

Guadalajara, Jalisco a 20 de Mayo de 2005

CANTERAS OLIMPIA, S.A. DE C.V.
SR. JUAN CARLOS LIMÓN GONZÁLEZ
P R E S E N T E

Nos dirigimos a usted para informarle los resultados de las pruebas físicas y mecánicas a fragmentos de roca natural, para caracterizarlos, con el fin de utilizar estas rocas como superficie de rodamiento en pavimentos.

1.- Muestreo.

Los fragmentos de roca natural de muestra, fueron recopilados por personal de CIDI de manera aleatoria y en un solo embarque en el almacén de la empresa OLYMPIA Canteras y Artesanías, ubicado en Av. Patria no. 2081, en Zapopan, Jalisco.

Se recabaron tres tipos de rocas, denominadas por ustedes como: “Sangre de Pichón”, “San Andrés” y “Oreja de Elefante”, de las dos primeras se muestrearon especímenes casi “regulares” y de la última fragmentos de roca irregulares.



“Sangre de pichón”



“San Andrés”



“Oreja de Elefante”

2.- Análisis Macroscópico.

Con la finalidad de clasificar a los fragmentos de roca, así como determinar los minerales probables que las constituyen, deduciéndolos a partir de la textura y color de la roca, se realizó un análisis bajo microscopio estereoscópico, basándose en las normas mexicanas: NMX-C-265 “Agregados para concreto – examen petrográfico” y NMX-C-305 “Agregados para concreto - descripción de sus componentes minerales naturales”.

Los fragmentos denominados “Sangre de Pichón”, presentan una textura porfídica, donde los cristales pueden ser fácilmente observados, incluso a simple vista, estos se encuentran embebidos en una matriz de color rojizo claro. Los cristales son traslucidos, blancos y rojizo oscuros en su mayoría, se puede observar en el microscopio estereoscópico, la exfoliación en forma de láminas característica de las micas.

Los fragmentos denominados “San Andrés”, presentan una textura afanítica de color gris claro, bajo el microscopio estereoscópico se aprecian micas y vidrios volcánicos, ya que se observa la fractura conoide de estos últimos, se aprecia también gran cantidad de “poros”, lo que deduce la alta presencia de gases en este magma antes de cristalizar.

Los fragmentos denominados “Oreja de Elefante”, presentan una textura afanítica de color gris oscuro, bajo el microscopio se aprecian la oxidación de algunos cristales, además a gran escala puede apreciarse el enfriamiento por capas del magma, esto es, estamos en presencia de coladas de magma de entre uno y ocho centímetros lo que hace relativamente fácil la separación mecánica de esta estructura laminar.



“Sangre de pichón”



“San Andrés”



“Oreja de Elefante”

Fragmentos denominados “Sangre de Pichón”.- PÓRFIDO RIOLÍTICO. Roca ígnea extrusiva félsica de textura porfídica, rica en moscovita, feldespatos potásicos, cuarzos cristalinos y anfíboles.

Fragmentos denominados “San Andrés”.- ANDESITA POROSA. Roca ígnea extrusiva de textura afanítica, rica en cuarzos amorfos, biotitas y plagioclasas, con trazas de anfíboles.

Fragmentos denominados “Oreja de Elefante”.- BASALTO LAMINAR. Roca ígnea extrusiva de textura afanítica, cristalizado en capas delgadas, rica en plagioclasas cálcicas y anfíboles, con trazas de piroxenos y feldespatos.

3.- Masa Específica, Absorción y Vacíos.

Se llevo a cabo un lote de pruebas por quintuplicado y por cada tipo de roca (Pórfido Riolítico, Andesita y Basalto), siguiendo los procedimientos técnicos establecidos en la norma: NMX-C-263-1983 “Concreto Endurecido Masa Específica, Absorción y Vacíos”, los resultados de estos ensayos se presentan la tabla siguiente.

