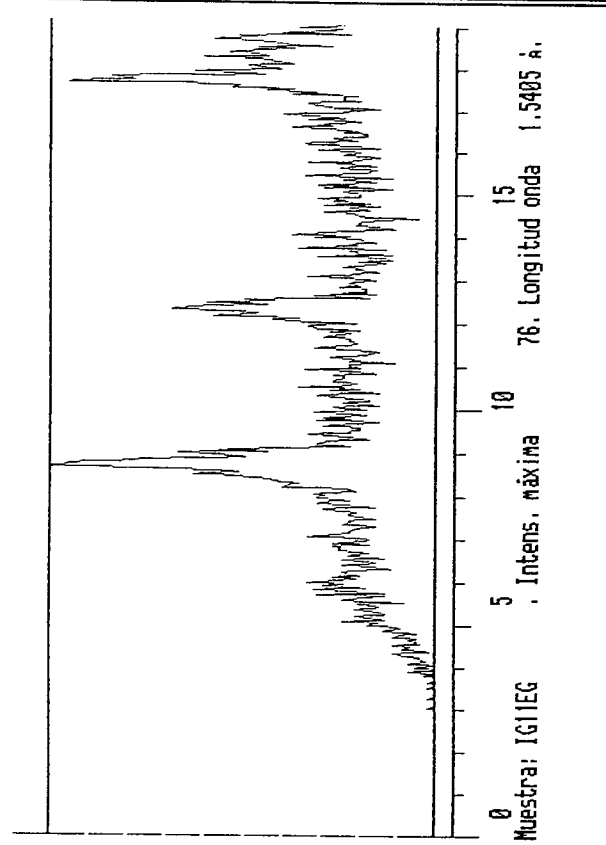


A.O. + 550°C

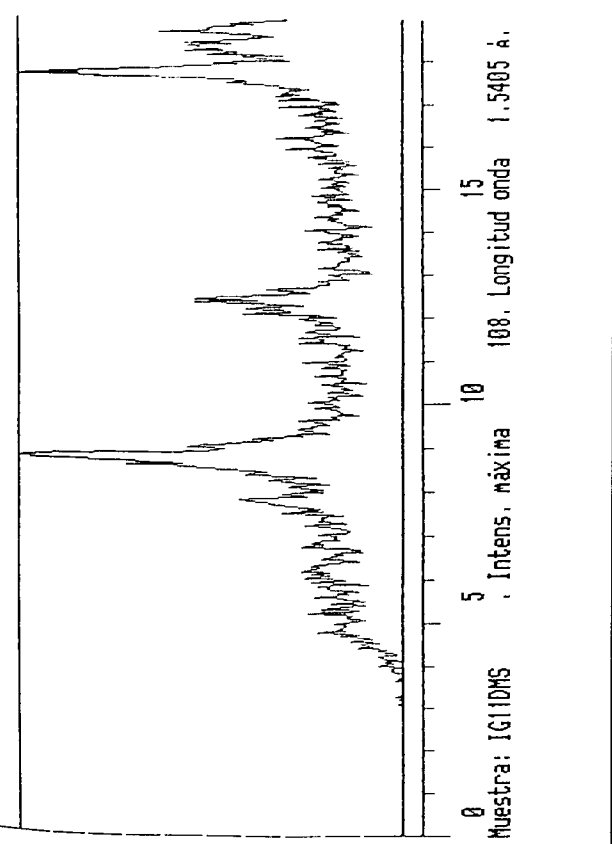
SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: OG1
 MUESTRA: OG1A201A



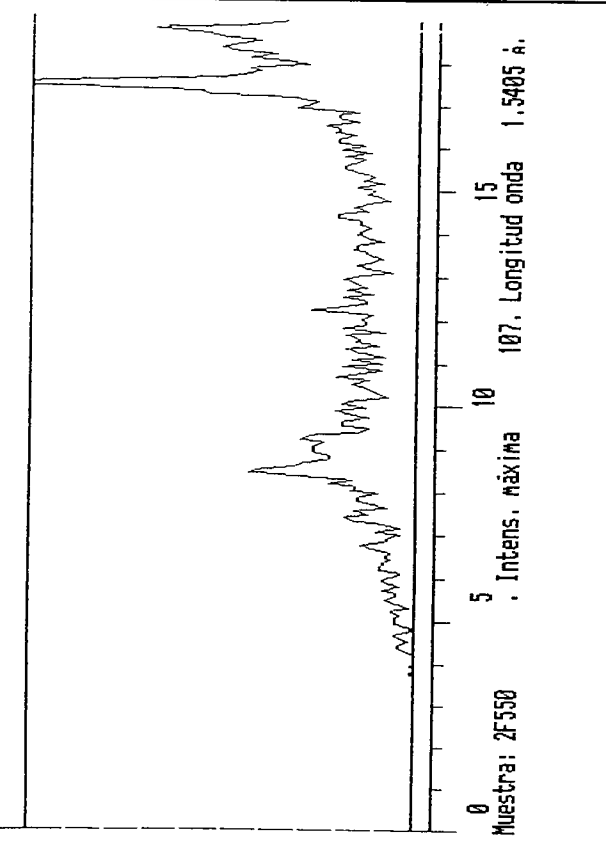
A.O.



A.O. + E.G.

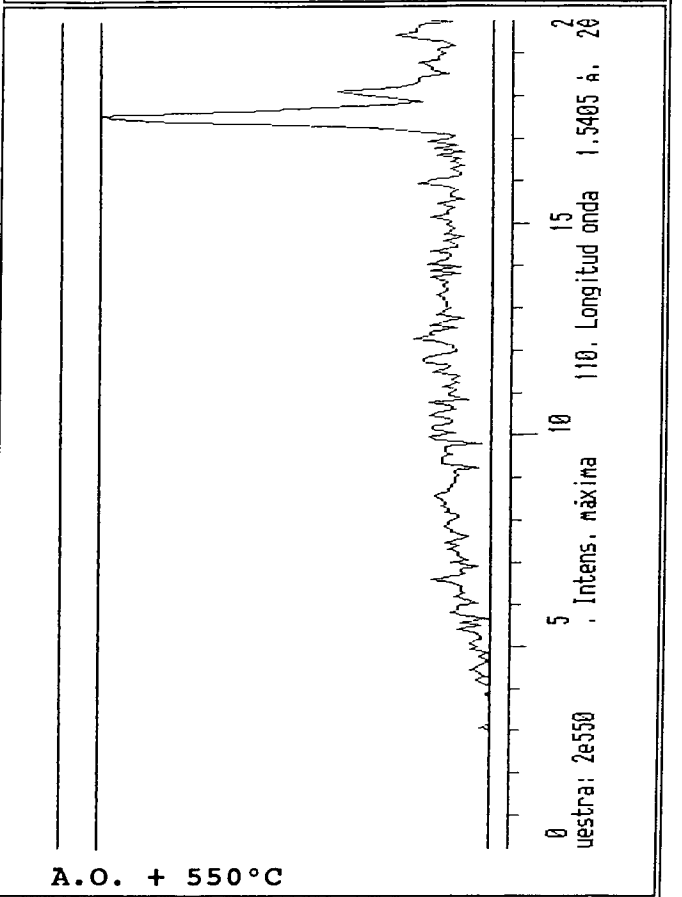
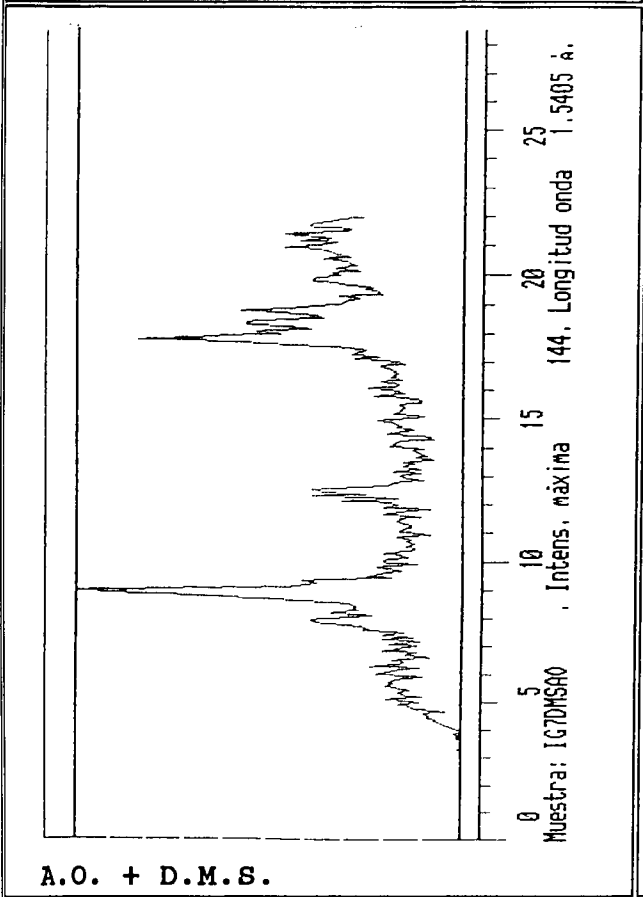
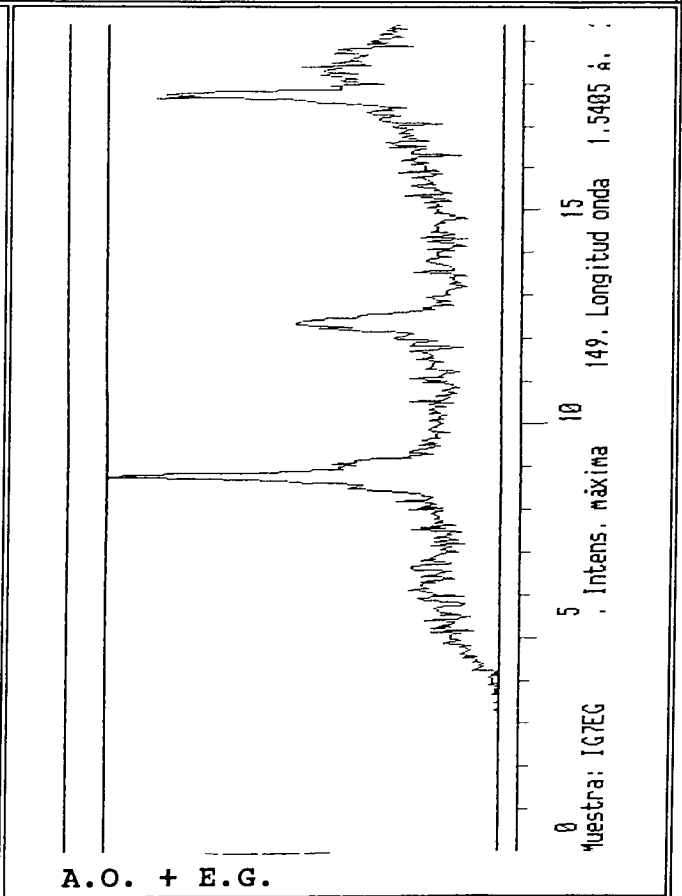
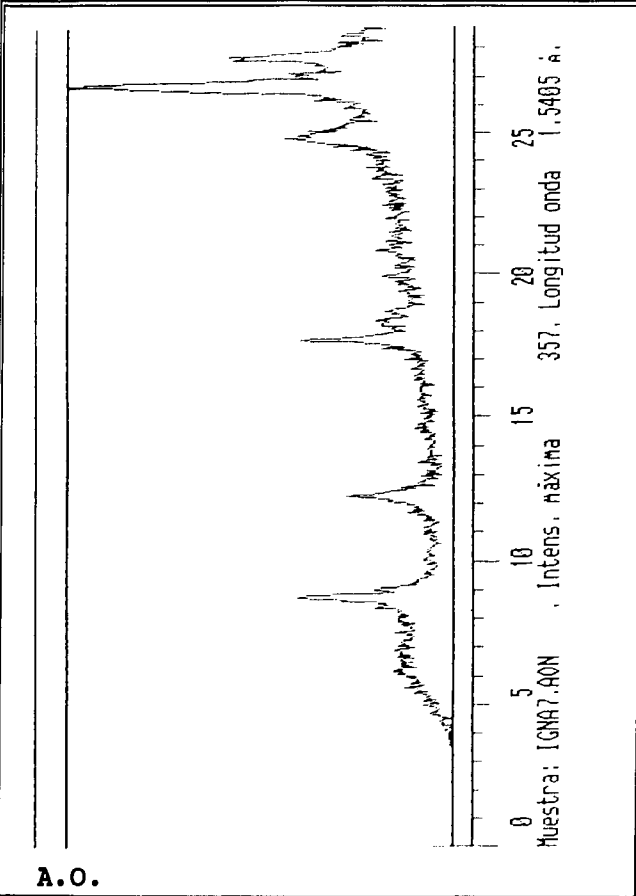


A.O. + D.M.S.



A.O. + 550°C

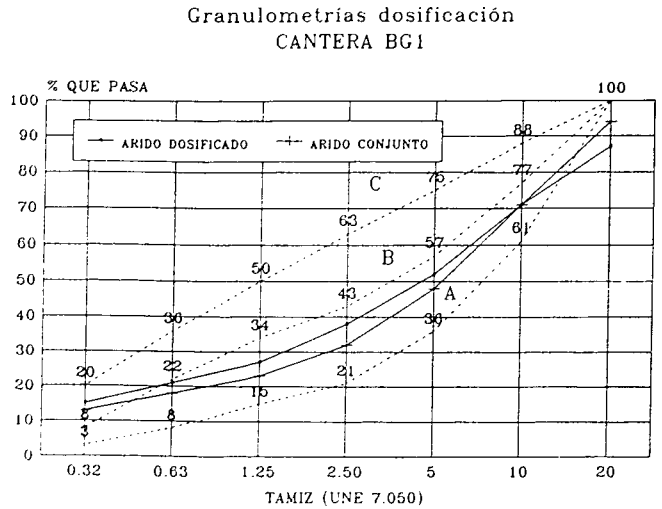
SECTOR: DILAR - LA ZUBIA
 CANTERA: LZ1
 MUESTRA: LZ1A201L



SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG1

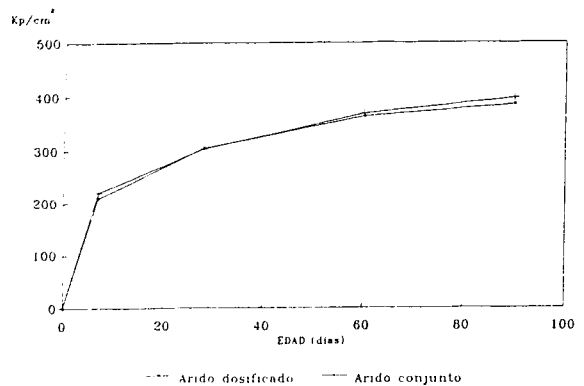
DOSIFICACION

FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
	BG1A101R		46,30
BG1G102R		27,37	
BG1G204R		26,33	
BG1T202R			100
Módulo Granulométrico		4,80	5,93
Dosificación cemento		328 kg	328 kg
Relación A/C		0,6	0,6
Asiento Cono		7	5



RESISTENCIAS

EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
	fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
7	209	4,48	220	4,57
28	303	4,74	302	4,78
60	362	4,80	368	4,80
90	384	4,61	396	4,89



1. The first part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

2. The second part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

3. The third part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

4. The fourth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

5. The fifth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

6. The sixth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

7. The seventh part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

8. The eighth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

9. The ninth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

10. The tenth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

11. The eleventh part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

12. The twelfth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

13. The thirteenth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

14. The fourteenth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

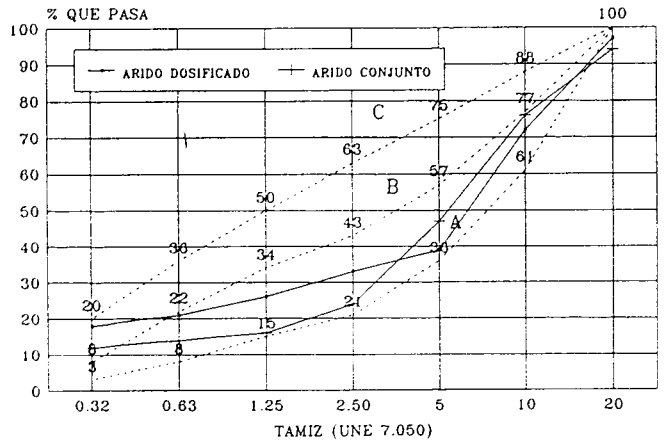
15. The fifteenth part of the document is a list of names and their corresponding addresses.

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA
 CANTERA: BG2

DOSIFICACION

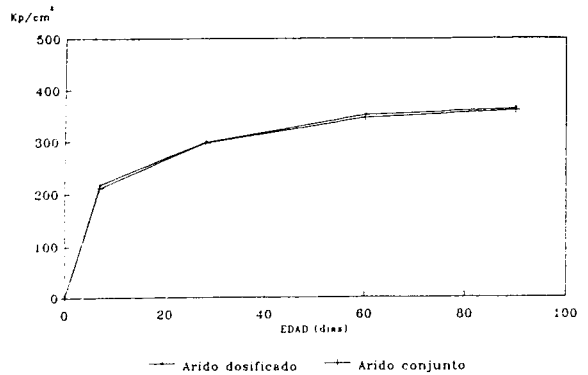
		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
FRACCIONES INTEGRANTES	BG2A101R	36,83	
	BG2G101R	38,10	
	BG2103R	25,07	
	BG2T202R		100
Módulo Granulométrico		4,81	6,06
Dosificación cemento		308 kg	308 kg
Relación A/C		0,6	0,6
Asiento Cono		8	9

Granulometrias dosificación CANTERA BG2



RESISTENCIAS

	Arido Dosificado		Arido Conjunto		
	fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s	
EDAD días	7	217	4,71	211	4,50
	28	298	4,93	296	4,79
	60	350	4,86	345	4,80
	90	362	4,73	359	4,92



1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

2. It is essential to ensure that all entries are dated and clearly describe the nature of the transaction.

3. Regularly reconciling the accounts helps to identify any discrepancies or errors early on.

4. Keeping receipts and supporting documents for all transactions is crucial for verification.

5. The second part of the document outlines the steps for preparing the financial statements.

6. This includes calculating the total income, expenses, and the resulting net profit or loss.

7. It is important to ensure that all calculations are double-checked for accuracy.

8. The final section provides guidance on how to present the financial statements to stakeholders.

9. Clear and concise communication is key to ensuring that the information is understood.

10. Regular reporting allows for better financial management and decision-making.

11. The document concludes by emphasizing the importance of transparency and accountability.

12. Maintaining good financial records is a fundamental aspect of responsible business practice.

13. By following these guidelines, you can ensure the integrity and reliability of your financial data.

14. This document serves as a comprehensive guide for anyone looking to improve their financial record-keeping.

15. We hope this information is helpful and encourages you to adopt these best practices.

16. For more detailed information, please refer to the attached appendices and supporting documents.

17. Your attention to detail in financial record-keeping is highly appreciated.

18. Thank you for your commitment to maintaining accurate and up-to-date financial records.

19. We look forward to your continued success and growth.

20. Best regards,

21. [Signature]

22. [Title]

23. [Company Name]

24. [Address]

25. [Phone Number]

26. [Email Address]

27. [Website]

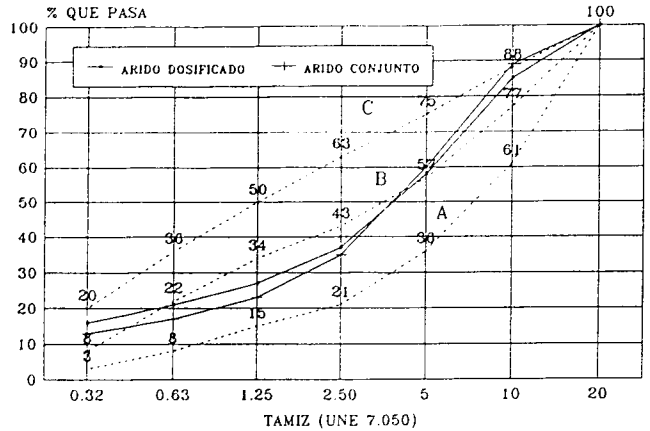
28. [Page Number]

SECTOR: HUETOR SANTILLAN - PUERTO DE LA MORA

CANTERA: HS1

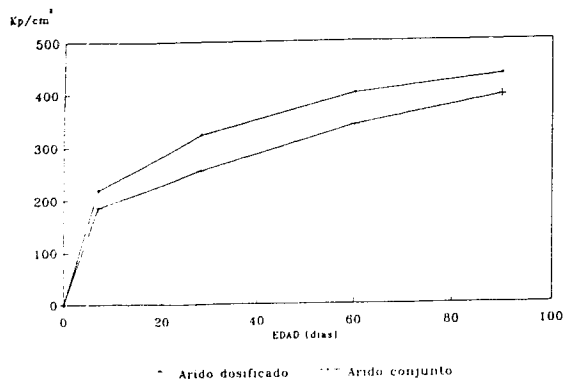
DOSIFICACION

FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
	HS1A101R	43,95	
	HS1G101R	35,05	
	HS1G103R	21,00	
HS1T202R		100	
Módulo Granulométrico	4,44	5,55	
Dosificación cemento	314 kg	314 kg	
Relación A/C	0,6	0,6	
Asiento Cono	5	3	



RESISTENCIAS

	Edad días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
		fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
	7	219	4,77	186	4,66
	28	322	5,00	255	4,93
	60	400	4,98	340	4,98
	90	435	5,00	394	5,08



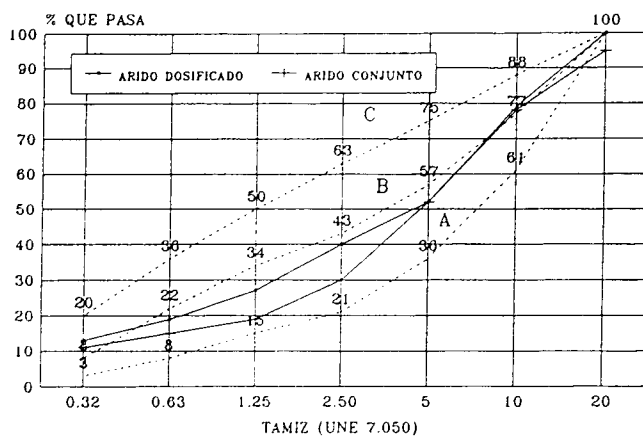
SECTOR: GÜEJAR SIERRA

CANtera: PG1

DOSIFICACION

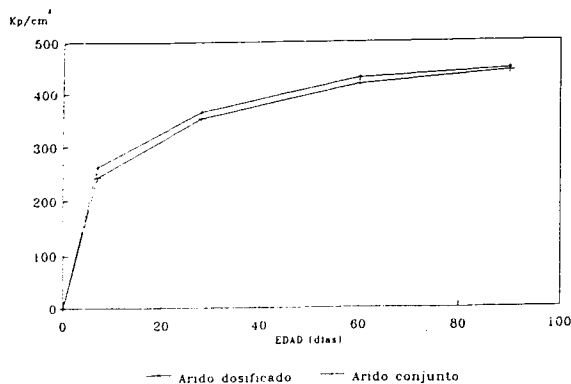
FRACCIONES INTEGRANTES	%Arido	
	Dosif.	Conj.
PG1A101R	48,17	
PG1G101R	23,42	
PG1G102R	28,41	
PG1T202R		100
Módulo Granulométrico	4,62	5,93
Dosificación cemento	319 kg	319 kg
Relación A/C	0,6	0,6
Asiento Cono	5	6

Granulometrias dosificación
CANtera PG1



RESISTENCIAS

EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
	fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
7	262	4,68	243	4,61
28	365	4,90	353	4,83
60	430	4,98	414	4,84
90	446	4,79	442	4,83

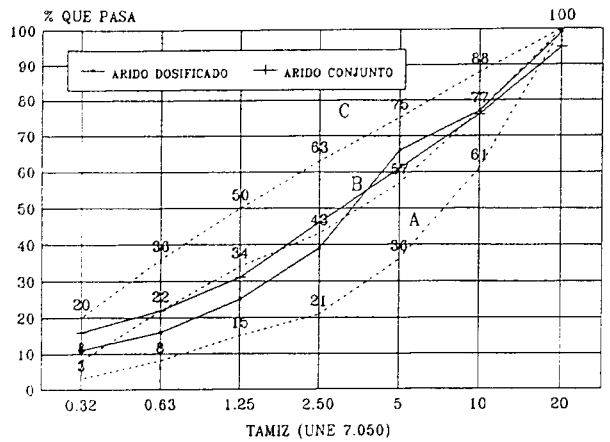


SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD1

DOSIFICACION

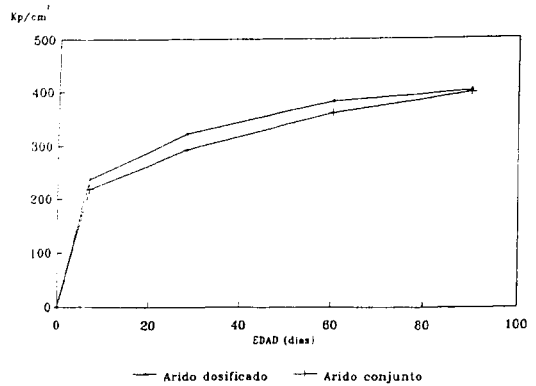
		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
FRACCIONES INTEGRANTES	PD1A102R	53,20	
	PD1G101R	19,31	
	PD1G103R	27,49	
	PD1T202R		100
Módulo Granulométrico		4,61	5,39
Dosificación cemento		335 kg	335 kg
Relación A/C		0,6	0,6
Asiento Cono		6	4

Granulometrias dosificación
 CANTERA PD1



RESISTENCIAS

		Arido Dosificado		Arido Conjunto	
		fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
EDAD días	7	238	4,66	219	4,53
	28	322	4,89	293	4,86
	60	382	4,90	360	4,89
	90	400	4,68	397	4,76



1. The first part of the document is a list of names and addresses.

2. The second part of the document is a list of names and addresses.

3. The third part of the document is a list of names and addresses.

4. The fourth part of the document is a list of names and addresses.

5. The fifth part of the document is a list of names and addresses.

6. The sixth part of the document is a list of names and addresses.

7. The seventh part of the document is a list of names and addresses.

8. The eighth part of the document is a list of names and addresses.

9. The ninth part of the document is a list of names and addresses.

10. The tenth part of the document is a list of names and addresses.

11. The eleventh part of the document is a list of names and addresses.

12. The twelfth part of the document is a list of names and addresses.

13. The thirteenth part of the document is a list of names and addresses.

14. The fourteenth part of the document is a list of names and addresses.

15. The fifteenth part of the document is a list of names and addresses.

16. The sixteenth part of the document is a list of names and addresses.

17. The seventeenth part of the document is a list of names and addresses.

18. The eighteenth part of the document is a list of names and addresses.

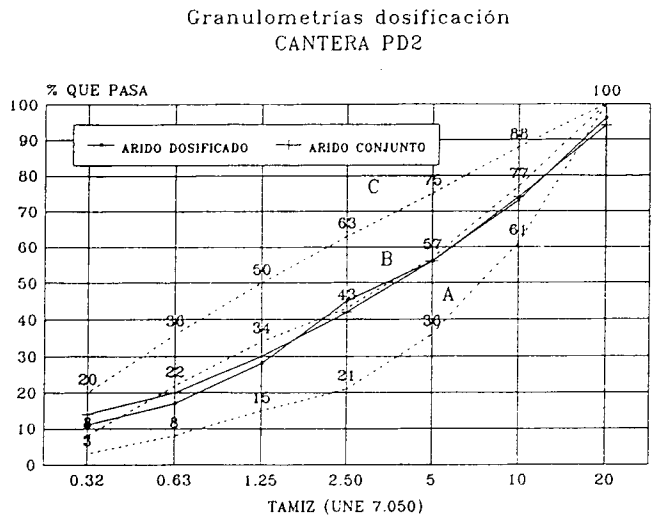
19. The nineteenth part of the document is a list of names and addresses.

