



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO.**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN.**

**“PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD PARA
AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS
EN UNA MINA AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO”.**

**DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL.**

P R E S E N T A :
CONRADO CARRILLO LÓPEZ.



ASESOR: ING. JOSÉ ANTONIO DIMAS CHORA

MÉXICO 2011.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Gracias...

Dío por estar siempre conmigo y por permitirme llegar a vivir este momento.

A mis padres: Conrado Carrillo Cortes y Diana Araceli López Salgado por darme la vida y haberme guiado por el sendero del estudio.

A toda mi familia, por haberme apoyado durante esta ardua tarea, mis hermanos: Laura Araceli, Lina, María Antonieta, Francisco, José Raúl y mis sobrinos Monserrat y Etienne.

A mi abuelita Francisca Cortes Espinosa.

A mis tíos David serrano García y Aurelia Adriana López Salgado por las facilidades dadas para la realización de este trabajo.

A mi novia Carmen Rodríguez Ornelas, gracias por estar siempre conmigo, por tu apoyo incondicional, por alentarme todo este tiempo para llegar a esta meta tan importante en mi vida.

Gracias a mis profesores por brindarme su tiempo y sus conocimientos.

A aquellos que siempre han estado ahí para apoyarme, mis grandes amigos:

Hafid, Jonatán, Andrés, Marcos.



INDICE.

Introducción.....	4
Capitulo 1: Explotación del banco.....	7
1.1. Explotación del banco.....	7
1.2. Elaboración de barrenos.....	8
1.3. Empaque de explosivos.....	9
1.4. Transporte de piedra en greña.....	11
1.5. Alimentación de la greña a la trituradora.....	12
1.6. Proceso de trituración.....	14
1.7. Cribado del material.....	15
1.8. Trituración secundaria.....	16
1.9. Almacenamiento.....	17
CAPITULO 2: Control de calidad. Laboratorio.....	18
2.1. Presentación del laboratorio.....	18
2.2. Normativa de la SCT.....	18
2.3. Recolección de la muestra.....	19
2.4. Laboratorio.....	22
2.5. Formatos.....	25
CAPITULO 3: Control de calidad a gravas.....	34
3.1. Análisis granulométrico.....	34
3.2. Peso específico o densidad.....	37
3.3. Peso volumétrico seco suelto.....	38
3.4. Absorción.....	40
3.5. Porcentaje de partículas lajeadas y alargadas.....	43



CAPITULO 4: Control de calidad a arenas.....	47
4.1. Prueba de azul de metileno.....	47
4.2. Equivalente de arena.....	50
4.3. Límite de consistencia.....	54
4.4. Límite plástico.....	57
4.5. Contracción lineal.....	59
4.6. Análisis granulométrico arenas.....	60
4.7. Peso volumétrico seco suelto.....	63
CAPITULO 5: Control de calidad a asfaltos.....	64
5.1. Granulometría del lavado.....	64
5.2. Viscosidad.....	68
5.3. Penetración.....	69
5.4. Punto de inflamación cleveland.....	71
5.5. Punto de reblandecimiento.....	72
5.6. Prueba Marshall.....	73
5.7. Pasos para realizar el diseño Marshall.....	74
5.7.1. Muestreo de materiales.....	74
5.7.2. Proporción de materiales.....	75
5.7.3. Elaboración de pastillas Marshall.....	75
5.7.4. Ensaye de pastillas Marshall.....	78
Conclusiones.....	80
Bibliografía.....	81



INTRODUCCIÓN.

El hombre ha intentado desde tiempos remotos clasificar las rocas y los suelos, aunque desde un principio no necesariamente para fines ingenieriles. Una clasificación implicaría el poder encasillarlos siguiendo un proceso “fácil” en un cierto número pequeño de grupos en tal forma que una vez así clasificados pudiera tenerse cualquier información sobre sus propiedades cuales quiera que éstas sean.

En tiempos modernos se ha perdido la esperanza de lograr una clasificación con las cualidades anotadas dada la gran variedad existente, es principalmente por esa razón que el desarrollo de varias clasificaciones ha tenido lugar según los objetivos perseguidos en ellas, sin embargo, la existencia de varias clasificaciones diferentes depende de la experiencia, el criterio, el juicio constructivo y la realización técnica de una obra ingenieril, en la acepción mas amplia de este término, requiere del libre concurso de los realizadores de diversos tipos de obras.

Los materiales que constituyen la corteza terrestre, para fines de clasificación se agrupan en tres divisiones: “suelo, fragmentos de roca y roca”.

El termino “suelo” se aplica a todas aquellas partículas de material menores que 7.6 cm (3”). El término “fragmentos de roca” se aplica a todos aquellos fragmentos mayores que 7.6 cm (3”) y que forman parte de una formación rocosa propiamente dicha. El termino término “roca” se usa para cuando se tiene formaciones rocosas.

Aunque en la naturaleza estos materiales no se encuentran aislados, sino mas bien mezclas de unos con otros, para fines de identificación puede considerarse provisionalmente como no mezclados.



El “suelo” se subdivide en suelos de partículas finas o finos y suelos de partículas gruesas o “gruesos”. Los finos son aquellos cuyas partículas son menores que la malla núm. 200 y los “gruesos” son los que se retienen en la malla núm. 200 y

pasan la malla de 7.6 cm (3”). Los “finos” comprenden los grupos: suelos orgánicos, limos y arcillas. Los suelos orgánicos, son los que contienen una cantidad apreciable de materia orgánica y un material fino orgánico es limo o arcilla, según sus características de plasticidad.

Los suelos altamente orgánicos en que predomina la materia orgánica quedan en grupo denominado “turba”.

Los “gruesos” comprenden los grupos denominados arena y grava, siendo la frontera entre ellos la malla núm. 4.

Los “fragmentos” de roca se subdividen en “chicos”, “medianos” y “grandes”. Los fragmentos chicos son aquellos que se retienen en la malla de 7.6cm(3”) y sus dimensión máxima es menor que 30 cm. Los fragmentos medidos son aquello cuya dimensión máxima esta comprendida entre 30 cm y 1 m.

