

CUALIDADES FISICO-MECANICAS DE LAS
ORTOCUARCITAS DE LA PROV. DE BUENOS AIRES
SU EMPLEO EN OBRAS VIALES Y CIVILES
1a. Sección: Chapadmalal

Ing. Honorio Añón Suárez

Dr. Víctor E. Mauriño

Ing. Duilio D. Massaccesi

Serie II, nº 198

Nota.-Este trabajo fue presentado al VI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, y publicado en la Revista CARRETERAS, XIV, (51), 12/19, 1969 y (52), 44/47, 1969.

INTRODUCCION

La provincia de Buenos Aires dispone de gran cantidad de rocas del más variado origen, en sus cordones central y sud, denominados de Tandilia y Ventania respectivamente, donde se hallan instaladas varias canteras que producen agregados pétreos en cantidad tal como para convertirla en la primera productora del país de dichos materiales.

En un trabajo anterior (1), se ha indicado la ubicación de las principales canteras de agregados pétreos en explotación en la provincia, como así sus zonas de influencia, extendidas hacia los centros de mayor consumo, con el lógico condicionamiento debido a factores económicos o vías de comunicación (Fig. 1).

El objeto de la presente comunicación es informar sobre un estudio realizado con el fin de establecer las características físico-mecánicas de las ortocuarcitas de la zona de Chapadmalal, a los efectos de verificar su empleo en obras viales y civiles.

Estos materiales han sido empleados desde hace mucho tiempo en diversos tipos de obras con excelentes resultados, aunque podría mencionarse como es lógico algún comportamiento anormal debido a deficiente selección de los materiales utilizados o inadecuado estudio de la estructura, más que a fallas intrínsecas de dichas ortocuarcitas.

Es común medir la calidad que posee un material pétreo, por los resultados que se obtienen en un conjunto de ensayos. Estos resultados sirven para fijar los límites de calidad mínima exigibles a cada uno de ellos, con cierto margen de seguridad, para las diversas aplicaciones de estos ma-

teriales, resultados que deben ser confirmados por un comportamiento aceptable en obra.

Al redactar las especificaciones técnicas para la ejecución de determinada estructura, deberán establecerse esos valores mínimos de calidad con criterio sensato, de modo que resulten rechazados los que se saben de comportamiento no satisfactorio frente a las sollicitaciones a que se verán sometidos. No debe restringirse el uso de materiales disponibles en una zona, que por sus características, plenamente confirmadas por la experimentación y con los controles debidos en obra, puedan ser utilizados en estructuras adecuadas.

Se tienen innumerables ejemplos de muy buenos resultados de obras ejecutadas con materiales que reunían ajustadamente los requisitos establecidos, digamos por caso, de dureza o desgaste y que poseyendo otras cualidades, hicieron posible esos buenos resultados.

La determinación de las propiedades de los agregados pétreos debe comenzar con un conocimiento cabal de la formación geológica, que permita establecer el origen y composición de la roca madre; por esta razón el estudio programado contempló en primera instancia este aspecto (2).

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS REGIONALES

La región de Chapadmalal (Pdo. de General Pueyrredón, Pcia. de Buenos Aires) se halla ubicada casi en el extremo meridional del cordón de sierras de Tandilia, dentro de cuyo ámbito se encuentran las canteras seleccionadas para este estudio.

Geomorfológicamente, se caracteriza por la presencia de ondulaciones de poca pendiente, debidas al modelado de la formación de ortocuarcitas. Estas lomadas suelen estar separadas por áreas más o menos planas, originadas como consecuencia de la erosión y efectos tectónicos.

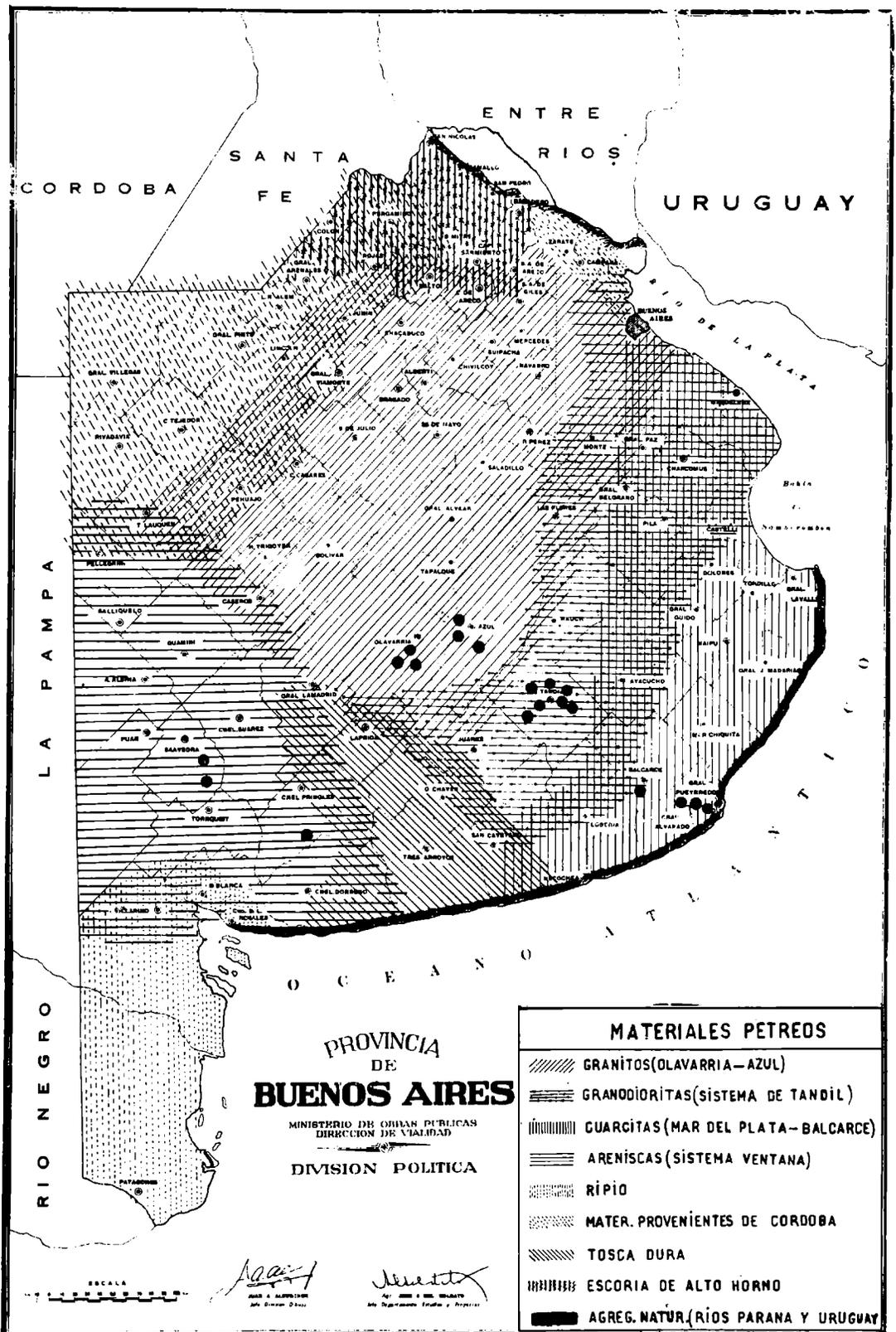


Fig. 1

La geología de la región es simple y la secuencia estratigráfica es la siguiente:

1. Formaciones

Sedimentos loésicos,
limos arenas y
tosca

Cuaternario

Discordancia

Ortocuarcitas y
arcilitas

Paleozoico Medio
(Grupo de la Tinta)

2. Cuaternario

Los sedimentos de esta edad tienen buen desarrollo en la región y tapizan o cubren, nivelando las diferencias, sobre el paleozoico por causas tectónicas o de erosión y apoyándose en discordancia erosiva sobre él. Generalmente las partes culminantes se encuentran cubiertas por tosca, con mantos variables, tanto en potencia como en estado de cementación.