20. The twentieth part of the document is a list of names and addresses.

SECTOR: PADUL - DURCAL
 CANTERA: PD2

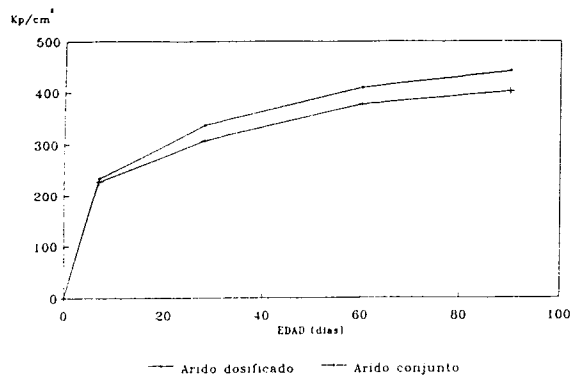
DOSIFICACION

FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
		PD2A101R	51,29
PD2G102R	20,10		
PD2G103R	28,61		
PD2T202R			100
Módulo Granulométrico		4,76	8,45
Dosificación cemento		312 kg	312 kg
Relación A/C		0,6	0,6
Asiento Cono		6	5



RESISTENCIAS

EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
	fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
7	234	4,73	228	4,57
28	337	4,95	308	4,86
60	410	4,98	378	4,90
90	441	5,00	402	4,97



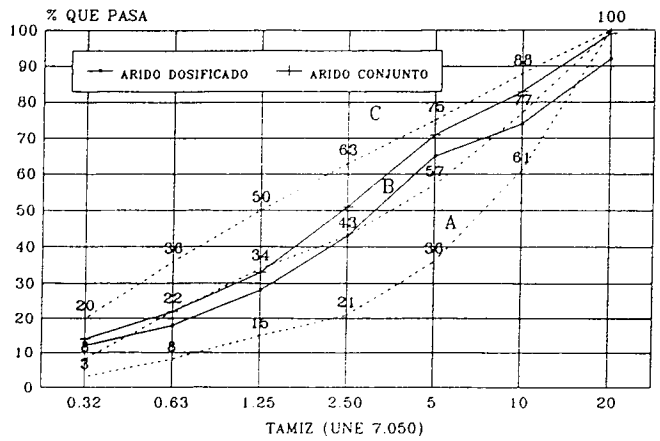
SECTOR: PADUL - DURCAL

CANtera: PD3

DOSIFICACION

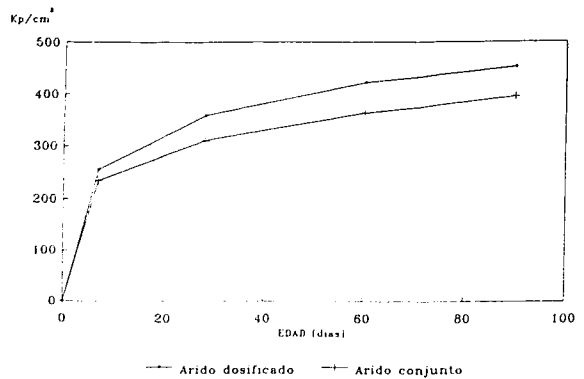
FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
	PD3A101R		49,64
PD3G101R		23,16	
PD3G103R		27,20	
PD3T202R			100
Módulo Granulométrico		4,62	5,17
Dosificación cemento		315 kg	315 kg
Relación A/C		0,6	0,6
Asiento Cono		4	6

Granulometrias dosificación CANtera PD3



RESISTENCIAS

EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
	fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
7	255	4,75	235	4,59
28	358	4,95	311	4,88
60	422	4,97	363	4,92
90	452	5,00	394	4,94



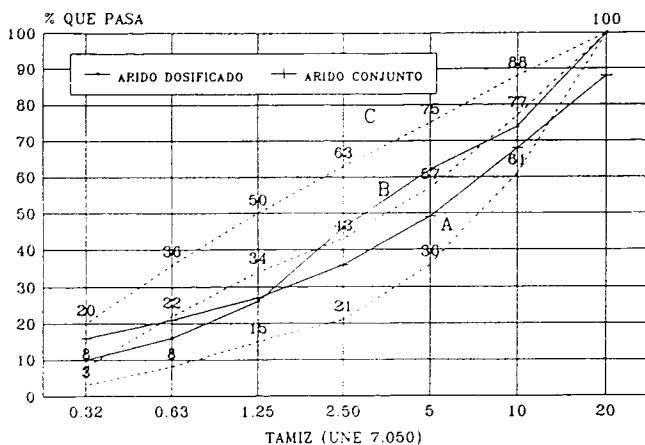
SECTOR: PADUL - DURCAL

CANtera: PD4

DOSIFICACION

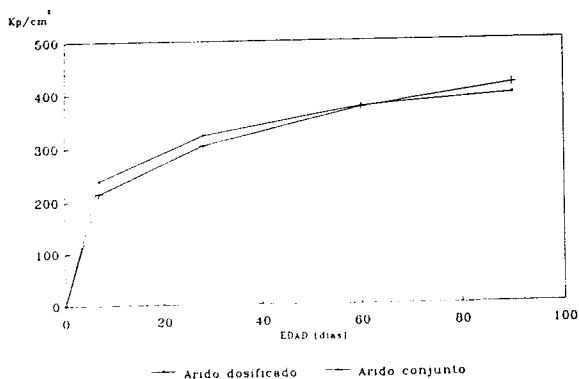
FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
	PD4A101R	52,98	
	PD4G101R	19,40	
	PD4G103R	27,62	
	PD4T202R		100
Módulo Granulométrico	4,60	5,85	
Dosificación cemento	345 kg	345 kg	
Relación A/C	0,6	0,6	
Asiento Cono	7	6	

Granulometrias dosificación
CANtera PD4



RESISTENCIAS

	EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
		fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
	7	239	4,77	215	4,58
	28	322	4,93	303	4,89
	60	376	4,88	374	4,90
	90	396	4,67	415	4,93

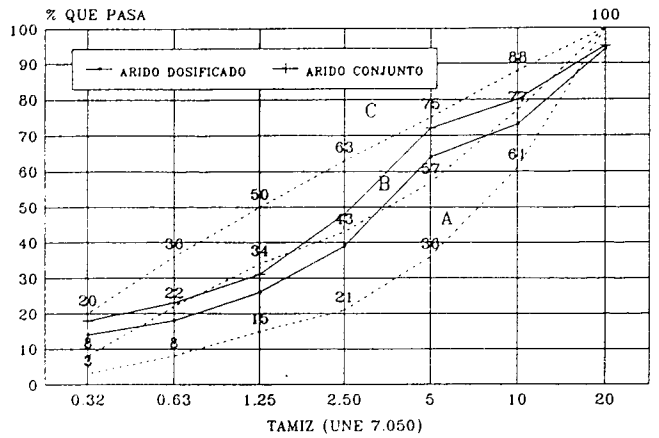


SECTOR: PADUL - DURCAL

CANTERA: DC1

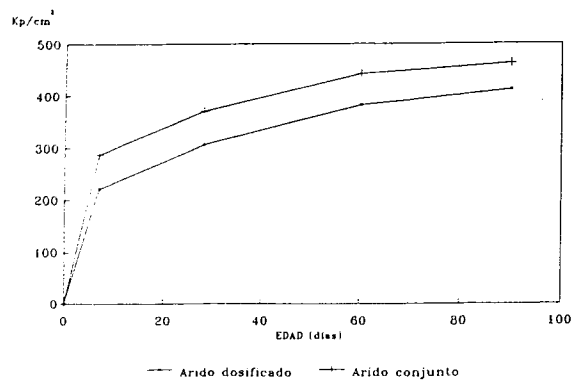
DOSIFICACION

FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
	DC1A101R	54,00	
	DC1G101R	18,98	
	DC1G103R	27,02	
	DC1T202R		100
Módulo Granulométrico	4,10	5,20	
Dosificación cemento	292 kg	292 kg	
Relación A/C	0,6	0,6	
Asiento Cono	5	3	



RESISTENCIAS

	EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
		fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
	7	221	4,85	288	4,85
	28	305	5,03	370	5,07
	60	381	5,05	443	5,06
	90	411	5,08	463	5,05

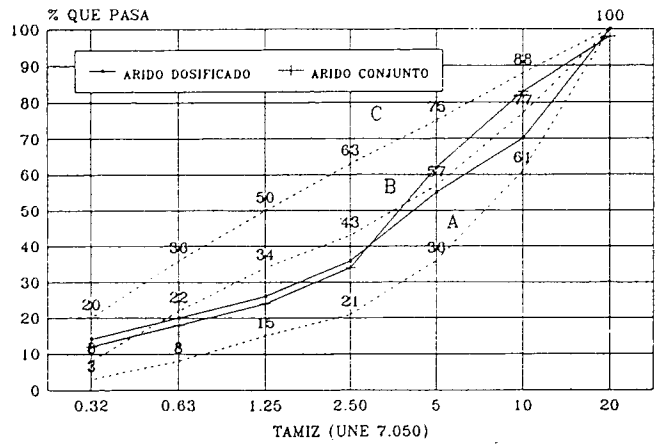


SECTOR: SIERRA ELVIRA

CANtera: AT1

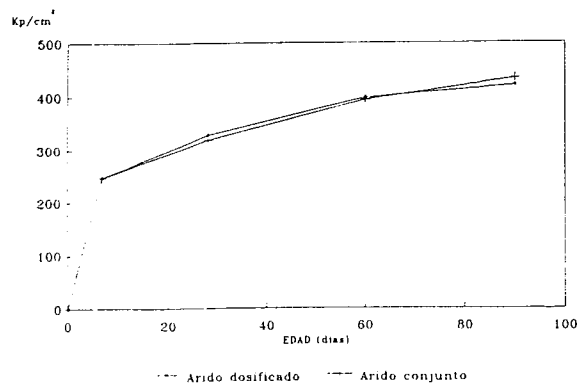
DOSIFICACION

		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
FRACCIONES INTEGRANTES	AT1A101R	55,67	
	AT1G101R	16,51	
	AT1G102R	27,82	
	AT1T202R		100
Módulo Granulométrico		4,72	5,60
Dosificación cemento		366 kg	366 kg
Relación A/C		0,6	0,6
Asiento Cono		6	5



RESISTENCIAS

		Arido Dosificado		Arido Conjunto	
		fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
EDAD días	7	248	4,48	248	4,41
	28	328	4,68	318	4,62
	60	398	4,65	394	4,65
	90	420	4,51	433	4,70



1. The number of students who like to play football is 30. The number of students who like to play basketball is 20. The number of students who like to play tennis is 10. The number of students who like to play badminton is 5. The number of students who like to play table tennis is 3. The number of students who like to play chess is 2. The number of students who like to play other sports is 10.

2. The number of students who like to play football is 30. The number of students who like to play basketball is 20. The number of students who like to play tennis is 10. The number of students who like to play badminton is 5. The number of students who like to play table tennis is 3. The number of students who like to play chess is 2. The number of students who like to play other sports is 10.

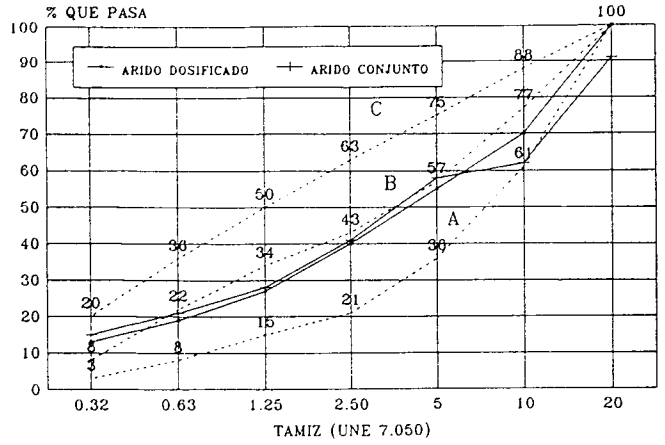
3. The number of students who like to play football is 30. The number of students who like to play basketball is 20. The number of students who like to play tennis is 10. The number of students who like to play badminton is 5. The number of students who like to play table tennis is 3. The number of students who like to play chess is 2. The number of students who like to play other sports is 10.

SECTOR: SIERRA ELVIRA

CANTERA: AT2

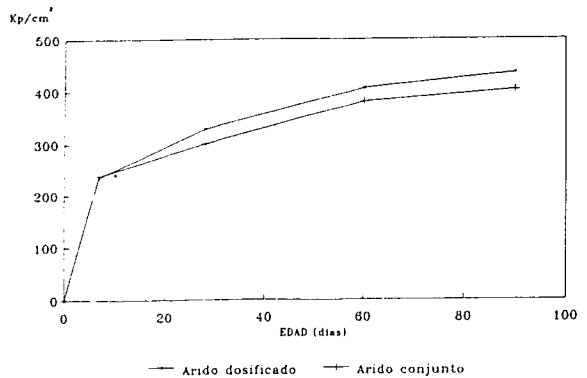
DOSIFICACION

FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
		AT2A101R	55,89
AT2G102R	16,42		
AT2G103R	27,69		
AT2T202R			100
Módulo Granulométrico	4,62	5,75	
Dosificación cemento	354 kg	354 kg	
Relación A/C	0,6	0,6	
Asiento Cono	6	8	



RESISTENCIAS

EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
	fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
7	236	4,49	238	4,42
28	328	4,67	300	4,69
60	406	4,58	380	4,67
90	434	4,45	402	4,65

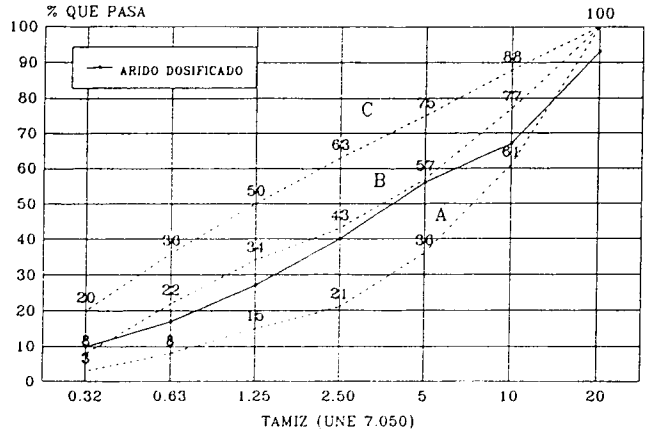


SECTOR: DILAR - LA ZUBIA

CANTERA: OG1

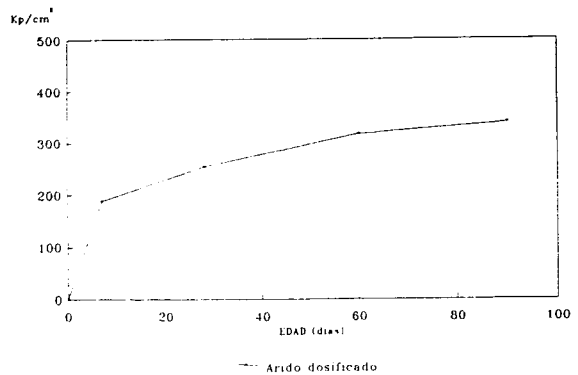
DOSIFICACION

FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
	OG1A101A	60,65	
	OG1G101A	10,10	
	OG1G102A	29,25	
Módulo Granulométrico		4,85	
Dosificación cemento		323	
Relación A/C		0,6	
Asiento Cono		7	



RESISTENCIAS

	EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
		fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
	7	189	4,32		
	28	254	4,45		
	60	317	4,45		
	90	338	4,40		

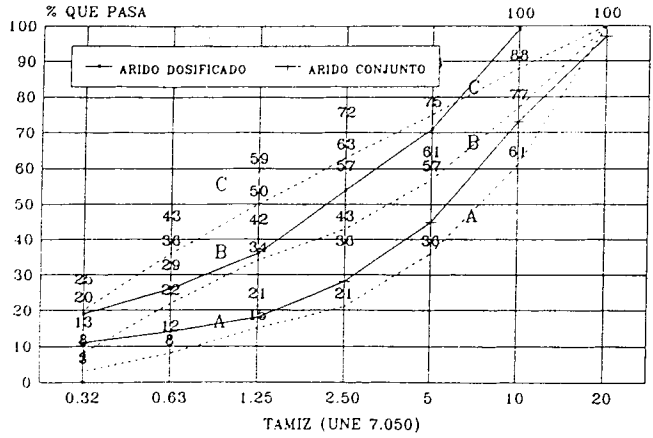


SECTOR: DILAR - LA ZUBIA

CANTERA: LZ1

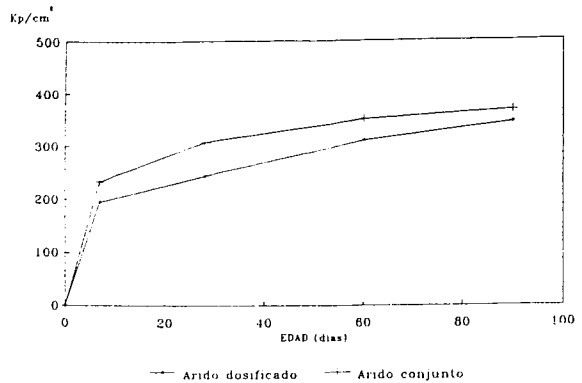
DOSIFICACION

FRACCIONES INTEGRANTES		%Arido Dosif.	%Arido Conj.
		LZ1A101L	68,89
LZ1G101L	31,11		
LZ1T202L			100
Módulo Granulométrico		3,83	6,04
Dosificación cemento		385 kg	385 kg
Relación A/C		0,6	0,6
Asiento Cono		5	13



RESISTENCIAS

EDAD días	Arido Dosificado		Arido Conjunto	
	fcm. kg/cm ²	v. km/s	fcm. kg/cm ²	v. km/s
7	195	4,54	234	4,40
28	245	4,80	308	4,61
60	310	4,81	351	4,58
90	343	4,83	367	4,45



7. DISCUSSION

7. DISCUSION.

De acuerdo con los objetivos establecidos para el presente trabajo, comenzaremos la discusión de resultados verificando el cumplimiento de las prescripciones establecidas en la Instrucción EH-91, prestando mayor atención a aquellos ensayos que, por su reciente implantación, aportan datos inéditos para los materiales de la zona estudiada. También se aborda el análisis de las curvas granulométricas de los áridos, sobre las que la Instrucción no establece prescripción alguna, pero que resultan de gran interés en la caracterización de áridos para hormigones.

Se incluye para cada una de las prescripciones de la EH-91 un comentario comparativo con la normativa referente a áridos, de Estados Unidos, Francia y Alemania.

Esta tipificación resultaría incompleta, como hemos señalado, sin aportar datos referentes a hormigones confeccionados con estos áridos. Por tanto, también se aborda un estudio comparativo de resistencias, a distintas edades, de hormigones en los que se ha pretendido que la única variable a considerar sea el árido.

Así mismo se incluye un seguimiento de la regularidad de suministro de las distintas arenas, basada, como ya indicamos, en el estudio continuado de los parámetros: equivalente de arena y contenido en finos.

7.1 CONDICIONES FISICO-QUIMICAS.

7.1.1. Terrones de arcilla.

Los terrones de arcilla se limitan en la Instrucción EH-91 a un 1% en el árido fino y a un 0'25% en el árido grueso referido al peso total de la muestra.

En la ASTM C 33 (1990) se engloban bajo un mismo concepto o prescripción los "terrones de arcilla" y las denominadas "partículas friables", es decir, las que se desmenuzan fácilmente, entendiéndose que se le atribuyen a ambas los mismos efectos negativos. El límite se establece en el 3% para la arena y en la grava éste varía entre el 2% y 10%, según el elemento hormigonar, según la climatología de la región donde se lleve a cabo la construcción y según la exposición a la intemperie del elemento, diferenciándose "climas severos" (S), "climas moderados" (M) y "climas suaves" (N). Es evidente, por tanto, que esta prescripción no tiene relación directa con la contemplada en la EH-91, pues no cabe pensar, al menos aquí, que la normativa de Estados Unidos es menos restrictiva a este respecto.

La norma francesa NF P 18-301, (1983) (148) no contempla este parámetro.

La norma alemana DIN 4226 (1973) (149), incluye dentro de la denominación de "componentes decantables" sustancias arcillosas o polvo de piedra muy fino, que pasan por el tamiz 0'063 mm, pudiendo esto ser más equiparable a los finos menores de 0'080 mm contemplados en nuestra Instrucción. En la citada norma DIN se manifiesta que estos componentes pueden tener efectos perjudicial cuando existan en gran cantidad, se adhieran fijamente al grano de la piedra y no se dejen raspar fácilmente o no se puedan triturar por completo, como grumos, en la

preparación del hormigón. Las limitaciones establecidas están en función del tamaño de las fracciones:

0/1, 0/2, 0/4	4% en peso
1/2, 1/4, 2/4	3% "
2/8, 4/8	2% "
4/16, 4/32, 8/16, 8/32, 16/32, 16/63, 32/63	0'5% "

Estos límites, siempre y cuando se refieran a terrones de arcilla, son superiores a los contemplados en la EH-91. Así mismo, debemos hacer notar que la separación entre arena y grava se establece en el tamaño 4 mm, frente a los 5 mm de nuestra Instrucción.

Respecto a los resultados obtenidos en las muestras analizadas, se ha observado una gran limpieza en totalidad de los áridos. Tanto en arenas como en gravas la ausencia de terrones de arcilla ha sido una constante. Posiblemente esto se deba a la naturaleza de los áridos escogidos (calizos o dolomíticos en la mayoría de los casos), así como a la no existencia, casi general, de estratos contaminantes en los frentes explotados, una vez eliminada la montera de los mismos.

Resulta una excepción muy singular la cantera PD3, en el sector Padul-Dúrcal, debido a que en uno de los frentes de explotación aparecen intercalaciones de calcoesquistos muy alterados dentro de la masa dolomítica. Por su elevado grado de meteorización, se comportan como terrones de arcilla, en algunos casos, y partículas blandas, en otros. Las labores de tratamiento y clasificación en cantera son conducentes a eliminar estas partículas del árido comercializado, resultando muy bajos los grados de contaminación observados (figura 7.1).

7.1.2. Partículas blandas.

Las partículas blandas se limitan en la Instrucción EH-91 sólo en el árido grueso a un 5%, referido al peso total de la muestra.

No existen limitaciones específicas a este respecto en las normativas ASTM, NF y DIN, si bien este término parece estar contemplado, como se ha visto anteriormente, como terrones de arcilla, partículas friables e incluso finos.

El análisis arroja, como resultado, bajos contenidos de éstas en algunos de los casos, siendo la tónica general no superar el límite establecido en la Instrucción (figura 7.2). Tan sólo el material aluvial del río Dílar muestra elevados contenidos en partículas blandas, muy superiores al 5% limitado en la EH-91.

En el material de naturaleza dolomítica, y en concreto el del Manto de la Alfaguara, las partículas blandas son de naturaleza brechoide en bastante proporción; en el Manto Trevenque se detectan, además, partículas blandas procedentes de intercalaciones de los ya citados calcoesquistos. En los restantes casos las partículas blandas son micaesquistos, como ocurre de forma muy significativa en el árido aluvial, o consisten en camisas contaminantes de aspecto pulverulento rodeando los granos. En los áridos de Sierra Elvira esta envuelta débil aparece formada por precipitaciones de material calcáreo.

Podemos concluir que, a excepción del material procedente de la cantera aluvial, los áridos analizados cumplen satisfactoriamente en cuanto al contenido en partículas blandas.

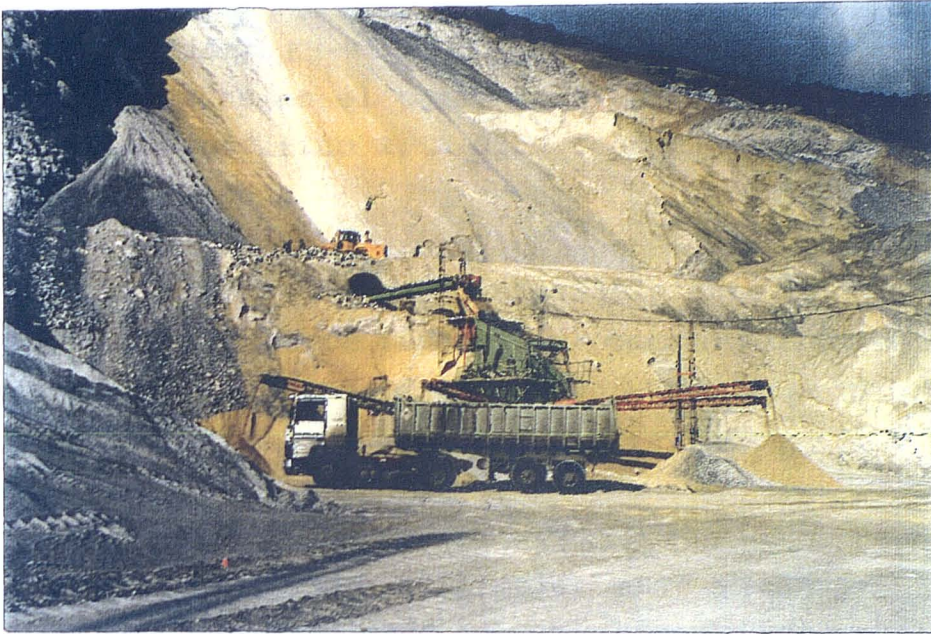


Figura 7.1. Contaminación de calcoesquistos, color ocre, en el árido de los acopios previos.

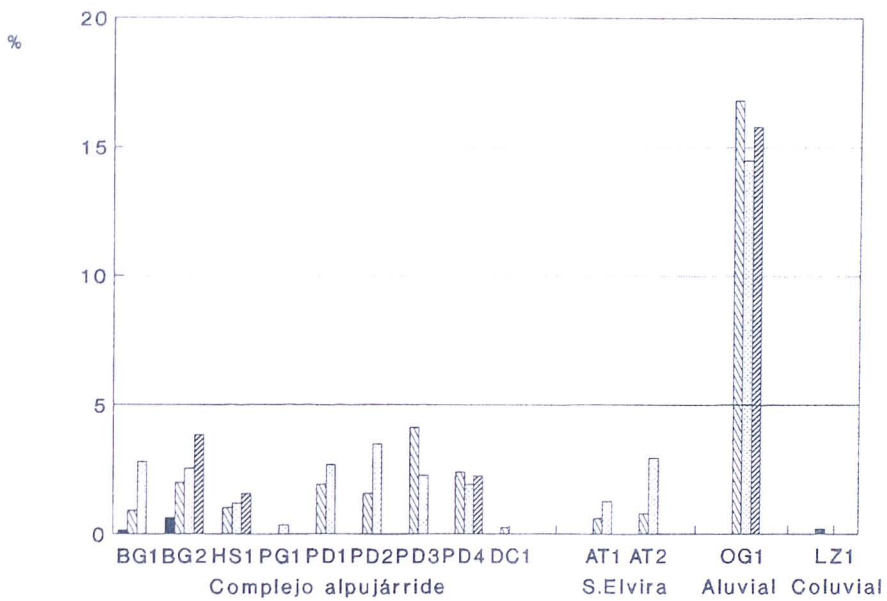


Figura 7.2. Porcentaje de partículas blandas. En cada cantera se han ordenado las fracciones de menor a mayor tamaño.



7.1.3. Partículas de bajo peso específico.

La Instrucción EH-91 limita el contenido de estas partículas, retenidas en el tamiz 0,063 UNE y que flotan en un líquido de peso específico 2, a 0,50 % en el árido fino y a un 1% en el árido grueso.

En la ASTM C 33 puede ser equiparable este parámetro a la limitación que se establece respecto al carbón y lignito, siendo de 0'5% para la arena y entre 0'5 y 1'0% para la grava en función, en este caso, del elemento a hormigonar y del tipo de ambiente (S, M, N).

La NF P 18-301 parece contemplar este parámetro bajo la denominación de "homogeneidad", H, si bien entendemos que el concepto es distinto, pues además de determinar el carbón, lignito, pequeños trozos de madera, materias vegetales, etc, incluye incluso partículas minerales de bajo peso específico. Esto parece deducirse de la metodología del ensayo, ya que en vez de utilizar un sólo líquido de densidad 2, como contempla la UNE 7244, se emplea uno con una densidad comprendida entre 1'04 y 2'89, la cual se fija en función del peso específico del árido a ensayar. Esta norma establece que H deberá ser mayor del 90%.

La norma DIN 4226 considera al apartado bajo la denominación de "materias de origen orgánico" donde, además de incluir al carbón y lignito, se contempla el humus, que en nuestra Instrucción se determina con el método colorimétrico, bajo la denominación de materia orgánica.

En las muestras estudiadas no se ha observado existencia de materiales susceptibles de ser catalogados como partículas de bajo peso específico.

7.1.4. Compuestos de azufre.

Según la Instrucción EH-91 el contenido en compuestos de azufre, expresados en SO_3 , no debe superar el 0'4% del peso seco del árido.

La ASTM C 33 no contempla ninguna prescripción relativa compuestos de azufre.

La NF P 18-301 considera la determinación de sulfatos y sulfuros, según norma NF P 18-582 (150), expresado en SO_3 , limitándolos, al igual que la EH-91, al 0'4% del peso del árido seco.

La DIN 4226 indica que los compuestos de azufre pueden dar lugar a alteraciones perjudiciales en el hormigón. Se refiere a sulfatos alcalinos, yeso, anhidrita y sulfuros que, cuando estos últimos, se oxidan, por ejemplo por la entrada de aire y humedad en el hormigón poco compacto, pueden ser perjudiciales. El SO_3 , referente únicamente a los sulfatos, se limita al 1%, que coincide con el límite establecido en nuestra Instrucción con anterioridad a la EH-88, que era de 1'2% expresado en $SO_4^{=}$. En caso de existencia de sulfuros, la citada norma DIN indica que sería necesario un estudio especial.

A excepción del material extraído en la cantera LZ1, situada en piedemonte, en la que se observaron restos de escombros conteniendo yeso, que fueron eliminados de la muestra antes de ensayarla, todos los áridos han mostrado un contenido de compuestos de azufre prácticamente inapreciable. En esta cantera se explotan acopios de desmontes anteriores procedentes, en general, de niveles conglomeráticos. El escaso control que existió sobre tales acopios junto con el vertido de escombros que actualmente se realiza en la zona, pueden ser causa de la contaminación detectada.

7.1.5. Compuestos de cloro.

La Instrucción EH-91, en su artículo 10.1 especifica, entre otras cuestiones, que "el ion cloro total aportado por los componentes del hormigón no excederá del 0,4 por 100 del peso del cemento cuando se trate de obras de hormigón armado, salvo justificación especial de que no altera perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón y a las armaduras, ni a corto ni a largo plazo".

La ASTM C 33 no especifica nada a este respecto.

La NF P 18-301 limita el ion cloro al 0'1% referido al conjunto del hormigón. Considerando un peso para el m³ de hormigón de 2400 kg, resulta un contenido total de cloruros de 2'4 kg, frente a 1'2 kg que resultaría de considerar una dosificación de 300 kg de cemento (cantidad usual), si se adopta el criterio de la EH-91. Como se observa, la norma francesa es mucho más tolerante en relación con este parámetro.

En la DIN 4226 se hace referencia a la presencia de materias que atacan al acero, considerando nitratos y cloruros, ya que pueden influir negativamente en la corrosión de las armaduras. Para áridos de hormigón en donde las armaduras no estén protegidas, el contenido en cloruro soluble debe limitarse a 0'02% en peso, referente exclusivamente al árido. Esto supone, considerando 1900 kg/m³ de árido, un contenido máximo de cloruros de 0'38 kg, sin contar con la aportación que pudiera corresponder al cemento y al agua. Estimamos, en todo caso, que debería limitarse la proporción de cloruros aportados por todos los componentes del hormigón, ya que el agua por sí sola puede contribuir a elevar considerablemente el contenido de esta sustancia.

No se han observado en ningún caso valores superiores al 0'01%. Pese a que no existe una limitación específica para el árido, entendemos que los resultados obtenidos son satisfactorios.

7.1.6. Materia orgánica.

La Instrucción EH-91 indica que la proporción de materia orgánica en el árido fino debe ser tal que, sometida la muestra al método de ensayo UNE 7.082, produzca un color más claro que el de la disolución patrón.

En la ASTM C 33, este parámetro se recoge con la denominación de "impurezas orgánicas", y se determinan en la fracción arena con el mismo método de ensayo que el contemplado en la norma UNE 7082. De no resultar aceptable la arena, según el método de ensayo indicado, podrá utilizarse siempre que se compruebe que la resistencia de un mortero estándar es al menos el 95% de la estimada a 7 días.

La NF P 18-301 contempla este parámetro de materia orgánica para las arenas, determinándose también con el mismo método de ensayo que el que se especifica en la norma UNE 7082. Así mismo, al igual que se manifiesta en la ASTM C 33, en caso de no cumplir, se podrá utilizar siempre y cuando la resistencia a 2 días de un mortero estándar, realizado con la arena contaminada, sea al menos el 90% de la de otro, realizado con la arena sin impurezas, en las mismas condiciones.

En la norma DIN 4226 se considera un apartado denominado "materias que estorban al fraguado", en el que se incluyen componentes orgánicos, como el humus y otros, e impurezas, como el azúcar o sales solubles, que puedan afectar al fraguado y endurecimiento del hormigón.

Todas las muestras de arenas analizadas cumplen con lo establecido, a este respecto, en la Instrucción. No obstante, se han detectado indicios, es decir, una cierta coloración, en las arenas aluviales y coluviales, comportamiento previsible por su procedencia, y también en algunas muestras de calizas del Subbético.

Puesto que el método de ensayo UNE 7.082 no determina el porcentaje de materia orgánica, se ha considerado de interés, habida cuenta de los indicios observados, cuantificarla mediante algunos de los métodos de ensayo existentes a tal efecto. Como se indicó al hablar de la metodología, hemos aplicado el método de la norma NLT-117 (85) y el propuesto por WALKLEY y BLACK (84).

El método del agua oxigenada, recogido en la NLT-117, no mostró sensibilidad suficiente para los niveles de materia orgánica de nuestras muestras, ofreciendo resultados nulos incluso para aquellas arenas que, según el método colorimétrico, mostraron los contenidos más elevados.

MATERIAL (Procedencia)	CONCENTRACION (%)	COLORACION (UNE 7082)
Manto Alfaguara	0'17-0'30	Incolora
Manto Trevenque	0'22-0'30	Incolora
Calizas Subbéticas	0'34-0'45	Coloreada
Aluvial	0'25	Débilmente C
Depósito de ladera	0'24-0'37	Débilmente C

Tabla 7.I. Valores de materia orgánica obtenidos mediante el método del dicromato potásico y tonalidades obtenidas por el método colorimétrico de la norma UNE 7.082.

El método del dicromato, por contra, ha sido sensible para cuantificar la materia orgánica con las concentraciones

existentes en las muestras. Los resultados obtenidos se recogen en la tabla 7.I. Pese a no haber observado una correlación directa entre los porcentajes calculados por este método y las tonalidades del ensayo colorimétrico, sí apreciamos que, en la mayoría de los casos, para concentraciones inferiores al 0'30% la muestra no produce coloración, al ensayarla según la norma UNE 7.082.

7.1.7. Equivalente de arena y azul de metileno.

En la Instrucción EH-91 se limita el valor de equivalente de arena, a vista (EAV), a:

75 para obras en ambientes I y II.

80 para obras en ambiente III o que hayan de soportar ciclos hielo/deshielo.

La ASTM C 33 no recoge este ensayo para caracterizar la calidad de los áridos para hormigones.

La NF P 18-301 establece también la prescripción referente al EAV, fijando el límite en 75, salvo que se trate de arenas trituradas en las cuales se limita a 65 (más tolerante que nuestra Instrucción). Excepcionalmente, para ciertas utilizaciones, estos valores pueden elevarse a 80, quizás este criterio sea equiparable con el que se establece en la EH-91 para obras en ambiente III.

La DIN 4226, al igual que la ASTM, no indica nada al respecto.

Las arenas del material Alpujárride (figura 7.3) se sitúan en todos los casos por encima de la limitación para ambientes I y II, excepto en alguna muestra de las canteras BG2 y PD1, y, en bastantes casos, de la establecida para ambiente III.

La arena de la cantera aluvial muestra muy buenos resultados, consecuencia del proceso de lavado a que es sometida.

La de piedemonte, perteneciente a la toma de octubre, ofrece resultados bajos por lo que resulta inadecuada para su empleo en la fabricación de hormigones.

Respecto a las arenas de Sierra Elvira, los resultados son equiparables a los obtenidos en las dolomíticas. En cualquier caso, estas arenas, de no cumplir con el EAV, por su naturaleza podrían ser aceptables, según la EH-91, si cumplen con el azul de metileno, pues proceden del machaqueo de rocas calizas en los términos que establece esta Instrucción.