Los fragmentos grandes son aquellos cuya dimensión máxima es mayor que 1 m. En todos los casos en que se tenga materiales que comprendan tanto suelo como fragmentos de roca, deberá estimarse el porcentaje aproximado del volumen que cada uno de ellos ocupa con respecto al volumen total. La primera parte del nombre del material será el del grupo predominante, y la segunda parte el del grupo o grupos restantes ordenados según su importancia

El material que vamos a ver en nuestro trabajo en su mayoría es andesita basáltica.



En el capítulo uno se presenta la explotación del banco; en este podemos observar el proceso por el cual tiene que pasar el material antes de ser llevado al laboratorio. La andesita basáltica se encuentra en la naturaleza y el hombre se vale de dinamita y maquinaria pesada para poder extraer el material y una vez que se tiene, tenemos que dividirlo para poder usarlo en las diferentes obras ingenieriles

En el capítulo dos se observa cómo se recolecta las muestras del banco de grava y arena para posteriormente llevarlas al laboratorio y poder ser ensayadas y comprobar su calidad una vez certificada pueda ser utilizada en las diferentes obras ingenieriles. También conoceremos el laboratorio y sus condiciones de trabajo como; limpieza y espacio para poder moverte libremente de un lado a otro, esto con el fin de no contaminar o dañar la muestra.

En el capítulo tres vamos a ver las diferentes pruebas que se le realizan a la grava para determinar su calidad y poder ser utilizada en diferentes obras ingenieriles.

En el capítulo cuatro vamos a ver las diferentes pruebas que se realizan a la arena para determinar su calidad y poder ser utilizada en diferentes tipos de construcción.

En el capítulo cinco se muestran las diferentes pruebas de control de calidad aplicadas al asfalto para así saber su resistencia y durabilidad.

CAPITULO 1

1. 1. EXPLOTACIÓN DE BANCO.

El gerente o jefe de la planta selecciona el frente que se va a explotar ya que es muy importante por que de este se va a derivar el transporte mas rápido hacia la trituración, he informa al área de control de calidad para que esta haga las pruebas pertinentes para así saber si el material a explotar es bueno y acreditar el banco.



fig.1.1

1.2. ELABORACIÓN DE BARRENOS.

Se indica a el operador del Track drill que comience con la barrenación Del primer barreno se extrae una muestra para que el control de calidad verifique la sanidad del frente explotado (equivalente de arena y azul de metileno) si el material cumple se continua con la barrenación.



fig.1.2



fig.1.3

1.3. EMPAQUE DE EXPLOSIVO.

En un barreno de 9 m. se coloca 20% el agente explosivo (nitrato de amonio) y luego el alto explosivo (dinamita) se vuelve a colocar otro 20% de agente explosivo luego alto explosivo luego 20% de agente explosivo luego alto explosivo se vuelve a colocar 20% de agente explosivo y por último 20% de tierra el conductor te da el tiempo para iniciar la explosión cada explosión se tarda 20 milisegundos una de la otra.

Alto explosivo.
(Dinamita)



fig. 1.4

Agente explosivo.



fig. 1.5

Mecha plástica.



fig. 1.6



Fig1.7

Iniciadores y conductores.



fig. 1.8

Agente explosivo.

Una vez explotado se selecciona el material según su tamaño máximo, la roca con sobre tamaño se trata con equipo mecánico (martillo) para eliminar el sobre tamaño.



fig.1.9

1.4. TRANSPORTE DE PIEDRA EN GREÑA.

El material en greña de tamaño adecuado se carga a un camión fuera de carretera (yucla) para comenzar el proceso de trituración.



fig. 1.10

1.5. ALIMENTACIÓN DE GREÑA A LA TRITURADORA.

El camión fuera de carretera (yucle) deposita la greña en el primario para una trituración parcial con un tamaño máximo de $4\frac{1}{2}$ " – 7" hasta 3"



fig. 1.11



fig. 1.12

En la figura se muestra como el camión fuera de carretera vierte el material a la tolva para la trituración primaria es muy importante que el operador de la trituradora no deje pasar rocas con sobre tamaño ya que se puede atascar la alimentación a la trituradora es por eso que cuenta con un martillo neumático para así evitar contratiempos y que la trituración siga sin problema.



fig. 1.13

1.6. PROCESO DE TRITURACIÓN.

TRITURACIÓN PRIMARIA.



fig. 1.14

En la trituración se pasa por cribas que se encuentran en el equipo mecánico que consta de mallas de acero con abertura establecida según los requerimientos de la obra ó tipo de carpeta a producir.



fig. 1.15

1.7. CRIBADO DEL MATERIAL.



fig. 1.16

El cribado del material es el que se encarga de mantener la medida necesaria del material para la especificación de la obra.



fig. 1.17

1.8. TRITURACIÓN SECUNDARIA.

En la trituración secundaria se manejan granulometrías mas pequeñas de $\frac{1}{4}$ afinos las cuales ya trituradas pueden llegar a ser arena triturada.



fig.1.18



fig.1.19

1.9. ALMACENAMIENTO

El proceso terminado se almacena y control de calidad toma las muestras necesarias para validar su calidad.



fig. 1.20



fig.1.21



CAPITULO 2

CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO.

2.1. PRESENTACIÓN DEL LABORATORIO.

Los materiales pétreos son materiales naturales o sujetos a tratamiento de disgregación, cribado o trituración que aglutinados con un material asfáltico se emplea en la elaboración de la mezcla asfáltica.

Materiales naturales: no están sometidos a ningún tratamiento. Ejemplo: arena de mina.

Materiales tratados: son materiales que están sujetos a algún tratamiento como puede ser trituración, cribado, disgregación o a varios de estos. Ejemplo: arena triturada y grava triturada.

Estos materiales son:

- a. Grava de trituración con tamaño nominal de $\frac{3}{4}$ a No 4.
- b. Arena de trituración con tamaño nominal de $\frac{1}{4}$ a finos.
- c. Arena de mina (filler) con tamaño nominal de $\frac{1}{4}$ a finos.