MASA ESPECÍFICA, ABSORCIÓN Y VACIOS									
Tipo de roca	No. Muestra	Absorción (%)	Absorción, Promedio (%)	Masa Específica Seca (kg/m ³)	Masa Específica Seca, Promedio (kg/m ³)	Masa Específica Aparente (kg/m ³)	Masa Específica Aparente, Promedio (kg/m ³)	Vacíos (%)	Vacíos, Promedio (%)
Pórfido Riolítico	1	1,2	1,0	2303	2334	2371	2389	0,029	0,023
	2	0,7		2434		2477		0,018	
	3	0,9		2235		2280		0,020	
	4	0,9		2413		2469		0,023	
	5	1,2		2284		2346		0,026	
Andesita	1	3,1	3,6	1936	1939	2061	2082	0,061	0,069
	2	3,6		1972		2121		0,070	
	3	3,0		1976		2101		0,059	
	4	4,9		1894		2086		0,092	
	5	3,2		1916		2041		0,061	
Basalto	1	0,3	0,2	2413	2426	2429	2440	0,006	0,006
	2	0,2		2421		2436		0,006	
	3	0,3		2461		2476		0,006	
	4	0,2		2436		2448		0,005	
	5	0,2		2401		2411		0,004	

4.- Resistencia a la Compresión Simple.

Se cortaron los fragmentos de roca con la finalidad de lograr volúmenes lo más regulares posibles, se cabecearon con mortero de azufre estos especímenes y se ensayaron a compresión siguiendo el procedimiento descrito en la norma: NMX-C-036 “Bloques, Tabiques ó Ladrillos, Tabicones y Adoquines Resistencia a la Compresión”. Los resultados de estos ensayos se muestran en la tabla siguiente.

COMPRESIÓN SIMPLE								
Tipo de roca	No. Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
Pórfido Riolítico	1	6,5	6,6	6,8	42,9	49520	1154	1309
	2	8,0	8,5	7,8	68,0	82630	1215	
	3	6,6	6,9	6,1	45,5	62033	1362	
	4	7,7	7,4	7,2	57,0	76600	1344	
	5	7,1	7,7	7,8	54,7	80200	1467	
Andesita	1	6,5	6,8	7,5	44,2	38000	860	661
	2	7,9	7,8	6,0	61,6	25000	406	
	3	7,7	7,7	8,0	59,3	51400	867	
	4	7,4	7,4	7,2	54,8	45800	836	
	5	7,6	8,3	7,2	63,1	21200	336	
Basalto	1	8,3	10,9	8,5	90,5	83080	918	1044
	2	6,7	6,6	6,2	44,2	40490	916	
	3	8,6	8,2	11,1	70,5	72730	1031	
	4	8,1	8,8	11,1	71,3	81930	1149	
	5	7,4	7,2	7,0	53,3	64160	1204	

5.- Resistencia a la Flexión.

Para estas pruebas se siguieron los procedimientos descritos en la norma: NMX-O-015 “Resistencia a la Compresión y Módulo de Ruptura de Ladrillos y Formas Especiales”. La preparación de los especímenes se logró cortando las rocas y sacando especímenes prismáticos rectos de dimensiones casi regulares. Los resultados se presentan en la hoja siguiente.

6.- Resistencia a la Abrasión

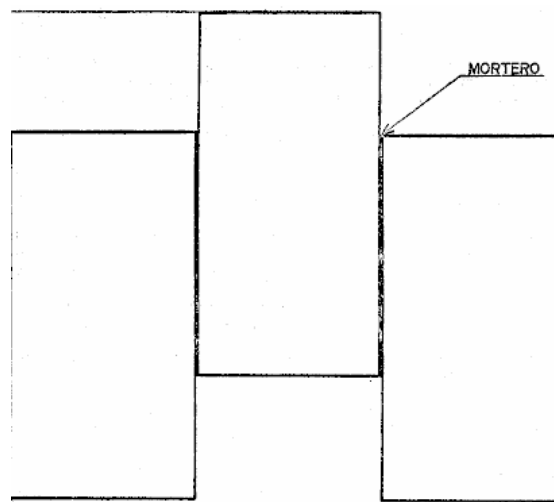
Mediante el procedimiento ASTM-C-944 “Resistencia a la Abrasión de Superficies de Concreto ó Mortero por el Método de Corte por Rotación”, se ensayaron los especímenes tal como se pretende colocarlos en el pavimento, es decir, se le aplicó el desgaste a la cara expuesta al rodado. Los resultados se muestran, también, en la hoja siguiente.