3. Paleozoico

El grupo de "La Tinta", al cual pertenecen las ortocuarcitas y arcilitas, se caracteriza por ser un típico depósito de facies de plataforma (3). En él se han depositado las ortocuarcitas en espesores variables que pueden tener desde 0,30 hasta 3 metros. Los planos de estratificación en general están bien definidos, apareciendo a veces intercalaciones arcillosas con orientación paralela o subparalela.

Es relativamente común, observar ortocuarcitas conglomerádicas y hasta conglomerados oligomícticos, originados como consecuencia de cambios de velocidad en el medio de sedimentación.

La cementación de las ortocuarcitas es debida a varios procesos, tales como consolidación por peso de los estratos superiores, circulación de aguas cargadas de sílice o por procesos diagenéticos. Desde el punto de vista mineralógico son sedimentitas maduras. Estructuralmente, están afectadas por fallas del maciso, diaclasamiento y fisuración.

Se han realizado recientemente estudios (4) tendientes a verificar el grado de afectación de estas rocas en la resistencia a la compresión, teniendo en cuenta las direcciones en que se han producido las cargas estructurales. Se ha concluído que, la anisotropía adquirida o secundaria, ha afectado más la cohesión de estas rocas que la anisotropía primaria.

Las intercalaciones arcillosas pueden tener desde pocos centímetros de espesor, hasta 1 metro aproximadamente.

UBICACION DE LAS CANTERAS E INVESTIGACIONES DE CAMPO

Se seleccionaron cuatro canteras, que se denominarán en adelante A, B, C y D, por considerárselas como las más representativas de la producción de la zona y por cubrir un área que permitirá sacar conclusiones sobre las cualidades técnicas de estas rocas.

En cada una de ellas se efectuó un análisis detallado de los frentes en explotación, a fin de delimitar con la mayor exactitud la integración litológica de cada uno de los bancos ortocuarcíticos. Para ello, se estudiaron los tipos petrográficos distinguibles, sobre la base de las características siguientes: tamaño de grano, forma de cementación, composición mineralógica, fisuración, diaclasamiento, estratificación, teñido por óxidos, etcétera.

Luego de una preselección de "tipos" y "subtipos" en el campo se determinaron en gabinete los especímenes definitivos, con lo cual se llegó a un número de muestras altamente representativo de cada cantera, como podrá comprobarse en

los capítulos siguientes.

Ubicados los mencionados "tipos", se tomó del banco de procedencia de cada uno de ellos, un prisma orientado de aproximadamente 50x30x30 cm, del cual posteriormente, se cortaron las probetas para realizar los ensayos de compresión simple, abrasión y tenacidad. Asimismo, se tomaron 70 kilos de muestras tipo en trozos, que posteriormente fueron trituradas en laboratorio para utilizarlas en otros ensayos. Además de estas muestras, se prepararon cortes delgados destinados a microscopía.

Por otra parte, de la producción comercial de cada cantera, se extrajeron muestras de silo de todas las granulometrías producidas.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS CANTERAS

Cantera A

Situada sobre la ruta de Chapadmalal a Batán, aproximadamente a 2 km de la estación de ferrocarril mencionada en primer término.

Actualmente se explota en un nivel principal y cuatro secundarios. Los frentes de explotación nuevos se preparan durante el verano y la nivelación de los pisos es controlada permanentemente para permitir el desplazamiento de los tracto-cargadores. El movimiento de equipos se hace coordinándolos desde un punto de concentración, que es el taller de mantenimiento y reparación, contando con suficiente equipo de reserva.

El material de frente se carga, por tracto-cargador, a camiones que lo transportan a la boca de trituración primaria. La clasificación en la planta de trituración se efectúa con zarandas rotativas.

La cantera cuenta con transporte propio y una buena parte de las operaciones de este establecimiento se realizan

con energía eléctrica.

La parte superior del frente principal se halla coronada por tosca y sedimentos finos, debajo de los cuales y con espesores de alrededor de los seis metros, aparece una cuarcita muy diagenizada, que resulta friable y se desmenuza generalmente ante presiones relativamente leves.

Los niveles son, en general, más o menos homogéneos en cuanto a variaciones texturales, pero se distinguen cinco tipos de ortocuarcitas. Estos tipos litológicos componen en diferentes porcentajes, los frentes de cantera. A los fines de la estimación, no se ha tenido en cuenta la parte superior alterada; por otra parte la presencia de un determinado tipo en un frente, no significa que la litología conserve todas las propiedades inalterables a lo largo del afloramiento, sino que, dadas las condiciones genéticas, pueden establecerse variaciones en algunos de sus caracteres, siendo el más variable la textura.

Sobre esta base se ha establecido que los porcentajes de integración de los frentes actuales es el siguiente:

Muestra nº 1:	35 %
Muestra nº 2:	15 %
Muestra nº 3:	20 %
Muestra nº 4:	30 %

La ortocuarcita de la zona superior es de color blanco sucio, en buena parte conglomerádica, con clastos mayores de 5 mm; en baja proporción se observan clastos oscuros, siendo el principal constituyente el cuarzo con 98 %. Exhibe material fino arcilloso, deleznable al tacto, intercalado entre los clastos, que por no ser explotado no se lo ha incluido en los cuadros correspondientes a los ensayos realizados.

Muestra 1: Roca de color blanco grisáceo con planos de estratificación marcados, lo cual conspira contra su comportamiento mecánico. De grano mediano a fino, aunque en algunos planos se observan granos gruesos. Se notan laminillas de mica y algunos clastos oscuros. Pequeñas concentraciones de material arcilloso de color blanco. No es friable. Componente

predominante, cuarzo 99 %.

Muestra 2: Psammita de color blanco sucio, con regular cantidad de granos color verdoso oscuro. Grano predominantemente fino, por lo que la roca posee aspecto homogéneo. Algunos granos aparecen teñidos por óxidos. No es friable, buena cementación, no se observa material arcilloso. Componente principal: cuarzo 99 %.

Muestra 3: Roca de color blanco sucio con bandas de hasta 2 cm teñidas de amarillo por óxidos de hierro. Grano mediano a grueso, con algunos planos francamente conglomerádicos y rodaditos de 3 a 4 mm de diámetro. No es friable, ni tiene material arcilloso. Cuarzo 98,9 %. Escasos granos oscuros.

Muestra 4: Roca de color blanquecino y grano grueso en parte conglomerádico. Presenta en baja proporción material arcilloso alrededor de los granos de mayor tamaño. No es friable. El principal componente es el cuarzo.