2.2. NORMATIVA DE LA SCT.

La secretaria de comunicaciones y transportes nos señala las normas y manuales a seguir para las pruebas en el laboratorio estas son:

Aprobación de laboratorios N.CAL.2.05

Características de los materiales. N.CMT.4.04/08

Muestreo y métodos de prueba de materiales que forman parte de la normativa.
M-MMP

La secretaria podrá evaluar en cualquier momento los laboratorios como se indica en la norma N.CAL.2.05

Las muestras serán del tipo que establecen los manuales del libro MMP conforme a lo indicado en el manual M-CAL.1.02

2.3. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA.

A estos materiales se les somete a un proceso de calidad para conocer sus Propiedades físicas.

La grava se obtiene del banco de la mina subiendo al centro del deposito y se va dejando caer para que la muestra llegue al laboratorio para poder realizar las pruebas pertinentes.



fig.2.1



fig. 2.2

Se comienza con el cuarteo.



fig.2.3

Se coloca la grava de afuera hacia adentro.



fig. 2.4

Una vez llegando al laboratorio se vuelve a cuartear esto se hace para que el material este homogéneo y las muestras no se alteren.

En el laboratorio se marca con líneas de color amarillo para especificar que solo el laboratorista puede pasar de ese lado.

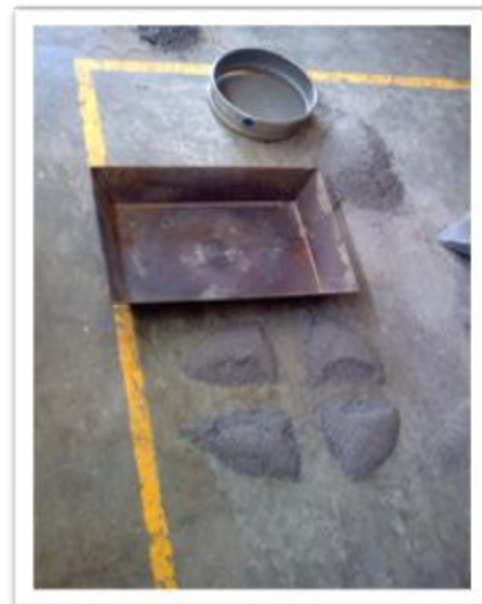


fig. 2.5

La arena de mina se extrae la muestra del centro de donde se encuentra almacenada.



fig.2.6



fig.2.7

transportación al laboratorio.

Ya que llega al laboratorio se cuartea para las respectivas pruebas.



fig.2.8

2.4. LABORATORIO.

El laboratorio debe estar siempre limpio para que los resultados de las pruebas no salgan contaminadas el área a trabajar debe estar libre para que el laboratorista pueda manejarse libremente por el laboratorio.

En los capítulos siguientes vamos a hacer las diferentes pruebas de control de calidad que se realizan en la mina.

Para ello vamos a necesitar los aparatos de medición que presentamos en este capítulo.



fig.2.9

Entrada al laboratorio.

Áreas limpias y despejadas.



fig.2.10

En el laboratorio contamos con estufa y con ventanas para una buena ventilación en caso de una fuga.



fig.2.11

Se cuenta con computadora, escritorio y pizarrón para hacer las diferentes anotaciones que se requieran en su momento.

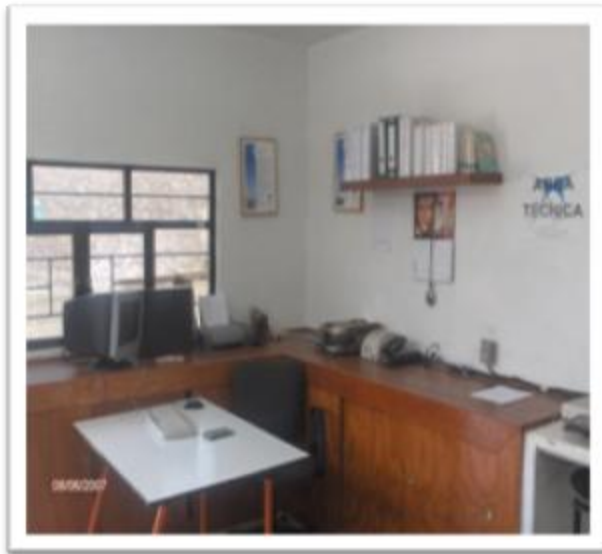


fig.2.12



fig.2.13

Se cuenta con instrumentos de medición precisa para las diferentes pruebas.



fig.1.14



fig.2.15

Horno.

Rotarex se utiliza para el lavado de la muestra asfáltica.



fig.1.16

Ensaye Marshall.



fig.2.17

2.5 formatos.

Estos son los formatos que se utilizan para la realización de las prácticas en la mina.



PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD PARA AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS EN UNA MINA AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



PRUEBA PARA VALIDACION DE FRENTE A EXPLOTAR

TIPO DE MATERIAL

FECHA DE EXTRACCION

No. DE INFORME

FECHA DE INFORME

UBICACIÓN DEL BANCO

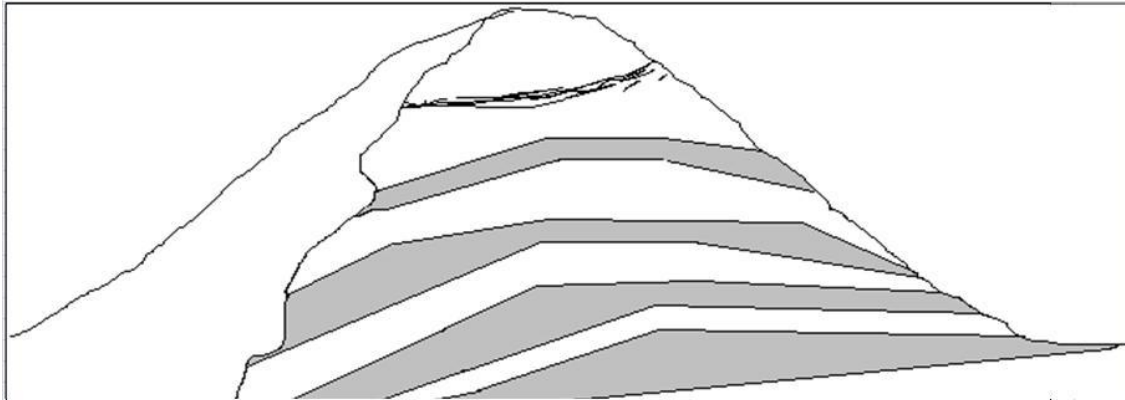
EQUIVALENTE DE ARENA

ENSAYE No.	A) LECTURA DE ARCILLA	B) LECTURA DE ARENA	% DE ARENA B/A * 100	PROMEDIO	APRECIACION

VALOR DE AZUL DE METILENO

MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 200 (gr.)	SOLUCION EMPLEADA PARA LA FILTRACION (ml.)	VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/gr)	APRECIACION

REFERENCIA DEL MUESTREO



OBSERVACIONES

ELABORO

REVISO

Vo. Bo.



PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD PARA AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS EN UNA MINA AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

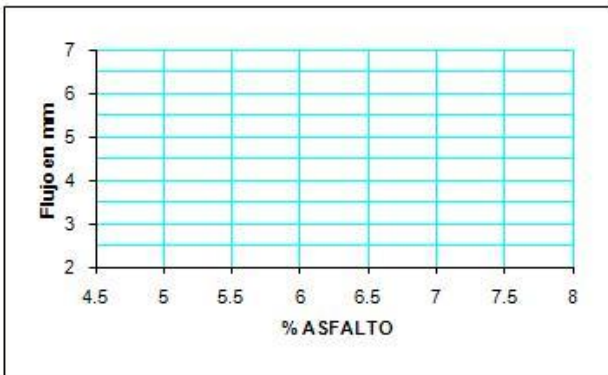
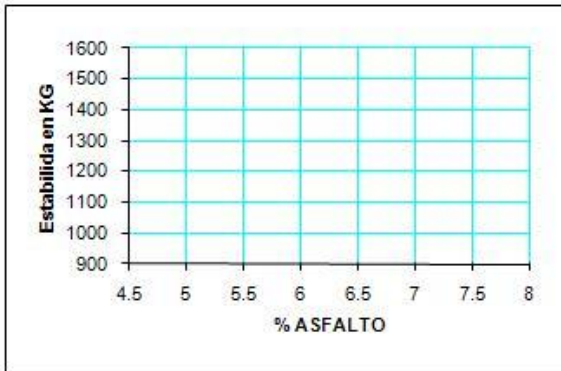
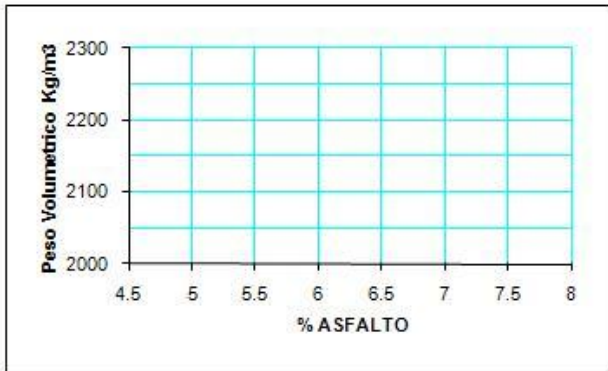
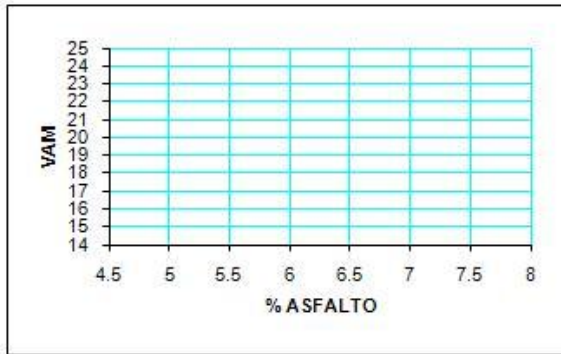
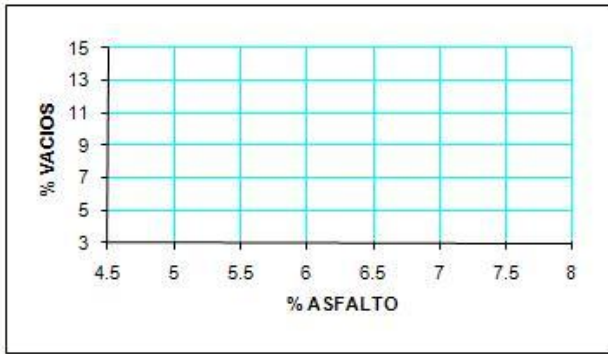


CONCRETOS ASFÁLTICOS PIRAMIDE

DISEÑO MARSHALL

OBRA	ENSAYE N°
LOCALIZACION	FECHA DE RECIBO
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)	FECHA DE INF.

Material para capa de _____
 Ubicación de la planta _____



CARACTERISTICAS	DATOS OBTENIDOS	ESPECIFICACIONES
CONTENIDO OPTIMO DE C.A. (%)		
PESO ESPECIFICO (Kg/m3)		
VACIOS (%)		
V.A.M. (%)		
ESTABILIDAD (Kg)		
FLUJO (mm)		

ESPECIMEN COMPACTADO CON **75** GOLPES DEL PISON POR CARA A LA TEMPERATURA DE 140 ° C.