FLEXIÓN									
Tipo de roca	No. Muestra	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Longitud (cm)	Claro (cm)	Carga (vueltas)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
Pórfido Riolítico	1	4,5	3,7	27,5	24,5	0,92	432	258	250
	2	4,3	3,6	27,6	24,5	0,78	367	242	
	3	4,4	3,5	27,6	24,5	0,74	348	237	
	4	3,8	3,5	27,6	24,5	0,72	338	267	
	5	3,7	3,8	27,6	24,5	0,76	357	246	
Andesita	1	2,5	3,1	27,5	24,5	0,22	103	158	164
	2	3,1	3,0	27,5	24,5	0,31	146	192	
	3	3,6	3,0	27,5	24,5	0,30	141	160	
	4	3,5	3,6	24,2	21,5	0,40	188	134	
	5	3,5	3,2	24,2	21,5	0,38	179	161	
	6	3,5	3,2	24,2	21,5	0,39	183	165	
	7	4,8	4,6	36,7	31,5	0,82	385	179	
Basalto	1	5,2	5,2	24,3	21,5	2,45	1152	264	271
	2	4,2	4,2	25,4	22,5	1,18	555	253	
	3	4,7	4,7	38,2	24,5	2,32	1090	386	
	4	5,4	5,4	28,3	24,5	1,56	733	171	
	5	6,0	6,0	33,4	28,5	3,02	1419	281	

ABRASIÓN					
Tipo de roca	No. Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Desgaste (% en peso)	Promedio (% en peso)
Pórfido Riolítico	1	1514,2	1513,7	0,033	0,022
	2	1274,2	1273,9	0,024	
	3	1375,4	1375,0	0,029	
	4	1394,2	1394,1	0,007	
	5	1315,0	1314,8	0,015	
Andesita	1	1317,0	1314,5	0,190	0,180
	2	1856,1	1852,4	0,199	
	3	1355,3	1353,4	0,140	
	4	1573,5	1568,7	0,305	
	5	1669,8	1668,7	0,066	
Basalto	1	524,0	523,0	0,191	0,099
	2	961,2	960,7	0,052	
	3	798,9	798,5	0,050	
	4	725,3	724,8	0,069	
	5	682,5	681,6	0,132	

7.- Adherencia al Mortero de las Juntas.

Con la finalidad de conocer que tanto se adhiere a estas rocas un mortero convencional se llevo a cabo la prueba: NMX-C-082 “Determinación del Esfuerzo de Adherencia de los Ladrillos Cerámicos y el Mortero de las Juntas”, para ello se cortaron especímenes, una vez más, de dimensiones lo más regulares posibles, formando prismas rectangulares, los cuales se pegaron de tres en tres formando la siguiente figura:



El mortero empleado para pegar las rocas es un mortero convencional de cemento-arena 1:4 (la norma sugiere una relación 1:3). La arena es una arena amarilla cuyo reporte de calidad se anexa al final del documento y el mortero presentó una resistencia a la compresión simple promedio de 85 kg/cm^2 a 28 días.

Los especímenes para medir la adherencia se ensayaron a 14 días de edad, aplicando una carga en el prisma central hasta despegarlo de alguno de los otros dos, el esfuerzo de adherencia se calculó dividiendo la carga necesaria para despegarlos entre el área de contacto. Los resultados pueden verse en la tabla siguiente.

ADHERENCIA									
Tipo de roca	No. Muestra	Superficie de la roca	Carga (vueltas)	Carga (kg)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Esfuerzo de Adherencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
Pórfido Riolítico	1	rugoso-rugoso	0,11	51,7	6,2	4,2	26,0	1,99	1,78
	2	liso-liso	0,1	47	6,4	4,3	27,5	1,71	
	3	rugoso-rugoso	0,12	56,4	6,2	4,8	29,8	1,90	
	4	rugoso-liso	0,09	42,3	6,6	5,1	33,7	1,26	
	5	rugoso-rugoso	0,1	47	5,8	3,9	22,6	2,08	
Andesita	1	liso-liso	0,05	23,5	4,4	4,0	17,6	1,34	1,23
	2	rugoso-liso	0,05	23,5	5,0	4,5	22,5	1,04	
	3	rugoso-rugoso	0,06	28,2	4,9	4,3	21,1	1,34	
	4	rugoso-liso	0,04	18,8	4,5	3,1	14,0	1,35	
	5	liso-liso	0,05	23,5	4,8	4,5	21,6	1,09	
Basalto	1	rugoso-liso	0,05	23,5	3,2	3,8	12,2	1,93	1,72
	2	rugoso-rugoso	0,08	37,6	4,5	5,3	23,9	1,58	
	3	rugoso-rugoso	0,08	37,6	4,8	5,1	24,5	1,54	
	4	rugoso-rugoso	0,06	28,2	4,1	4,6	18,9	1,50	
	5	liso-liso	0,07	32,9	3,5	4,6	16,1	2,04	