Cantera B

Se encuentra situada inmediatamente al NE de la anterior y de la cual es vecina. A pesar de su ubicación y como consecuencia de una variación lateral de las facies de sedimentación, no resultan los mismos tipos, salvo algunas semejanzas litológicas. Por otra parte, topográficamente se encuentra unos 10 metros más alta que la Cantera A; esta razón hace que la capa de alteración mencionada en el caso anterior, tenga un desarrollo vertical mayor, estimándose su espesor entre 10 y 12 metros.

Por su aspecto, los canteristas la llaman "salitrosa", ya que su textura y estructura recuerdan a ciertos agregados de cristales de sales. A diferencia de la Cantera A, ésta cubierta, es explotada, como podrá comprobarse más adelante en la integración del material que se comercializa y es notoria su influencia en los resultados de los ensayos.

Los diferentes tipos de ortocuarzitas componen los frentes, en los siguientes porcentajes estimados:

Muestra nº 1:	7 %
Muestra nº 2:	24 %
Muestra nº 3:	16 %
Muestra nº 4:	29 %
Muestra nº 5:	11 %
Muestra nº 6:	8 %
Muestra nº 7:	5 %

Los demás bancos se trabajan en varios niveles escalonados y de diferente desarrollo, disminuyendo, como es usual, hacia la profundidad. El material de frente se carga a camiones fleteros que alimentan directamente la trituradora primaria. La clasificación del material se realiza con zarandas rotativas.

Muestra nº 1: Alterita de color blanco sucio, en gran parte conglomerádica, con rodados mayores de 5 mm mientras que en baja proporción se observan clastos oscuros. El principal componente es el cuarzo, con un porcentaje del 98,5 %; al tacto se desgrana, exhibiendo regular cantidad de material fino de tipo arcilloso intercalado entre los clastos.

Muestra nº 2: Roca de color gris blanquecino, de grano más o menos uniforme y mediano; la estratificación es marcada lo que parecería influir en el ordenamiento de los clastos, de acuerdo con su diámetro. Se observan en algunos granos la presencia de material muy fino de tipo arcilloso. Hay un bandeado oscuro. El principal componente es cuarzo. No es friable.

Muestra nº 3: Color gris claro con leve tonalidad rosada. Grano fino mediano y bastante uniforme, no es fácilmente distinguible la estratificación. No es friable. No se observa material arcilloso. Principal componente: cuarzo, acompañado por escasos granos oscuros.

Muestra nº 4: Roca color gris blancuzco con leves tonalidades rosadas. Grano mediano a fino en partes conglomerádico. Se observan concentraciones aisladas de material muy fino. No es friable. Principal componente: cuarzo 99 %. Se observan escasos minerales verde oscuro.

Muestra nº 5: Psammita de color gris blanquecino con leve tonalidad amarillenta, de grano bastante uniforme, aunque se distinguen algunos que sobresalen por su mayor diámetro (1 a 1,5 mm). Existe un bandeo determinado por la estratificación, cuyos planos aparecen en algunos casos coloreados por limonita. Cuarzo: 98,8 %. No es friable. Los planos de estratificación pueden conspirar contra su respuesta a tensiones.

Muestra nº 6: De color amarillo fuerte, en algunos planos, que pueden bajar hasta tonos amarillentos débiles. Estos planos separatorios acusan concentraciones de óxidos. El diámetro de los granos es variable, haciéndose en partes la textura conglomerádica. Principal componente: cuarzo 98,5 %. Se advierte algo de material arcilloso, con limonita en los granos de mayor diámetro. Este tipo, al igual que el anterior, bajará su resistencia a tensiones en razón de la forma de sedimentación que acusa.

Muestra nº 7: Roca de color gris claro a rojizo, en bandas que van de 1 mm a 5 mm; la tonalidad tiende a dar a la roca un color morado, este teñido parecería responder a un proceso metasomático. Se observa alternancia en los diámetros de los clastos, que aumentan o disminuyen por bandas. Buena cementación, no se observa material arcilloso y el principal componente es el cuarzo 98,9 %. En este caso la presencia del hierro se atribuye a procesos de reemplazo, por lo que no afectará las cualidades mecánicas.

Cantera C

Esta cantera se encuentra a unos 3 km al SE de la estación Chapadmalal, sobre el camino a Batán.

Se ha comenzado la explotación en dos frentes, de los cuales uno de ellos situado al SE, ha sido más trabajado. La cubierta de alteración es de poca potencia, llegando a medir alrededor de 1 m en algunos puntos.

Los pisos de la cantera son controlados permanentemente y dada la posición estructural de las ortocuarcitas en esta región resulta más fácil el mantenimiento, con menor incidencia

T A B L A I

INTEGRACION DE LAS "MUESTRAS DE SILO"

Cantera	Muestra de Silo	Muestra tipo n°	Integración
A	(1 - 5)	1	6 %
		2	30 %
		3	37 %
		4	27 %
B	(1 - 5)	1	37 %
		2	18 %
		3	5 %
		4	7 %
		5	9 %
		6	17 %
		7	7 %
C	(1 - 3)	1	21 %
		2	42 %
		3	10 %
		4	7 %
		5	20 %
D	(1 - 5)	1	74 %
		2	24 %
		3	2 %

en el rubro correspondiente.

Todo el movimiento de equipos es centralizado en la Cantera A; de la misma firma, por razones de mejor control y facilitada por la proximidad de las dos instalaciones.

El material es transportado por camiones, desde el frente a la planta de trituración, los cuales descargan directamente el material en la boca de la primaria.

Previamente a la explotación de los diferentes bancos de roca, es eliminado el destape, de manera que la parte alterada no compone el producto elaborado por este establecimiento.

Los tipos litológicos, que a continuación se describen, integran con el criterio ya establecido, los frentes de explotación, habiéndose estimado los mismos en los siguientes porcentajes:

Muestra nº 1:	35 %
Muestra nº 2:	25 %
Muestra nº 3:	10 %
Muestra nº 4:	10 %
Muestra nº 5:	20 %

El destape no se ha tenido en cuenta, por las razones ya expuestas.

Muestra nº 1: Roca blanca grisácea, con tonalidades amarillentas debidas a óxidos. De grano muy homogéneo, mediano a fino. Escasos clastos oscuros. Los planos de estratificación, aunque visibles, tienen buena cementación, puede aumentar la coloración en bandeado muy fino. No hay material arcilloso ni es friable. Principal componente: cuarzo 99 %.

Muestra nº 2: Roca de color blanco sucio, de grano algo más grueso que la anterior, pero de aspecto homogéneo. Sin material arcilloso y compuesta por 99 % de cuarzo. Escasos granos oscuros. La presencia de granos gruesos puede influir desfavorablemente en el desgaste.

Muestra nº 3: Fuertemente coloreada con tonalidades amarillentas

tas hasta tonos débiles y desde rosado pálido hasta rojizo. Granos de diámetro variable, a veces abiertamente conglomerádico, con rodaditos de 5 a 6 mm. Cuarzo: 90,8 %. No es friable, ni se observa material arcilloso. La estratificación con hierro podrá afectar eventualmente sus cualidades físicas y mecánicas.

Muestra nº 4: De color rosa violáceo, aspecto conglomerádico, con predominancia de grano mediano a fino y clastos mayores de 4 mm. 99 % de cuarzo y escasos clastos oscuros. No es friable. El teñido de los óxidos se debe a procesos metasomáticos, por lo que no afectará las propiedades mecánicas de estas rocas.