FORMULO	APROBO	Vo. Bo.	INF. N°
			REFERENCIAS
			MARSHALL.XL15 /MA



PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD PARA AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS EN UNA MINA AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



CONCRETOS ASFALTICOS PIRAMIDE

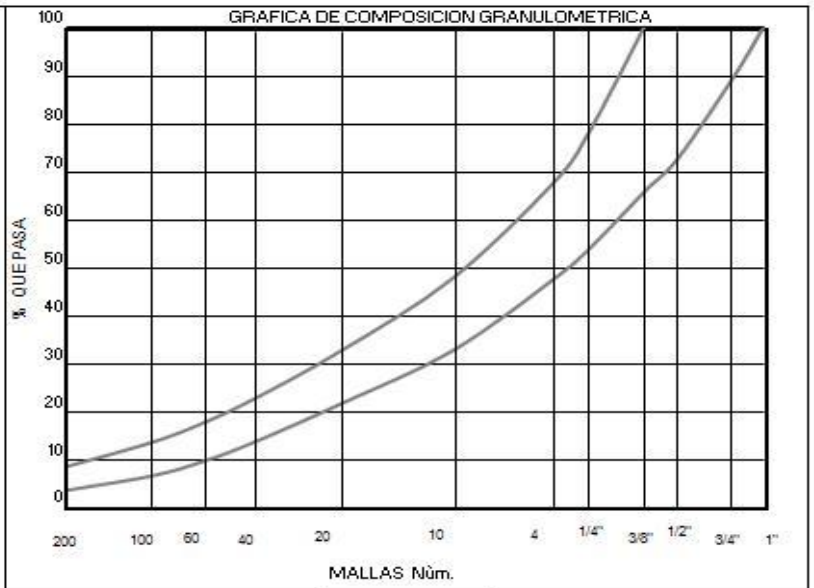
INFORME DE CALIDAD DE CONCRETO ASFALTICO: _____

OBRA	ENSAYE N°
LOCALIZACION (CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)	FECHA DE RECIBO
	FECHA DE INF.

DATOS DEL MUESTREO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	PARA USARSE EN
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO	
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO	
	UBICACIÓN DEL BANCO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL PETREO	

VIAJE N° n/a TENDIDO EN KM n/a A KM n/a CARRIL n/a FRANJA n/a
 TEMP. DE LA MEZCLA AL SALIR DE LA PLANTA °C, EN EL TENDIDO n/a °C, AL INICIAR LA COMPAC. n/a

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PETREO	P.E. SECO SUELTO, Kg/m ³			
	COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLAS	% QUE PASA	DEL PROYECTO
		Núm.	1	
		Núm.	3/4	
		Núm.	1/2	
		Núm.	3/8	
		Núm.	1/4	
		Núm.	4	
		Núm.	10	
		Núm.	20	
		Núm.	40	
		Núm.	60	
	Núm.	100		
	Núm.	200		
	P.E. (Yp), g/cm ³			
ABSORCION %				
DESGASTE %				
% DE LA TRITURACION				
PART. ALARGADAS %				
PART. LAJEADAS %				
EQUIV. DE ARENA %				
CONTRACCION LINEAL %				



		DEL PROYECTO
CONTENIDO DE ASFALTO %		
ADITIVO USADO	MARCA	
	TIPO	
	CANTIDAD %	
AFINIDAD		

CARAC. DEL ESPECIMEN	ESPECIFICACION	CARAC DEL ASFALTO
P.E. Kg/m ³	<i>n/a</i>	TIPO
ESTABILIDAD, Kg	900 MIN	PENETRACION
FLUJO, mm	2-4	VISCOSIDAD
VACIOS %	3-5	TEMP. RECOM.
V.A.M. %	14 MIN	TEMP. DE APLIC.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

FORMULO	JEFE DE CALIDAD	Vo. Bo.
---------	-----------------	---------



CONCRETOS ASFALTICOS PIRAMIDE

INFORME DE CALIDAD DE CEMENTO ASFALTICO

OBRA	ENSAYE N°
LOCALIZACION	FECHA DE RECIBO
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)	FECHA DE INF.

DATOS DEL MUESTREO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	PARA USARSE EN
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO
	PROCEDENCIA DEL CEMENTO ASFALTICO

VIAJE N°	PLACAS	TEMPERATURA
----------------	--------------	-------------------

PRUEBA	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
Viscosida Saybolt Furol a 135 °C, S		120 min
Penetracion a 25°C, 100 g, 5S, 10 ⁻¹ mm		60 min
Punto de inflamacio leveland, °C		232 min
Punto de reblandecimiento °C		48 - 56

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

AUXILIAR DE CALIDAD	JEFE DE CALIDAD	Vo. Bo.
---------------------	-----------------	---------



PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD PARA AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS EN UNA MINA AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



GRANULOMETRIA Y LAVADO DE MEZCLAS ASFALTICAS

FECHA MUESTRA No:

OBRA

UBICACIÓN

TIPO PLANTA

CONTENIDO ASFALTICO DE LA MUESTRA

CONCEPTO	gr	CONCEPTO	%
PESO INICIAL		CONTENIDO DE ASFALTO RESPECTO A AGREGADOS (%)	
PESO FINAL		CONTENIDO DE ASFALTO RESPECTO A LA MEZCLA (%)	

HUMEDAD EN LA MEZCLA

CONCEPTO	gr	CONCEPTO	%
TARA		CONTENIDO ASFALTICO DIRECTO	
PESO HUMEDO		HUMEDAD EN LA MEZCLA ASFALTICA	
PESO SECO			
AGUA			

VALORES GRANULOMETRICOS

MALLAS	RETENCION PARCIAL (gr)	RETENCION PARCIAL (%)	% QUE PASA
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"			
No 4			
No 10			
No 20			
No 40			
No 60			
No 100			
No 200			
CH			
SUMA			

ELABORO

REVISO



PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD PARA AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS EN UNA MINA AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



Pruebas sobre material tamizado por la malla Num. 40 (Límites de Atterberg)

FECHA DE EXTRACCION

FECHA DE RECIBO

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL

MUESTRA TOMADA DE

UBICACIÓN DEL BANCO

ENSAYE NUMERO					
LÍMITE LIQUIDO	RECIPIENTE NUM.				
	PW + RECIPIENTE (1)				
	PS + RECIPIENTE (2)				
	AGUA = 1 - 2 (3)				
	PS + RECIPIENTE (2)				
	RECIPIENTE (4)				
	PS = 2 - 4 (5)				
	LÍMITE LIQUIDO 3 / 5 X 100 (6)				
LÍMITE PLASTICO	RECIPIENTE NUM.				
	PW + RECIPIENTE (7)				
	PS + RECIPIENTE (8)				
	AGUA = 7 - 8 (9)				
	PS + RECIPIENTE (8)				
	RECIPIENTE (10)				
	PS = 8 - 10 (11)				
	LÍMITE PLASTICO 9 / 11 X 100 (12)				
CONTRACCION LINEAL	RECIPIENTE NUM.				
	LONGITUD DEL MOLDE mm. (13)				
	LONGITUD BARRA ME. SECO mm (14)				
	% CONTRACCION LINEAL = $100 - \frac{14}{13} \times 100$				
VALOR AZUL DE METILENO	PRUEBA No:				
	GRAMOS DE MATERIAL SECO (MALLA No. 200) (15)				
	SOLUCION EMPLEADA (ml) (16)				
	AZUL DE METILENO = $(.25 \times \frac{16}{15}) \times 100$				