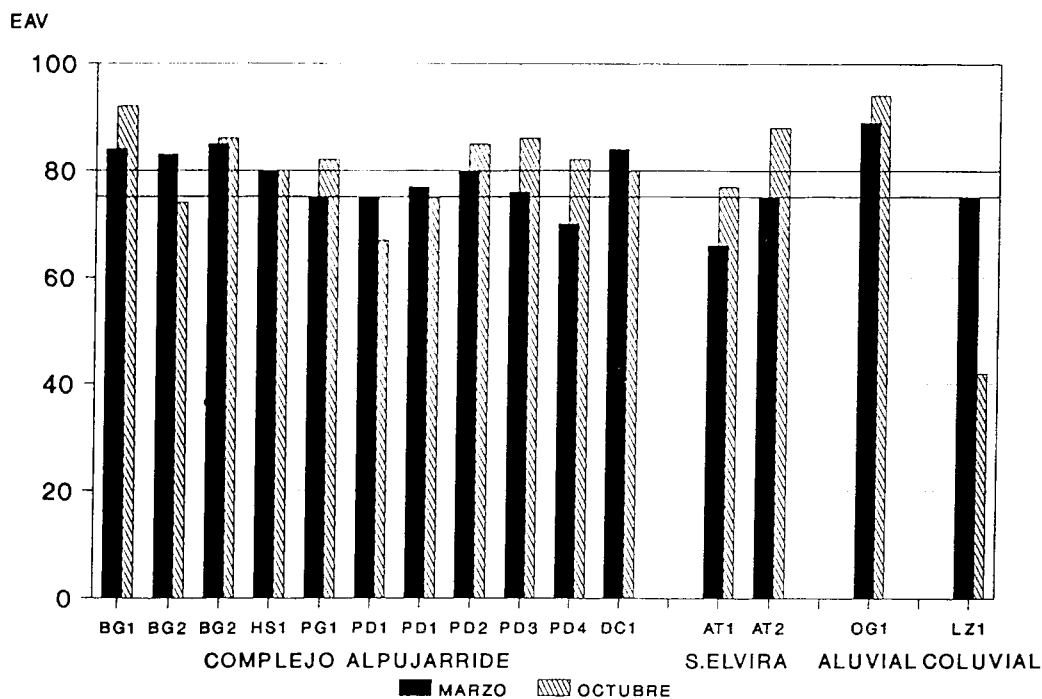


Figura 7.3. Resultados de equivalente de arena.

Como comportamiento general, se han obtenido mejores resultados en las muestras tomadas en el mes de octubre que en las de marzo, aspecto que se acusa más en las canteras de Sierra Elvira. Constituye un caso especial la cantera de piedemonte en la que los resultados de octubre son considerablemente peores. La irregularidad de los acopios que se explotan en la citada cantera, provoca que la arena comercializada sea muy heterogénea en el tiempo, no existiendo correspondencia entre el material muestreado en ambas tomas.

La Instrucción EH-91 prescribe la realización del ensayo de azul de metileno en aquellos áridos para hormigones que, no cumpliendo con la especificación del equivalente de arena, procedan del machaqueo de rocas calizas. El valor de azul (VA) se limita a 0'60 gramos de azul por cada 100 gramos de finos para obras en ambientes I y II, o bien a 0'30 para obras en ambientes III o que hayan de soportar ciclos de hielo-deshielo.

No manifiesta nada a este respecto la norma ASTM C 33 ni la DIN 4226. Sin embargo, la NF P 18-301 establece un criterio similar al de la EH-91, indicando que, en aquellas arenas que no cumplan con lo establecido para el EAV, podrán ser aceptadas si el VA es menor de 1'0 g de azul por cada 100 gr de finos. Debe llamarse la atención de que, a diferencia de la EH-91, no se especifica, respecto a su aplicación, limitación alguna en relación con la procedencia y naturaleza del material, ni tampoco se establecen diferentes límites en función de los ambientes de la obra. Así mismo, es más tolerante que la prescripción de nuestra Instrucción.

Según lo anterior, este ensayo sólo sería aplicable al material de las canteras de Sierra Elvira. La muestra AT1A101R, con un EAV de 66, presenta un valor de azul de metileno de 0'620 que incumple las limitaciones para cualquier tipo de ambiente.

Las restantes arenas calizas, pese a resultar aceptables según el EAV, al menos para ambientes I y II, también han sido sometidas al ensayo de azul arrojando los resultados de la tabla 7.II.

MUESTRA.	EAV	VA
AT1A201R	77	0'285
AT1A202R	78	0'280
AT2A101R	75	0'640
AT2A201R	88	0'713

Tabla 7.II. Resultados de EAV y VA para las arenas calizas de Sierra Elvira.

Se observa que las arenas de la cantera AT1, pese a no cumplir con la limitación de la EH-91, respecto al EAV, para ambiente III, podría utilizarse para tales condiciones de servicio pues satisfacen lo relativo a adsorción de azul de metileno. No ocurre así para la muestra AT2A101R, la cual según el valor de azul no sólo no sería aceptable para ambiente III, sino que tampoco podría emplearse para el I y II. Incluso la muestra AT2A201R, de la misma cantera, que satisface plenamente el EAV, tampoco sería utilizable en ambiente alguno. Parece que para determinadas materiales, el valor de azul resulta una restricción más determinante que el EAV. Las condiciones en que tal restricción se produce, hemos tratado de esclarecerlas, como más adelante comentaremos.

Pese a que, como venimos insistiendo, la EH-91 sólo permite aplicar el valor de azul a las arenas que proceden del machaqueo de rocas sedimentarias carbonáticas con un contenido de, al menos, el 50% de calcita, hemos sometido a ensayo las restantes arenas tomadas en octubre, aun siendo en su totalidad de naturaleza dolomítica (dolomita = 80-100%). Existía la duda

razonable de que la similitud entre calcita y dolomita permitiera aplicarles, al menos para los materiales de nuestra zona, lo referente al valor de azul.

Los resultados de VA obtenidos para las arenas de la toma de octubre se observan en la figura 7.4. En todas las muestras del Complejo Alpujárride, dolomítico como hemos apuntado, el VA queda acotado por el 0,2%, valor inferior a cualquiera de las limitaciones de la EH-91. En las calizas Subbéticas el VA se eleva y, en la cantera AT2, se supera todo valor aceptable, tal como ya se ha indicado. Tampoco resultan aceptables los resultados de los áridos aluviales y coluviales, si bien en estos casos es explicable la presencia de arcilla.

La estrecha relación presumible entre el VA y la fracción más fina de la arena nos llevó a determinar la granulometría de éstas hasta tamaños bastante inferiores a las 80 μm , recurriendo, como se indica en la metodología, al análisis granulométrico por sedimentación.

A partir de los datos obtenidos en dichos análisis, y como caracterización de la fracción menor a 80 μm , hemos definido un parámetro similar al módulo granulométrico, que designaremos por MG' y que se obtiene de la expresión:

$$MG' = \frac{\sum P_i}{100} \quad i = (1, 2, \dots, 10)$$

donde:

P_i representa el % retenido acumulado, referido a la fracción menor de 0,080 mm, correspondiente a los tamaños de razón mitad a partir de 0,080 mm.

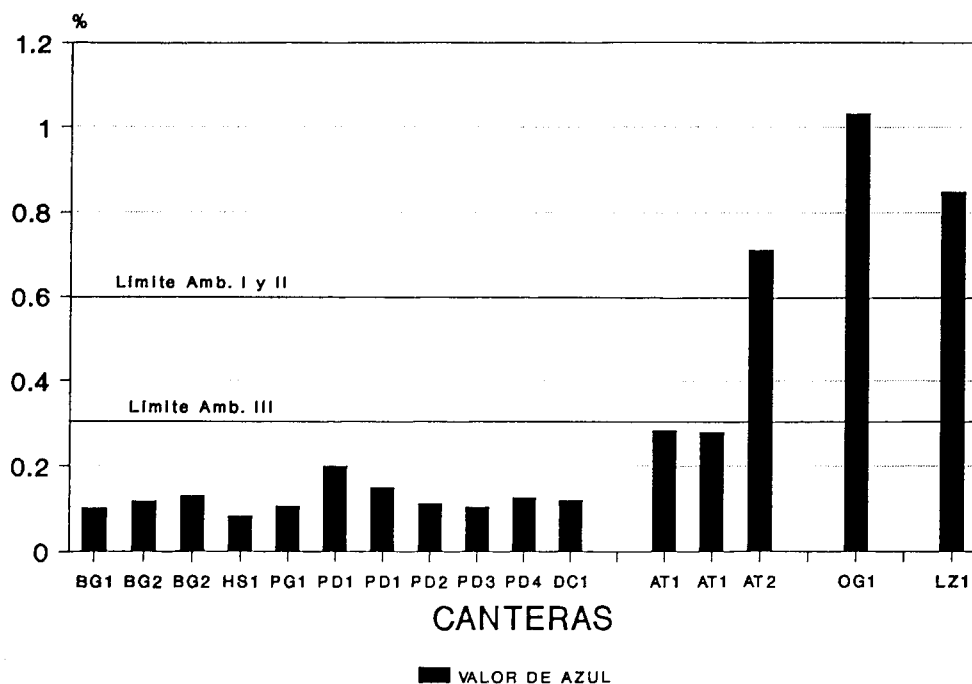


Figura 7.4. Resultados de valor de azul de metileno.

Al relacionar los valores de MG' con los de VA, para la totalidad de las muestras, observamos, como se aprecia en la figura 7.5, que no existe una relación clara entre la finura de la fracción menor que $80 \mu m$ y la cantidad de azul que adsorbe. Incluso con la fracción menor a $2 \mu m$ (tamaño atribuido a la arcilla) ocurre algo parecido, como se observa la figura 7.6. En cambio si se aprecia una relación significativa entre el VA y el contenido arcilla (entendiendo por tal el porcentaje de minerales arcillosos), que resulta mucho más ajustada para valores de adsorción superiores a 0'2; con porcentajes de arcilla superiores al 1'5%, el VA crece con rapidez (figura 7.6).

En cuanto a los resultados de EAV, en relación con los de VA, muestran una tendencia global a disminuir los primeros cuando aumentan los segundos, según se desprende de la figura 7.7.

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

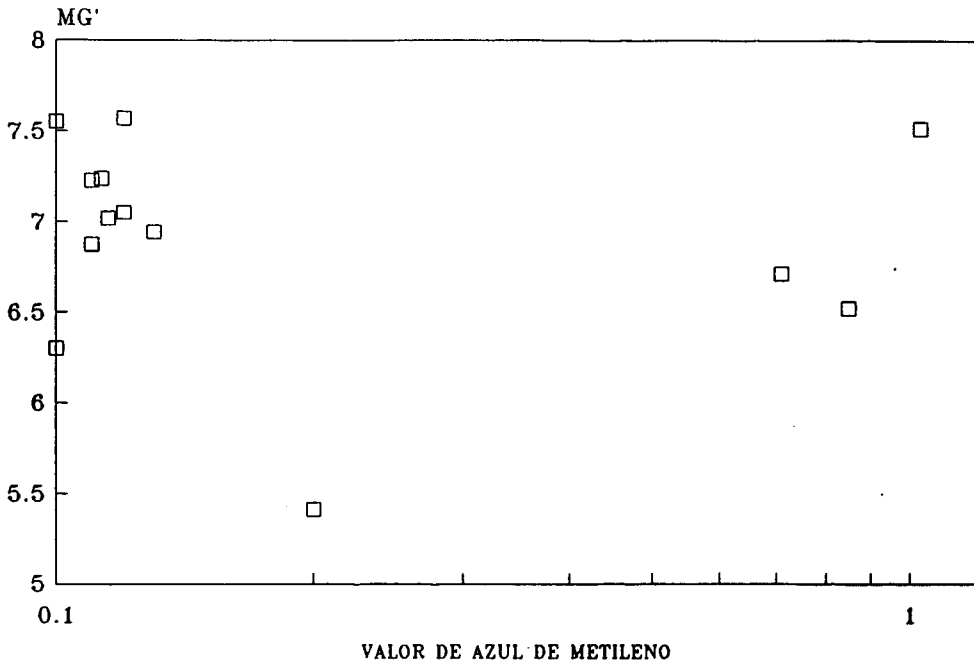


Figura 7.5. Valores de MG' dispuestos según los valores de VA obtenidos para la totalidad de las arenas.

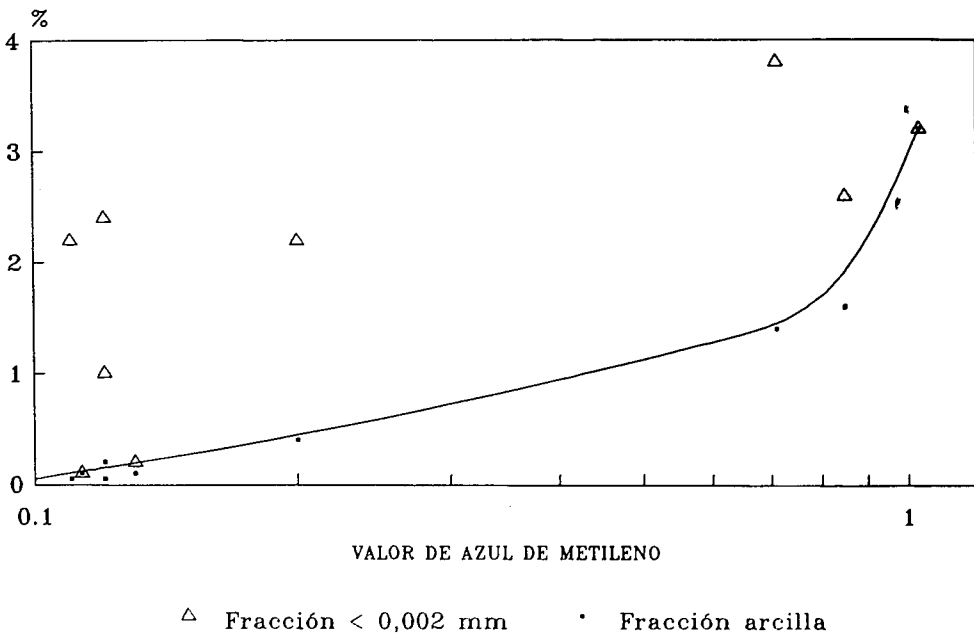


Figura 7.6. Relación entre el porcentaje de arcilla y el VA. Porcentaje de elementos menores a 2 μ m dispuestos según los valores de VA.

De acuerdo con los argumentos anteriores, consideramos de interés exponer la aptitud de las arenas seleccionadas en cada una de las canteras, según las prescripciones contempladas en la EH-91, en relación con el EAV y el VA que se resumen en la tabla 7.III, para el caso de ambientes I y II.

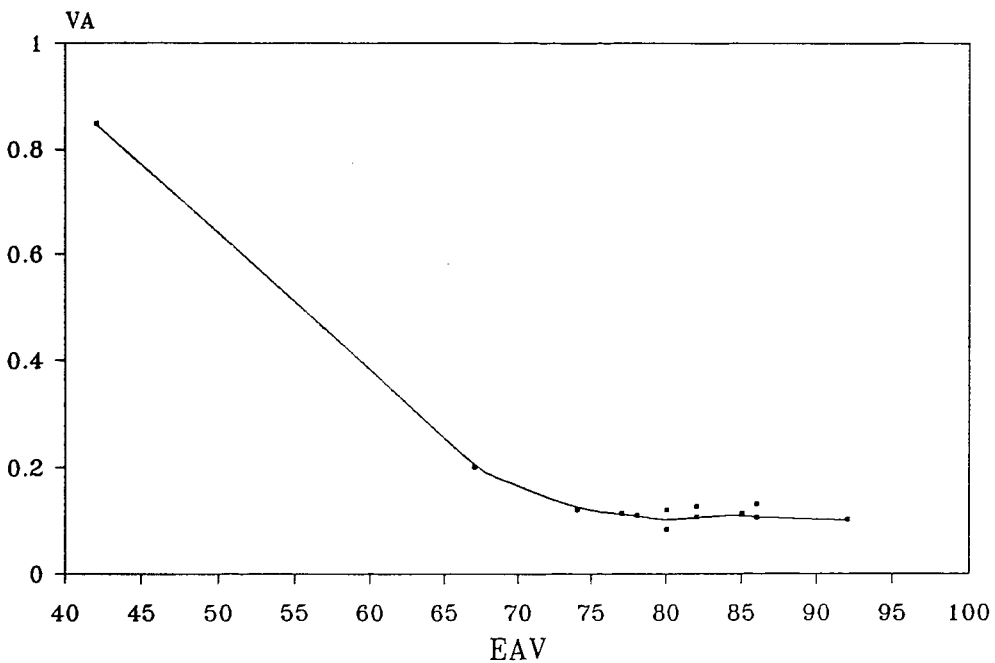


Figura 7.7. Resultados de EAV y VA para las arenas tomadas en las diversas canteras.

A la vista de estos datos se detecta que la limitación del EAV se incumple con los porcentajes más elevados de la fracción menor a 0,080 mm. En cuanto al VA su limitación se supera incluso en muestras que son aptas según el EAV. Además se observa que el incumplimiento del VA corresponde a los contenidos más elevados en arcilla. De todo ello deducimos que para estos áridos, en los que predominan la illita y la esmectita en la fracción $< 2\mu\text{m}$ de naturaleza arcillosa, el VA resulta más restrictivo cuando el

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

contenido en arcilla es significativo, con independencia del porcentaje en finos menores de 0,080 mm, toda vez que la esmectita y la ilita, si está alterada, poseen una gran capacidad de intercambio catiónico (132). Esta capacidad, sobre todo con material orgánico, determina las elevadas adsorciones de azul observadas. Sin embargo, el porcentaje de finos es el que incide en mayor medida sobre el EAV.

CANTERA	EAV	VA	% DE ARCILLA	% menor 0'080mm
BG1	SI	SI	0'8	11'3
BG2	NO	SI	0'05	16'5
HS1	SI	SI	0'6	13'1
PG1	SI	SI	1	10'71
PD1	NO	SI	0'4	20'9
PD2	SI	SI	1	10'4
PD3	SI	SI	0'05	15'9
PD4	SI	SI	0'1	13'9
DC1	SI	SI	0'2	16'3
AT1	SI	SI	0'1	11'8
AT2	SI	NO	1'4	8'2
OG1	SI	NO	3'2	3'9
LZ1	NO	NO	1'6	22'4

Tabla 7.III. Aptitud de las arenas según criterios de la EH-91 para el EAV y VA en ambientes I y II.

La relación entre el EAV y el porcentaje de finos se puede desprender de la observación de la figura 7.8, en la que se apunta una tendencia a obtener mejores valores de EAV conforme

decrece el contenido de la fracción menor de 0,080. CAMPANAC sostiene, incluso, que esta relación es lineal para bajos contenidos de los mismos (87).

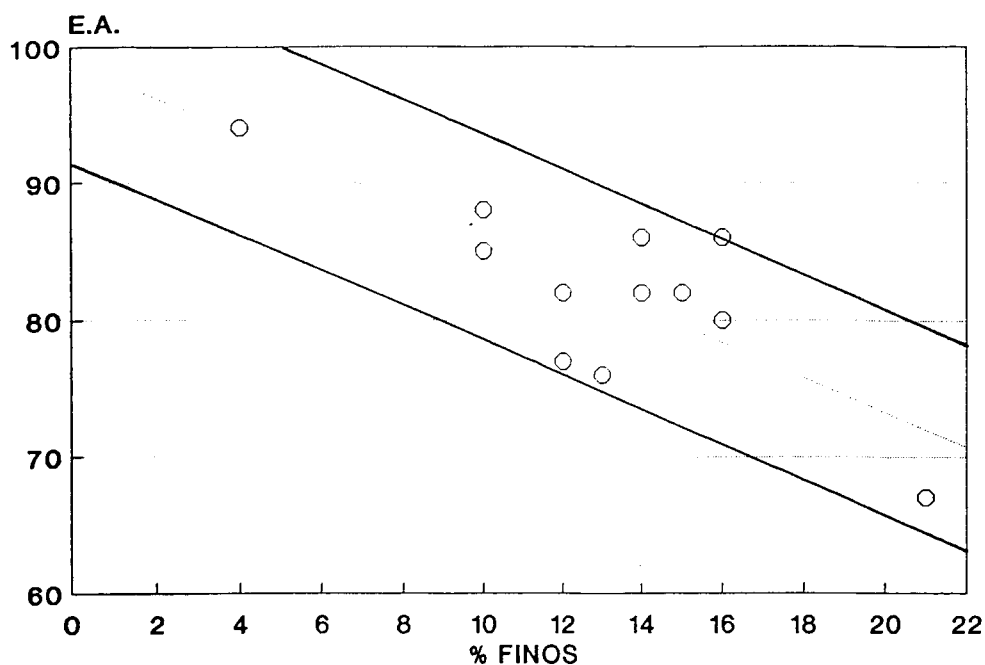


Figura 7.8. Relación entre el EAV y porcentaje de finos < 0,080 mm.

No hemos observado relación entre el EAV y el % de arcilla existente en los finos. CAMPANAC ya ha señalado que con elevados contenidos en finos el EAV no es capaz de caracterizar la nocividad de la fracción fina, pues su efecto queda enmascarado por el de aquellos (87). Esta deficiencia del EAV se compensa, en cierta medida, calculando a partir de éste el llamado factor de arena (FA) (23).

En la figura 7.9 se representan el contenido en arcilla y el de la fracción menor a $2\mu\text{m}$, para nuestras arenas, en función

del FA. En el primer caso se observa una buena relación para la mayoría de las muestras analizadas. En el segundo caso, en cambio, no ha sido posible establecer relación alguna. Se observa que el contenido en arcilla asciende rápidamente al descender el FA por debajo de 0,9. Parece desprenderse que el FA está muy ligado al porcentaje de arcilla en la muestra, por lo que consideramos, como otros autores (23), que es un buen parámetro para establecer la nocividad de la fracción fina, con las reservas que se introducen, según nuestra opinión, por la imprecisión, para algunas muestras, de la lectura "a vista" del sedimento en el EAV.

Como complemento a este estudio de la fracción fina, hemos intentado determinar para nuestras arenas los límites de Atterberg. Los resultados obtenidos caracterizan la totalidad de las muestras como "no plásticas", tal y como cabía esperar, a excepción de la LZ1A201L para la que se obtuvo un LL=18 y LP=17, lo que arroja un $I_p=1$, resultado, desde luego, muy bajo.

Debemos señalar que la ausencia de plasticidad, en casi todas las muestras, obligó a utilizar el acanalador de ASTM en el intento de determinar el LL. Sólo con la muestra ya mencionada, LZ1A201L, fué posible, pese a su baja plasticidad, utilizar el acanalador de Casagrande.

Salvo en las muestras OG1A201A y LZ1A201L, se observó durante la determinación del LL, una clara dilatancia, fenómeno consistente en el reflujó de agua por efecto de las sacudidas, y propio de arenas muy finas y de polvos no plásticos inorgánicos procedentes del machaqueo de rocas (151), que es el caso que nos ocupa (figura 7.10).

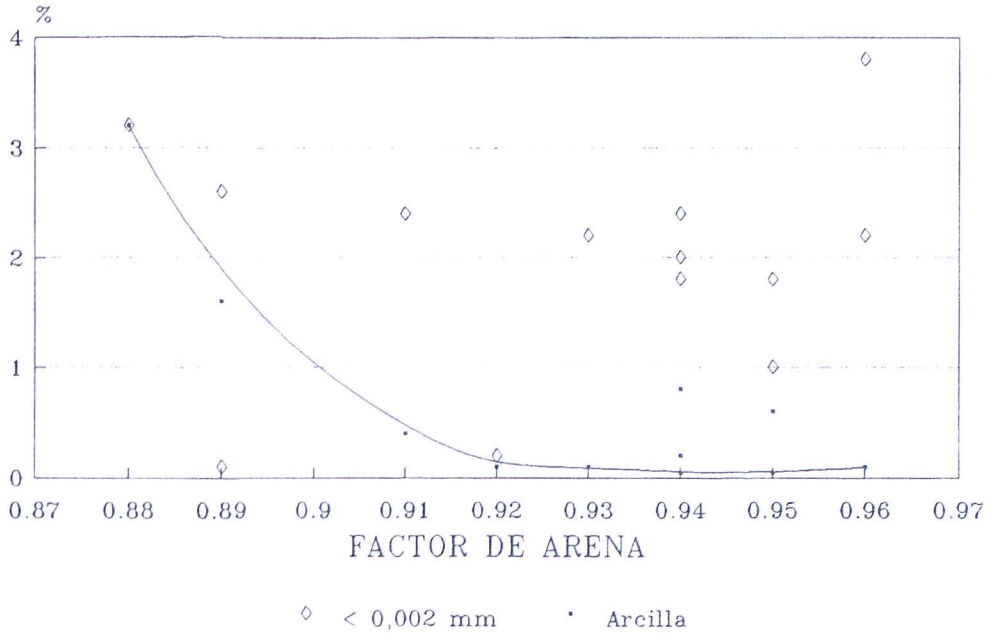


Figura 7.9. Influencia de la presencia de arcilla en el FA. Se observa que el contenido en partículas $< 2\mu\text{m}$ no está relacionado con FA.

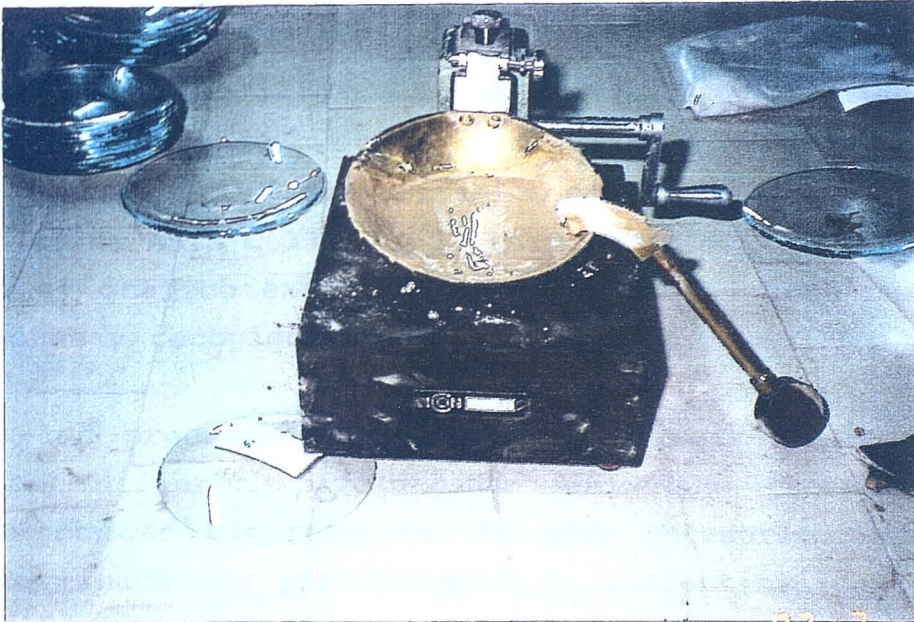


Figura 7.10. Determinación del límite líquido. Obsérvese el la aparición de agua en la superficie producida por el golpeo, fenómeno conocido como dilatancia.

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...



El contenido habitual de finos en las arenas para hormigón dificulta la aplicación de los límites de Atterberg en la caracterización de la fracción fina. Sólo cuando el contenido de esta fracción es, en cierto modo, elevado y presenta algo de arcilla, como en el caso de LZ1A201L, es posible obtener resultados, pero son aislados y de escasa aplicación.

7.1.8. Reactividad con los álcalis del cemento

Como se indicaba en la metodología, la EH-91 sólo contempla un tipo de ensayo para evaluar la posible reactividad de los áridos con los álcalis del cemento y éste parece ser aplicable únicamente a los materiales con sílice reactiva. Sin embargo, como se ha visto, los áridos de esta zona son fundamentalmente de naturaleza carbonatada, particularmente dolomíticos. Esto exigió revisar los métodos existentes en otras normas para valorar la susceptibilidad de tales materiales y aplicar los que se consideraron convenientes.

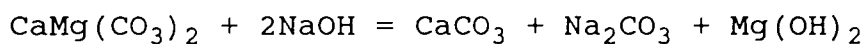
En cuanto al ensayo prescrito en la Instrucción EH-91, los resultados que se obtuvieron (expuestos en la fichas del capítulo anterior) permiten calificar a todas las muestras estudiadas como no reactivas, aplicando los criterios de interpretación recogidos en dicha Instrucción. Estos criterios coinciden exactamente con los de la norma ASTM C 33-90 o la norma MELC 4.11-a (93) y está basado en el gráfico extensamente difundido en gran número de publicaciones y recogido por la norma ASTM C 289-87.

Como los procesos que pueden tener lugar en los áridos dolomíticos difieren marcadamente del que presentan los materiales con sílice reactiva, ha sido necesario recurrir a otras determinaciones para valorar la susceptibilidad de las dolomías a expandir en el seno del hormigón.

Aunque SORIANO (2) señala que con los álcalis del cemento se puede producir una desdolomitización sin ningún indicio de expansión, lo cierto es que las dolomías consideradas reactivas pueden provocar fuertes expansiones al reaccionar con las sustancias alcalinas liberadas en la hidratación del cemento (96 a 100).

Los mecanismos que se han propuesto para explicar la expansión observada en estos materiales pueden dividirse en dos grupos: los que la atribuyen a un ataque directo de la dolomita por los álcalis (102) y los que consideran que la desdolomitización sólo constituye un paso previo para que otras reacciones diferentes a ésta, que son realmente las responsables de los aumentos de volumen, se produzcan (101).

La teoría más verosímil (97) se encuadra dentro del segundo grupo y propugna que la reacción de desdolomitización



resulta esencial para el proceso expansivo, pero porque permite que llegue la humedad hasta otros materiales presentes en la roca, especialmente a cualquier mineral de la arcilla que pudo quedar ocluido durante la formación sedimentaria de la roca. La hidratación superficial y la formación de una doble capa hidratada, fenómenos característicos de los minerales de la arcilla, generan unas presiones de hinchamiento que acaban produciendo expansión, tanto en la propia roca como en el hormigón, cuando ésta se encuentre formando parte del árido. Estos minerales de la arcilla no tienen por qué ser, de por sí, fuertemente expansivos, como es el caso de la montmorillonita, sino que pueden ser otros que apenas si muestren entumecimiento al humedecerse, como es la illita. Según esta teoría, el agua contenida en la arcilla fue originalmente expulsada durante la consolidación de la roca o por ciertas condiciones asociadas con

su formación y, una vez constituida la roca, posiblemente estos minerales de la arcilla "secos" no pudieron tomar de nuevo humedad en tanto no existiera algún proceso químico o físico capaz de abrir los caminos para que la humedad penetrara hasta ellos. La desdolomitización es, entonces, uno de los procesos que permiten el acceso del agua hasta la arcilla.

SWENSON & GILLOTT (97) han demostrado que pueden provocarse expansiones análogas a las detectadas mediante desdolomitización a través de otro proceso, en este caso puramente físico, consistente en calentar la dolomía reactiva durante unas 3 horas a la temperatura de 490°C. Con este tratamiento se formaban microfisuras en el seno de la roca sin alterar prácticamente su composición, las cuales constituían eficientes caminos para el acceso de humedad hasta la arcilla. En estas condiciones, la roca también experimentaba expansiones, pero ya sólo con la presencia de agua destilada, es decir, sin que tuviera que existir desdolomitización.

De lo expuesto se deduce que uno de los factores esenciales para que la dolomía sea reactiva es que posea una cierta cantidad de arcilla en su constitución. Posiblemente la forma más práctica de evaluar la presencia de arcilla en rocas dolomíticas sea mediante la determinación del residuo insoluble, según proponen algunos autores (95). Se consideró conveniente, por tanto, determinar el residuo insoluble en todas las muestras de arena y grava tomadas para el estudio y los resultados se exponen en la tabla 7.IV.

Pese a ser prácticamente imprescindible la presencia de arcilla en la dolomía para que ésta sea expansiva, no parece haberse encontrado una correlación entre la expansión y el contenido de arcillas, aunque existe evidencia de que no se requieren proporciones muy elevadas. Algunas investigaciones indican que contenidos en arcilla tan bajos como del 2% son

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

suficientes para producir alta expansividad en las rocas carbonatadas (97).

MUESTRA	RESIDUO INSOLUBLE (%)	
	Arena	Grava
BG1	0,64	0,47
BG2	0,48	0,54
HS1	0,38	0,26
PG1	0,78	1,7
PD1	2,0	1,5
PD2	2,5	1,8
PD3	1,2	0,91
PD4	0,95	0,71
DC1	0,17	0,48
AT1	4,0	0,76
AT2	0,94	2,3
OG1	30,3	22,9
LZ1	9,4	5,1

Tabla 7.IV. Valores de residuo insoluble obtenidos en los áridos ensayados.

De acuerdo con esto, la mayor parte de los áridos estudiados en este trabajo están muy lejos de poder ser reactivos. Por otro lado, debe señalarse que los datos obtenidos para las arenas no son totalmente indicativos puesto que los finos presentes en las mismas pueden ser de naturaleza silíceas y, evidentemente, sin la capacidad de expansión, aun tratándose de arcilla. Esto reduce, de nuevo, el número de muestras en las que pudiera mantenerse la posibilidad de expansión. Los materiales designados como AT2, OG1 y LZ1 son los únicos que superan dicho valor y, por tanto, de los

que podría albergarse relativa incertidumbre. Realmente el valor del residuo insoluble no se corresponde exactamente con el contenido de arcilla ya que prácticamente todos los materiales silíceos, sean o no arcillosos, resultan insolubles en el tratamiento con ácido. Por esta razón, el alto valor que presenta la muestra OG1, no debe atribuirse a los minerales de la arcilla causantes de expansión en las dolomías, sino más bien a la existencia de otros minerales silíceos.