Muestra nº 5: Blanco grisáceo, con líneas de 2 a 5 mm de color rosado o verdoso; de grano fino, bastante uniforme. Cuarzo 99 %. No es friable, ni se observa material arcilloso. La estratificación marcada puede ser causa de debilitamiento en las propiedades de esta roca a la compresión.

Cantera D

Se encuentra situada a unos 2 km al E del camino interior a Miramar. El estado de desarrollo de explotación, en el momento de hacerse el estudio, exhibía un frente principal, con una pequeña profundización en la parte central.

Se realiza una continua verificación del piso de cantera, para mantener los niveles adecuados que permitan un fácil drenaje. Por esta razón el material estéril o de descarte es removido y acumulado en lugares que facilitan la manobra de los equipos de explotación.

El material de frente se carga a vagonetas y éstas transportan el material a la planta de trituración, donde vuelcan el material al alimentador de la primaria. La cantera posee combinación de zarandas vibratorias para clasificación y rotativas para repaso del material.

Litológicamente los frentes de esta cantera son muy homogéneos, pero aún así se han podido determinar tres tipos de

ortocuarzitas, cuyos porcentajes de integración, en los frentes, es el siguiente:

Muestra nº 1: 55 %

Muestra nº 2: 42 %

Muestra nº 3: 3 %

Muestra nº 1: Roca de color blanco grisáceo uniforme, de grano mediano observándose granos de buen desarrollo y aislados. Los cambios de tamaño se efectúan con la existencia de planos marcados de sedimentación. Se ven granos dispersos oscuros. Cuarzo 99 %. Levemente friable. Algunos granos acusan presencia de escaso material muy fino.

Muestra nº 2: La roca es de color blanquecino. Grano mediano y uniforme. Aisladamente se observan granos mayores, no obstante lo cual la muestra no tiene aspecto conglomerádico. Composición eminentemente cuarzosa, baja proporción de granos oscuros y muy subordinados a éstos, láminas de muscovita. No es friable, ni se observa material arcilloso.

Muestra nº 3: Roca de color blanco sucio, de grano fino, homogéneo, con apariencia sacaroide; cuarzo 99 %. No es friable, tiene buena cohesión y no se observa material arcilloso.

ESTUDIOS DE LABORATORIO

Luego del estudio geológico de las canteras, el paso siguiente fue realizar una estimación estadística a efectos de conocer la integración de los materiales de producción comercial en base a muestras orientadas de los diferentes tipos litológicos tomados en los distintos bancos. Estos últimos fueron cotejados con muestras extraídas de silo, de los materiales producidos por cada cantera, en sus respectivos tamaños.

Las muestras fueron tomadas en cantidad suficiente como para considerarlas, luego de un riguroso cuarteo, representativas de la totalidad de los agregados producidos.

T. A. B. L. A. II

ENSAYOS SOBRE MUESTRAS DE SILO

C A N T E R A	A		B		C		D	
	(1-5)	(6-12) Arena	(1-5)	(12-18) (6-12) Arena	(1-5)	(6-12) Arena	(1-5)	(12-18) (6-12) Arena
Muestra de Silo								
Granulometría (%)								
Pasa Tamiz 1"	100	-	93,5	-	93,8	-	94,1	-
Pasa Tamiz 3/4"	47,1	100	28,5	100	41,5	100	59,5	100
Pasa Tamiz 5/8"	3,5	92,5	2,1	46,3	1,5	94,6	8,7	43,1
Pasa Tamiz N° 4	2,5	19,0	0,8	18,5	0,1	17,0	3,2	1,7
Pasa Tamiz N° 10	1,6	3,7	0,5	13,4	-	-	2,6	0,7
Pasa Tamiz N° 40	1,2	2,0	0,3	7,1	-	-	2,0	0,5
Pasa Tamiz N° 80	1,0	1,2	0,2	3,1	-	-	1,2	0,2
Pasa Tamiz N° 200	0,5	0,7	0,1	1,2	-	-	0,5	0,1
Peso específico (g/cm³)	2,50	2,52	2,49	2,51	2,55	2,54	2,50	2,52
Factor de Cubicidad	0,76	-	0,79	0,63	-	0,58	0,73	0,63
Desgaste "Los Angeles" (%)	"B" 48,4	-	"B" 55,6	-	-	"B" 47,0	"B" 51,8	"C" 53,1
Absorción de Agua (24 h) (%)	1,4	-	1,7	-	-	-	1,4	-

T A B L A III

PESO ESPECIFICO, ABSORCION

(Norma A.S.T.M. C-127-59)

Cantera	Muestra Tipo	Peso específico (g/cm ³)	Absorción de Agua (%)
A	1	2,43	2,0
	2	2,54	1,1
	3	2,44	1,2
	4	2,43	0,6
B	1	2,30	3,7
	2	2,54	0,8
	3	2,47	1,0
	4	2,45	1,0
	5	2,47	1,9
	6	2,47	1,4
	7	2,56	1,2
C	1	2,52	0,8
	2	2,45	1,3
	3	2,45	1,7
	4	2,51	1,1
	5	2,48	1,7
D	1	2,47	0,8
	2	2,49	1,5
	3	2,50	1,2

En base a un análisis megascópico se llegó a establecer, en forma bastante aproximada, que los agregados pétreos cuarcíticos que las canteras A, B, C y D proveen a la industria de la construcción, se encuentran integrados por "muestras tipo" de las respectivas canteras, en los porcentajes que indica la tabla I.

Las características promedio del producto comercial de cada cantera son las que pueden observarse en la tabla II. Estas características están en general, condicionadas a las propiedades individuales de las muestras tipo que componen los diferentes bancos de cada cantera, lógicamente teniendo en cuenta los porcentajes en que éstas últimas integran las muestras de silo.

Tanto sobre las muestras tipo como sobre las muestras de productos comerciales de cada cantera, se han realizado los ensayos cuyos resultados se consignan en las tablas nº 2 a 10. Las normas seguidas para la ejecución de los mismos son las siguientes:

1. Peso específico y absorción (Norma A.S.T.M. C-127-59).

Estas determinaciones han sido realizadas sobre la fracción gruesa de las muestras de silo (tabla II) y sobre las muestras tipo (tabla III). En el caso de la determinación del peso específico se utilizó la expresión:

$$\frac{A}{A - C} \times 100$$

siendo A el peso seco en el aire y C el peso de la muestra saturada sumergida. En cuanto a la absorción, la expresión utilizada fue:

$$\frac{B - C}{A} \times 100$$

siendo B, el peso de la muestra en el aire saturada y con superficie seca.

2. Compresión simple (Norma IRAM 1 510).

Se realizó sobre probetas cúbicas de 5 cm de lado extraídas de las muestras "tipo" y ensayadas en estado seco, en for-

T A B L A IV

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE (NORMA IRAM 1 510)

CANTERA	Muestra Tipo		Resistencia a Compresión Simple (kg/cm ²)		
	Nº	Cantidad	Promedio	Máximo	Mínimo
A	1	5	940	980	828
	2	5	1 430	1 580	1 248
	3	5	1 510	1 740	1 108
	4	5	1 495	1 780	988
B	1	5	220	230	200
	2	5	715	850	590
	3	5	1 470	1 884	808
	4	5	1 350	1 656	860
	5	5	1 251	1 504	1 096
	6	5	1 084	1 144	1 044
	7	5	1 530	1 920	1 212
C	1	5	1 130	1 272	868
	2	5	1 275	1 420	1 168
	3	5	1 220	1 440	880
	4	5	1 780	1 808	1 752
	5	5	1 025	1 080	908
D	1	5	820	856	808
	2	5	1 600	1 636	1 512
	3	5	1 482	1 740	1 176

na paralela y perpendicular a la estratificación. La velocidad de aplicación de la carga osciló entre 10 y 15 kg/cm² por segundo.