* 1ml de solución equivale a 5gr de agua y zul de metileno (5/200 = a constante de solución)

ELABORO

REVISO



PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD PARA AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS EN UNA MINA AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



PRUEBA DE EQUIVALENTE DE ARENA

FECHA DE EXTRACCION

FECHA DE RECIBO

DESCRIPCION DEL MATERIAL

MUESTRA TOMADA DE

UBICACIÓN DEL BANCO

No. Muestra	Ensaye Num.	Reposo inicial	Reposo final	A) lectura de arcilla	B) lectura de arena	% Arena B/A x 100	Promedio %

ELABORO

REVISO

CAPITULO 3

CONTROL DE CALIDAD A GRAVA.

3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

La SCT conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02 hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP.

Es la determinación de la composición por tamaños de las partículas del material pétreo mediante el paso por una serie de mallas de tamaño determinado.

Para la grava triturada se utilizan las mallas $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$ y No.4, para la arena triturada se utilizan las mallas $\frac{1}{4}$, No. 4, No.10, No. 20, No. 40, No. 60, No. 100, No. 200.

Para realizar esta prueba el material se debe de encontrar seco ya que la humedad afecta el resultado final.

Del material cuarteado se toman 2 cuarteos se secan y se dejan enfriar.



fig. 3.1



fig.3.2

El material se calienta para que este seco y no altere el resultado final.

Se pesa.



fig. 3.3



fig. 3.4

Se vierte sobre las cribas con cuidado para no tener pérdidas.

El material se vacía en el juego de mallas ya acomodado. (3/4, 1/2, 3/8, 1/4, No. 4).



fig. 3.5



fig. 3.6

Después se verifica el cribado agitando individualmente cada criba.

Una vez obtenido todos los pesos se realizan los cálculos para determinar su composición.



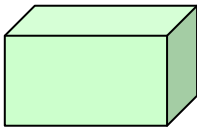
fig. 3.7

3.2. PESO ESPECÍFICO O DENSIDAD.

La SCT hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02

GRAVAS.

Densidad: es la cantidad de masa que contiene un cuerpo en un área determinada.



La densidad se obtiene de la división entre el peso del cuerpo y su volumen siempre y cuando el volumen del cuerpo pueda ser medido geoméricamente.

$$\rho = \text{peso del cuerpo} / \text{volumen del cuerpo}$$

Cuando tenemos un cuerpo amorfo como es el material pétreo se realiza una densidad relativa, la cual consiste en determinar la densidad de los materiales pétreos sin vacíos en cada una de sus fracciones respecto a la del agua, esto se logra sumergiendo el material pétreo saturado en agua y midiendo el volumen que este desplaza.

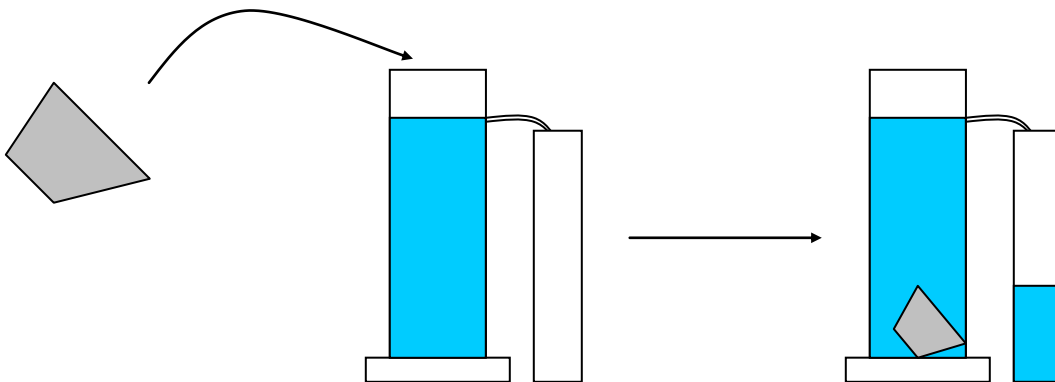


fig.3.8

Para obtener la densidad relativa del material pétreo se divide el peso del material seco en el volumen desplazado.

$\rho_r = \text{peso del material seco} / \text{volumen desplazado}$

3.3. PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO.

La SCT hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02

GRAVAS.

Se cuartea el material.



fig. 3.9



fig.3.10

Se toma un picnómetro.



fig.3.11



fig.3.12

Se llena el picnómetro del centro vertiendo el material a una altura de 20 20 c.m.

Una vez lleno se enrasa con una regla enrasadora o un cordel.



fig.3.13



fig.3.14

Se pesa.



fig.3.15



fig.3.16

Se mete al horno para secar el material.

$$\text{PVSS} = \frac{\text{Peso del material}}{\text{volumen del picnómetro}} * 1000$$

3.4. ABSORCIÓN.

La SCT hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02

GRAVAS.

Para determinar la absorción de nuestro material se divide la cantidad de agua absorbida, que es la diferencia entre el peso del material seco menos el peso del material húmedo, y se divide entre el peso del material seco.

Cantidad de agua absorbida = peso del material húmedo – peso del material seco

% de Absorción = cantidad de agua absorbida / el peso del material seco

Cribar la muestra por
la malla de 3/8.



fig.3.17



fig.3.18

Lavar el material y dejarlo
saturar por 24 horas.

Colocar el material sobre un trapo húmedo.



fig.3.19

Secar el material superficialmente y pesarlo en la báscula y se anota como peso húmedo.



fig.3.20

Introducir el material al picnómetro evitando que el agua se derrame y/o salpique.



fig.3.21

Una vez que el agua deja de salir del picnómetro se toma la lectura de la probeta y se anota como volumen desalojado.



fig.3.22

Secar el material ya sea en estufa u horno.



fig.3.23



fig.3.24

Una vez seco se pesa anotando el peso seco y se realizan los cálculos para determinar su densidad y absorción.



fig.3.25

3.5. PORCENTAJE DE PARTÍCULAS LAJEADAS Y ALARGADAS.

La SCT hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02.