Podría pensarse que la porosidad de los materiales carbonatados habría sido también un índice de la susceptibilidad a la expansión, en el sentido de que cuanto menor fuera, menos podría permitir el acomodo de los productos que expanden a medida que se van formando. Es decir, podrían atribuirse mayores riesgos a los materiales más compactos, si bien algunos autores, por el contrario, han señalado que los más compactos podrían ser lo suficientemente resistentes como para contrarrestar las tensiones expansivas de la reacción (102). En cualquier caso, otros investigadores (101) en experiencias fiables no han encontrado correlación entre la porosidad inicial de la roca y su expansividad con las sustancias alcalinas.

El ensayo en el que todos los investigadores parecen estar de acuerdo para determinar la expansividad de las rocas carbonatadas es el especificado en la norma ASTM C 586-69, consistente en mantener unos cilindros de la roca inmersos en una disolución de NaOH durante un tiempo de 28 días y medir el aumento de longitud que experimentan en ese plazo.

Este ensayo se ha intentado aplicar a las muestras de todas las canteras, a el fin de sancionar con mayor objetividad la

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

expansividad de los áridos dolomíticos y, a su vez, confirmar las previsiones de otros ensayos. Desgraciadamente, la elevada tectonización de la mayoría de los materiales de esta zona ha impedido que se pudiesen extraer las probetas necesarias para llevar a cabo tal determinación. Se han conseguidos cilindros de roca sólo de cuatro canteras, cuyos datos y comportamiento expansivo se exponen en la tabla 7.V.

MUESTRA	MEDIDAS RELATIVAS CON EL MICROMETRO (mm)						L Inicia l (mm)	Variación (%) (a los 28 días)
	Secos	En agua	Medida a 7 días	Medida a 14 días	Medida a 21 días	Medida a 28 días		
BG2	3,327	3,300	3,296	3,298	3,300	3,298	35,44	-0,01
HS1	3,726	3,727	3,729	3,727	3,727	3,724	35,86	-0,01
AT1, M-1	3,652	3,653	3,654	3,653	3,651	3,653	35,79	0,02
AT1, M-2	3,981	3,983	3,984	3,986	3,989	3,991	36,13	0,03
OG1, M-1	1,293	1,302	1,309	1,308	1,304	1,303	39,01	-0,01
OG1, M-2	1,117	1,128	1,127	1,127	1,129	1,126	38,84	0,02
OG1, M-3	1,085	1,090	1,087	1,084	1,080	1,080	38,79	-0,01
OG1, M-4	4,141	4,150	4,153	4,151	4,143	4,147	41,86	0,01
OG1, M-5	4,300	4,305	4,310	4,309	4,303	4,302	42,01	0,00

Tabla 7.V. Cilindros de roca. Datos dimensionales de los mismos y de las variaciones observadas.

Según la mencionada ASTM C 586, si en el plazo de 28 días la expansión de estas probetas es superior al 0,10%, podría

deducirse que el material es susceptible de producir reacciones expansivas y deberían abordarse otros ensayos, preferiblemente sobre hormigón, para confirmarlo. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la inexistencia de reactividad en las rocas ensayadas, aunque no fue posible probar con dos de los materiales que habían presentado alto valor del residuo insoluble.

Finalmente, y con objeto de realizar una valoración global de la expansividad del árido, se confeccionaron probetas prismáticas de mortero, realizando un seguimiento de sus cambios de longitud, según se especifica en la norma ASTM C 227-87 o, de forma análoga, en el método de ensayo propuesto por la RILEM. A través de éste se tenía en cuenta no ya sólo la reactividad de las rocas carbonatadas sino también la de los materiales silíceos, especialmente la probable existencia de "cherts" de sílex en alguna cantera, y, además, los efectos de un cemento con alto contenido en álcalis, como es usual en esta región.

Los datos y resultados de las probetas, tanto de las confeccionadas partiendo de la arena original (designadas con la letra A) como las realizadas partiendo de la grava (marcadas con la letra G), se exponen en la tabla 7.VI.

Teniendo en cuenta que el cemento ensayado poseía un contenido en álcalis (valorado como Na_2O) de 1'01 %, superior, por tanto, al valor de 0,8% aconsejado por la norma ASTM C 33, y que la demarcación entre áridos reactivos y no reactivos se establece en dicha norma en un valor para la expansión del 0,05%, a los tres meses, puede confirmarse, a través de los datos de la tabla 7.VI, lo que han venido indicando de los ensayos precedentes: que los áridos estudiados no muestran indicio alguno de expansividad con los álcalis del cemento.

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

MUESTRA	MEDIDAS RELATIVAS CON EL MICROMETRO (mm)					L Inicia l (mm)	Variación (%) (a los 3 meses)
	Medida inicial	Medida a 14 días	Medida a 1 mes	Medida a 2 meses	Medida a 3 meses		
BG1-A1	0,472	0,455	0,434	0,422	0,418	285	-0,02
BG1-A2	0,574	0,556	0,531	0,520	0,515		-0,02
BG1-A3	0,409	0,400	0,413	0,409	0,398		-0,00
BG1-A4	1,040	1,013	1,025	1,012	1,008		-0,01
BG1-G1	0,721	0,700	0,669	0,660	0,654		-0,02
BG1-G2	0,912	0,894	0,863	0,859	0,851		-0,02
BG2-A1	5,235	5,221	5,208	5,225	5,235		-0,00
BG2-A2	5,435	5,418	5,406	5,410	5,431		-0,00
BG2-G1	5,589	5,567	5,557	5,571	5,582		-0,00
BG2-G2	5,632	5,608	5,603	5,651	5,628		-0,00
HS1-A1	0,627	0,595	0,613	0,600	0,598		-0,01
HS1-A2	0,614	0,584	0,595	0,590	0,581		-0,01
HS1-G1	0,948	0,887	0,856	0,848	0,844		-0,04
HS1-G2	0,793	0,673	0,639	0,630	0,625		-0,06
PG1-A1	0,641	0,609	0,600	0,591	0,570		-0,02
PG1-A2	0,565	0,483	0,480	0,470	0,461		-0,04
PG1-G1	0,525	0,502	0,475	0,462	0,459		-0,02
PG1-G2	0,575	0,548	0,519	0,510	0,506		-0,02
PD1-A1	5,360	5,344	5,328	5,340	5,358		-0,00
PD1-A2	5,220	5,200	5,188	5,205	5,222		+0,00
PD1-G1	1,048	1,029	1,003	0,997	0,988		-0,02
PD1-G2	0,729	0,709	0,679	0,671	0,664		-0,02
PD2-A1	0,570	0,553	0,524	0,518	0,507		-0,02
PD2-A2	0,729	0,712	0,684	0,670	0,663		-0,02
PD2-G1	5,497	5,470	5,463	5,476	5,482		-0,01
PD2-G2	5,562	5,531	5,523	5,531	5,542		-0,01
PD3-A1	0,373	0,350	0,371	0,364	0,359		-0,00
PD3-A2	0,410	0,385	0,372	0,366	0,357		-0,02
PD3-G1	0,349	0,325	0,329	0,340	0,352	+0,00	
PD3-G2	0,753	0,725	0,729	0,699	0,687	-0,02	
PD4-A1	1,355	1,327	1,317	1,229	1,282	-0,02	
PD4-A2	0,366	0,341	0,367	0,359	0,353	-0,00	
PD4-A3	5,585	5,573	5,567	5,575	5,587	+0,00	
PD4-A4	5,415	5,403	5,392	5,400	5,418	+0,00	
PD4-G1	5,281	5,258	5,251	5,261	5,277	-0,00	
PD4-G2	4,968	4,949	4,943	4,950	4,964	-0,00	
DC1-A1	5,245	5,231	5,212	5,230	5,240	-0,00	
DC1-A2	5,485	5,450	5,434	5,443	5,455	-0,01	
DC1-A1	5,427	5,401	5,393	5,403	5,414	-0,00	
DC1-A2	5,550	5,530	5,521	5,538	5,541	-0,00	
AT1-A1	0,630	0,600	0,584	0,580	0,555	-0,03	
AT1-A2	0,794	0,764	0,751	0,732	0,719	-0,03	
AT1-A3	1,025	0,998	1,008	0,998	0,995	-0,01	
AT1-A4	0,473	0,448	0,458	0,449	0,445	-0,01	
AT1-G1	5,120	5,094	5,095	5,100	5,118	-0,00	
AT1-G2	5,438	5,414	5,403	5,421	5,435	-0,00	

MUESTRA	MEDIDAS RELATIVAS CON EL MICROMETRO (mm)					L Inicia l (mm)	Variación (%) (a los 3 meses)
	Medida inicial	Medida a 14 días	Medida a 1 mes	Medida a 2 meses	Medida a 3 meses		
AT2-A1	0,982	0,950	0,964	0,959	0,953		-0,01
AT2-A2	0,851	0,826	0,834	0,830	0,825		-0,01
AT2-G1	5,099	5,052	5,041	5,059	5,074		-0,01
AT2-G2	5,198	5,154	5,145	5,160	5,174		-0,01
OG1-A1	5,600	5,579	5,569	5,581	5,590		-0,00
OG1-A2	5,370	5,354	5,340	5,354	5,362		-0,00
OG1-G1	5,206	5,168	5,168	5,181	5,190		-0,01
OG1-G2	5,549	5,515	5,513	5,532	5,540		-0,00
LZ1-A1	0,952	0,915	0,896	0,870	0,865		-0,03
LZ1-A2	0,721	0,681	0,665	0,650	0,631		-0,03
LZ1-A3	0,929	0,918	0,888	0,870	0,867		-0,02
LZ1-A4	0,982	0,970	0,945	0,931	0,922		-0,02
LZ1-G1	5,212	5,186	5,181	5,190	5,199		-0,00
LZ1-G2	5,233	5,203	5,196	5,202	5,211		-0,01

Tabla 7.VI. Probetas prismáticas de mortero. Datos dimensionales de las mismas y variaciones observadas.

7.2. CONDICIONES FISICO-MECANICAS.

7.2.1. Friabilidad de la arena y resistencia al desgaste de la grava.

La Instrucción EH-91 limita estos dos parámetros a 40.

La ASTM C 33 no contempla el parámetro de friabilidad de la arena, sin embargo, sí lo hace en relación con la resistencia al desgaste de la grava (ensayo de Los Angeles), siendo en este caso más tolerante que la EH-91, estableciendo el límite en 50.

La NF P 18-301 fija, a este respecto, el mismo límite y métodos de ensayo que la EH-91. No obstante, contempla para el árido grueso, además, otro método operativo, denominado ensayo Micro-Deval en presencia de agua, fijando el límite en 35.

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

La DIN 4226 no contempla ninguno de estos dos parámetros, que miden de forma indirecta la resistencia del árido. Sin embargo, manifiesta que los áridos han de ser tan sólidos que permitan la preparación de un hormigón con las propiedades requeridas. Esta exigencia, señala, que se cumple generalmente para arenas y gravas de origen natural o de áridos obtenidos por fracturación a causa de las sollicitaciones de la naturaleza. Aridos de machaqueo pueden admitirse suficientemente sólidos, sin más investigación, cuando la roca presente, humificada, una resistencia a compresión de 1000 kp/cm².

Los coeficientes de desgaste y friabilidad obtenidos para las diferentes muestras ensayadas se pueden observar en la figura 7.11.

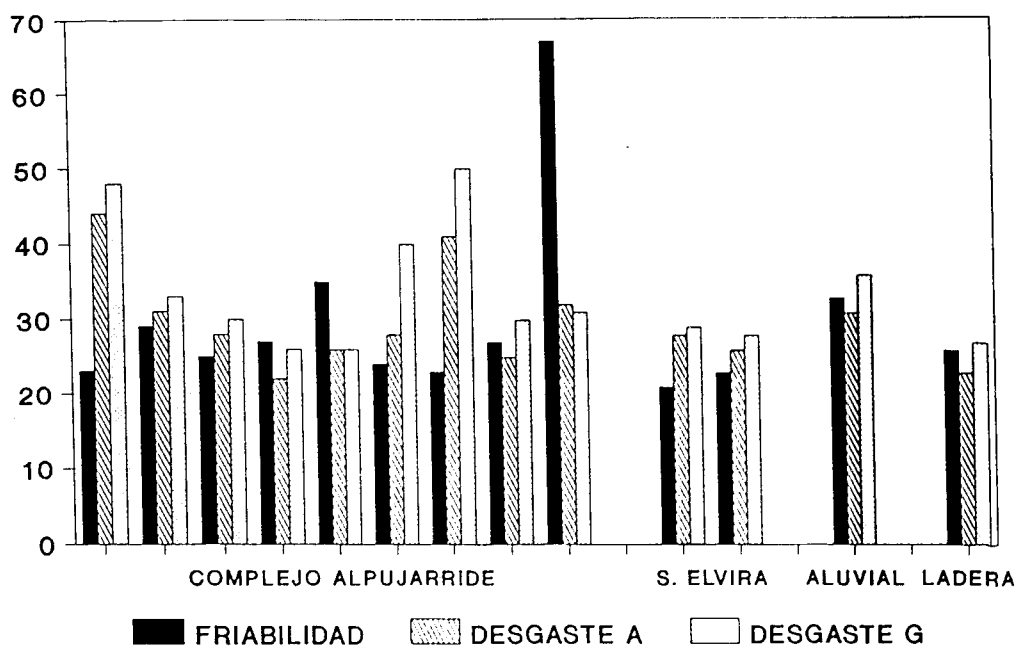


Figura 7.11. Coeficientes de friabilidad de la arena y de resistencia al desgaste de la grava.

A la vista de estos resultados observamos que la gran mayoría de los materiales se ajustan a las limitaciones de la Instrucción EH-91.

En las arenas, los valores de FA más generalizados se sitúan en la banda 25-30, siendo las dolomías las que muestran un abanico de resultados más amplio. Los coeficientes más elevados corresponden también a algunas dolomías, superándose incluso, en algún caso, el límite establecido en la Instrucción, mientras que los de las calizas se sitúan en la zona inferior de la banda.

Comportamientos semejantes se observan con respecto a la resistencia al desgaste de la grava, en que la banda de valores más generalizados se sitúa de 25 a 35, con tendencia a obtenerse peores resultados en la granulometría más gruesa. Sin embargo, las determinaciones sobre granulometrías A y G deberían conducir a valores del coeficiente semejantes, tal y como pretende el método de ensayo (27).

En ambos ensayos (friabilidad y desgaste) podemos decir que las calizas muestran mejor comportamiento mecánico que las dolomías; puesto que las calizas son rocas más blandas que las dolomías, el peor comportamiento de éstas debe atribuirse a otros factores.

Pese a que ambos son materiales carbonáticos, de composición química muy parecida y que cristalizan en formas romboédricas, las calizas y las dolomías presentan matices diferenciadores, tal como ya se ha indicado.

En general las dolomías son rocas muy frágiles (54), por lo que suelen aparecer muy fracturadas con independencia de su contexto geológico (152). En el caso particular de las dolomías de la Depresión de Granada, el material Alpujárride presenta un grado extremo de fracturación, consecuencia de los esfuerzos resultantes de sumar los originados por corrimientos y la presión

interna de fluidos, es decir, una combinación de "brechificación tectónica" y "fracturación hidráulica" (54).

Las observaciones con microscopía electrónica revelan en el caso de las calizas una morfología compacta e ideomorfa (figura 7.12). Las dolomías se muestran xenomorfas, casi siempre (figura 7.13), detectándose, además, la presencia de microfisuras en numerosos cristales, posiblemente como respuesta a la presiones tectónicas e internas de fluidos (figura 7.14).

Por tanto, el peor comportamiento de las dolomías puede residir en su fragilidad, en su propia morfología cristalina y en la debilitación que produce la microfisuración.

En lo que respecta a los materiales aluviales y coluviales, los primeros presentan un comportamiento similar a los del Complejo Alpujárride (no previsible al tratarse de un árido rodado, siendo quizás achacable a la existencia de esquistos), mientras que en los segundos se asemeja más al de las calizas

Al relacionar el coeficiente de forma de las gravas ensayadas con los de desgaste, se intuye una tendencia a obtener peores comportamientos en los áridos conforme disminuye el citado coeficiente. Parece cumplirse, por tanto, la hipótesis de que la aptitud frente al desgaste de un árido depende muy directamente de la cohesión de sus partículas y, así mismo, de su forma (38).

En el caso particular de los materiales dolomíticos Alpujárrides, parece apreciarse que el contenido en finos de las arenas está relacionado con el coeficiente de friabilidad de las mismas (figura 7.15). Se apunta una tendencia a obtener coeficientes de friabilidad mayores conforme el contenido en finos aumenta, pudiéndose entender ésto como un índice de la tectonización de la roca, toda vez que el árido ensayado se comercializa sin trabajos de trituración y molienda.

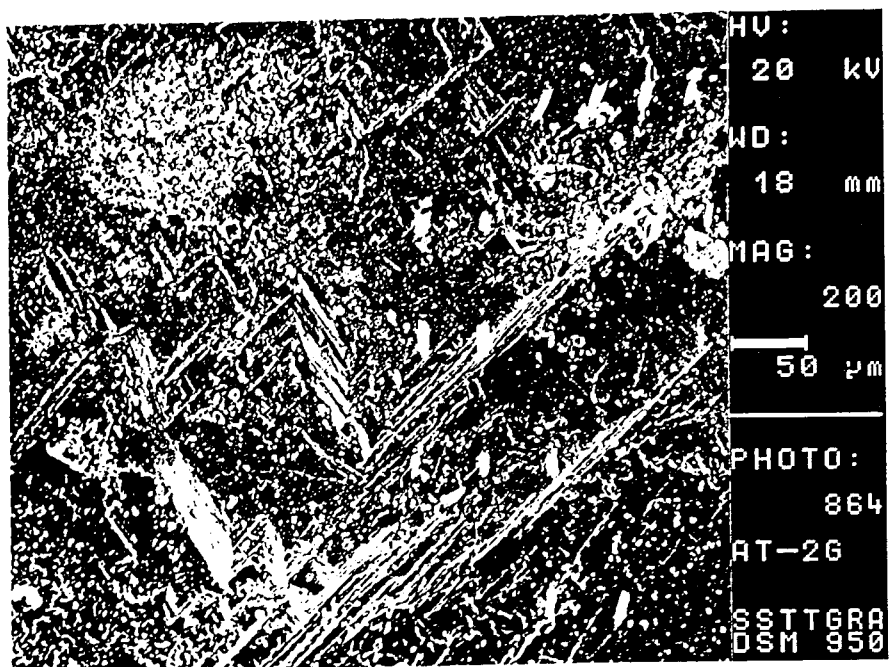


Figura 7.12. Aspecto de una caliza de Sierra Elvira. Obsérvese la esfoliación romboédrica, característica de la calcita.

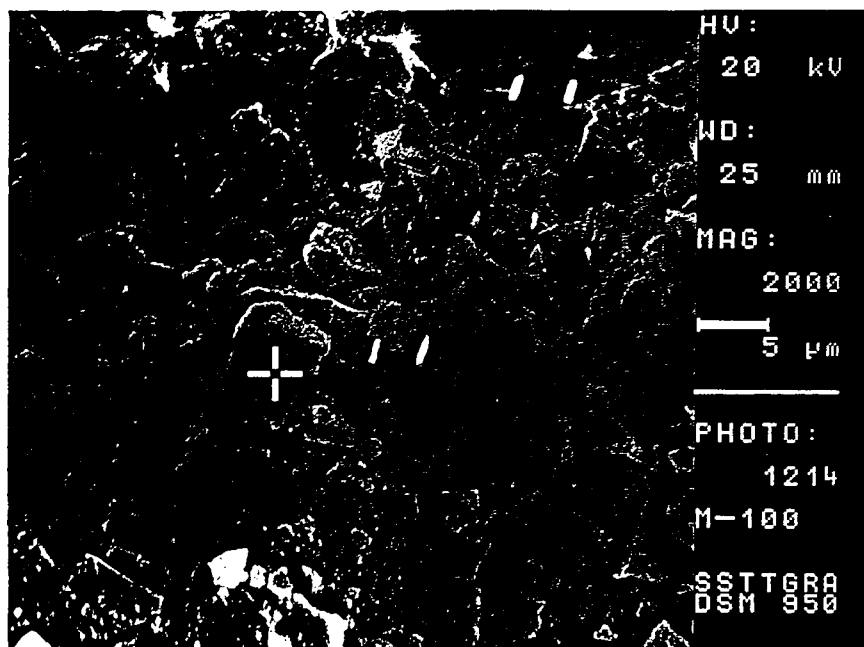


Figura.7.13. Aspecto de una dolomía alpujarride.

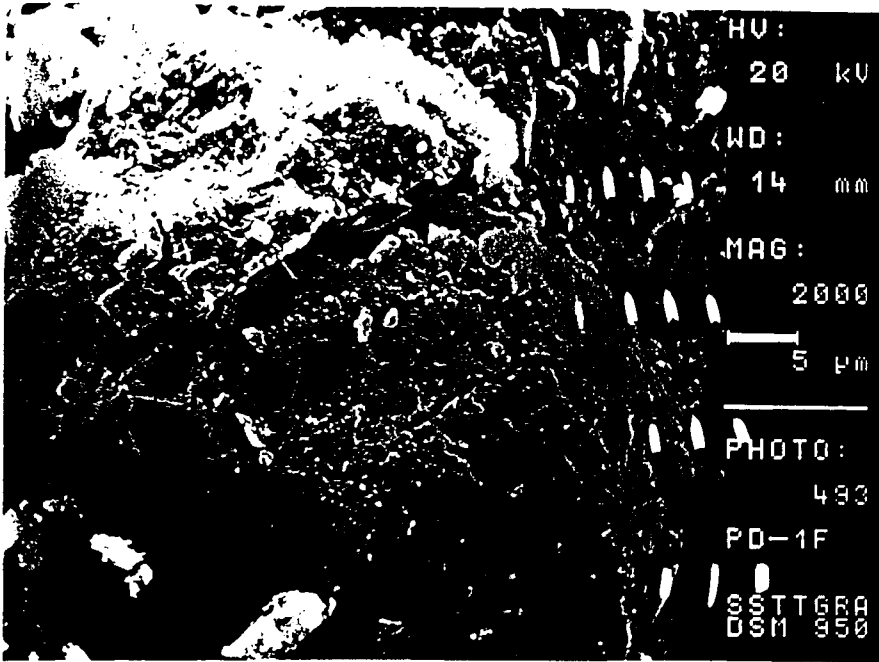


Figura 7.14. Microfisuras observadas mediante microscopía electrónica en la arena dolomítica alpujárride.

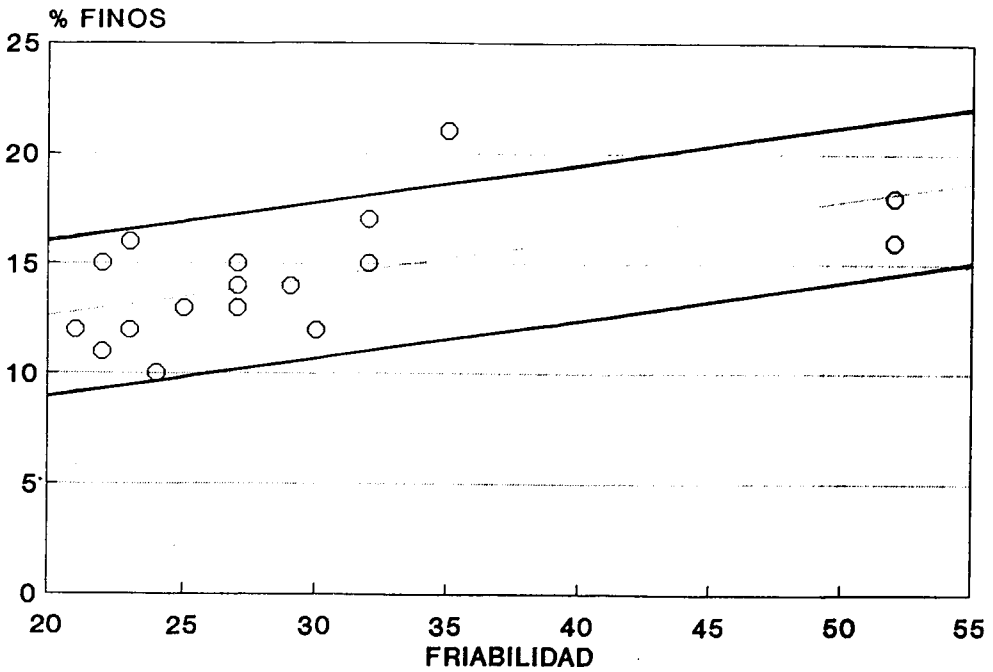


Figura 7.15. Relación entre el contenido en finos y el coeficiente de friabilidad para arenas dolomíticas. Tendencia.

7.2.2. Absorción.

La Instrucción EH-91 la limita, tanto en el árido fino como en el grueso, al 5% en peso.

La ASTM C 33 no contempla nada referente a este parámetro.

La NF P 18-301 fija también el límite en el 5% para arenas y gravas.

La DIN 4226 tampoco hace referencia a este parámetro como prescripción. No obstante, este ensayo está recogido en las normas DIN 52100 (153) y DIN 52106 (154).

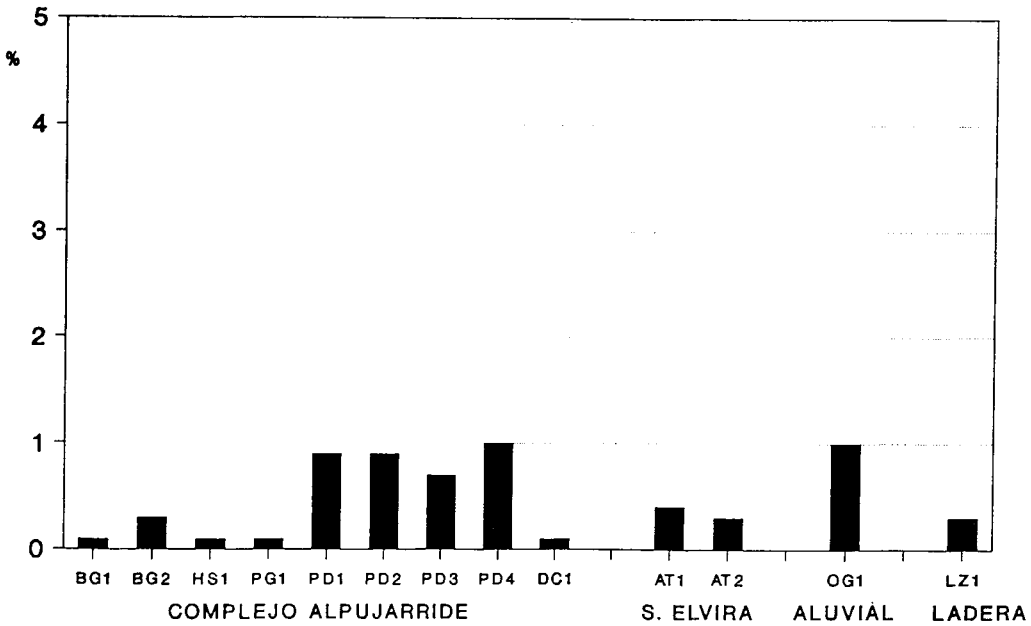


Figura 7.16. Porcentajes de absorción en las arenas.

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

En relación con los áridos machacados, la DIN 4226 indica que éstos serán resistentes a las heladas cuando la absorción de agua del árido no exceda del 0'5% en peso.

En lo que respecta a los valores de absorción, tanto en las arenas (figura 7.16), como en las gravas (figura 7.17) todos han resultado especialmente bajos, muy lejos del límite de la Instrucción. Los resultados son más dispersos en el Complejo Alpujárride, no observándose comportamientos especiales en los materiales aluviales y coluviales, cuando se trata de arenas. En la totalidad de las muestras de grava la absorción es muy homogénea.

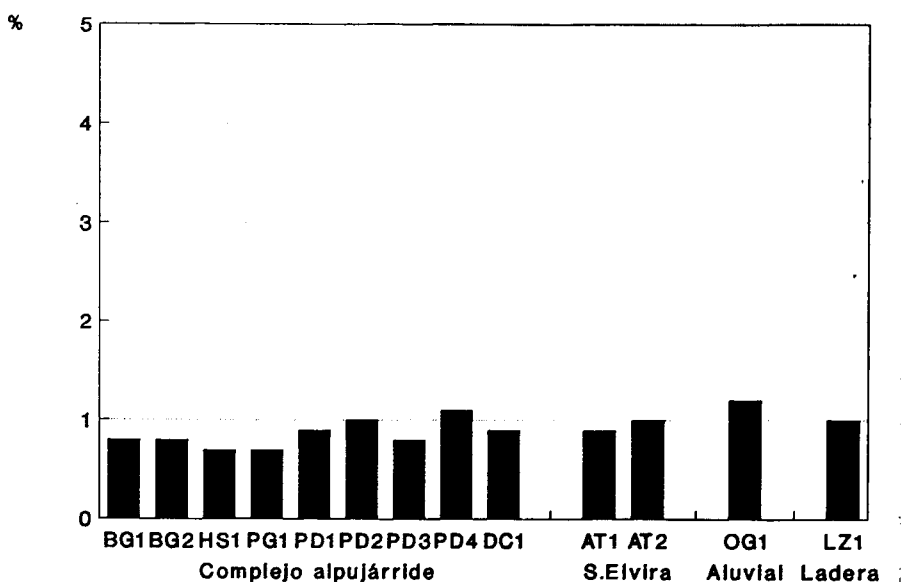


Figura 7.17. Porcentajes de absorción en las gravas.

7.2.3. Heladicidad.

En la Instrucción EH-91 se contempla que la pérdida de peso máximo experimentada por los áridos al ser sometidos a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico no será superior a:

Aridos	PERDIDA DE PESO	
	Con sulfato sódico	Con sulfato magnésico
Finos	10 %	15 %
Gruesos	12 %	18 %

La ASTM C 33 establece el mismo método de ensayo e idénticas limitaciones que la EH-91. Con respecto a las gravas, esta prescripción sólo es de aplicación para ambientes S y M y en unas determinadas condiciones de obra, generalmente las más expuestas a la humedad.

La NF P 18-301 manifiesta que el árido no se verá afectado por los agentes atmosféricos. A tal efecto, contempla el ensayo de "Sensibilidad al hielo", (155), donde mide la disminución de resistencia de una muestra, sometida a ciclos de hielo, respecto a otra patrón. Tal disminución no deberá superar el 50%.

La DIN 4226 indica que la resistencia de algunos áridos a las heladas ha de ser suficiente para el objeto del empleo previsto. El peligro de helada es bajo en áridos rodados y machacados de forma natural. En áridos de machaqueo manifiesta que su resistencia a las heladas es suficiente cuando la absorción de agua del árido no exceda de 0'5% en peso, tal como ya se indicó anteriormente, o cuando la piedra humedecida presente una resistencia a la compresión mínima de 1500 kp/cm².

Se diferencia "efecto de helada fuerte", para hormigón que esté sometido a alternativas frecuentes de hielo-deshielo en condiciones de elevada humedad y "efecto de helada moderado", para hormigón sometido a alternativas frecuentes de hielo-deshielo con humedad moderada. En ambos casos, y a diferencia del procedimiento contemplado en la norma UNE 7.136, el ensayo se realiza con agua y un proceso de 10 ciclos. El límite de pérdida de peso se fija, para los dos tipos de "efectos", en el 4%, sin diferenciar arena y grava, muy por debajo de los límites establecidos en la EH-91, si bien no es de extrañar por ser totalmente distintas las metodologías de ensayo.

En las arenas, la pérdida de peso en disoluciones de sulfatos ha resultado inferior a los límites establecidos en la Instrucción EH-91, si bien, tal y como cabía esperar, ha sido superior con el tratamiento del sulfato magnésico salvo en LZ1 (figura 7.18). Por otra parte, se observa dispersión en el material Alpujárride y mejores resultados en el material Subbético de Sierra Elvira, así como una mayor uniformidad. La arena aluvial del río Dílar es la que presenta mejor comportamiento.

Respecto a las gravas, los resultados obtenidos entran también dentro de los límites admisibles fijados en la EH-91, siendo nuevamente más dispersos en los materiales Alpujárrides que en los Subbéticos (figura 7.19). Así mismo, también se obtienen valores más altos cuando el tratamiento es con sulfato magnésico.