3. Desgaste "Los Angeles" (Norma A.S.T.M. C-131-66)

Este ensayo se practicó sobre las muestras de silo en su tamaño 1 a 3 y también sobre las muestras tipo, trituradas en laboratorio. Ambas han sido encuadradas en la graduación B, determinándose los desgastes sufridos por el material a las 100 y 500 vueltas, tal como lo aconsejan algunas especificaciones.

Para poner en evidencia la influencia de las partículas lajosas, se practicó en algunos casos el ensayo de desgaste eliminando en forma manual dichas partículas.

4. Desgaste Dorry (Norma IRAM 1 539)

Se practicó esta determinación de dureza por pérdida de peso al frotamiento, únicamente sobre las muestras tipo, empleándose como abrasivo arena fina, (pasando 100 % tamiz n° 30) y con una sobrecarga de 250 g/cm².

5. Ensayo de tenacidad (Norma IRAM 1 538)

Este ensayo, que en la actualidad es poco utilizado, mide la resistencia al impacto por la caída de un pisón de 2 kg de peso desde alturas crecientes en un centímetro. La altura final que produce la rotura del material expresa la tenacidad del mismo. Los ensayos se realizaron sobre probetas cilíndricas, de 25 mm de diámetro y otro tanto de altura, extraídas de las muestras tipo de cada cantera.

6. Ensayos de degradación (Norma B.S. 812)

A los efectos de poder contar con resultados que suministren valores comparativos de la resistencia del agregado a la acción de otros esfuerzos que provocan su degradación, se ha seleccionado el presente ensayo, que a nuestro juicio reproduce en forma bastante exacta, el comportamiento del material

T A B L A V

ENSAYO DE DESGASTE "LOS ANGELES" (NORMA ASTM C-131-66)

CANTERA	Muestra Tipo	Graduación	DESGASTE "LOS ANGELES" (%)		
			100 vueltas	500 vueltas	Eliminando lajas
A	1	B	-	52	45
	2	B	11,6	44	-
	3	B	11,0	46	44
	4	B	-	42	-
B	1	B	-	92	-
	2	B	9,8	38	34
	3	B	8,6	31	-
	4	B	3,7	53	49
	5	B	7,0	28	-
	6	B	10,0	40	-
	7	B	13,0	49	39
C	1	B	10,0	45	-
	2	B	20,0	68	-
	3	B	17,0	60	-
	4	B	8,7	33	-
	5	B	8,4	31	25
D	1	B	-	50	37
	2	B	10,0	45	43
	3	B	6,0	32	29

T A B L A VI
ENSAYO DE DESGASTE "DORRY"
(Norma IRAM 1 539)

CANTERA	Muestra Tipo	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Desgaste "Dorry" (%)
A	1	217,3	209,5	17,4
	2	219,0	214,3	18,4
	3	286,5	283,5	19,0
	4	352,0	348,5	18,9
B	1	611,5	596,3	15,0
	2	348,0	345,0	19,0
	3	239,0	237,3	19,4
	4	245,0	242,5	19,2
	5	136,8	130,4	17,9
	6	253,3	248,7	18,5
	7	147,5	140,0	17,5
C	1	278,5	274,5	18,7
	2	307,3	302,6	18,4
	3	238,0	232,5	18,2
	4	271,0	266,3	18,5
	5	271,7	264,5	17,6
D	1	266,5	262,0	18,5
	2	297,7	292,9	18,4
	3	288,5	282,9	18,2

T A B L A VII

ENSAYO DE TENACIDAD

(Norma IRAM 1 538)

Cantera	Muestra Tipo		Tenacidad (cm)		
	Nº	Cantidad	Promedio	Máximo	Mínimo
A	1	4	12	13	11
	2	4	15	16	13
	3	4	11	12	11
	4	4	14	15	12
B	1	4	9	10	9
	2	4	12	13	11
	3	4	16	17	13
	4	4	11	11	9
	5	4	13	15	12
	6	4	11	12	10
	7	4	26	27	25
C	1	4	12	12	11
	2	4	12	12	12
	3	4	13	14	10
	4	4	13	14	11
	5	4	11	11	10
D	1	4	12	12	11
	2	4	12	12	12
	3	4	16	19	13

frente a las solicitudes más exigentes. Los ensayos realizados sobre las muestras de silo se han practicado de acuerdo a la norma, en dos formas distintas:

a) Estático: El agregado de tamaño menor que 1", previamente pesado, es colocado en un molde de acero de 15 cm de diámetro, en una capa de 10 cm de espesor, aplicándose seguidamente, una carga lenta de 40 toneladas. El porcentaje en peso de finos pasando el tamiz nº 8, referido al peso inicial, se lo conoce como "valor de degradación estática del agregado", estableciéndose que valores menores de 35 indican materiales que pueden ser utilizados sin inconvenientes en estructuras viales.

b) Dinámico: En este caso, el material utilizado, cuya granulometría debe estar comprendida entre 1/2" y 3/8", se coloca en un espesor de 3 cm, en un molde de acero de 10 cm de diámetro, aplicándose 15 golpes con un pisón de 15 kg que cae libremente de una altura de 38 cm.

El material que luego del ensayo pasa por el tamiz nº 8, en porcentaje referido al peso inicial, se conoce como "valor de degradación por impacto", siendo los valores aconsejables para su utilización, similares a los del ensayo anterior.

7. Ensayos de cubicidad (Método V.N.)

Este ensayo consiste en determinar las características de forma de las partículas, relacionando la dimensión mínima de un agregado respecto a su máxima y definiendo la misma por un "factor de cubicidad" que considera el valor 1 para agregados de cubicidad óptima y 0 para las partículas sumamente achatadas o lajosas. Las determinaciones fueron realizadas sobre los materiales de las distintas canteras, en algunos de sus tamaños comerciales y los resultados se indican en la tabla II.

8. Adherencia al betún asfáltico (Norma A.S.T.M. D-1664-64)

Se ensayaron por separado dos muestras tipo de cada cantera, trituradas en laboratorio hasta obtener la fracción:

T A B L A VIIIENSAYOS DE DEGRADACION
(Norma B.S. 812)

Cantera	Muestras de Silo	Degradación bajo carga estática	Degradación bajo carga dinámica
A	(1 - 3) (6 - 12)	25,6 % -	- 31,8 %
B	(1 - 3) (6 - 12)	28,6 % -	- 25,0 %
C	(1 - 3) (6 - 12)	27,2 % -	- 25,0 %
D	(1 - 3) (6 - 12)	27,0 % -	- 31,0 %
Piedra granítica (Tandil)	(1 - 3)	19,2 %	-
Piedra granítica (Tandil)	(6 - 12)	-	12,2 %

T A B L A IX

ENSAYO DE ADHERENCIA
(Norma A.S.T.M. D 1 664/64)

BETUN ASFALTICO: PENETRACION: 70 - 100

Cantera	Muestra Tipo	Superficie cubierta (%)
A	1	Superior a 95
	4	Superior a 95
B	4	Superior a 95
	7	Superior a 95
C	1	Superior a 95
	3	Superior a 95
D	1	Superior a 95
	3	Superior a 95

pasa tamiz 3/8", retenido 1/4". El procedimiento seguido consiste en mezclar el agregado a 140°C con 5,5 % en peso de betún asfáltico, hasta el completo recubrimiento; luego se transfiere el agregado a un recipiente de vidrio que contiene agua destilada a 25°C dejándolo en inmersión de 16 a 18 horas.