8.- Contracción por Secado.

Utilizando el procedimiento descrito en la norma NMX-C-024 “Determinación de la Contracción por Secado de los Bloques, Ladrillos, Tabiques y Tabicones de Concreto” se pudo comprobar que este tipo de materiales después de una saturación constante y luego un secado intenso, no sufren ningún cambio volumétrico apreciable, es decir la contracción por secado para los tres elementos en estudio es imperceptible.

9.- Intemperismo Acelerado.

Con el afán de predecir el desgaste que sufrirán las rocas por efectos climáticos, se llevo a cabo la prueba de intemperismo acelerado, basándonos en las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se realizó el ensaye exponiendo los fragmentos de roca a una solución de Sulfato de Sodio. Los resultados de este ensaye son:

Tipo de roca	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Pérdida (%)
Pórfido Riolítico	979,1	978,1	0,10
Andesita	830,1	828,6	0,18
Basalto	528,7	525,9	0,53

9.- Temperatura en Operación.

Por último y con el fin de observar que tanto calor absorben las piezas de roca natural expuestas a la sombra y al sol, se llevo a cabo esta prueba tomando la temperatura ambiente cada dos horas desde las 8:00 hrs. Hasta las 18:00 horas a especímenes expuestos al sol y también a los que se colocaron bajo sombra, en ambos casos se utilizó también un espécimen de concreto como testigo. Los resultados de esta interesante prueba se muestran en dos gráficas anexas al final de este documento.

10.- Conclusiones y Recomendaciones.

- a) El comportamiento mecánico de las rocas analizadas (resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la abrasión), está muy por encima del comportamiento de un concreto convencional.
- b) Se observa también, claramente, que la adherencia al mortero de estos materiales es mínimo, por lo cual debe de emplearse una arena en las juntas (ver el documento “Diseño de un Pavimento de Roca Natural”, ya entregado a su persona), salvo los casos en que se tengan huecos muy grandes entre las piezas de roca.
- c) Al igual que en las pruebas mecánicas, en la contracción por secado e intemperismo acelerado, las rocas superan a un concreto convencional, asegurando, con un buen mantenimiento, una vida útil muy larga.
- d) En lo que respecta a la temperatura de las rocas durante un día soleado ordinario, la única roca que se comporto muy parecido al concreto fue la andesita, sin embargo las otras dos rocas, no están muy alejadas del comportamiento del concreto a este respecto, de hecho son mucho mejores opciones en este sentido que un asfalto.
- e) Está claro, entonces que el utilizar piezas de roca natural de dimensiones casi “regulares” como superficie de rodamiento de un pavimento es una excelente opción, para lo cual pueden seguirse las recomendaciones de construcción vertidas en el documento ya mencionado y entregado a usted: “Diseño de un Pavimento de Roca Natural”

Anexamos al presente un disco compacto con todas las fotografías y videos digitales de los ensayos realizados, sin mas por el momento y esperando que este informe le sea de utilidad, quedamos a sus ordenes para cualquier duda o aclaración

ATENTAMENTE
“Ciencia y Libertad”