En el caso de la grava aluvial sorprende el comportamiento detectado, que contrasta con la pérdida obtenida para la arena, sólo equiparable con algunos de los peores resultados de los materiales de trituración natural, lo cual podría atribuirse a un enriquecimiento de esquistos en esta fracción del árido.

En principio, cabe pensar en una relación muy estrecha entre la absorción y la heladicidad, según el método de ensayo contemplado en la EH-91, y en este sentido se manifiesta la normativa alemana (149). Sin embargo, los resultados que hemos obtenido en nuestro caso particular no muestran una tendencia clara entre los citados parámetros.

Consideramos que la acción del sulfato sobre el árido, por la cristalización de sus sales, es de carácter esencialmente superficial y causado por el crecimiento del cristal. Bajo esta hipótesis, el desarrollo de las tensiones se centraría en poros accesibles y en las cavidades originadas por la propia irregularidad de la superficie del grano, produciéndose un efecto cuña.

Por otra parte, al considerar el material granular en su conjunto, el desarrollo de cristales en los intersticios intergranulares puede producir un efecto fuertemente cementante de los granos, especialmente acusado en ciertas fracciones finas, al tiempo que una expansión del conjunto. Al no ser homogéneo el tamaño de los intersticios, tampoco lo será el volumen de los cristales generados, produciéndose, en consecuencia, tensiones diferenciales entre distintos puntos de la masa cementada. Ello obligará a la acomodación, bien de los granos o bien de los cristales aparecidos, provocando la rotura sobre los planos de contacto.

Al efecto originado por el fenómeno anterior, de expansión diferencial, puede sumarse otro, de evaporación diferencial durante el proceso de secado en estufa, que originaría, en los diferentes grumos de granos cementados, una especie de coraza o zuncho que tendería a romperse al generarse las presiones interiores, ya mencionadas. La acción en este caso se daría en aquellos granos en contacto con la citada coraza o zuncho.

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

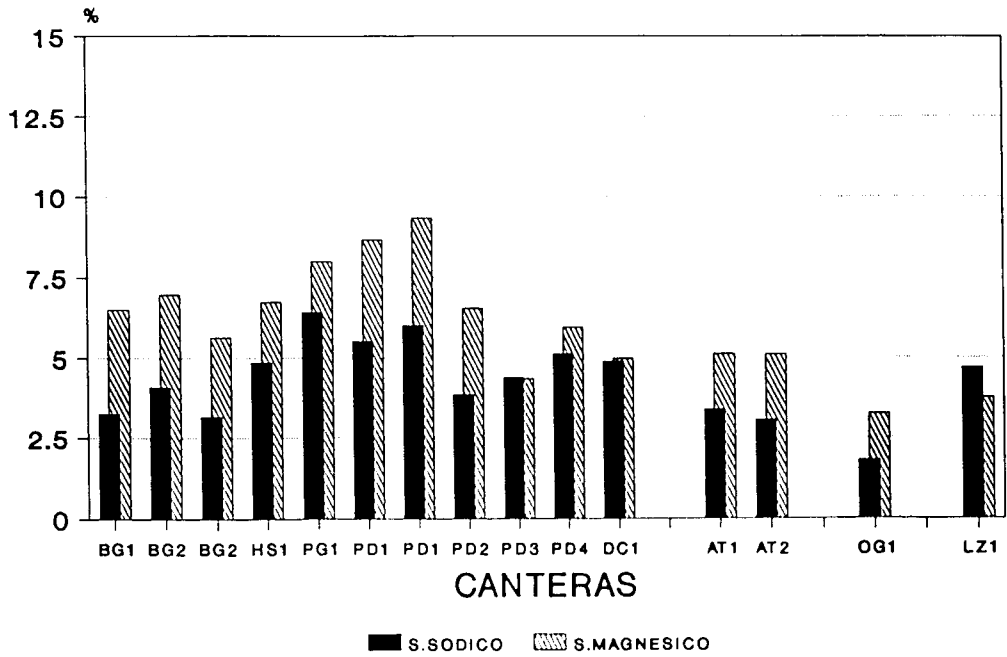


Figura 7.18. Porcentajes de pérdida de peso en arenas. Toma de Marzo.

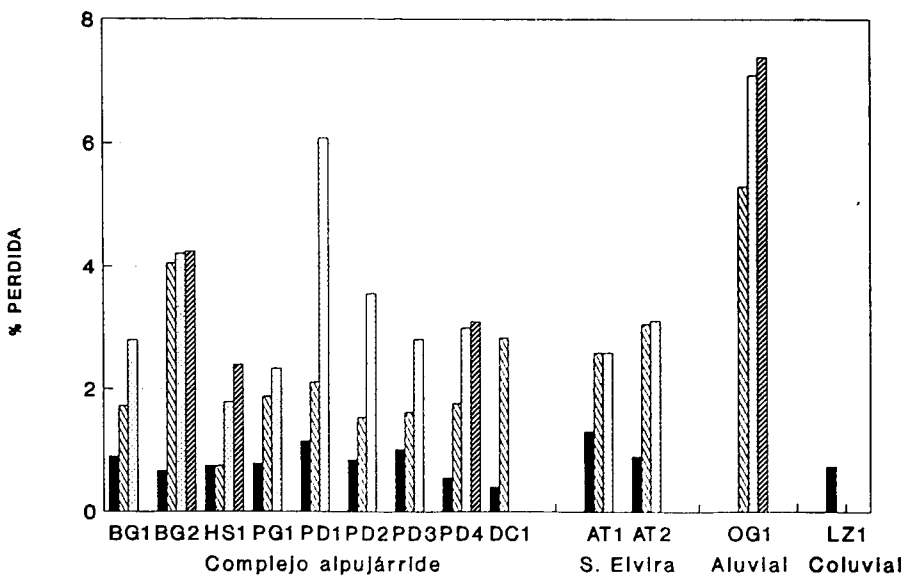


Figura 7.19. Resultados de pérdida de peso en las gravas en disolución de sulfato magnésico. Los resultados se ordenan en cada cantera de menor a mayor tamaño de la grava

Parece deducirse que la acción degradante, de los mencionados fenómenos sobre los áridos, se ve incrementada en el caso particular de los que proceden del Complejo Alpujárride (ver los gráficos generales, figuras 7.20), posiblemente debido a la microfisuración que presentan (aspecto que ha sido comentado en el apartado referente a friabilidad y desgaste), al tratarse de rocas dolomíticas, y por tanto, muy frágiles, que reaccionan fracturándose intensamente ante determinados esfuerzos tectónicos (152).

A la vista de los resultados parciales obtenidos en cada una de las muestras ensayadas, se observaron ciertas analogías en los valores relativos de pérdida en determinadas fracciones, por lo que hemos considerado de interés entrar en la discusión de esta circunstancia. Para ello se han representado gráficamente, tanto para el tratamiento con sulfato sódico como con sulfato magnésico, los citados valores relativos de pérdida de peso correspondientes a las fracciones ensayadas, comparándose los resultados de cada una de las Unidades y/o Formaciones geológicas estudiadas con la media general (figuras 7.20 y 7.21).

De las gráficas anteriores se deduce que, en la totalidad de las muestras ensayadas (media general), los valores relativos de pérdida de peso son netamente mayores en la arena que en la grava, fenómeno que se da más acusado en el tratamiento con sulfato magnésico, tal como ya hemos mencionado anteriormente.

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

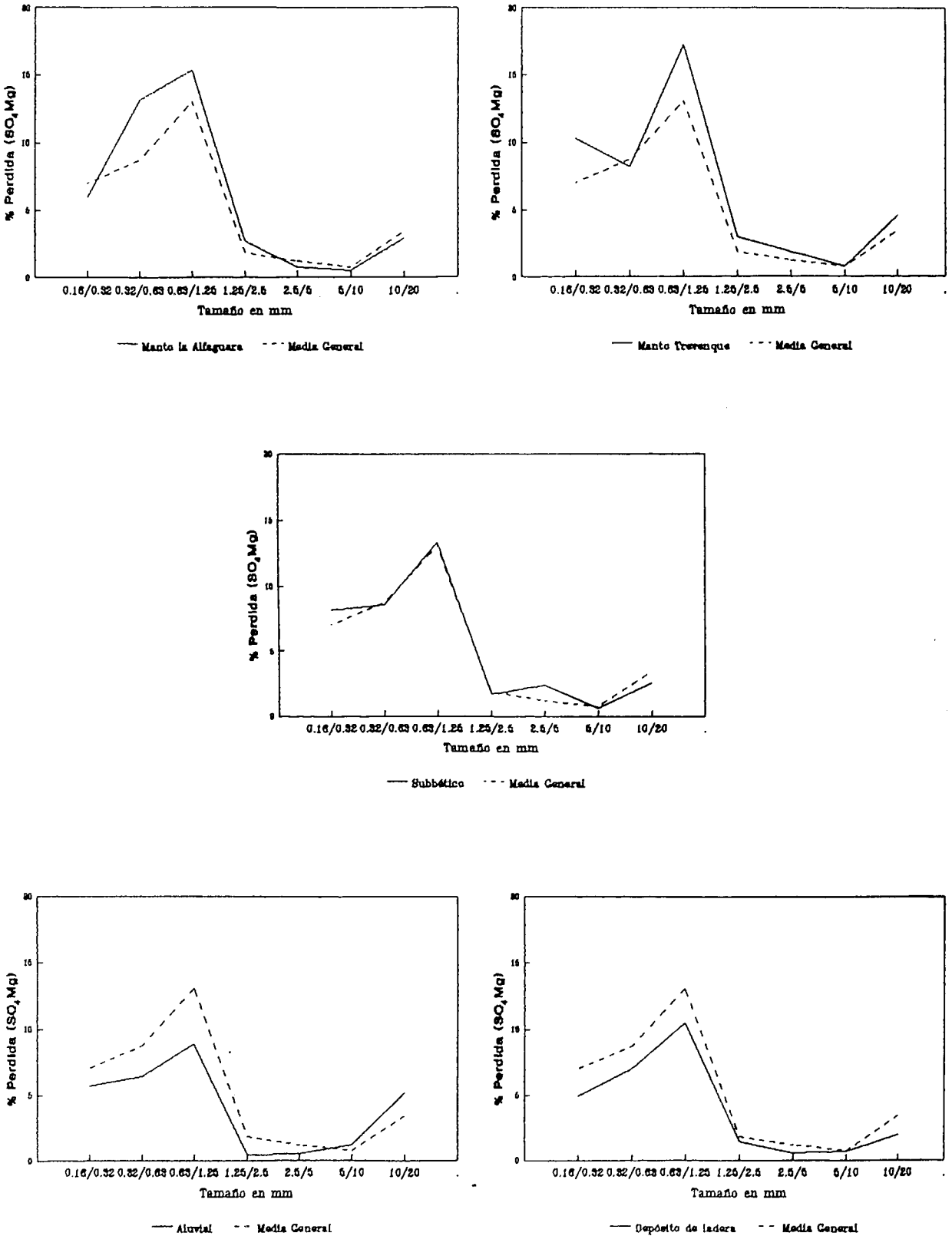


Figura 7.20. Comparación de los valores relativos de pérdida de peso en las diferentes fracciones ensayadas, tratadas con sulfato magnésico, de cada una de las Unidades y/o Formaciones geológicas estudiadas, con la media general.

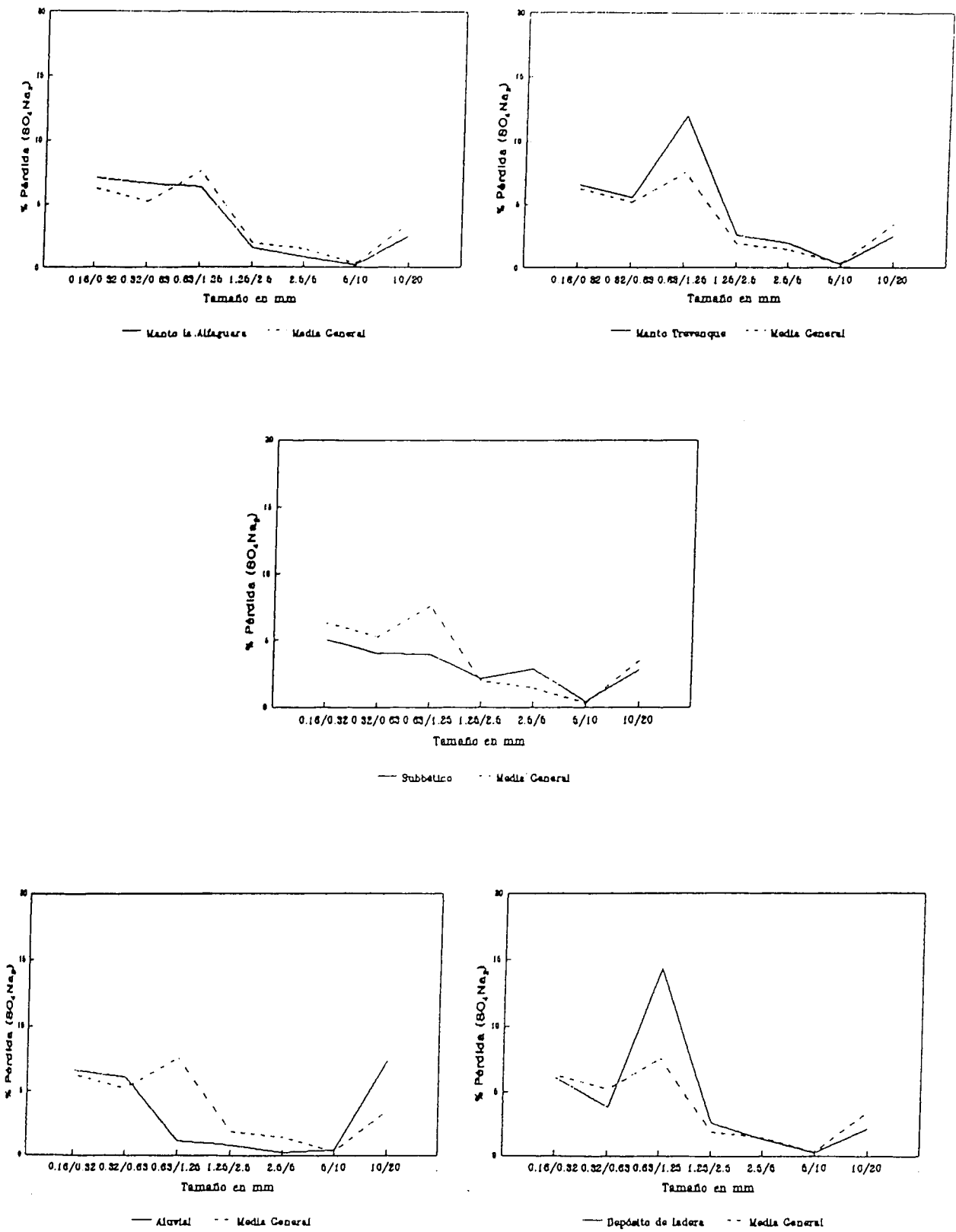


Figura 7.21. Comparación de los valores relativos de pérdida de peso en las diferentes fracciones ensayadas, tratadas con sulfato sódico, de cada una de las Unidades y/o Formaciones geológicas estudiadas, con la media general.

Sin embargo, lo que más llama la atención es el máximo detectado en la gama de fracciones de tamaño medio integrantes de la arena; así mismo se aprecia un mínimo de pérdida en los tamaños límites entre arena y la grava, notándose, en esta última, un cierto ascenso en la denudación a medida que crece el tamaño nominal del grano.

En las muestras tratadas con sulfato magnésico, las gráficas de las diferentes agrupaciones realizadas, por Unidades y/o Formaciones geológicas, muestran una tendencia similar a la de la media general. Esta correlación no es tan acusada cuando las muestras son tratadas con sulfato sódico, especialmente en las calizas Subbéticas de Sierra Elvira y en el depósito aluvial del río Dílar. Este hecho puede achacarse, en el primer caso, a un mayor equilibrio entre las presiones generadas por la expansión y la cohesión del material, y en el segundo, a la combinación del efecto anterior con la heterogeneidad que suele caracterizar a los depósitos aluviales, en cuanto a la naturaleza de las partículas.

El aspecto de la gráfica de la arena tiene diversas lecturas. Por un lado, la cantidad de huecos de conjunto aumenta con el fraccionamiento de un material, siendo éstos de menor tamaño a medida que se reduce el tamaño nominal del grano. A su vez, la creación de un mayor número de partículas conlleva un incremento de la superficie específica global. Todo ello se traduce en una mayor interacción con la solución de ensayo, potenciándose los fenómenos descritos con anterioridad, referentes al efecto aglutinante de las sales, por un lado, y a las tensiones diferenciales, por otro.

Todo lo anterior podría contribuir a justificar la mayor pérdida de peso en la arena a medida que decrece el tamaño.

El fenómeno descrito con anterioridad puede invertirse si el tamaño de la partícula desciende en exceso, pudiéndose achacar ésto a que en tamaños muy reducidos ($<0,63$ mm) la película de disolución que envuelve los granos causa un mayor entumecimiento inicial y, en consecuencia, un aumento considerable en la oquedad, permitiendo el desarrollo de los cristales con un menor efecto destructivo. Además, las diferencias en el espesor de los intersticios son menores, generando, por tanto, menores tensiones diferenciales.

A lo anterior puede añadirse un factor derivado de la propia metodología del ensayo. Los grumos formados en el primer ciclo pueden ser difíciles de disgregar, tanto más cuanto más reducido sea el tamaño de la partícula, y con ello dificultar la humectación de su núcleo en los ciclos de inmersión siguientes.

En cuanto al ascenso relativo observado en las gráficas a partir de la fracción 5/10, podría justificarse por la mayor porosidad abierta del grano y por la presencia de cavidades originadas por la irregularidad de la superficie de éste, con independencia de las microfisuras que potencialmente pudiesen existir.

Otro aspecto a considerar en relación con lo anterior, es el efecto potencialmente destructivo producido por el choque térmico entre superficie y núcleo del grano al sumergir los granos en la disolución salina, tras el secado a 110°C , tanto más acusado cuanto mayor sea el radio de la partícula.

7.3. GRANULOMETRIA Y COEFICIENTE DE FORMA.

7.3.1. Finos menores de 0,08 mm.

La Instrucción EH-91 los limita en el árido grueso a un 1 % y en el árido fino a un 6 % del peso total de la muestra, con carácter general. Para áridos procedentes del machaqueo de rocas calizas, puede admitirse hasta un 2 % en las gravas, y en las arenas hasta un 15 %, para obras en ambientes I y II, y un 10 % para obras en ambiente III o que hayan de soportar ciclos de hielo-deshielo.

La ASTM C 33 define como finos a aquellas partículas que pasan por el tamiz 200 ASTM (75 micras). En la arena se limitan al 3%, con carácter general, y al 5% cuando se trate de machaqueo y el fino esté exento de arcilla y pizarras, para hormigón expuesto a la abrasión. En otros hormigones el límite se puede elevar al 5% y 7%, respectivamente. En las gravas los finos deben limitarse al 1%, con carácter general, y al 1'5% cuando se trate de machaqueo y estén exentos de arcilla y pizarras.

En relación con la EH-91, la prescripción de la ASTM es más restrictiva. También debe señalarse que no introduce el condicionante de naturaleza caliza de la roca, además de no considerar los diferentes tipos de ambientes.

La NF P 18-301 limita los finos menores de 0'08 mm a un 10% en la arena, no siendo de aplicación a las de tamaño inferior a 0'63 mm, sin hacer distinción sobre la naturaleza del material. En las gravas, se consideran finos al tamaño inferior a 0'5 mm, limitándolos a un 2%, con carácter general, y al 5% los

tritурados, siempre que el valor de azul satisfaga las condiciones de la arena.

La DIN 4226 parece incluir este parámetro, como ya se indicó anteriormente, en el término de "componentes decantables", considerando finos a las sustancias arcillosas o polvos de piedra menores de 0'063 mm. Las limitaciones, más restrictivas que en la EH-91, están en función del tamaño, variando entre un 2 y 4%, para la arena, y 0'5%, para la grava.

El contenido en finos de las arenas, en la mayoría de los casos, ha resultado superior al 6 % limitado en la Instrucción. Tan sólo el material aluvial queda por debajo de este límite, lo cual no debe extrañar, pues se trata de una arena que se comercializa lavada.

No obstante, las arenas de Sierra Elvira, que proceden del machaqueo de rocas calizas, cumplen con el límite establecido en la Instrucción para obras en ambiente I y II (15 %), no así para ambiente III (10%), esencialmente en AT1.

En cuanto a las arenas dolomíticas del Complejo Alpujárride, no cumplen, como ya se ha indicado, con la limitación establecida con carácter general. Sin embargo, a la vista del comportamiento de estos finos en el ensayo de azul de metileno, cabría plantearse la posibilidad de si a este material carbonatado dolomítico (dolomita > 95 %), con trituración natural, también le serían de aplicación las limitaciones que establece la Instrucción para los áridos procedentes del machaqueo de rocas calizas (> 50 % de calcita). En tal caso, y entendemos que a lo largo de este trabajo se han obtenido datos que pueden confirmar esta posibilidad, la mayoría cumpliría con la limitación para ambientes I y II (figura 7.22).

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

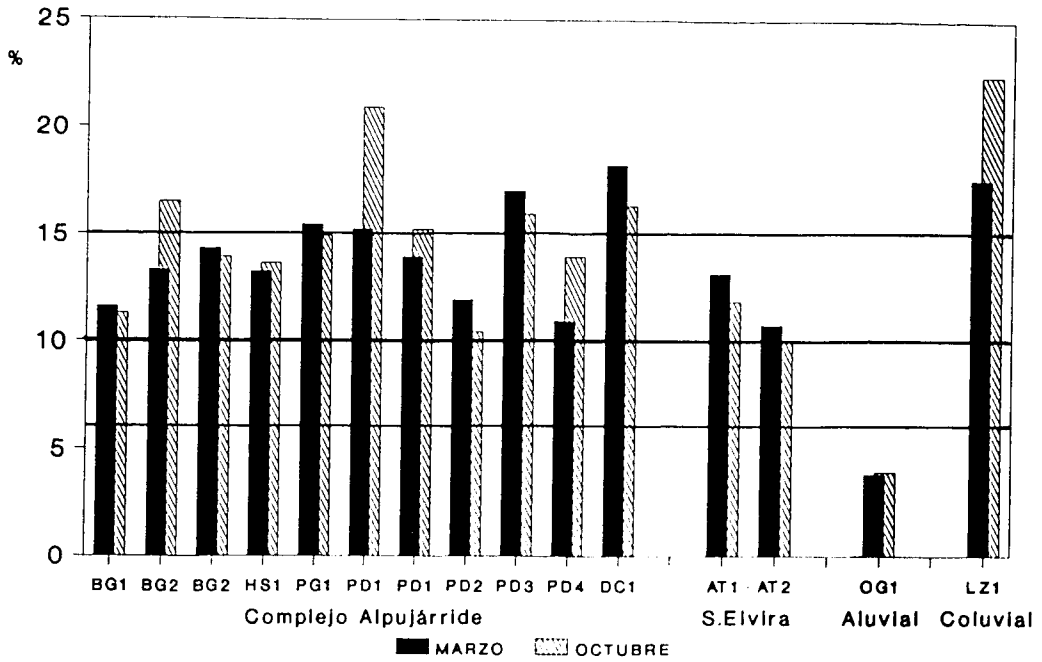


Figura 7.22. Contenido en finos < 0,080 mm en las arenas.

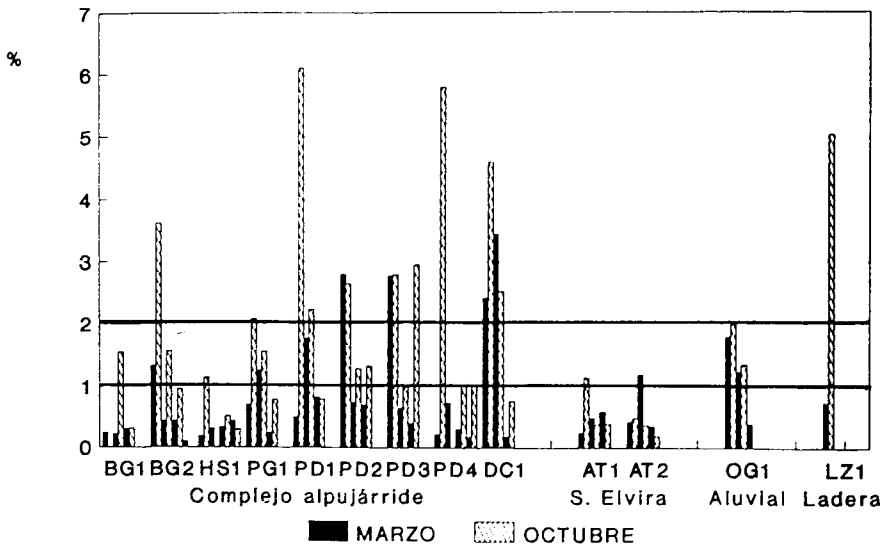


Figura 7.23. Contenido en finos < 0,080 mm en las gravas. En cada cantera los tamaños ensayados se ordenan de menor a mayor.

En lo que respecta al contenido de finos de las gravas (figura 7.23) hemos observado valores aceptables en bastantes muestras y especialmente en las canteras de Sierra Elvira. Igualmente, de aplicarse a las dolomías las excepciones establecidas para áridos calizos, muchas de ellas satisfarían la limitación.

Las gravas de la cantera aluvial, OG1, pese a comercializarse como árido lavado, superan el valor límite de la Instrucción.

En la cantera LZ1 presenta valores muy dispares entre las dos tomas realizadas. Conviene insistir en que el material que se explota es tan heterogéneo que no existe correspondencia entre ambas muestras, tomadas en distintas épocas.

Algunas gravas de las canteras del Complejo Alpujárride se acompañan, especialmente las de menor tamaño, de contenidos en finos relativamente elevados. Hemos observado, a través del análisis granulométrico, que en tales circunstancias las gravas se encuentran acompañadas de un elevado porcentaje de tamaños inferiores a 5 mm. Por ello entendemos que los finos detectados proceden de un deficiente cribado en la clasificación de tamaños y/o a una contaminación de los acopios de gravas en cantera.

Con el primer supuesto se explicaría también el descenso en finos observado al desplazarnos hacia tamaños mayores (figura 7.23). El sistema de clasificación empleado en estas canteras consiste en un tren de cribas ordenadas de menor a mayor luz de malla. Esto permite que en los tamaños menores se incorporen finos procedentes de la criba inmediatamente anterior sobre la que el cernido es, en general, insuficiente. Entendemos, por tanto, que la presencia de finos en las gravas es un problema que tiene su origen, en gran medida, en el deficiente cribado.

7.3.2. Coeficiente de forma.

En la Instrucción EH-91 se establece que el coeficiente de forma del árido grueso, determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la norma UNE 7.238, no debe ser inferior al 0'15. En caso contrario, el empleo de ese árido vendrá supeditado a la realización de ensayos previos en laboratorio, que entendemos es el modo más correcto de sancionar la forma del árido.

La ASTM C 33 no indica nada referente al coeficiente de forma.

La NF P 18-301 contempla a este parámetro bajo la denominación de "coeficiente de aplastamiento" (156), distinto al de la UNE 7.238. En este caso, el árido se separa en fracciones granulométricas y, posteriormente, se le hace pasar entre dos planos paralelos cuya separación es la del tamiz que los ha retenido dividido por 1'58. Se define como "coeficiente de aplastamiento", la proporción que pasa entre dichos planos. El límite se fija en el 30%.

La DIN 4226 hace referencia a la forma del grano indicando que ha de ser, en lo posible, compacta (esférica, cúbica). Un grano se considera con forma desfavorable cuando su relación de longitud y espesor (no anchura) sea mayor de 3:1. La proporción de granos de forma desfavorable (especialmente granos planos y alargados), para un tamaño mayor de 8'0 mm, no deberá superar el 50% en peso.

Basándose en lo anterior, se deduce que no son correlacionables ni los criterios ni las limitaciones que se establecen para el coeficiente de forma entre la EH-91 y las normas NF y DIN. Sin embargo, todas tienen el mismo fondo, es

decir, rechazar, dentro de unos límites, granos planos y/o alargados.

Todas las muestras correspondientes a las canteras analizadas satisfacen el mínimo exigido (figura 7.24).

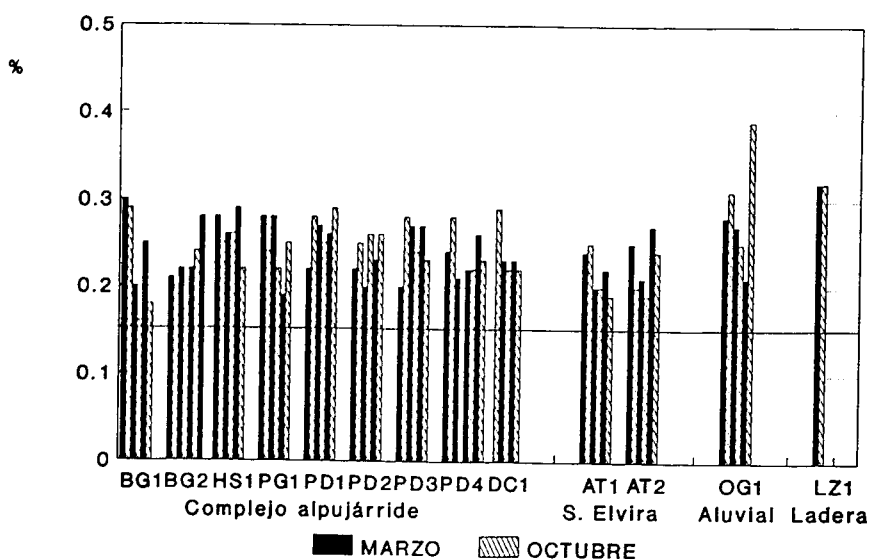


Figura 7.24. Resultados de coeficiente de forma.

7.4. ANALISIS GRANULOMETRICO.

Tal y como dijimos, al hablar de la granulometría de los áridos, la correspondiente a la arena determina, de forma fundamental, el comportamiento del árido conjunto. Por tanto, el estudio se centrará en la arena cuando se disponga del árido

separado en fracciones y, lógicamente, en la granulometría del total en los casos de disponerlo como "todo uno".

Entre los criterios cualitativos existentes para la valoración de una granulometría, se indicó que el más acertado es el de referir la curva granulométrica del material a unos husos preestablecidos obtenidos de la experiencia. La inexistencia de tales husos, tanto en la EH-91 como en el normativa española para hormigón, dificulta esta tarea. En otras normativas, como la norma alemana DIN 1045, se proponen husos para diversos tamaños de árido.

La ASTM C 33 hace referencia a los porcentajes más adecuados que deben pasar por los diferentes tamices, con una cierta tolerancia, bajo determinadas condiciones, aunque la serie de tamices ASTM difiere ligeramente de la nuestra. Indica que, en ningún caso, pasará más del 45% por cualquiera de dos tamices consecutivos.

La NF P 18-301 también propone un huso granulométrico, exclusivamente para la fracción arena, que entendemos correctamente aplicable a nuestros áridos, por la coincidencia en la serie de tamices. Respecto a la continuidad de la curva granulométrica, se establece que la proporción, en peso, retenida entre dos tamices consecutivos de la serie no será mayor del 40% (no aplicable a arenas menores de 0'63 mm), criterio más restrictivo que el de la ASTM. En la grava se fija que para un tamaño máximo $D \geq 2'5 d$ (tamaño mínimo) la proporción estará comprendida entre 33 y 67 %.

La ASTM C 33 en relación con el árido fino establece que el módulo de finura deberá estar comprendido entre 2,3 y 3,2; de no cumplirse estos valores, el árido puede ser aceptado si se tiene experiencia sobre la calidad del yacimiento del que procede.

La NF P 18-301 fija el módulo de finura entre 1'8 y 3'2, con una tolerancia de $\pm 20\%$. Excepcionalmente, para ciertos empleos, esta tolerancia se limita a $\pm 0'3$ en valor absoluto.

De acuerdo con los criterios de las normas NF P 18-301 y ASTM C 33, prácticamente la totalidad de las muestras se comportan satisfactoriamente.

En la figura 7.25 se muestran los valores de MG calculados para las diferentes arenas.