Al cabo de dicho período, se observa el porcentaje de superficie que ha permanecido sin descubrir, expresándose el resultado como superior o inferior al 95 % cubierto.

9. Otros ensayos

Para completar el conocimiento de las características de los materiales estudiados, se realizaron otros ensayos sobre las muestras de material de silo, en su tamaño de 1 a 3,

T A B L A X

ENSAYOS VARIOS

Cantera	Muestra	Pérdida por lavado s/t nº 200	C O M P O S I C I O N				Durabilidad (Ataq. SO ₄ Na ₂) (%)	Sodio (%)	Potasio (%)	Residuo soluble (%)
			Trozos friables	Arcilla esquistosa	Trozos cohesivos					
A	SIL0	0,38 %	1,39 %	-	98,60 %	0,4 %	0,002	0,0001	0,005	
B	SIL0	0,49 %	3,72 %	-	96,27 %	2,9 %	0,001	0,0001	0,003	
C	SIL0	0,53 %	1,93 %	1,26 %	96,79 %	0,5 %	0,001	0,0001	0,003	
D	SIL0	0,46 %	1,25 %	1,76 %	96,98 %	2,0 %	0,004	0,0001	0,006	

cuyos resultados figuran en la tabla X.

Estos ensayos se refieren a: pérdida por lavado sobre tamiz nº 200 (A.S.T.M. C-117-67), durabilidad por ataque con sulfato de sodio (A.S.T.M. C-88-63), trozos friables (A.S.T.M. C-142-67), arcilla esquistosa y trozos cohesivos, etc.

10. Ensayos sobre mezclas bituminosas

A efectos de evaluar, en términos generales, la capacidad del agregado cuarcítico de Chapadmalal para integrar mezclas asfálticas y comparar los valores obtenidos en el ensayo de las mismas, con los que es posible lograr con otros materiales pétreos, se ha procedido a la dosificación de una mezcla típica.

Se seleccionó una curva granulométrica bien graduada, encuadrada dentro de la zona establecida por V.N. para concreto asfáltico en caliente, con el objeto de preparar mezclas con agregados cuarcíticos de las canteras estudiadas, y con otro tomado como comparación: piedra granítica de Olavarría. En ambas mezclas se incorporó un material natural, de partículas redondas, arena silíceo, para mejorar la trabajabilidad de las mismas.

La dosificación empleada fue la que sigue, con los porcentajes dados en peso.

Agregado grueso (cuarcítico o granítico)..	63,6 %
Agregado fino (cuarcítico o granítico)....	18,5 %
Arena silíceo de río	9,1 %
Filer calcáreo (Cs = 0,23).....	3,8 %
Betún asfáltico (70 - 100)	5,0 %

Se prepararon mezclas en horno, con baño de aceite a 150°C, moldeándose probetas Marshall con 50 golpes de pisón por cara y ensayadas luego de 24 horas, previa inmersión de una hora en agua a 60°C.

11. Hormigones de cemento portland

En este mismo Congreso, se presenta un trabajo (5) en el cual se reseñan una serie de experiencias que se están

T A B L A X I

MEZCLA TIPO CONCRETO ASFALTICO

E N S A Y O	MEZCLAS CON AGREGADO	
	Cuarcítico	Granfítico
Peso específico de la Probeta Marshall (g/cm ³)	2,27	2,39
Densidad Teórica (g/cm ³)	2,35	2,47
Vacíos (%)	3,4	3,2
Estabilidad Marshall (kg)	1 080	1 100
Fluencia (0,01")	14	15

realizando en el IEMIT sobre características de hormigones sometidos a cargas de corta y larga duración y a la acción de variaciones higrométricas del medio ambiente.

Los hormigones han sido preparados con distintos áridos gruesos de producción o consumo en la Pcia. de Bs. As.: canto rodado, piedra cuarcítica, granítica y arcillas expandidas, de modo que su análisis resulte comparable.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Corresponde ahora estudiar los resultados obtenidos en los ensayos realizados con los materiales producidos por las canteras de ortocuarcitas de Chapadmalal, A, B, C y D, comparando sus características con las exigencias técnicas que condicionan su uso, establecidas por organismos nacionales y provinciales, como asimismo con las recomendaciones efectuadas por autores e instituciones extranjeras.

1. Estudio Geológico

El comportamiento físico-mecánico de toda roca está influido por una serie de factores (6) y está demostrado, por ejemplo, que las tensiones de rotura están directamente vinculadas a la selección de granos (7). En este sentido, parece ser que las areniscas de grano fino, son más resistentes que las de grano grueso (8).

Estas ortocuarcitas se encuentran bastante bien seleccionadas, ya que el 45 % de los bancos estudiados están compuestos por rocas de granos medianos a finos, mientras que el 22 % de los mismos presentan estructuras conglomerádicas.

Es destacable la madurez mineralógica en estas sedimentitas, que están compuestas por más del 98,5 % de cuarzo, lo que representa una ventaja en cuanto a sus propiedades de durabilidad.

La alteración es un punto importante, pues es reconoci-

do que las tensiones de rotura más altas están directamente vinculadas a los estados de mayor frescura en los minerales de una roca (9). En estas ortocuarzitas solamente la cubierta superior, en dos casos, adquiere importancia en ese sentido, mientras que en profundidad la alteración es despreciable.

Los planos de estratificación y el diaclasamiento hacen bajar los valores de resistencia, especialmente en el caso de cargas compresivas. Sin embargo, no siempre estos hechos determinan valores bajos, como puede comprobarse correlacionando la descripción de las rocas y la tabla IV. Se ha observado que cuando los óxidos de hierro, especialmente limonita, están depositados en planos de estratificación, pueden influir algo en la resistencia (caso de la muestra nº 6 de la Cantera B), pero cuando estos óxidos se deben a procesos metasomáticos, no deben esperarse influencias negativas, como en el caso de las muestras nº 7 y 4 de las canteras B y C respectivamente.

2. Características Generales

Con respecto a las características generales de estos materiales, las especificaciones recomiendan que el agregado pétreo grueso esté compuesto por partículas durables, limpias, exentas de polvo, terrones, partículas blandas o laminares, arcillas, álcalis, sales, etc. Por las determinaciones realizadas sobre las muestras tomadas de silb, valores que surgen de la tabla X, se deduce que el material actualmente producido por las canteras estudiadas cumple en muy buena medida con los recaudos exigidos.

La cantidad de finos que aparecen en los lavados sobre tamiz 200 provienen principalmente del polvo originado en el proceso de trituración de la roca y en menor parte del agregado en sí.