GRAVAS.

Se cuartea el material.



fig.3.26



fig.3.27

Se criba con la



fig.3.28

El material restante se criba por las mallas # 1 1/3, 1/2, 3/8, y 1/4, .

Se pesa cada uno del material cribado.



fig.3.29



fig.3.30



fig.3.31



fig.3.32

Se separan.



fig.3.33

Se utiliza el calibrador proporcional ASTM.



fig.3.34

Para una laja se toma el ancho del material petreo por su lado mas plano.



fig.3.35



fig.3.36

por su lado mas ancho.

Se considera sana cuando la longitud se mide y el ancho no pasa.



Fig.3.37

Finalmente se pesan las lajas y agujas se saca el porcentaje este no debe rebasar el 25% de lajas y agujas del material.



fig.3.38



fig.3.39

CAPITULO 4.

CONTROL DE CALIDAD PARA ARENA.

4.1. PRUEBA DE AZUL DE METILENO.

La SCT conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02 hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP.

La prueba de azul de metileno verifica la sanidad del material.

Se pesan 10grs. De material pétreo, que pasa la malla N°200.



fig. 4.1

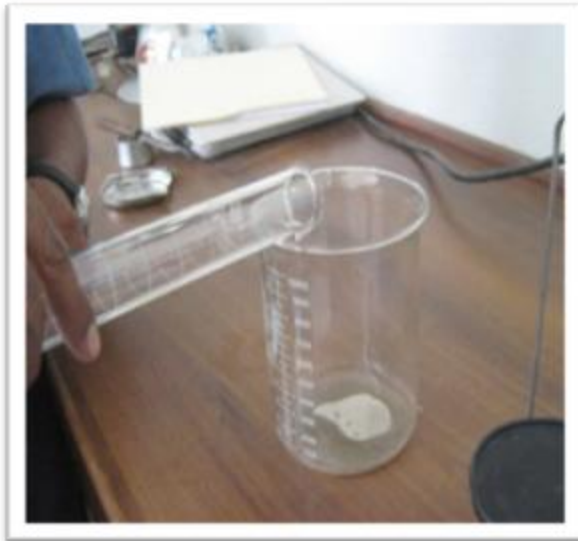


fig.4.2

Se coloca el material en el vaso de vidrio, se adicionan 30ml. De agua destilada y se agita para homogenizar la mezcla.



fig.4.3

Se llena la bureta con la solución de azul de metileno, Previamente agitada



fig.4.4

Se adiciona a la mezcla (agua/petróleo), 0.5ml de Solución por medio de la buretra y se agita durante un minuto.

Una vez agitada la mezcla, se toma una gota con el agitador y se deja caer en el papel filtro.



fig.4.5

El punto final aparece cuando una aureola azul mas claro rodea la gota, si no se presenta, se continua con la adición.



fig.4.6

una vez que se presenta el punto final se agita la mezcla durante 5min. y se deja caer una gota para comprobar la conclusión de la prueba.



fig.4.7



Se registra el resultado, basado en la siguiente expresión: $MBV = CV/W$

Donde:

MBV = Valor de azul de metileno mg de sol. Por gr. De material pétreo (pasa 200)

C = Miligramos de azul de metileno por mililitro de solución.

V = Mililitros de solución de azul de metileno requeridos para la filtración.

W = Gramos de material seco (pasa N° 200)

azul de metileno mg/gm	Comportamiento esperado
< 6	Excelente
7 - 12	Marginalmente aceptado
13 - 19	Problemas por posibles fallas
> 20	Seguramente fallará

4.2. EQUIVALENTE DE ARENA.

La SCT conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02 hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP.

Cribar la muestra por la malla No. 4.



fig.4.9

Llenar probetas con solución de trabajo hasta 4 pulgadas.



fig.4.10



fig.4.8

Cuartear la muestra.

Llenar y enrazar la capsula de ensaye con el material cuarteado.



fig.4.11

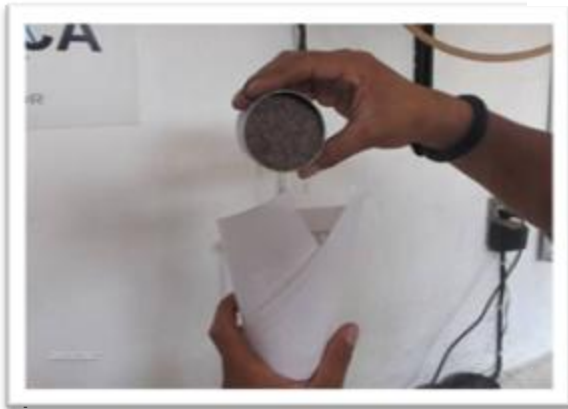


fig.4.12

Agregar el contenido de la cápsula a una de las probetas.

Material a fin de extraer el aire y acomodar el material.



fig. 4.13

Se repite el procedimiento para la probeta 2 y se dejan reposar 10 min.