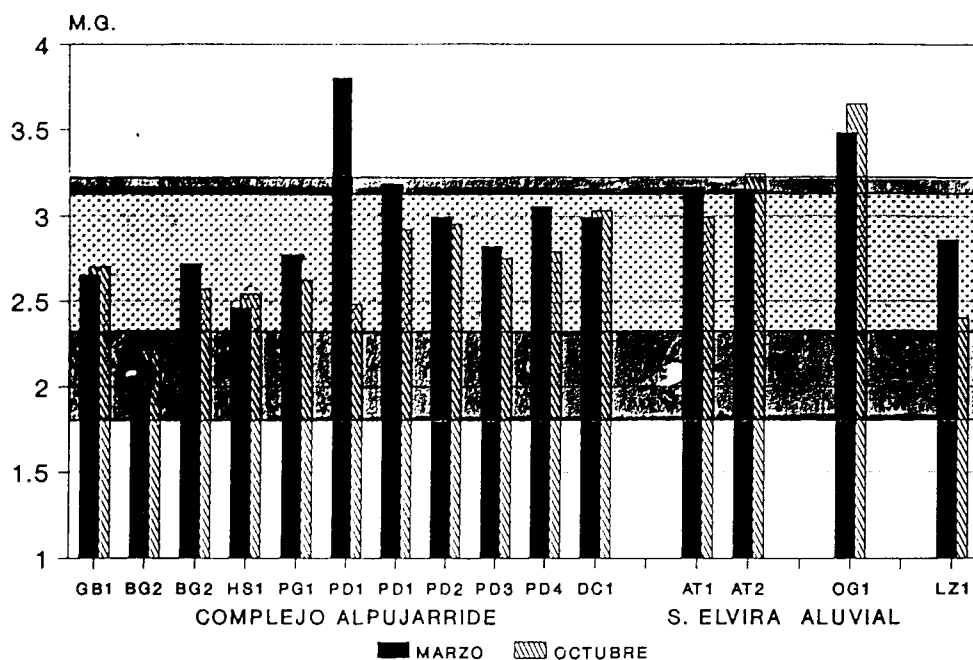


Figura 7.25. Valores de módulo granulométrico de las arenas. Se incorpora la franja de valores propuestos como más idóneos por la NF P 18-301 y ASTM C33.

De acuerdo con el huso granulométrico propuesto en la NF P 18-301, todas las arenas analizadas destacan por su elevado contenido en tamaños menores a 0'16 mm, incluso las procedentes de la cantera aluvial del río Dilar. Las que más se ajustan son

las pertenecientes a las canteras situadas en el Manto de La Alfaguara, mientras que las restantes suelen resultar, en mayor o menor medida, gruesas.

Para evaluar la composición granulométrica del árido conjunto hemos utilizado los husos propuestos en la Norma DIN 1045 (adaptados a la serie de tamices UNE), para el tamaño máximo de 20 mm. Se observa un comportamiento bastante correcto ya que la totalidad de las curvas encajan, bien en el huso de áridos "favorables" o bien en el de los "todavía utilizables".

En general, hemos observado una tendencia en los distintos áridos a contener elevadas proporciones de la fracción arena, lo que eleva las curvas, completa o parcialmente, desplazándolas hacia la línea B.

Las canteras del sector Padul-Dúrcal presentan granulometrías semejantes a las de las calizas de Sierra Elvira. Las más gruesas corresponden a las dolomías Alpujárrides de los sectores más septentrionales y al material de piedemonte.

7.5. ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS A COMPRESION DE HORMIGONES CONFECCIONADOS CON LOS ARIDOS DEL ESTUDIO.

Pese a que este apartado tiene por objeto el estudio comparativo de hormigones, entendemos que resulta interesante introducir algunos comentarios sobre las curvas granulométricas obtenidas con los áridos de cada cantera mediante el método de dosificación elegido, así como sobre la que presentan los áridos conjuntos seleccionados.

Las particularidades de cada cantera en la clasificación de tamaños para grava, dificultó la adopción de un tamaño máximo homogéneo. Ahora bien, el amplio margen de la definición de

"tamaño máximo" propuesta por De La Peña, permite tratar las distintas dosificaciones como de idéntico tamaño pese a tales diferencias. Así mismo, las particularidades del método de dosificación empleado, junto con la pródiga separación en tamaños de la grava, incidió en la continuidad, para esta fracción, de la curva dosificada.

Se observa, en general, que los áridos dosificados adoptan curvas próximas a la de los áridos conjuntos, detectándose las mayores desviaciones precisamente en los tamaños de la grava.

La finura de los áridos dosificados, valorada a través del modulo granulométrico, se debe a que el método de De La Peña incorpora altos porcentajes de arena. En cualquier caso, esto no repercute ostensiblemente en la aptitud de la dosificación, pues si la fracción arena presenta una buena gradación de tamaños, lo que se cumple para estos áridos, dicha aptitud está asegurada.

Las curvas dosificadas y del árido conjunto se adaptan bastante bien a los husos propuestos en la norma DIN 1045 situándose en general entre las curvas A y B, correspondiente a "árido favorable".

Las diferencias de asiento en cono de Abrams, observadas entre hormigones confeccionados con árido dosificado y conjunto no pueden considerarse significativas, ya que alcanzan un valor de 2 cm (figura 7.26). Toda vez que las granulometrías de ambas composiciones son muy similares en todas las canteras, entendemos que las diferencias de asiento dependen fundamentalmente del contenido en finos. Tal y como cabía esperar el aumento de dicha fracción da lugar a consistencias más secas.

Previamente a la ejecución de los hormigones con una relación A/C fija (0'6), fue necesario ejecutar una primera amasada con la que ajustar la dosificación de agua para obtener

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

una consistencia determinada (blanda). La demanda de agua de cada árido para alcanzar la consistencia pretendida se recoge en la figura 7.27. Los valores oscilan entre 160 y 201 l/m³, intervalo que resulta amplio, toda vez que diferencias de 20 litros según algunos autores (157) se traducen en cambios de consistencias. El árido rodado (OG1), no ha mostrado la demanda de agua que cabía esperar. Los 180 l/m³ que ha necesitado para alcanzar la consistencia pretendida resulta un valor intermedio del intervalo citado y supera al de numerosas muestras de material dolomítico de machaqueo.

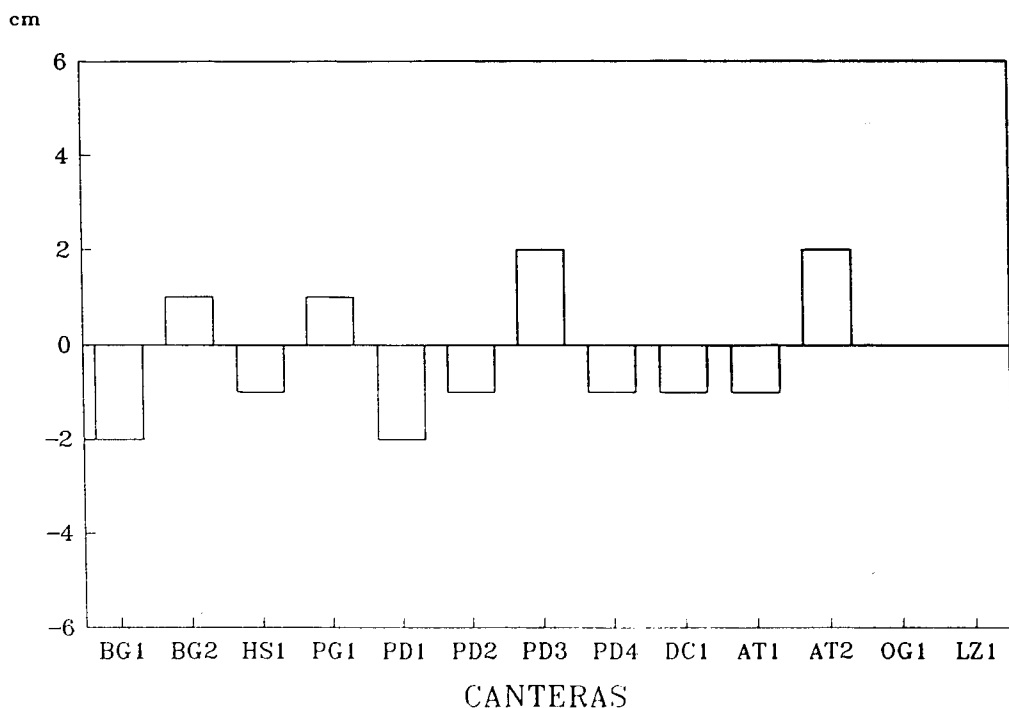
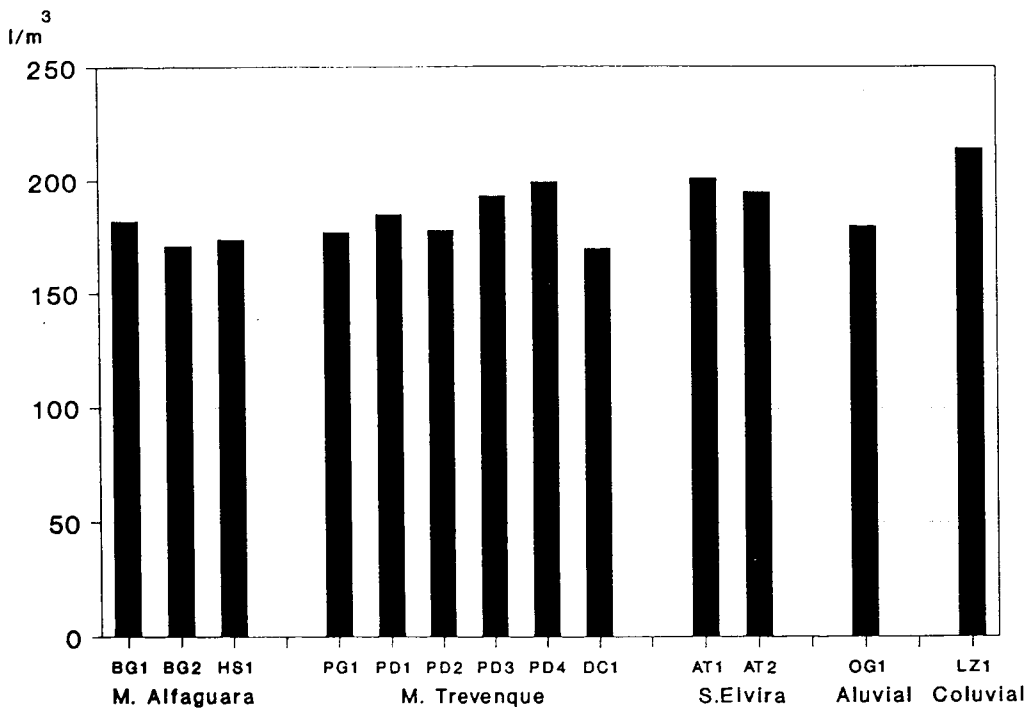


Figura 7.26. Diferencia de asiento en cono entre el árido dosificado y el árido conjunto, obtenida sustrayendo a los valores del primero los del segundo.

De los hormigones confeccionados hemos obtenido datos de resistencia a compresión a 7, 28, 60 y 90 días, tanto para los áridos dosificados como para los conjuntos.



Amasada previa

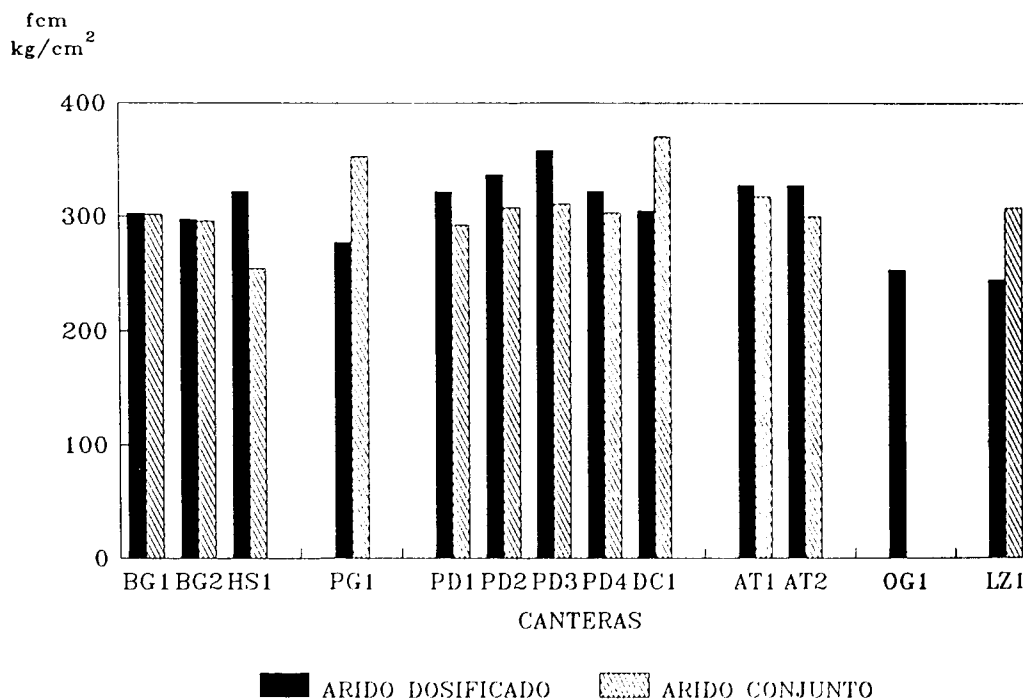
Figura 7.27. Demanda de agua de los áridos de las distintas canteras para obtener la consistencia blanda (asiento en cono 6-9 cm).

Las resistencias evolucionan de modo muy coincidente para ambas composiciones en casi todas las canteras. Las diferencias más significativas corresponden a las canteras HS1, PD3, DC1 y LZ1 situadas entre 60 y 70 kg/cm², lo que supone desviaciones de un 20% en líneas generales. Tales desviaciones no parecen corresponder a razones de granulometría; en la cantera HS1 las

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

curvas granulométricas son casi idénticas; además, mientras que en la cantera PD3 el árido conjunto se sitúa en la banda de árido "todavía utilizable" y muestra peores resultados, en la cantera DC1, pese a que ocurre lo mismo con las granulometrías, es el árido conjunto el que arroja mejores resultados, en contra de lo que cabía esperar. En la LZ1 el árido conjunto da mejores resultados, pero en este caso, el tamaño máximo de aquél (20) es superior al del árido dosificado (10), como hemos dicho.

Pese a la semejanza de resultados entre el árido dosificado y el conjunto, son los primeros los que se han mostrado, en general, más elevados. Este hecho puede apreciarse en la figura 7.28. en la que se recogen las resistencias a la edad de 28 días. Para edades superiores (60 y 90 días) se observa un comportamiento semejante, si bien en algunos casos las resistencias del árido conjunto tienden a equipararse con las del árido dosificado e incluso a superarlas ligeramente.



Relación A/C = 0,6
Edad 28 días

Figura 7.28. Resistencia a compresión a la edad de 28 días con árido dosificado y árido conjunto para las distintas canteras.

Agrupando los resultados en Unidades y/o Formaciones geológicas se observa (figuras 7.29 y 7.30) que tanto para el árido dosificado como para el conjunto las mayores resistencias se obtienen con los áridos pertenecientes al Manto Trevenque y a las Calizas Subbéticas. Los peores, por contra, se obtienen con el árido aluvial, en el que se ha observado una falta de adherencia árido-pasta que ha determinado el menor valor de sus resistencia (figura 7.31). El material del Manto de La Alfaguara y el coluvial muestran valores intermedios. De nuevo la cantera LZ1 requiere un tratamiento especial; los resultados que se observan para el material coluvial dosificado no son correlacionables con los restantes, por lo ya dicho en relación con su tamaño máximo.

De los coeficientes de conversión propuestos por la Instrucción EH-91 en su artículo 10.4, que permiten relacionar las resistencias a distintas edades, deducimos que se pueden estimar las resistencias a 28 y 90 días a partir de la de 7 días, multiplicando esta última por 1'538 y 1'846 respectivamente. Así mismo, mediante la expresión:

$$\frac{\sigma_j'}{\sigma_7'} = 2'92 - \frac{1'77}{\sqrt{\log j}}$$

citada por DREUX, que mencionamos al tratar los aspectos teóricos del hormigón. La estimación equivale a multiplicar la resistencia a 7 días por 1'38, 1'54 y 1'59 para las edades de 28, 60 y 90 días respectivamente. Es claro que aplicando el criterio de la Instrucción, las previsiones resultan más optimistas.

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON EN LA DEPRESION DE GRANADA.

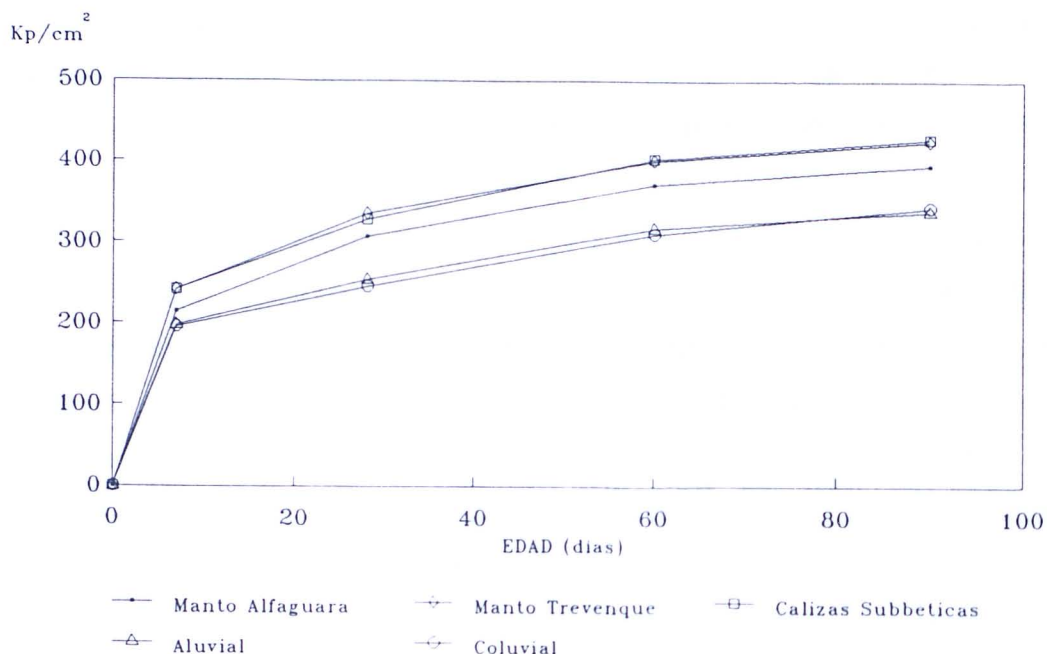


Figura 7.29. Evolución de resistencias a compresión hasta la edad de 90 días de los hormigones confeccionados con árido dosificado para las Unidades y/o Formaciones geológicas, obtenidas como media de los resultados de las canteras pertenecientes a cada una de ellas.

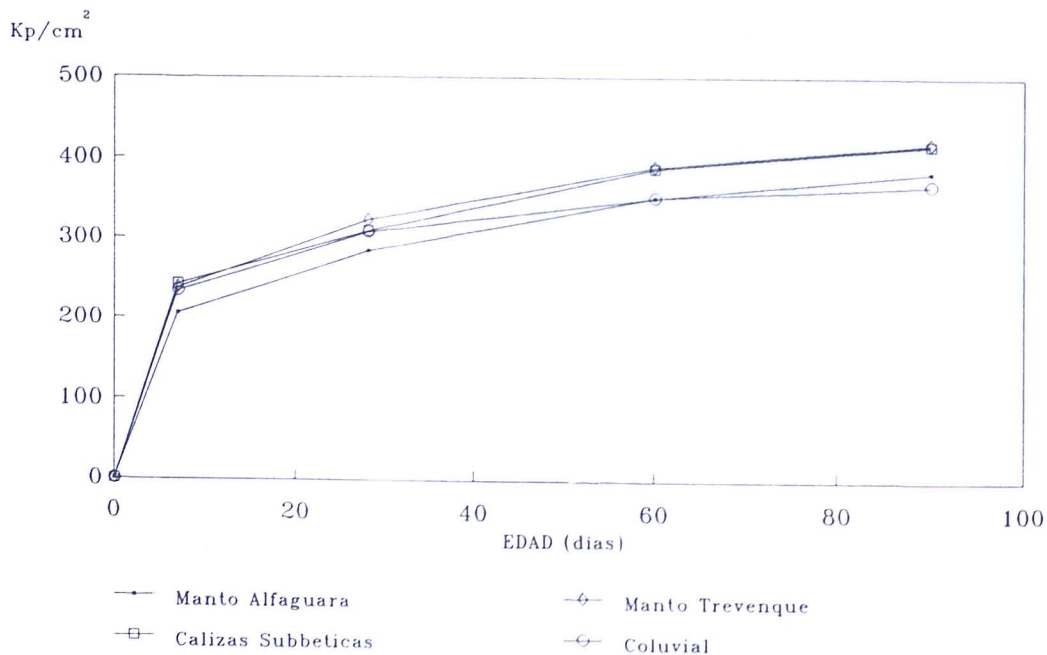


Figura 7.30. Evolución de resistencias a compresión hasta la edad de 90 días de los hormigones confeccionados con árido conjunto para las Unidades y/o Formaciones geológicas, obtenidas como media de los resultados de las canteras pertenecientes a cada una de ellas.

Las desviaciones entre los resultados de rotura que hemos obtenido y las estimaciones según los dos criterios anteriores se recogen en la figura 7.32 para el árido dosificado. A la edad de 28 días las resistencias estimadas resultan superiores a las real hasta 30 kg/cm^2 aplicando al fórmula mencionada por DREUX y de hasta 55 kg/cm^2 con el criterio de la Instrucción. Para las edades de 60 y 90 las estimaciones quedan cortas, a excepción de la que se deduce según la EH-91, que resulta más ajustada, bien por exceso o por defecto.

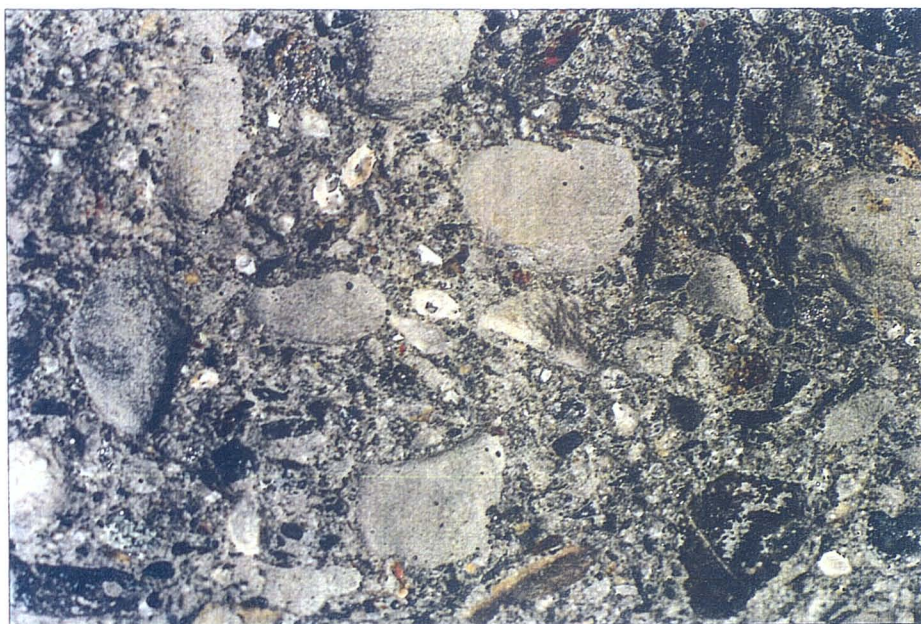


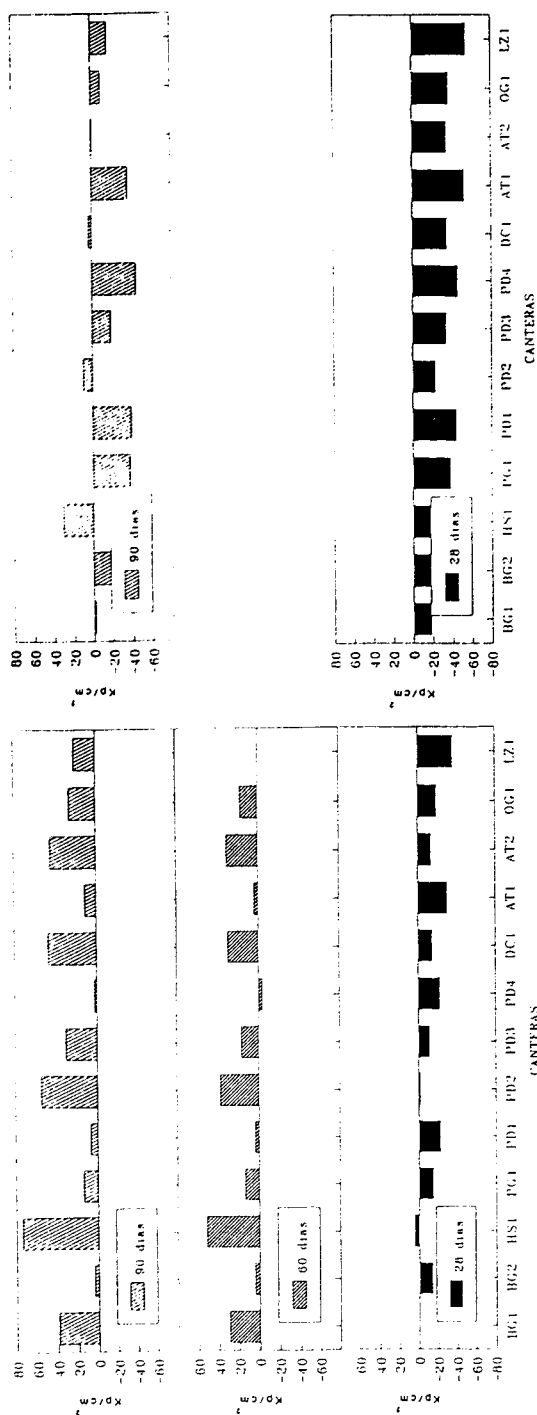
Figura 7.31. Aspecto que presenta la superficie de fractura de una probeta de hormigón confeccionado con el árido de la cantera OG1, tras el ensayo de compresión.

Debido al objetivo tan concreto de este estudio de resistencias, los resultados de velocidad de propagación de ultrasonidos obtenidos resultan insuficientes para establecer un correlación entre ambos parámetros y una referencia de calidad.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.



Faint, illegible text at the bottom of the page, possibly a footer or concluding paragraph.



A

B

Figura 7.32. Desviación entre los valores de resistencia obtenidos a 28, 60 y 90 días y los estimados a partir de los datos de rotura a 7 días, según la EH-91 (A) y la fórmula recogida por Dreux (B).

Las excelentes resistencias obtenidas concuerdan con las elevadas velocidades observadas en la totalidad de las probetas (4'5-5'0 km/s).

Estas velocidades ponen de manifiesto la elevada compacidad, resultante de emplear la relación $A/C=0'6$ para todos los hormigones. Pese a ello las densidades de estos (2'3-2'4 g/cm³) están dentro de los valores usuales, correspondiendo los más bajos al hormigón confeccionado con árido calizo, que es el de menor densidad de los empleados, tal y como se preveía.

7.6. VERIFICACION DE LA REGULARIDAD DE SUMINISTRO.

Los resultados obtenidos denotan una cierta irregularidad a lo largo del tiempo en los parámetros de la arena escogidos para este estudio, de modo muy acusado en determinadas canteras.

Con independencia de las oscilaciones observadas, resulta de interés conocer si estos parámetros se sitúan por encima de determinados valores, concretamente las diferentes limitaciones que la Instrucción EH-91 establece para el EAV y los finos <0'080 mm. Se aprecia, en todo momento, una estrecha relación entre el contenido en finos y el EAV que viene a confirmar el decisivo papel que aquellos desempeñan en el valor del EAV.

El factor de arena (FA), del que ya hemos hablado, se mueve en una banda muy reducida y casi siempre por encima de 0,90, comportamiento que sugiere la escasa actividad de los finos que acompañan a estos áridos. Las excepciones observadas serán objeto de atención al tratar las canteras implicadas.

En el sector Huétor Santillán-Puerto de la Mora los resultados de equivalente de arena se sitúan por encima de 80 en la cantera BG1, de 75 en la cantera BG2 y por debajo de este

valor, en determinados momentos, en la cantera HS1. La variabilidad en el tiempo oscila entre 16 y 18 puntos según la cantera; en determinados períodos, para BG2 estas oscilaciones sitúan el material por debajo del límite de la EH-91 para ambiente III, y en HS1 por fuera de todo límite.

El contenido en finos para este sector, no cumple en ningún caso con el máximo general que fija la Instrucción (6%). Los valores más frecuentes se encuentran en la banda de 10 al 15 %, o incluso por encima de ésta, sobre todo, en las canteras BG2 y HS1. Las oscilaciones se mueven entre 6 y 12 %.

En la cantera BG1, los satisfactorios resultados de EAV obtenidos contrastan con los elevados contenidos en finos, toda vez que este último parámetro determina, como indicamos al tratar el EAV, el valor éste.

En este sector la cantera HS1 se muestra como la más inadecuada.

La cantera del sector Güéjar Sierra, merece comentarios semejantes a la BG2, tanto en cuanto al EAV, finos y su relación. En esta cantera los valores de EAV oscilan hasta 13 puntos y los finos hasta un 8 %.

En el sector Padul-Dúrcal los resultados entre las distintas canteras se muestran muy dispersos, siendo especialmente desfavorables en la PD1, con EAV inferior a todo límite, en la práctica totalidad del período de verificación. En las restantes canteras, lo habitual es que el EAV cumpla para ambiente I Y II, y no para ambiente III. El EAV varía entre 9 y 21 puntos y excepcionalmente 35 en la cantera PD1.

Los porcentajes de finos destacan por su elevada cuantía muy superiores incluso al límite de 15 % en PD1 y DC1. Las canteras

PD2 y PD3 se muestran aptas para ambientes I y II en determinadas tomas y la PD4 en todo momento. Las fluctuaciones oscilan entre 5 y 13 %. El elevado contenido en finos en la cantera DC1 y su variabilidad en el tiempo no repercuten, de nuevo, significativamente en el EAV.

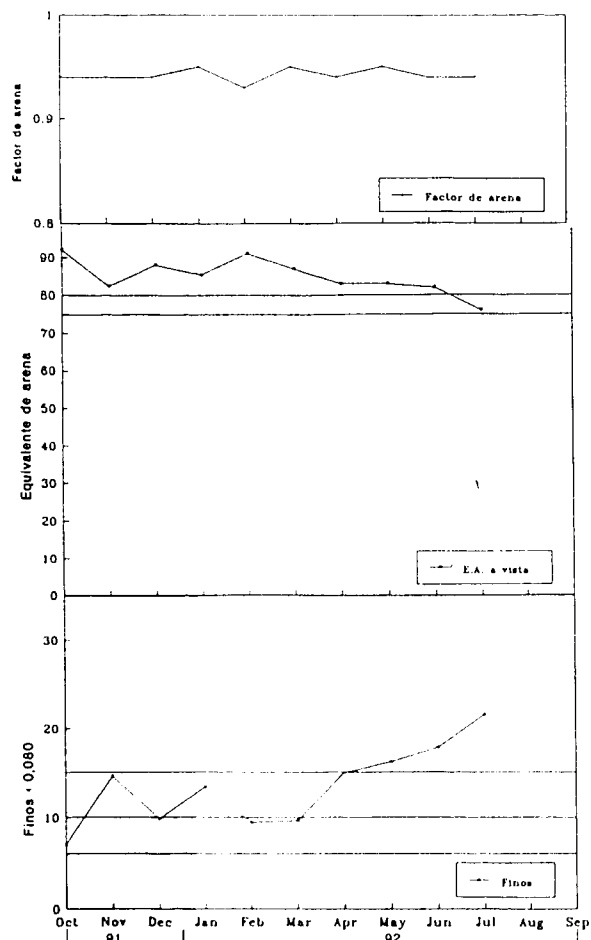
Se observa algún valor de FA por debajo de 0,90, precisamente en la cantera PD3 en la que se han detectado contaminaciones de calcoesquistos en algunos niveles del macizo dolomítico.

En este sector no se han obtenido resultados mejores que en la cantera BG1, salvo en la PD2, que junto con la anterior poseen los mejores comportamientos dentro de las dolomías Alpujárrides.