En lo que respecta a la durabilidad, medida por el ataque con sulfato de sodio, cabe destacar que la piedra cuarcítica presenta una cierta superioridad respecto a otros agregados, por su elevado contenido de cuarzo. Las especificaciones de V.N. establecen un mínimo de 10 % de pérdida, pudiendo ob-

servarse que los resultados obtenidos se encuentran comprendidos entre 0,4 y 2,9 %.

Dentro de las características generales de los agregados pétreos pueden incluirse las correspondientes a peso específico y absorción de agua. Respecto al primero, es sabido que en general los valores más altos corresponden a materiales de mejor calidad; inversamente ocurre con la absorción de agua, para lo cual las especificaciones fijan máximos de 1,2 %.

Los valores registrados en las cuarcitas, para peso específico y absorción se observan en las tablas II y III para las muestras comerciales y tipo respectivamente, las que en general cumplen los valores mínimos especificados.

3. Granulometría

La graduación exigida a un agregado pétreo varía según sea la clase de obra a ejecutar. Generalmente se establecen los límites granulométricos superior e inferior, que encierran la zona dentro de la cual se deben encontrar las mezclas de inertes.

La condición común para cualquier tipo de estructura es que la curva granulométrica sea razonablemente uniforme, entre los tamaños especificados. Con los materiales producidos por las canteras estudiadas, pueden componerse las graduaciones aptas para ser empleadas en mezclas asfálticas graduadas, tratamientos bituminosos superficiales, estabilizados granulares, hormigones de cementos portland, etc.

4. Cubicidad

La forma de las partículas de los agregados pétreos tiene mucha importancia en lo que se refiere a resistencia, trabajabilidad, durabilidad, etc. de las estructuras o mezclas ejecutadas. Son conocidos los inconvenientes que presenta el uso de materiales con porcentajes elevados de partículas lajosas o alargadas que influyen notablemente en la dosificación y comportamiento de las mezclas.

Para hormigones de cemento portland el número de estas

partículas está limitado a causa de su incidencia negativa en la resistencia a rotura debido al "efecto de puente", sumado a las causas antes mencionadas.

Estos problemas de forma de partículas han sido últimamente estudiados en otros países (10), (11), especificándose ensayos que tienden a medir la relación entre largo, ancho y espesor de las piezas.

En el estudio realizado, se empleó el método de V.N. difundido en nuestro medio. Dicho organismo establece "factores de cubicidad" superiores a 0,4 ó 0,6, según el tipo de estructura que se trate. Las muestras comerciales producidas por las canteras A, B, C y D cumplen con lo especificado, ya que la fracción gruesa posee factores superiores a 0,7. No obstante, debe destacarse que en la cubicidad de un agregado influye, además de las características propias del mismo, el sistema de trituración empleado que en muchos casos puede mejorarse, modificando ese sistema o introduciendo nuevas técnicas, (12).

5. Compresión simple

En lo que respecta a este ensayo, los resultados que se indican en la tabla IV en promedio, consiñándose asimismo los valores máximos y mínimos registrados, superan ampliamente el valor mínimo especificado por V.N. que es de 800 kg/cm², para pedregullo de roca. Sólo aparecen las muestras tipo 1 y 2 de la cantera B, con resistencias inferiores a dicho mínimo.

6. Tenacidad

Para esta propiedad, medida por el ensayo Page, V.N. especifica mínimos de 6 y 12 cm según se trate de pedregullo de canto rodado o roca. Los valores registrados que se indican en la tabla VII, superan en casi todos los casos esos mínimos, aún para las muestras tipo, citadas anteriormente, que en el ensayo de compresión acusan bajas resistencias a rotura.

7. Desgaste

Los ensayos más generalizados para valorar la aptitud de un agregado pétreo son sin duda los que se refieren a desgaste, existiendo diversos métodos para determinar esta propiedad. Cada uno de estos métodos, pretende medir los efectos abrasivos que puede experimentar un material y lo logra en mayor o menor semejanza con las condiciones reales de sollicitación o servicio.

Ya en 1908 apareció el método de desgaste Deval para rocas (ASTM; D-2) que si bien permite establecer una escala en la calidad de estos materiales no ofrece una concordancia con los comportamientos prácticos, realizándose el ensayo sobre trozos seleccionados en tamaño y forma, lo que no se ajusta a las características reales de los agregados comerciales. Posteriormente se adaptó este método para ser aplicado al ensayo de agregados (ASTM; D-289), pero no es muy utilizado entre nosotros.

Indudablemente, el procedimiento que ha tenido mayor difusión es el desarrollado en California, aparecido en 1937 y conocido como el ensayo "Los Angeles" (ASTM C-131), el que ha sido muy experimentado en el exterior y en nuestro medio. Este ensayo demostró ser más aconsejable para determinar la calidad de los agregados gruesos que el método Deval, habiéndose fijado originalmente un desgaste mínimo de 40 % para agregados utilizados en tratamientos bituminosos superficiales.

Es indudable que este tipo de estructura, con las partículas de material pétreo en contacto directo entre sí y poco protegida superficialmente, exigió en un principio valores conservativos; posteriormente un mayor conocimiento de los materiales y adoptados otros tipos de estructura: mezclas graduadas, denominadas genéricamente "concreto asfáltico", hicieron modificar ese límite y en la actualidad muchos organismos (13), (14), (15), especifican valores mayores: desgaste "Los Angeles" máximos de 50 - 55 para estructuras de base y de 45 y aún 50, para carpetas de rodamiento y hormigones.

En un ciclo de reuniones técnicas realizado en Brasil (16) sobre problemas relativos al empleo del ensayo "Los Angeles", Hveen fue categórico al mencionar que en California

se pensaba abandonar este método ante el desigual comportamiento de los agregados pétreos en el ensayo y en la práctica. Más, mencionó el caso de uno de los principales caminos construido en ese estado en 1934, con agregados pétreos de desgaste 80 y cuyo comportamiento resultaba satisfactorio 30 años después.

El Instituto del Asfalto de EE. UU. (17), por otra parte, indica que los resultados del ensayo "Los Angeles" no se relacionan con el efecto de pulido producido por la acción del tránsito.

En lo que respecta a nuestra experiencia, en el LEMIT se realiza este ensayo desde hace casi 20 años, habiéndose registrado desgastes de innumerables muestras de agregados pétreos de la Provincia de Buenos Aires, variables entre 20 y 60 y que han sido utilizados en numerosas obras.

De pavimentos urbanos ejecutados en Santa Rosa, Intendente Alvear y otras localidades de La Pampa, hemos recuperado la tosca empleada como agregado en mezclas asfálticas con emulsión, para constatar la dureza del material utilizado, registrándose valores de 50 a 60. El estado actual de estos pavimentos, algunos con más de 15 años de construídos, es perfecto salvo algunas partículas superficiales de tosca rotas.

Hemos comprobado también que existen agregados pétreos con reducidos valores de desgaste "Los Angeles", pero que sufren una alteración fundamental de su granulometría durante el ensayo, al fracturarse las partículas primitivas en otras de menor tamaño pero que al no ser inferiores al tamiz nº 12, material considerado como polvo, no queda realmente determinado el desgaste resultante.