M. en C. Pablo E. Zamudio Zavala
Investigación

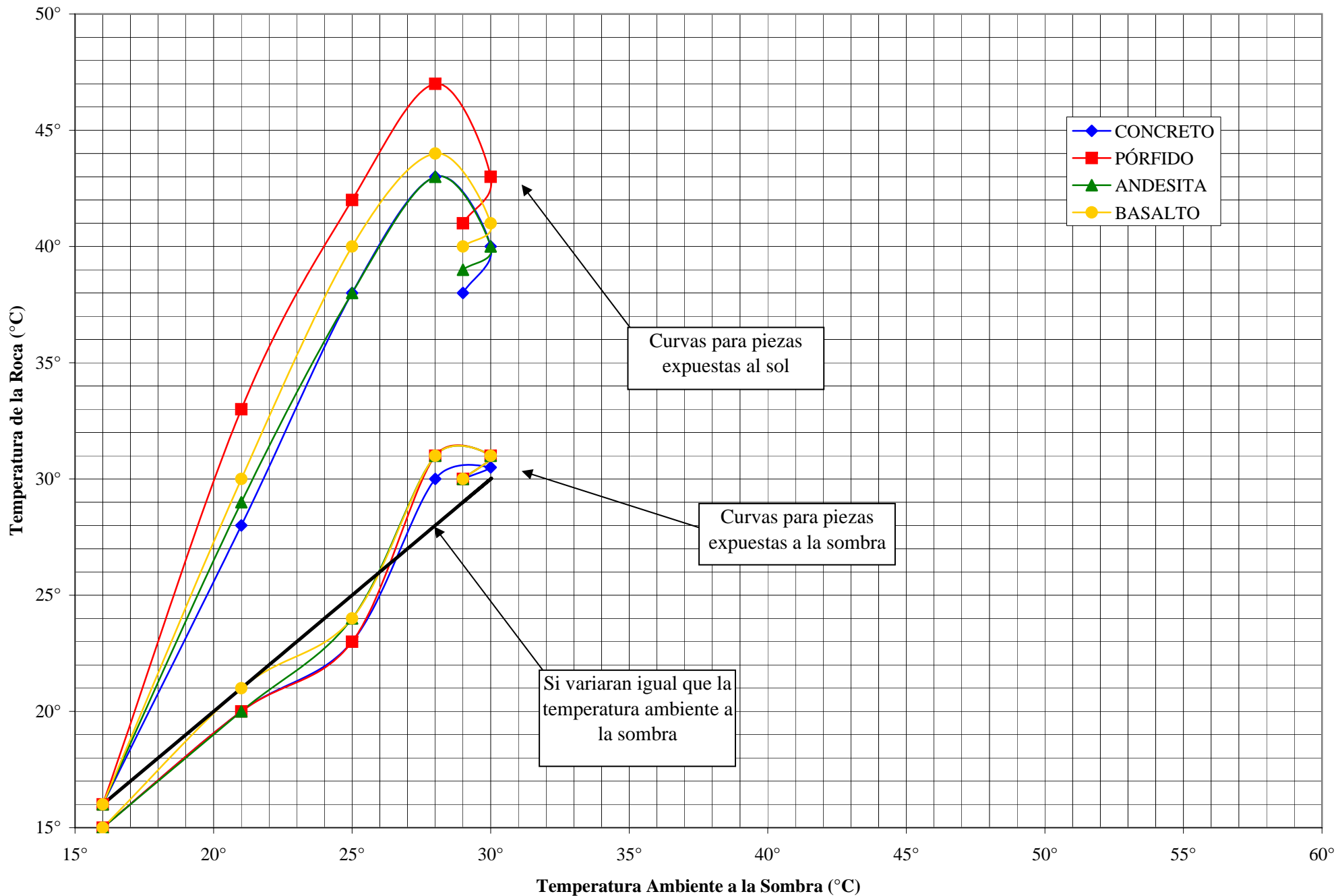
M. en C. Ing. Ismael Justo Reinoso
Jefe de Depto. de Materiales y Mecánica de Suelos

U N I V E R S I D A D A U T O N O M A D E G U A D A L A J A R A

Av. Patria 1201 Lomas del Valle 3a. Sección C.P. 44100 Apdo. Postal 1-440 Guadalajara, Jal.

Tel./fax: 3648-8824 Exts. 2590, 2632 y 2757 Tel. Directo 3648 8470

TEMPERATURA AMBIENTE VS TEMPERATURA DE LA ROCA



HORA DEL DÍA VS TEMPERATURA DE LA ROCA