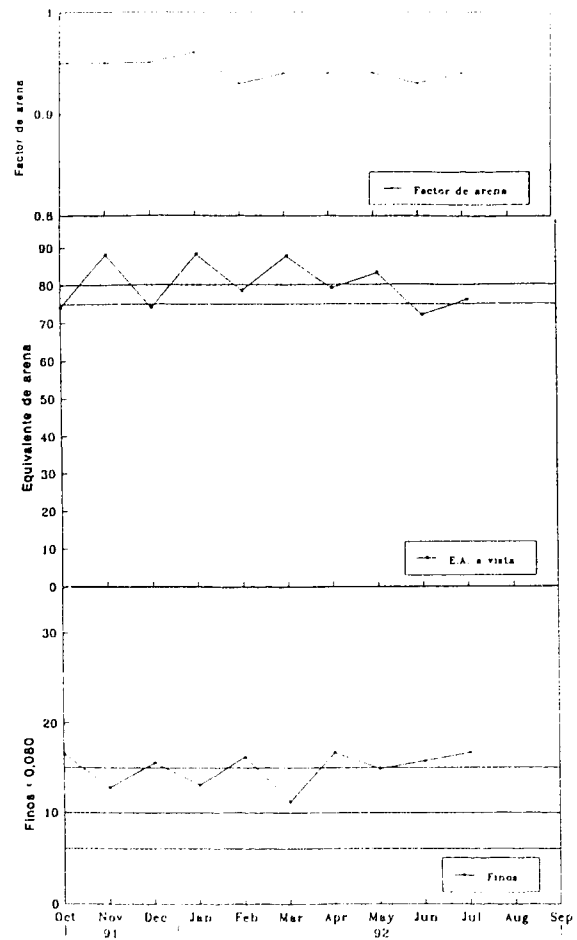
En cuanto al sector Sierra Elvira, el único al que le serían de aplicación las limitaciones excepcionales para E.A. y finos en función del ambiente, los resultados obtenidos cumplen en el caso del EAV para ambientes I y II y en ocasiones para el III, en la cantera AT2. En AT1 se han detectado valores extremadamente bajos en las tomas de febrero y junio del 92. Los valores de FA correspondientes a tales tomas sugieren la presencia de finos activos, probablemente procedentes de intercalaciones aisladas de margocalizas.

Respecto al contenido en finos, los valores más representativos se encuentran comprendidos en la banda 10-15%, que los sitúa como aptos para ambientes I y II, con dispersiones de 10 y 13 % para AT1 y AT2 respectivamente.

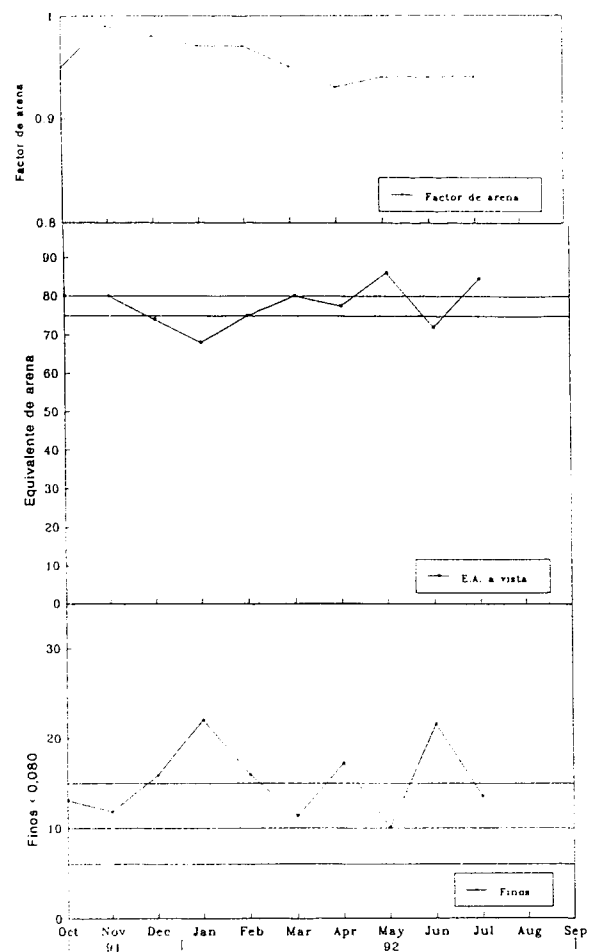
Si comparamos estas canteras con las anteriores, en base a los resultados obtenidos, entendemos que el proceso de machaqueo artificial no es garantía de mayor homogeneidad en el contenido en finos, y que sólo los procesos de clasificación por tamaños, incluyendo ciclones, pueden garantizarla.



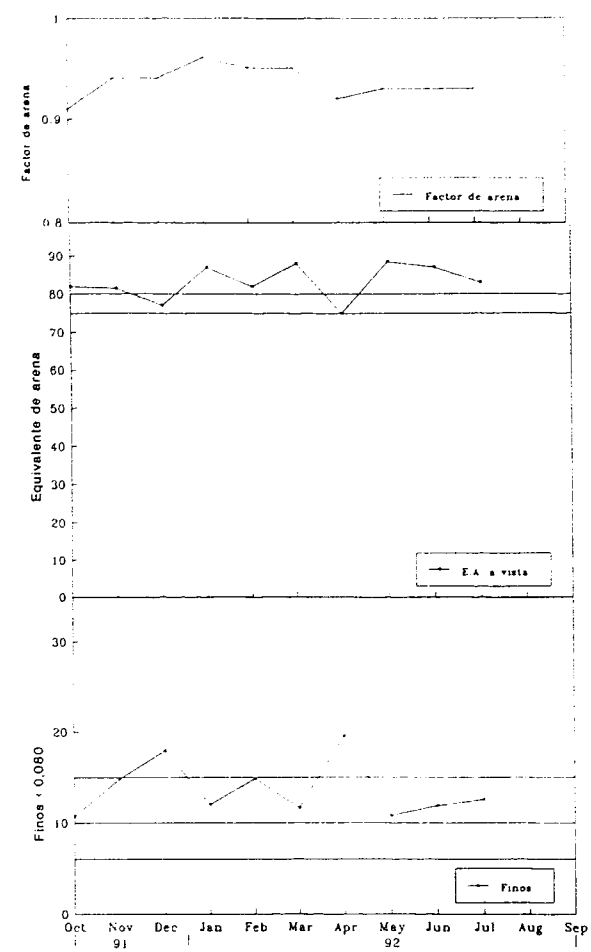
Muestra BG1A201R



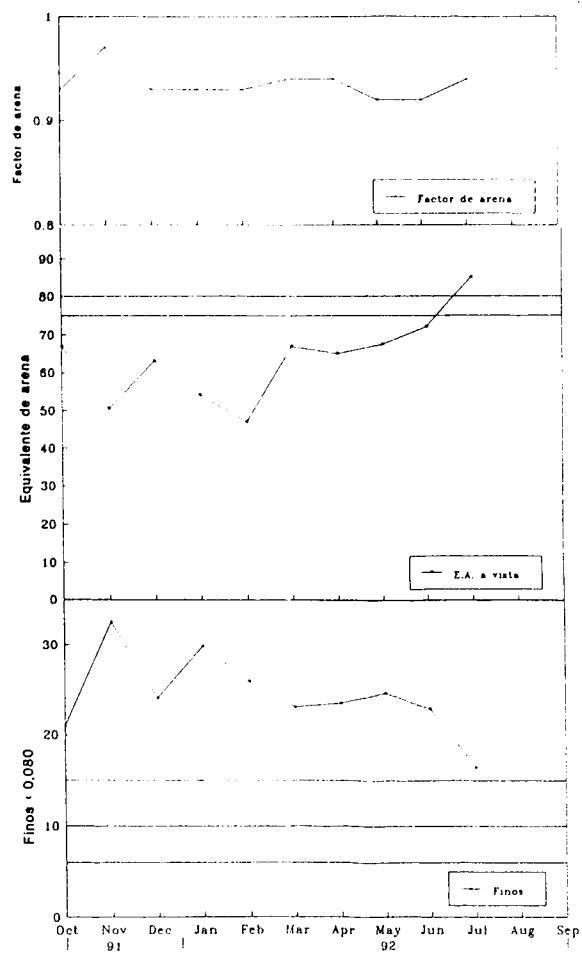
Muestra BG2A201R



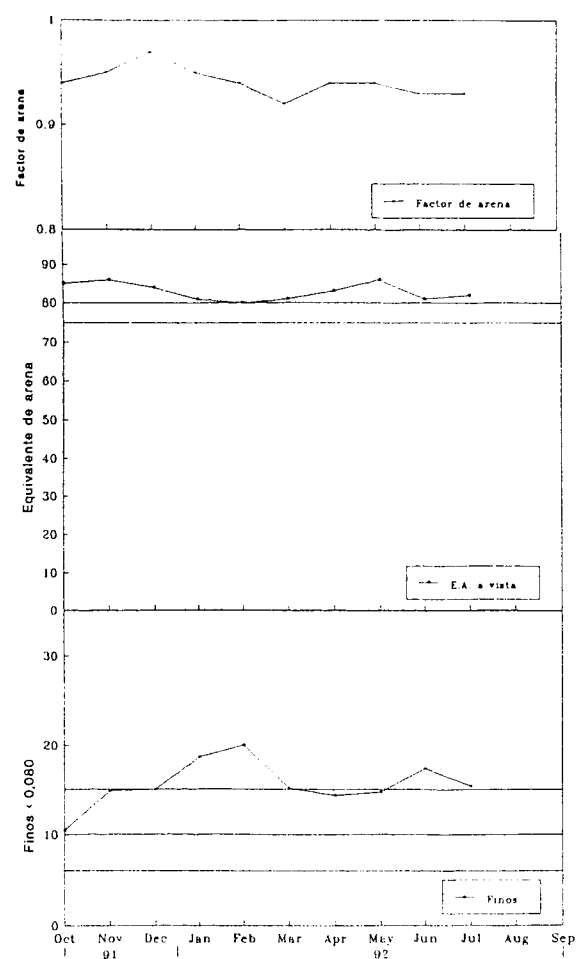
Muestra HS1A201R



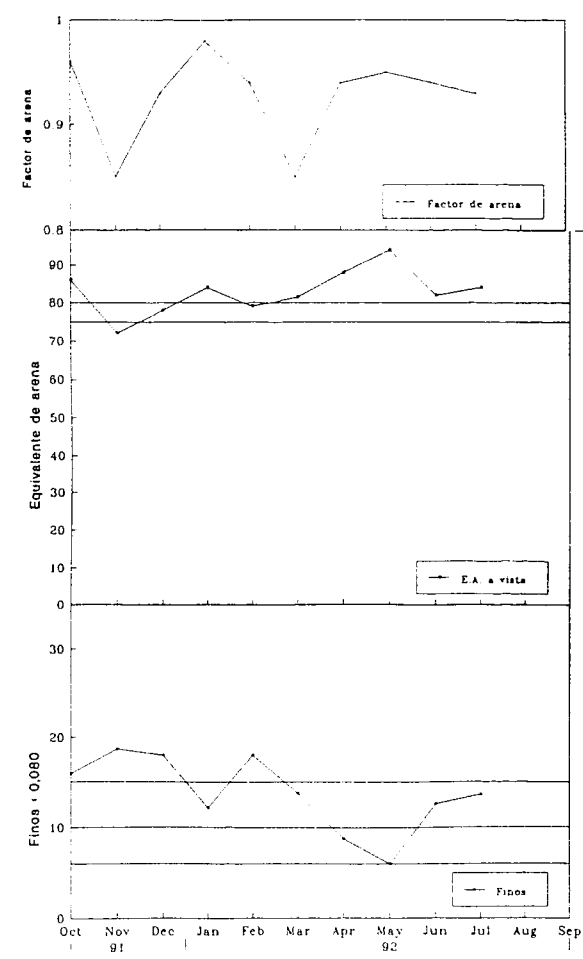
Muestra PG1A201R



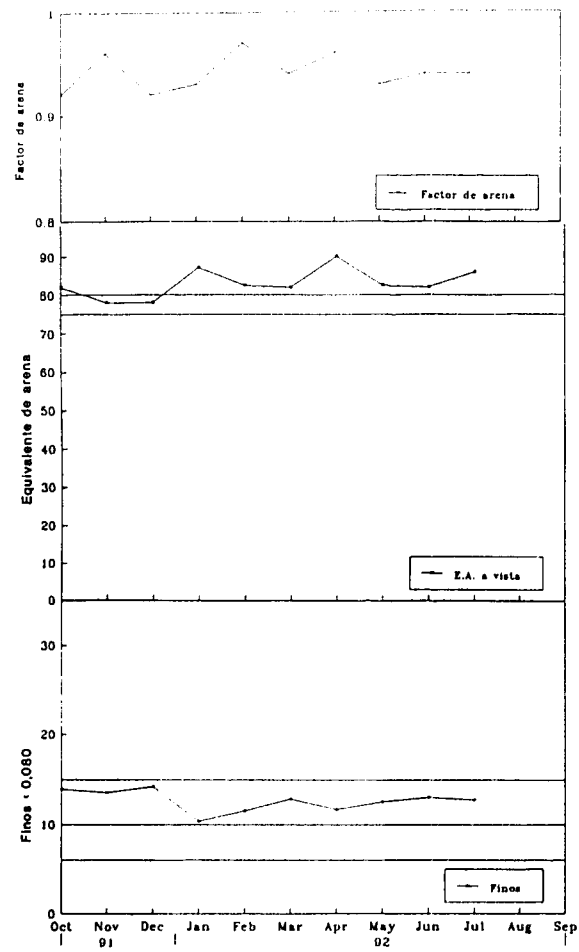
Muestra PD1A201R



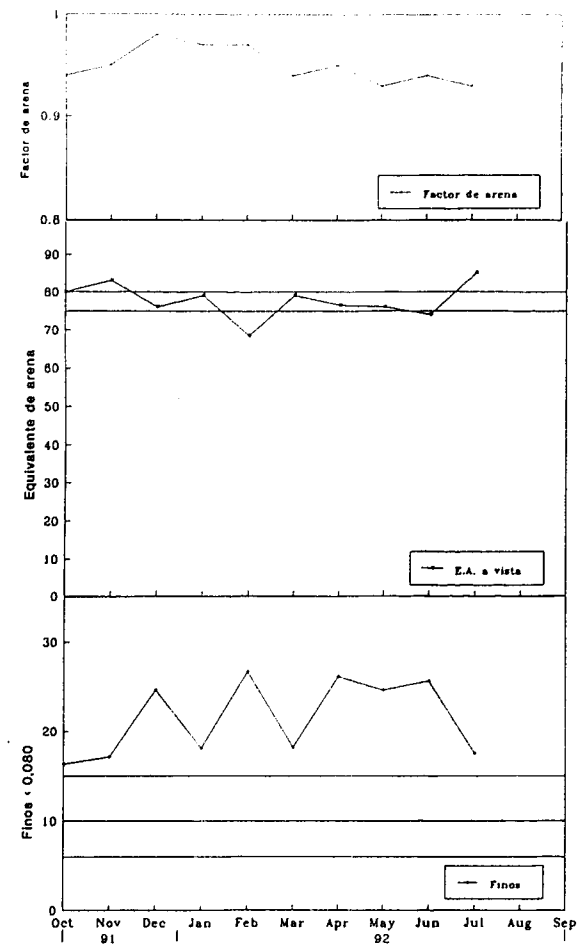
Muestra PD2A201R



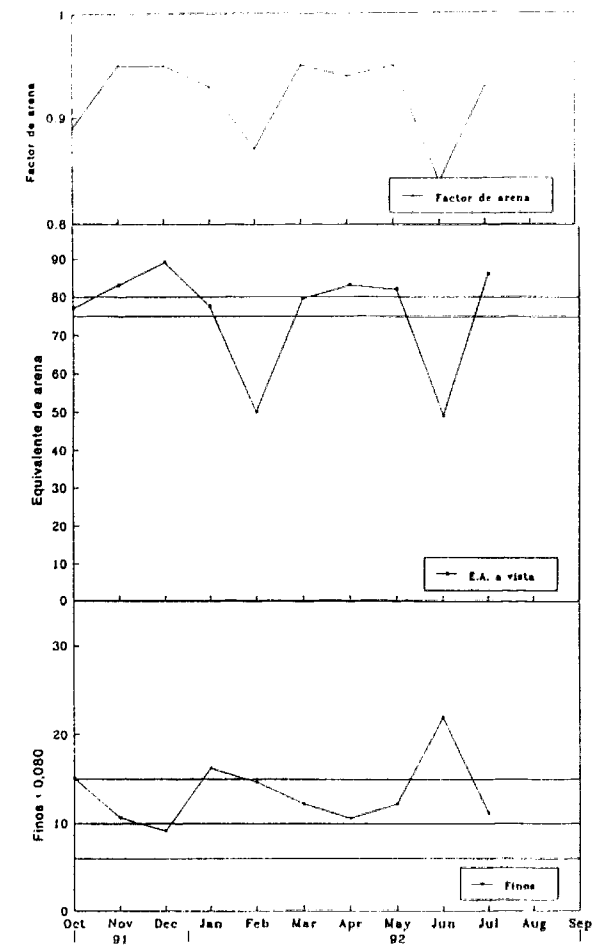
Muestra PD3A201R



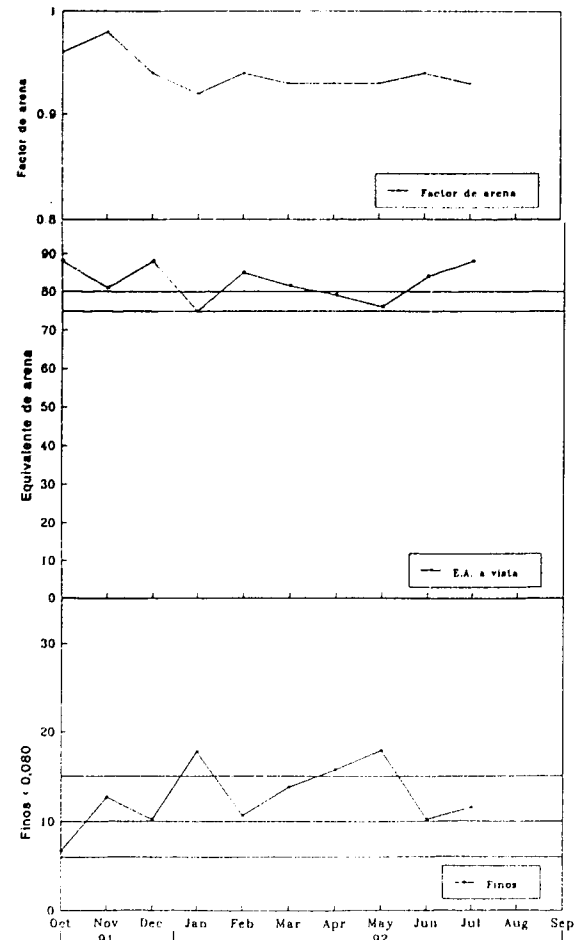
Muestra PD4A201R



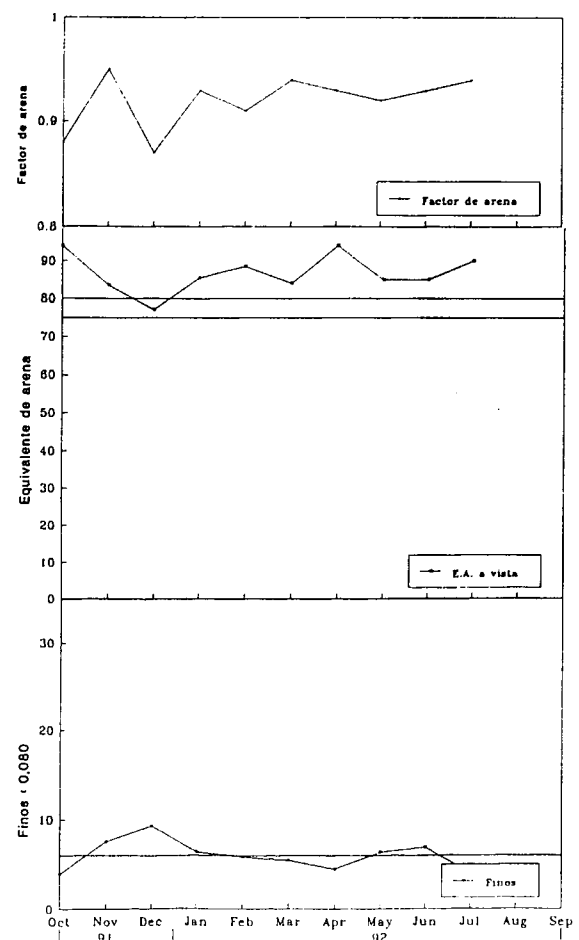
Muestra DC1A201R



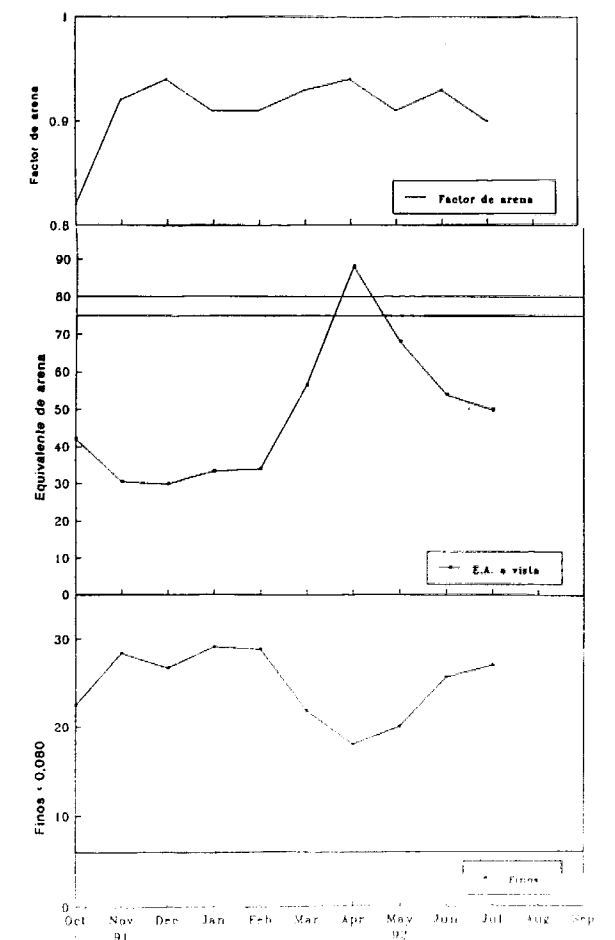
Muestra AT1A201R



Muestra AT2A201R



Muestra OG1A201A



Muestra LZ1A201

La cantera OG1, la única situada en depósito aluvial, satisface, tanto para el EAV como para el contenido en finos, las limitaciones establecidas en la EH-91, a lo largo del tiempo. Esto concuerda con la existencia de procesos de lavado para el árido en esta explotación. Las fluctuaciones son, en el EAV de 20 puntos y en los finos, muy pequeña, 6% como máximo.

Los FA parecen confirmar la presencia de arcilla, ya detectada en los análisis mineralógicos, y que modifican en alguna medida el EAV sin que varíe sustancialmente el contenido en finos. Esto hace que, pese a los buenos resultados de EAV y finos, mantengamos ciertas reservas respecto a la idoneidad de este material.

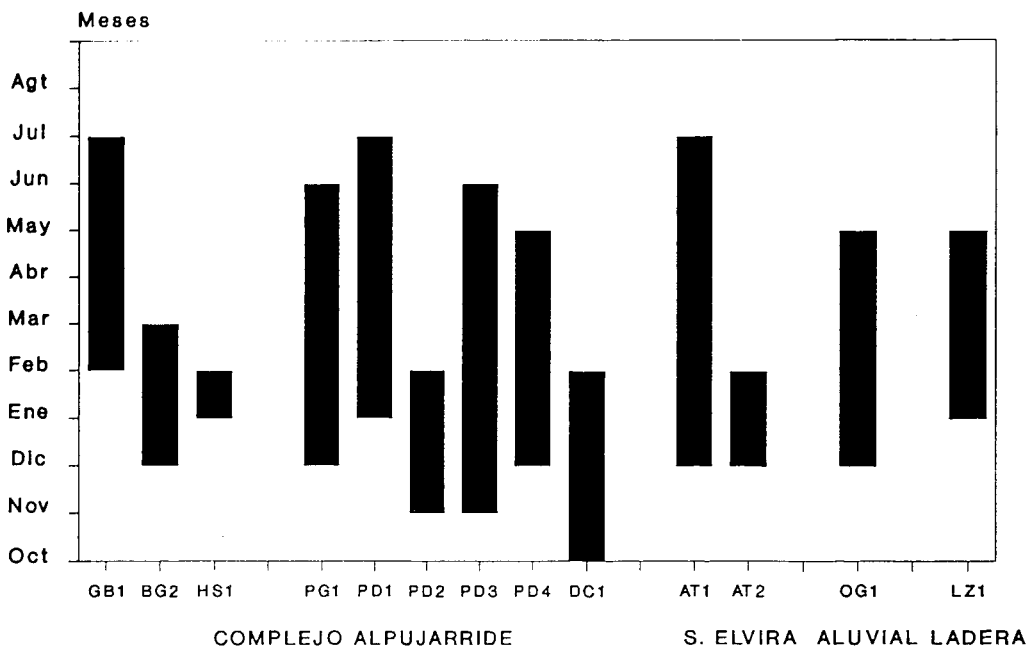


Figura 7.33. Períodos de tiempo entre cuyos extremos se han detectado las mayores oscilaciones de EAV y finos.

**CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.**

La cantera LZ1 situada en depósito de pie de monte ha mostrado los peores resultados. En general, los valores de EAV y finos incumplen notablemente los límites de la Instrucción. Las oscilaciones máximas son de 30 puntos en el EAV y 21 % para los finos. El FA merece comentarios semejantes a los vertidos para la cantera OG1. Sin duda, este material se muestra como el más inadecuado de los examinados.

En la figura 7.33 se muestra el intervalo de tiempo entre cuyos extremos se han producido las mayores diferencias de EAV y finos. A la vista de ella no deducimos relación alguna entre tales variaciones y el momento en que se producen, siendo muy particular para cada cantera. Las fluctuaciones parecen, pues, estar más motivadas por las peculiaridades de cada explotación (material extraído y proceso de elaboración), que por la época del año. Incluso hemos intentado establecer alguna relación entre estas fluctuaciones y la pluviometría (datos cedidos por la Sección de Meteorología Hidrológica del Aeropuerto de Granada) pero no se han encontrado correspondencias satisfactorias.

8. CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES.

1.- Se ha observado una gran limpieza en la totalidad de los áridos. Tanto en arenas como en gravas, la ausencia de los terrones de arcilla ha sido una constante. Posiblemente esto se deba a la naturaleza de los áridos estudiados (dolomíticos y calizos en la mayoría de los casos), así como a la inexistencia, casi general, de estratos contaminantes en los frentes explotados, una vez eliminada la montera de los mismos.

Resulta una excepción muy singular la cantera PD3, localizada en materiales alpujárrides del sector Padul-Dúrcal, debido a que en uno de los frentes de explotación aparecen intercalaciones de calcoesquistos muy alterados dentro de la masa dolomítica. Estos calcoesquistos, por su elevado grado de alteración, se comportan como terrones de arcilla, en algunos casos, y como partículas blandas, en otros. Sin embargo, hemos constatado que las labores de tratamiento y clasificación en cantera son conducentes a eliminar estas partículas del árido comercializado, resultando muy bajos los grados de contaminación observados.

2.- El contenido en partículas blandas es bajo en general. Tan sólo el árido aluvial del río Dílar muestra elevados contenidos, muy superiores al 5% limitado en la EH-91, por la existencia de micaesquistos muy degradados en la fracción grava.

3.- En las muestras estudiadas no se ha observado la existencia de materiales susceptibles de ser catalogados como partículas de bajo peso específico.

4.- Todos los áridos han mostrado un contenido en compuestos de azufre prácticamente inapreciable, al igual que ocurre con los compuestos de cloro.

5.- La totalidad de las muestras analizadas cumplen con lo establecido por la EH-91 respecto a materia orgánica. La ausencia es la tónica predominante, y sólo en las arenas del sector Dílar-La Zubia (aluviales y coluviales) y en algunas muestras de las calizas de Sierra Elvira se han detectado indicios.

Si se quiere cuantificar la materia orgánica, debe desestimarse el método del agua oxigenada, al menos para áridos con tan bajos contenidos, pues este ensayo no muestra sensibilidad suficiente. Por el contrario, el método del dicromato potásico sí se ha mostrado sensible, llegándose a la conclusión de que, en la mayoría de los casos, concentraciones inferiores al 0'30% no producen coloración al ser tratadas las muestras con la disolución de hidróxido sódico.

6.- En lo referente al EAV, las arenas del Complejo Alpujárride se sitúan dentro de la limitación para ambiente I y II, excepto alguna muestra de las canteras BG2 y PD1, mientras que para ambiente III no suelen ser aptas.

La arena de la cantera aluvial muestra muy buenos resultados, consecuencia del proceso de lavado a que es sometida.

La que se elabora a partir del depósito coluvial de

pedemonte presenta gran disparidad entre los dos muestreos realizados, resultando inadecuada para su empleo en la fabricación de hormigón la arena correspondiente a la segunda toma, si bien constituye un caso especial por la irregularidad de los acopios que se explotan.

En las calizas subbéticas del sector de Sierra Elvira, los resultados son equiparables a los obtenidos en las arenas dolomíticas alpujárrides. En cualquier caso, las arenas calizas por su composición mineralógica (mas del 50% de calcita), de no cumplir con el EAV, podrían ser aceptables, según la EH-91, si cumplen con el valor de azul de metileno, en los términos que establece la Instrucción. La muestra AT1A101R, con un EAV de 66, presenta VA de 0'620 que incumple las limitaciones para cualquier tipo de ambiente, lo que sugiere la presencia de finos activos, probablemente procedentes de pequeñas intercalaciones aisladas de margocalizas.

7.- Los áridos de las canteras estudiadas no presentan indicio alguno de reactividad expansiva con los álcalis del cemento, bien sea por presencia de sílice con baja estabilidad, como por causa de materiales dolomíticos reactivos.

Pese a que la Instrucción EH-91 advierte sobre el peligro de que algunos áridos procedentes de rocas con sustancias carbonatadas magnesianas sean reactivos, no propone método alguno para verificar, mediante ensayo de laboratorio, tal reactividad, pese a la abundancia de materiales de este tipo, como en los bordes de la Depresión de Granada.

8.- Los coeficientes de friabilidad y desgaste obtenidos para las arenas y gravas, respectivamente, se ajustan en la mayoría de los casos, a la limitación de la Instrucción EH-91.

Son las dolomías alpujárrides las que muestran peor comportamiento mecánico, aún siendo las calizas más blandas, lo que puede ser achacado a la mayor fragilidad de este material, a su propia morfología cristalina y a la debilitación que produce la microfisuración que presenta, observada mediante microscopía electrónica, consecuencia de determinados esfuerzos tectónicos.

Sin embargo, estos resultados contrastan con las buenas resistencias que se obtienen en los hormigones confeccionados con estos áridos, por lo que entendemos que, para este caso particular (áridos procedentes de rocas muy tectonizadas), el límite establecido en la Instrucción EH-91 debería ser más amplio. De hecho, la ASTM C 33 es más tolerante, pues establece el límite de 50 para la resistencia al desgaste de la grava.

9.- Respecto a los valores de absorción, tanto en las arenas como en las gravas, todos han resultado especialmente bajos, muy lejos del límite de la Instrucción, si bien debe señalarse que es en las arenas, y especialmente en las procedentes de las dolomías alpujárrides, donde se obtienen los resultados más dispersos.

10.- El ensayo de heladicidad da resultados aceptables en todas las arenas y gravas analizadas. Tal como cabía esperar, la pérdida de peso ha sido mayor, salvo en la cantera LZ1, al tratar las muestras con sulfato magnésico.

Nuevamente, son los materiales alpujárrides en los que se observa mayor dispersión y sus resultados son más desfavorables que en el árido calizo del sector de Sierra Elvira, por lo que parece deducirse que la acción degradante de las sales al cristalizar se ve incrementada, posiblemente, por la

microfisuración observada en tales materiales. La arena aluvial del río Dílar es la que muestra mejor comportamiento.

En el caso de la grava aluvial, sorprenden los resultados obtenidos, sólo equiparables con algunos de los peores de los materiales de trituración natural, que contrastan con la pérdida para la arena correspondiente, lo cual podría atribuirse a un enriquecimiento de esquistos en esta fracción del árido.

11.- Una característica muy generalizada en los áridos estudiados es el elevado contenido en finos menores de 0,080 mm, especialmente en la fracción arena donde, en la mayoría de los casos, resulta superior al 6% limitado en la Instrucción. Tan sólo la arena aluvial queda por debajo de este límite, lo cual se justifica por comercializarse lavada.

No obstante, las arenas de las canteras del sector Sierra Elvira, que proceden del machaqueo de rocas calizas, cumplen con el límite establecido en la EH-91 para obras en ambiente I y II (15%), no así para ambiente III (10%), esencialmente en AT1.

En lo que respecta a las gravas, el contenido en finos es más aceptable, especialmente en las canteras de Sierra Elvira. Las gravas de la cantera aluvial, pese a comercializarse lavadas, superan el valor límite de la Instrucción.