Los ensayos practicados a las muestras tipo de cada cantera, que figuran en la tabla V, permiten distinguir que existe un número predominante de muestras (aproximadamente 60 %) con desgaste "Los Angeles" menores de 45 y un 30 % con valores menores de 33. Asimismo, se observa que las ortocuarzitas de la zona de alteración acusan elevados desgastes.

Si bien este ensayo se realiza luego de 500 vueltas de tambor fue practicado también a 100 vueltas, pues algunas especificaciones (15) exigen que este último valor sea menor de

10, para determinar la homogeneidad de la muestra. En nuestro caso, de 15 muestras ensayadas, 10 cumplieron este requisito.

Otro ensayo de desgaste realizado fue el de abrasión Morry, que figura entre las características exigidas a los agregados pétreos por V.N. Los valores encontrados para las cuarcitas, que se indican en la tabla VI, no superan en promedio al límite de 18 % que aparece en las especificaciones.

Consideremos que todos los ensayos de desgaste especificados por nuestras normas actuales son discutibles en cuanto a su adopción para aceptar o rechazar un material pétreo, estimando sin embargo que las determinaciones exigidas por las normas inglesas, de degradación estática y dinámica son más representativas de lo que ocurre realmente en un pavimento, que un desgaste por choque de partículas o abrasión superficial.

Los resultados que se indican en la tabla VIII resultan siempre mucho menores que el máximo de 35 % especificado por la B.S. para agregados pétreos a utilizar en estructuras viales.

8. Mezclas asfálticas

En lo que respecta a la utilización de las cuarcitas como integrante de mezclas asfálticas, se concluye que las mismas presentan trabajabilidad y características semejantes a las que puedan obtenerse con otros buenos agregados de trituración.

Los resultados promedio obtenidos sobre probetas preparadas con agregados cuarcíticos o graníticos principalmente, se pueden observar en la tabla XI.

Referente a la degradación que sufren los agregados graníticos o cuarcíticos por efecto de la compactación en el molde Marshall, se ha comprobado, según se puede constatar en el gráfico nº 1, que las granulometrías realizadas luego de moldeadas las probetas, previa eliminación del betún, difieren poco de la granulometría original, coincidiendo prácticamente para ambos tipos de agregados.

Para establecer las propiedades de afinidad de los agregados pétreos al producto bituminoso, resulta conveniente practicar algunos de los ensayos de adherencia experimentados a ese

fin. Se ha realizado uno de los diversos procedimientos recomendados, indicándose en la tabla IX los resultados obtenidos y en la fig. 2 el aspecto del agregado recubierto luego del ensayo.

9. Hormigones de Cemento Portland

Se ha mencionado un trabajo que se realiza en el LEMIT sobre experiencias con hormigones de cemento portland elaborados con distintos agregados pétreos.

Resumiendo los resultados a que llegan los autores, diremos que las resistencias a compresión a la edad de 28 días son aproximadamente iguales en todos los hormigones; los módulos de elasticidad de las probetas elaboradas con hormigones de cuarcita o granito aparecen en un punto medio entre los de canto rodado y arcillas expandidas, siendo estos últimos los que dan valores menores o sea registran mayores deformaciones.

Las deformaciones por fluencias en los hormigones de cuarcita, granito o canto rodado son inversamente proporcionales a los módulos de elasticidad. Con la piedra cuarcítica, las deformaciones por fluencia resultan, sin embargo, mayores que con los dos últimos. Las contracciones por secado son proporcionales a las pérdidas de agua y al contenido de agua de mezclado.

CONCLUSIONES

En el estudio realizado, se ha tratado de valorar las propiedades de las ortocuarcitas de Chapadmalal a través de un conjunto de ensayos que miden diferentes características. Opinamos que un estudio de esta naturaleza es el que en definitiva permite conocer si un agregado pétreo es o no apto para un determinado uso.

Insistimos en que no deben especificarse condiciones para la aceptación o rechazo de un material pétreo, imponien-

do como requisito el cumplimiento de algún ensayo poco representativo de la realidad. En este aspecto sugerimos intensificar la aplicación del método de degradación bajo carga estática o dinámica (B.S. 812) de muy fácil realización en cuartera y en obra. Debe tenerse especial cuidado, al medir una determinada cualidad, el adoptar el ensayo que refleje más acertadamente el comportamiento del material en servicio.

En el caso particular de los agregados estudiados puede manifestarse que cumplen en forma satisfactoria con los ensayos a que han sido sometidos. Esta circunstancia avalada por infinidad de obras de todo tipo en las que se ha observado perfecto comportamiento luego de transcurridos muchos años de servicio, hacen de estas cuarcitas un material de calidad apropiada para uso vial y obras civiles. No debe aprovecharse un agregado pétreo que puede abastecer tan amplia región de consumo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1) Añón Suárez, H. - "Uso de materiales locales, ensayos y procedimientos de trabajo en pavimentos asfálticos urbanos en la Provincia de Buenos Aires". Vialidad nº 43-1968.
- 2) Monteverde, A. - "La calidad de las rocas de la Provincia de Buenos Aires a través de los ensayos físicos-mecánicos". Rev. Carreteras, Buenos Aires, año IX, nº 34 y 35-1964.
- 3) Pettijohn, J. - "Sedimentary Rocks", Harper - 1952.
- 4) Mauriño, V. E. y Limousin, T. A. - "Structural conditions of the group of "La Tinta" and their relationship with the mechanical behaviour of the orthoquartzite rocks". I Cong. Int. Mec. Rocas, Portugal, 1966.
- 5) Giovambattista, A. y Klaric, M. E. - "Influencia de las características de los áridos en el módulo de elasticidad, fluencia y contracción por secado del hormigón". - LEMIT (inédito) - 1968.
- 6) Mauriño, V. E. - "Contribución de la Geología a la mecánica

- de rocas". Rev. Inst. Corr. Torrent nº 2 - Pereyra Iraola - 1968.
- 7) Drenver, N. W. - "Grundlageruntersuchungen auf dem Gebiet der Gesteinsmechanik", I Congr. Int. Mec. de Rocas; Portugal, 1966.
 - 8) Boretti-Onyszkiewicz, W. - "Joints in the Flysch Sandstones on the Ground of strength examinations". I Congr. Inter. Mec. Rocas - Portugal - 1966.
 - 9) Iliev, I. C. - "An attempt to estimate the degree of weathering of intrusive rocks from their physico-mechanical properties", I Congr. Inter. Mec. de Rocas, Portugal, 1966.
 - 10) Bös A. - "Bestimmung und Einfluss der Kornform von Zuschlagstoffen" - Strasse und Autobahn - 7 - 1968.
 - 11) Woolf, D. O. y Runner, D. G. - "The Los Angeles abrasion machine for determining the quality of course aggregate". A.S.T.M. Proc. 38^o Annual Meeting - II Parte - 1935.
 - 12) Fava, A. S. C. - "Nuevas ideas y tendencias en el campo de la tecnología del hormigón", Carreteras nº 20, 1960.
 - 13) International Road Federation: Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes, en los proyectos federales de carreteras - 1961.
 - 14) Dirección de Vialidad Pcia. de Buenos Aires. - Especificaciones vigentes - 1965.
 - 15) California Especifications, Dep. of Public Works-Div. of Highway; 1964.
 - 16) Instituto de Pesquisas Rodoviaras - Palestra proferidas no Brasil por Francis N. Hveem - 1963.
 - 17) Asphalt Institute, Theasfbalt Handbook - 1960.