En la cantera LZ1, localizada en el depósito coluvial de piedemonte, se aprecian valores muy dispares de contenido en finos entre las dos tomas realizadas. Conviene insistir en que el material que se explota es tan heterogéneo que no existe correspondencia entre las muestras tomadas en épocas diferentes.

Especialmente en las gravas de las canteras situadas en el Complejo Alpujárride observamos que el contenido en finos

disminuye al aumentar el tamaño de éstas, lo que atribuimos a un deficiente cribado, toda vez que, según se deduce del análisis granulométrico, las fracciones menores suelen ir acompañadas de elevado porcentaje en tamaños inferiores a 5 mm.

12.- No se detecta ningún problema en relación con el coeficiente de forma. Todas las muestras analizadas satisfacen el mínimo exigido en la Instrucción.

13.- Aún no contemplándose en la EH-91 prescripción alguna respecto a la granulometría de los áridos, consideramos de interés manifestarnos sobre esta cuestión en la fracción arena, la de mayor incidencia en el hormigón.

Entre los criterios cualitativos existentes para la valoración de la granulometría, consideramos que el más acertado es el de referir la curva granulométrica del material a unos husos preestablecidos. A falta de tales husos en la normativa española, proponemos como más adecuado el contemplado en la norma francesa NF P 18-301, por la coincidencia en la serie de tamices.

En relación con tal huso granulométrico, todas las arenas analizadas destacan por su elevado contenido en tamaños menores de 0,16 mm, incluso los procedentes de la cantera aluvial del río Dílar. Las que más se ajustan son las pertenecientes a las canteras localizadas en el Manto de La Alfaguara, mientras que las restantes suelen resultar, en mayor o menor medida, gruesas.

No obstante, en relación con el módulo de finura, según los criterios de las normas NF P 18-301 y ASTM C 33, la práctica totalidad de las muestras se sitúan dentro de los límites establecidos en ambos casos.

14.- De las conclusiones anteriores, podemos manifestar que los áridos estudiados cumplen siempre con la mayoría de las prescripciones establecidas en la Instrucción EH-91.

La característica más significativa es el elevado contenido en finos, especialmente en la arena y en la gravilla, que supera las prescripciones que, a tal efecto, se contemplan en la Instrucción. Este hecho se da más acentuadamente en los áridos procedentes de las dolomías alpujárrides, no sólo por la trituración tectónica que presentan, que parece condicionar la existencia de mayor cantidad de finos, sino también porque en los áridos de las canteras de Sierra Elvira la prescripción es menos restrictiva, pues proceden del machaqueo de rocas calizas.

Es una excepción, y especialmente en la arena, la cantera del río Dílar, en la que el árido se comercializa lavado.

15.- Por lo novedoso de la prescripción referente a equivalente de arena y azul de metileno, y el elevado contenido en finos que presentan la mayor parte de los áridos estudiados, consideramos que es oportuno destacar algunas conclusiones al respecto.

El carácter menos restrictivo en cuanto al valor de EAV, siempre y cuando cumpla con el VA establecido, sólo se contempla en la EH-91 y NF 18-301, siendo en esta última los límites más tolerantes; las otras normativas consultadas (ASTM y DIN) no hacen referencia alguna al valor de azul e incluso ni contemplan el ensayo de equivalente de arena en la caracterización de la calidad de los áridos para hormigón.

Aún siendo similar el criterio de nuestra Instrucción y el de la normativa francesa, en esta última no se especifica, respecto a su aplicación, limitación alguna en relación con la

procedencia y naturaleza del material.

En nuestro caso, con el criterio de la EH-91, el ensayo del VA sólo sería aplicable a las arenas procedentes de las canteras de Sierra Elvira.

Los resultados que hemos obtenido manifiestan, en todo momento, una estrecha relación entre el contenido en finos y el EAV, hecho ya constatado por diversos autores, no observándose, por el contrario, relación con el porcentaje de arcilla (al menos para los cantidades detectadas en nuestros áridos: entre 0'05 y 3'2%). En cuanto al VA su limitación se supera con 1'4% de arcilla, siempre refiriéndonos a los áridos estudiados. Tales hechos dan lugar a que algunas muestras, aún siendo aptas en base al valor del EAV, no cumplan con el VA.

De todo ello deducimos que en estos áridos, en los que predominan la ilita y la esmectita en la fracción menor de 2 μm de naturaleza arcillosa, el VA resulta más restrictivo, para contenidos en arcilla por encima del 1'4%, como ya se ha indicado, con independencia del porcentaje en finos menores de 0'080 mm. Todas las arenas dolomíticas, con contenidos en arcilla entre 0 y 1%, cumplen siempre con el VA, aún presentando algunas de ellas EAV no admisibles.

Puede llamar la atención la falta de relación entre el EAV y el contenido de arcilla, pues es admitido por bastantes autores que tal parámetro pone de manifiesto la cantidad y calidad de los finos, afirmación que apoyamos cuando este ensayo se aplica al análisis de suelos; por el contrario, su sensibilidad es nula o mínima para detectar la actividad de los finos en áridos calizos o dolomíticos con muy bajos contenidos en arcilla.

En este sentido, CAMPANAC ya ha señalado que con elevados contenidos en finos el EAV no es capaz de caracterizar la

nocividad de la fracción fina, pues su efecto queda enmascarado por el de aquellos. Esta deficiencia del EAV se compensa, en cierta medida, calculando a partir de éste el llamado "Factor de Arena" (FA). En nuestro caso particular, hemos observado que no existe relación alguna entre este factor y el contenido de la fracción menor de $2 \mu\text{m}$ y, por el contrario, sí existe relación con la fracción menor de $2 \mu\text{m}$ de naturaleza arcillosa; se aprecia que el contenido en arcilla asciende rápidamente al descender el FA por debajo de 0'9. Parece desprenderse, por tanto, que el FA está muy ligado con el porcentaje en arcilla en la muestra y, consecuentemente, con la nocividad de la fracción fina.

Por todo lo expuesto y en base a los demás resultados que se han obtenido a lo largo del trabajo, entendemos que en la Instrucción se debería recoger la posibilidad de aplicar a los áridos procedentes del machaqueo de rocas dolomíticas, ya sea natural o artificial, las mismas prescripciones que se contemplan para aquellos que proceden del machaqueo de rocas calizas, en lo referente al equivalente de arena y al contenido en finos menores de 0,080 mm. En cualquier caso, sería imprescindible confirmar que el árido dolomítico no es reactivo, tal como ocurre con el de nuestra zona.

16.- La resistencias a compresión obtenidas a 28 días en hormigones confeccionados con los áridos estudiados, en donde se ha intentado dejar a éstos como única variable, ponen de manifiesto la buena calidad, a este respecto, de la mayoría de ellos.

Los mejores resultados se obtienen con los áridos que se extraen de los materiales dolomíticos del Manto Trevenque y con los procedentes de las calizas subbéticas de Sierra Elvira. Los peores, por contra, se obtienen con el árido aluvial del río Dílar, en el que se ha observado falta de adherencia árido-pasta, que ha determinado el menor valor de sus resistencias. Con los

áridos de los materiales pertenecientes al Manto de la Alfaguara y a la Formación Zubia las resistencias que se alcanzan son intermedias.

Resultados similares se han obtenido en los hormigones confeccionados con árido total, aunque, por lo general, algo más bajos que con el árido dosificado, para una relación A/C de 0,6. Además las curvas granulométricas de ambas mezclas se aproximan bastante en cada caso. Entendemos, por tanto, que los áridos que se comercializan con la denominación de "todo uno" en la zona estudiada son muy adecuados para la obtención de resistencias aceptables en hormigón.

17.- No existe regularidad de suministro en la totalidad de las canteras estudiadas.

No obstante, las canteras BG1, del sector Huetor Santillán-Puerto de la Mora; PD2, del sector Padul-Dúrcal; AT2, del sector Sierra Elvira, y OG1, del sector Dílar-La Zubia, son aquellas en las que se han obtenido menores dispersiones.

Por otra parte, si comparamos las canteras de Sierra Elvira con las que presentan mejor regularidad en el suministro de las localizadas en materiales alpujárrides, entendemos que el proceso de machaqueo artificial no es garantía de mayor homogeneidad en el contenido en finos, y que sólo los procesos de clasificación por tamaños, incluyendo ciclones, pueden garantizarla.

La cantera OG1, la única situada en depósito aluvial, es la que mantiene mayor uniformidad a lo largo del tiempo, en lo que se refiere al contenido en finos, lo cual se justifica por el proceso de lavado a que se somete el árido en esta explotación.

La cantera LZ1, localizada en la Formación Zubia, es la que presenta peores resultados a este respecto, confirmándose,

nuevamente, que el material que se explota y el proceso de elaboración son inadecuados, al menos para comercializar áridos para hormigón.

Por último, debemos añadir que no se observa relación alguna entre las fluctuaciones más importantes y el momento en que se producen, siendo muy particular para cada cantera; incluso hemos intentado establecer relación entre las variaciones en contenido en finos y la pluviometría en el período de verificación, sin encontrar correspondencias satisfactorias. Las citadas fluctuaciones parecen, pues, estar más motivadas por las peculiaridades de cada explotación (material extraído y proceso de elaboración) que por la época del año.

1894

...

...

...

...

...

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- (1) ANEFHOP'90. *Hormigón*, nº 6. pp. 51-53. (1990).
- (2) J.SORIANO CARRILLO. Características de los áridos en relación con la calidad del hormigón. *Ingeniería civil /70* pp. 83-94 (1970).
- (3) COMISION PERMANENTE DEL HORMIGON. Instrucción para el proyecto y la ejecución de obra del hormigón en masa o armado (EH-91). Real Decreto 1039/1991 del 28 de Junio (1991).
- (4) COMISION PERMANENTE DEL HORMIGON. Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-91). Real Decreto 824/1988 del 15 de Julio (1988).
- (5) G. DREUX. Guía práctica del hormigón. Ed. EDITORES TECNICOS ASOCIADOS S.A, Barcelona (1981).
- (6) AENOR UNE-7050. Tamices de ensayo. Definiciones de los términos utilizados en tamices y análisis granulométrico por tamizado (1985).
- (7) J. FRANQUIN. Los áridos en la construcción. Utilización de los áridos en el hormigón. Ed. EDITORES TECNICOS ASOCIADOS S.A. (1967) pp. 205-208.

CARACTERIZACION DE ARIDOS PARA HORMIGON
EN LA DEPRESION DE GRANADA.

- (8) F. ARREDONDO Y F. SORIA. Estudio de materiales. Tomo I. Ed. S. P. MOPU. *Revista de Obras Públicas*, Madrid (1983).
- (9) J. MONTOYA y otros. Hormigón armado. 12ª edición. Vol. 1. Ed. GUSTAVO GILI, Barcelona (1978).
- (10) A. M. NEVILLE. Tecnología del concreto. Tomo I. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. Ed. Limusa, México, D.F. (1984).
- (11) J. W. FIGG Y S. R. BOWDEN. Análisis de hormigones. Building Research Stration: Departament of the Environment (1970).
- (12) MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Instrucción para el proyecto de obras de hormigón de 1939, revisada y puesta al día, según Orden Ministerial del 20 de Marzo de 1944.
- (13) MINISTERIO DEL EJERCITO. Edificaciones militares. Orden del 18 de Marzo de 1941.
- (14) MINISTERIO DEL EJERCITO. Normas técnicas de proyecto y construcción de edificios. Orden del 10 de Septiembre de 1941.
- (15) DIRECCION GENERAL DE ARQUITECTURA. Normas de cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado. Noviembre de 1941.
- (16) PRESIDENCIA DEL GOBIERNO. Preferencia de suministro a construcciones con ahorro de hierro. Orden del 30 de Noviembre de 1943.
- (17) PRESIDENCIA DEL GOBIERNO. Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado. Decreto 2987/1968 del 20 de Septiembre (1968).

- (18) COMISION PERMANENTE. Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado EH-73. Decreto 3062/1973 del 19 de Octubre (1973).
- (19) COMISION PERMANENTE DEL HORMIGON. Instrucción para la ejecución de obras de hormigón en masa o armado EH-80. Real Decreto 2868/1980 del 17 de Octubre (1980).
- (20) COMISION PERMANENTE DEL HORMIGON. Instrucción para la ejecución de obras de hormigón en masa o armado EH-82. Real Decreto 2252/ 1982 del 24 de Julio (1982).
- (21) AENOR UNE-7137. Ensayo químico para determinar la reactividad de los áridos utilizados en la fabricación de hormigones, con los álcalis del cemento (1958).
- (22) AENOR UNE-83120. Aridos para hormigones. Determinación cualitativa de los componentes del azufre (1988).
- (23) H. WIEGERS. L'equivalent de sable et la nature de la fraction fine des sables naturels. Bull Liaison Labo. Routières, P. et Ch. pp. 147-149.
- (24) AENOR UNE-83131. Aridos para hormigones. Determinación del equivalente de arena (1990).
- (25) AENOR UNE-83130. Aridos para hormigones. Ensayo del azul de metileno (1990).
- (26) AENOR UNE-83115. Aridos para hormigones. Medida del coeficiente de friabilidad en las arenas (1989).
- (27) AENOR UNE-83116. Aridos para hormigones. Determinación del coeficiente de Los Angeles (1990).

- (28) G. MARTIN VALLEJO. Agua, áridos y aditivos. Curso de ejecución de cimentaciones y estructuras de hormigón armado. Alicante, (1980) pp. 37-43.
- (29) A. HUMEL. Prontuario del hormigón. Ed. ETA. Barcelona, (1966).
- (30) J. CALLEJA. Prólogo a la monografía de D. Veronelli: Durabilidad de los hormigones. Reacción áridos-álcalis. Ed. IETcc. Madrid, (1978).
- (31) I. BICZOK. Corrosión y protección del hormigón. Ed. URMO. Bilbao, (1978).
- (32) D. VERONELLI. Durabilidad de los hormigones. Reacción áridos-álcalis. Monografía nº352 del IETcc. Madrid, (1978).
- (33) J. RODRIGUEZ MONTERO. Comentarios a las prescripciones de los áridos de la Instrucción EH-91. Ed. S.P. E.U.A.T. de Granada. Granada, (1991).
- (34) V. MOSKVIN. Concrete and reinforced concrete. Deterioration and protection. Ed. MIR. Moscú, (1980).
- (35) D.W. HADLEY. Highway research board, 40. (1961) pp. 462-469.
- (36) MOPU. Pliego General de Carreteras (PG-3). Ed. MOPU. Madrid, (1975).
- (37) M. PANET et C. TOURENQ. Les essais de granulats. Connaissances actuelles et orientation des recherches. *Revue Général des routes*, 465. (1971) pp. 97-108.

- (38) MOPU. Diseño de mezclas bituminosas. Ed. MOPU. Madrid, (1986).
- (39) A. JOISEL. Composition des bétons hydrauliques. *Annales. I.T.B.T.P.* nº 58. Série: béton, béton armé (XXI) (1952)
- (40) A. VIRELLA BLODA. Los áridos en la construcción. Empleo de áridos calcáreos en morteros y hormigones. Ed. EDITORES TECNICOS ASOCIADOS S.A. Barcelona, (1967) pp. 297-336.
- (41) J. FAURY. Le béton. Ed. DUMOD. París, (1953).
- (42) A. DELIBES. Tecnología y propiedades mecánicas del hormigón. Ed. INTEMAC. (1989).
- (43) F. ARREDONDO. Los áridos en la construcción. Lavado, clasificación y almacenamiento de arenas. Ed. EDITORES TECNICOS ASOCIADOS S.A. Barcelona, (1967) p. 177.
- (44) AENOR UNE-83313. Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams. (1990).
- (45) R. L'HERMITE. A pie de obra. Ed. TECNOS. Madrid, (1971) pp. 55-58.
- (46) G. DREUX. Centarle à béton du centrale d'essais des structures (Saint-Rémylés-Chevreuse). Dosage des bétons. *Annales I.T.B.T.P.* nº 238. Serie: béton, béton armé (92). (1967).
- (47) F. GONZALEZ LODEIRO, J. GALINDO ZALDIVAR Y A. JABALOY. Las deformaciones alpinas en los materiales nevados-filábrides. II Reunión de la comisión de tecnología. Sociedad Geológica de España. (1990).

- (48) J. M. MARTIN Y J. C. BRAGA. Alpujárride carbonate deposits (souther Spain). Marine sedimentation in a triasic Atlantic. *Palaecologiy*, nº 59. (1987) pp. 243-260.
- (49) IGME. Mapa geológico de España a escala 1:50.000, hoja 1009, Granada. (1988).
- (50) IGME. Mapa de rocas industriales a escala 1:200.000.
- (51) CONSERJERIA DE ECONOMIA E INDUSTRIA. JUNTA DE ANDALUCIA. Mapa geológico minero de Andalucía a escala 1:200.000 (1985).
- (52) J. J. HERMES. Algunos aspectos de la estructura de la zona bética (Cordillas Béticas. España meridional). *Estructuras geológicas* nº 41. (1985). pp. 157-176.
- (53) A. MARTIN ALGARRA. Evolución geológica alpina del contacto entre las zonas internas y las zonas externas de la Cordillera Bética. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Granada, (1987).
- (54) J. A. GALLEGOS. Los alpujárrides al oeste de Sierra Nevada. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Granada, (1975).
- (55) J. C. BRAGA, J. M. MARTIN Y B. ALCALA CORAL. Reefs in coorse terrigenous sedimentary environments (upper torntonion, Granada Barin, southern Spain). *Sedimentary geology* nº 66. (1990) pp. 135-150.
- (56) IGME. Mapas de riesgos naturales ligados a movimientos del terreno, a escala 1:25.000. Zona de Granada. (1980).
- (57) IGME. Mapa geoténico para ordenación territorial y urbana de Granada, a escala 1:25.000.
- (58) CORRALES et al. Estatigrafía. Ed. Rueda. (1967).

- (59) HOLMES AND HOLMES. Geología física. 3ª edición revisada. Ed. OMEGA. Barcelona, (1980).
- (60) IGME. Mapa geológico de España, a escala 1:50.000, hoja 1026, Padul. (1980).
- (61) IGME. Mapa geológico de España, a escala 1:50.000, hoja 1041, Durcal. (1981).
- (62) IGME. Mapa geológico de España, a escala 1:50.000, hoja 1010, La Peza. (1988).
- (63) BRIAN BAYLE. Introducción a la petrología. Ed. PARANINFO. (1972).
- (64) L. G. BERRY y BRIAN MASON. Mineralogía. Ed. AGUILAR. (1966).
- (65) V. GARCIA DUEÑAS. Geología de las zonas subbéticas al norte de la provincia de Granada. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Granada, (1967).
- (66) A. LINARES Y R. MOUTERDE. Observations sur le lias de la Sierra Elvira, (province de Granada, Espagne). (1962).
- (67) P. RIVAS, C. SANZ DE GALDEANO y J. A. VERA. Itinerarios geológicos de las zonas externas de las cordilleras béticas. Itinerario: Granada-Jaén y Cabra-Loja. Ed. S.P. Universidad de Granada.
- (68) A. VATAN. Manuel de sédimentologie. Ed. TECHNIP. París, (1972).
- (69) M. DERMAN. Geomorfología. Ed. ARIEL. (1978).

- (70) A. VATAN. Manual de sedimentología. Ed. TECHNIP. (1967).
- (71) IGME. Mapa litológico de España, a escala 1:500.000. (1969).
- (72) IGME. Mapa geológico de España, a escala 1:50.000, hoja 1027, Güejar Sierra.
- (73) R. J. REEDER. Carbonates: Mineralogy and Chemistry. *Reviews in mineralogy*. Vol. 11. Ed. R.J. REEDER. Mineralogical Society of America. (1983).
- (74) AENOR. UNE-83109. Aridos para hormigones. Toma de muestras. (1985).
- (75) ASTM. ASTM C-33. Standard specification for concrete aggregates. Ed. STAFF. Easton, Md. USA, (1990).
- (76) AENOR. UNE-7133. Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones. (1950).
- (77) AENOR. UNE-7134. Determinación de partículas blandas en áridos gruesos para hormigones. (1958).
- (78) AENOR. UNE-7244. Determinación de partículas de bajo peso específico que puede contener el árido utilizado en hormigones. (1971).
- (79) J. S. CHINCHON y J. SORIANO. Revisión de la normativa que regula la caracterización de la cantidad de compuestos de azufre en los áridos utilizados en la fabricación de hormigones. *Cemento y hormigón*, nº 673. (1989) pp. 1153-1159.
- (80) AENOR. UNE-7245. Determinación de los compuestos de azufre contenidos en los áridos. (1971).

- (81) AENOR. UNE-83124. Aridos para hormigones. Determinación cuantitativa de cloruros. (1990).
- (82) AENOR. UNE-7082. Determinación aproximada de la materia orgánica en arenas para hormigones o morteros. (1954).
- (83) F. SINGER Y S. S. SINGER. Cerámica industrial, volumen I enciclopedia de la química industrial, tomo 9. Ed. URMO. Bilbao, (1976) pp. 79-82.
- (84) WALKEY Y BLACK. Determinación de materia orgánica por el método del dicromato potásico.
- (85) LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO "JOSE LUIS ESCARIO". NLT-117, contenidos en materia orgánica en los suelos con agua oxigenada. (1972).
- (86) LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO "JOSE LUIS ESCARIO". NLT-113, equivalente de arena. (1972).
- (87) RILEM. Materiaux granulaires. Aggregates and fillers. Budapest, Hongrie, (1978) pp. 33-44.
- (88) J. L. PIQUERAS SALAS y P. MARIN. Arcillas industriales en la provincia de Granada. S.P. E.U.A.T. de Granada. Granada, (1992).
- (89) LABORATORIE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES. L'essais au bleu de méthylène. Avant-projet de mode opératoire. (1979) pp.14-16.
- (90) J. L. RAMIREZ, J. M. BARCENA y J. I. URRETA. Nuevo procedimiento de verificación de la calidad de las arenas para hormigones de edificación. (1987) pp.155-163.

- (91) J. SORIANO: Réactions d'interaction entre certain granulats et la phase interstitielle du béton. *Proc. First Inter. RILEM Cong.*, 1. (1987) pp. 25-32 .
- (92) W.J. FRENCH y A.B. POOLE: Deleterius reactions between dolomites from Bahrain and cement paste. *Cement and Concrete Research*. vol. 4. (1974) pp. 925-937.
- (93) M.A. BUSTILLO, J. SORIANO, C. BARBA y L. RIESGO: Aridos reactivos. Acción de hidróxidos alcalinos sobre minerales opalinos. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*. (1983) pp. 199-209.
- (94) B.S. GOGTE: An evaluation of some common indian rocks with special reference to alkali-aggregate reactions. *Engineering Geology*, 7. (1973) pp. 135-153.
- (95) C.A. ROGERS: Evaluation of the potential for expansion and cracking of concrete caused by the alkali-carbonate reaction. *Cement, concrete and aggregates*. 8. (1986) pp. 13-23.
- (96) H.N. WALKER: Reaction products in expansion test specimens of carbonate aggregate. *Transportation research record*, 525. (1974) pp. 28-37.
- (97) E.G. SWENSON y J.E. GUILLOT: Alkali reactivity of dolomitic limestone aggregate. *Mag. Concr. Res.*, 19, (59). (1967) pp. 95-104.
- (98) M.A.G. DUNCAN, E.G. SWENSON, J.E. GUILLOT y M.R. FORAN: Alkali-aggregate reaction in Nova Scotia. I. Summary of a five-year study. *Cement and concrete research*. vol. 3. (1973) pp. 56-69.

- (99) M.A.G. DUNCAN, E.G. SWENSON y J.E. GUILLOT: Alkali-aggregate reaction in Nova Scotia. II. Field and petrographic studies. *Cement and concrete research*. vol. 3. (1973) pp. 119-128.
- (100) M.A.G. DUNCAN, E.G. SWENSON y J.E. GUILLOT: Alkali-aggregate reaction in Nova Scotia. III. Laboratory studies of volume change. *Cement and concrete research*. vol. 3. (1973) pp. 233-245.
- (101) J.E. GUILLOT y E.G. SWENSON: Mechanism of the alkali-carbonate rock reaction. *Journal of engineering geology.*, 2. (1969) pp. 7-26.
- (102) D.W. HADLEY: Alkali reactivity of dolomitic carbonate rocks. *Highway research Record*. 45. (1964) pp. 1-20.
- (103) J. CROTEAU, J. QUINN y K. SHELAT: Laboratory evaluation of the alkali carbonate reaction. *Transportation research record*, 1301. (1991) pp. 87-96.
- (104) J.J. EMERY y R.G. DRYSDALE: Evaluation of potential alkali-carbonate reactions. *A.S.T.M. Spt. 597 Living with marginal aggregates*. (1976) pp. 11-24.
- (105) J. LEMISH y W.J. MOORE: Carbonate aggregate reactions: Recent studies and an approach to the problem. *Highway research Record*. 45. (1964) pp. 57-71.
- (106) AENOR. UNE-7095. Método para la determinación del anhídrido silícico y del residuo insoluble de los óxidos de aluminio y hierro, del óxido de calcio y del óxido magnésico en cales y calizas.

(107) ASTM. ASTM C.586-86. Standard test method for potential alkali reactivity of carbonate rocks for concrete aggregates (rock cylinder method). (1986).

(108) LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO "JOSE LUIS ESCARIO". NLT-149. Resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Angeles. (1972).

(109) AENOR. UNE-83133. Aridos para hormigones. Determinación de las densidades, coeficiente de absorción y contenido en agua del árido fino. (1990).

(110) AENOR. UNE-83134. Aridos para hormigones. Determinación de las densidades, porosidad, coeficiente de absorción y contenido en agua del árido grueso. (1990).

(111) AENOR. UNE-7136. Estabilidad de áridos frente a disoluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico. (1958).

(112) AENOR. UNE-7135. Determinación de finos en áridos utilizados para la fabricación de hormigones. (1958).

(113) AENOR. UNE-7238. Determinación de los coeficientes de forma del árido grueso empleado en la fabricación de hormigones. (1971).

(114) AENOR. UNE-7139. Análisis granulométrico de áridos. (1971).

(115) J. RODRIGUEZ MONTERO. Análisis granulométrico de los áridos. Ed. S.P. E.U.A.T. de Granada. Granada, (1991).

(116) J. A. JIMENEZ SALAS y J. L. DE JUSTO ALPAÑES. Geotécnia y cimientos. Tomo I. Ed. RUEDA, Madrid (1975) pp. 33-41 y 413-416.

- (117) A. CASAGRANDE. The hydrometer method for mechanical analysis of soils and other granular materials. Report from Department of Civil and Sanitary Engineering. M.I.T. (1931).
- (118) NELC 16.01-a. Laboratorio Central de Ensayos de Materiales de la Construcción.
- (119) L. T. y M. S. "J. ESCAMILLA". NLT 105/72. Límite líquido por el método de la cuchara. (1972).
- (120) L. T. y M. S. "J. ESCAMILLA". NLT 106/72. Límite plástico. (1972).
- (121) D. CARROLL & H. C. STARKEY. Reactivity of clay minerals with acids and alkalies. *Clays and clay minerals* **19**. (1971) pp. 321-333.
- (122) H. M. KOSTER, E. E. KHOLER, J. KRAHL, I. KROGER & K. VOGT. Verändernngen and Montmorillonite durch Einwirkung von 0.1 m AEDTE-Lösungen. In *iva Cl-lonsung und 0.1 d Salzaure*. *N.Jb.Mineral. Abh.* **119**. (1973) pp. 83-100.
- (123) P. FERLA. Per una standarizzazione dei preparati per analisi mediante diffrattometria X dei materiali argillose. *La ceramica*. (1974) pp. 18-24.
- (124) F. NIETO y M. RODRIGUEZ GALLEGO. Alteración experimental de cloritas. *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*. (1980).
- (125) S. RAY, H. R. GAULT & C. G. DODD. The separation of clay minerals from carbonate rocks. *Amer. Miner.* **42**. (1957) pp. 681-685.

- (126) M. E. OSTRON. Separation of clay minerals from carbonate rocks by wing acid. *Journ. Sedim. Petrol.* **31**. (1961) pp. 124-139.
- (127) E. BARAHONA y P. PALUMBO. La separación del residuo insoluble de rocas carbonatadas. *Tecniterrae* **44**. (1989) pp. 6-9.
- (128) H. R. GAULT & K. A. WEILLER. Studies of carbonate rocks. III. Acetic acids for insoluble residues. *Pensylvania Acad. Sci. Proc.* **29**. (1955) pp. 181-195.
- (129) D. MARTIN RAMOS y F. OTALORA. Programa de control y analisis de difracción de rayos X. Doc. Interno del departamento de Mineralogía y Petrología, Univiversidad de Granada. (1989)
- (130) D. L. BISH & J. E. POST. Modern Powder Diffraction. *Rev. in Miner.* **20**. (1989) p. 369.
- (131) J.C.P.D.S. (Joins Committe on Powder Diffraction Standards). Powder diffraction file, search manual and alphabetical index. International Center of Diffraction Data. (1978-79) pp. 1146 y 973.
- (132) G. H. BRINLEY & G. BROWN. Crystal Structures of clay minerals and Their X-Ray Identification. Mineralogical Society, London. (1980) p. 495.
- (133) J. L. MARTIN VIVALDI y M. RODRIGUEZ GALLEGO. Some problems in the identificaton of clays minerals in mixtures by X-Ray diffraction photographs. Part I. Chlorite-Kaolinite mixtures. Part II. Chlorite, swelling chlorite and montmorillonite. *Clay Miner. Bull.* **4**. (1961) pp. 288-292.
- (134) F. GONZALEZ GARCIA y M. SANCHEZ CAMAZANO. Differentiation of kaolinite fron chlorite by treatment with dymetylsulfoxide. *Clay minerals* **7**. (1968) p. 447.

- (135) M. VAN DER MAREL. Quantitative analysis of clay minerals and their admixtures. *Contrib. Mineral. Petrol.* **12**. (1966) pp. 96-138.
- (136) J. W. PIERCE & F. R. SIEGEL. Quantification in clay minerals studies of sediments and sedimentary rocks. *Jour. Sedim. Petrol.* **39**. (1969) pp. 187-193.
- (137) W. PARRIS. Advances in X-Ray diffractometry of clay minerals. In. *Advances in X-Ray spectography*, Bindhoven, Netheds, Centrex Publ. Co.. (1962) pp. 73-97.
- (138) P. R. STOKKE & B. CARSON. Variation in clay mineral X-Ray diffraction results with quantity of sample mounted. *Jour of Sedim. Petrol.* **43**. (1973) pp. 957-964.
- (139) R. M. MELLINGER. Quantitative X-Ray diffraction analysis of clay minerals. An evaluation. *SRC. Report.* Saskatchewan Research Council, G-79, **6**. (1979) pp. 1-46.
- (140) E. BARAHONA FERNANDEZ. Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas. Tesis Doctoral, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Granada. (1974).
- (141) D. L. BISCAYE & J. E. POST. Modern powder diffraction. *Rev. in Miner.*, **20**. (1989).
- (142) D. CARROLL. Clay minerals: a guide to their X-ray identifications. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* **126**. (1970).
- (143) L. G. SCHULTZ. Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chermical data for the Pierre Shale. *U.S. Geol. Surv. Profes. Paper* **391-C**. (1964).

- (144) MOPU. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos. RC-88. Ed. MOPU. (1988).
- (145) AENOR. UNE-83301. Ensayos de hormigón. Fabricación y conservación de probetas. (1984).
- (146) AENOR. UNE-83304. Ensayos de hormigón. Refrentado de probetas con mortero de azufre. (1984).
- (147) AENOR. UNE-83303. Ensayos de hormigón. Rotura por compresión. (1984).
- (148) AFNOR. NF P 18-301. Granulats. Granulats Naturels pour Bétons Hydrauliques. Ed. AFNOR. (1983).
- (149) DIN 4226. Aridos para hormigón. Ed. BALZOLA, Bilbao. (1973).
- (150) AFNOR. NF P 18-582. Granulats. Determination de la teneur en soufre total. Ed. AFNOR. (1981).
- (151) U. S. DEPARTMENT OF INTERIOR. Manual de tierras. Ed. TECNICA BELLISCO. Madrid, (1990) pp. 11-23.
- (152) J. M. MARTIN MARTIN. Las dolomías en las cordilleras Béticas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Granada, (1980).
- (153) DIN 52100. Resistencia a compresión de rocas. (1980).
- (154) DIN 52106. Absorción de agua en los áridos para hormigón. (1980).
- (155) AFNOR. NF P 18-593. Granulats. Sensibilité au gel. Ed. AFNOR. (1978).

(156) AFNOR. NF P 18-561. Granulats. Mesure du coefficient d'aplatissement. Ed. AFNOR. (1978).

(157) J. RODRIGUEZ MONTERO. Introducción a los métodos de dosificación de hormigones. Ed. S.P. E.U.A.T. de Granada. Granada, (1991).