fig.4.14



fig.4.15

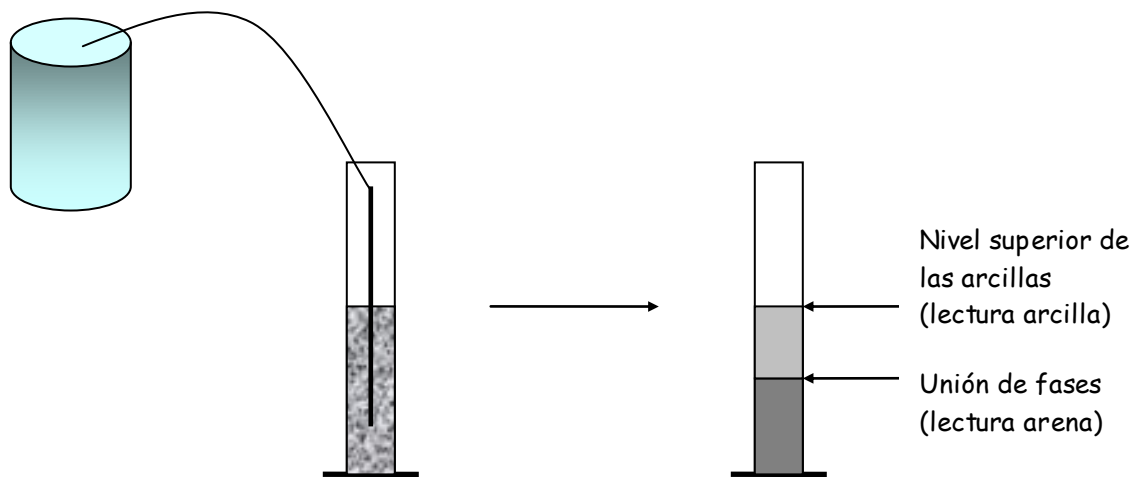
Se agita el material a 90 ciclos durante 30 seg. Y se deja reposar durante 5 min.

Se mide el nivel de arcilla y con la varilla se mide el nivel de arena y se realizan los cálculos para determinar su equivalente de arena.



fig.4.16

Es el contenido de los materiales finos o arcillosos presentes en los materiales pétreos respecto al contenido de arena, esta prueba se realiza mediante la separación de los materiales arcillosos de las arenas usando una solución de trabajo, a base de glicerina ,formol y cloruro de calcio, la cual permite la creación de dos fases en la solución; la primera que contiene las arcillas y se encuentra en la parte superior de la probeta y, la segunda; que contiene las arenas y se encuentra en la parte inferior.



Para calcular el equivalente de arena se mide la altura de la probeta en la parte la unión de las fases y se divide entre la lectura de la parte superior de las arcillas

$$\% \text{ equivalente de arena} = \frac{\text{lectura del nivel de la unión}}{\text{Lectura del nivel superior}} * 100$$

4.3. LÍMITES DE CONSISTENCIA.

La SCT conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02 hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP .

(líquido, plástico, índice de plasticidad, contracción lineal).

El material pétreo se criba por la malla #40.



fig.4.18



fig.4.19

Se incorpora en un vaso de ½ litro.



fig.4.21



fig.4.20

Se satura 12hrs. Como mínimo.

Se pone en la copa en la copa de porcelana y se homogeniza con ayuda de una espátula.



fig.4.22



fig.4.23

El material se pone al centro de la copa casa grande.

Y con el ranurador habrá el centro.



fig.4.24

Ya que esta abierto se somete a 25 golpes, si al abrir hay cohesión de 4 mm ese es el punto de humedad o límite líquido.



fig.4.25



fig.4.26

Se vierte en un vidrio de reloj y se pesa.

Se mete al horno a una temp. De 110 grados durante 6 a 8 hrs. Una vez seco se pesa.



fig.4.27

4.4. LÍMITE PLÁSTICO.

La SCT conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02 hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP.

El material que ya fue cribado por la malla #40 y saturado se vuelve una esfera a fin de que con la temperatura de la mano pierda humedad.



fig.4.28



fig.4.29

Se aplana.



fig.4.30

y con el se realizan cilindros de 3mm de espesor.

Se pesa.



fig.4.31



fig.4.32

Se mete al horno de 6 a 8 hrs.

4.5. CONTRACCIÓN LINEAL.

La SCT conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02 hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP .

Con el mismo material se llena una cápsula de contracción en tres capas con un procedimiento de golpeo entre cada capa para eliminar el aire.



fig.4.33



fig.4.34

Se enrasa.



fig.4.35

Una vez seco se mide para ver la relación del molde y la barra para ver la contracción lineal.



4.6. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ARENAS.

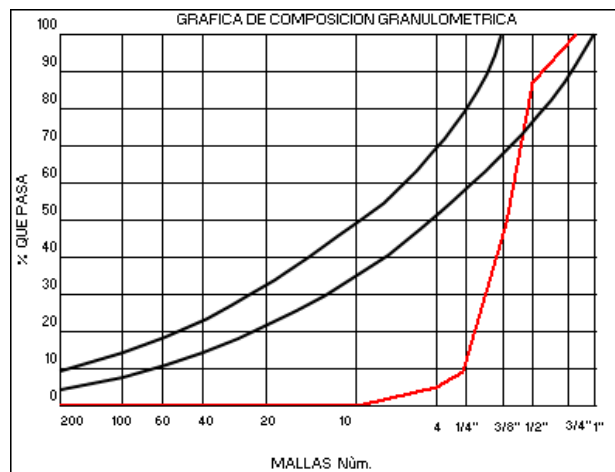
La SCT conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02 hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP.

Es la determinación de la composición por tamaños de las partículas del material pétreo mediante el paso por una serie de mallas de tamaño determinado.

Para realizar esta prueba el material se debe encontrar seco ya que la humedad afecta el resultado final, en el caso de las arenas se debe lavar el material antes de cribarlo para eliminar la mayor cantidad de finos.

Una vez cribado el material y obtenidos los pesos de cada malla estos se dividen entre el peso neto para obtener los porcentajes, después de esto los porcentajes se restan empezando desde 100 para obtener los valores de la curva granulométrica.

MALLAS	RETENCION PARCIAL (gr)	RETENCION PARCIAL (%)	% QUE PASA
1 1/2"	0	0	100
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	350	14	86
3/8"	950	37	49
1/4"	1020	40	9
No. 4	110	4	5
PASA No. 4	130	5	
SUMA	2560	100	



El material se calienta para quitar la humedad y no alterar el resultado.



fig. 4.36



fig.4.37

Del material cuarteado se toman 2 cuarteos, se secan y se dejan.



fig.4.38

Se pesa.



fig.4.39

El material se vacía en un vaso de aluminio, se le agrega agua y se deja saturar por 12 horas.



fig.4.40

Una vez saturado el material se lava pasándolo por la malla No. 200 para eliminar la mayor cantidad de finos posible.

El material se vacía en el juego de mallas ya acomodado (No. 4,10,20,40,60,100,200).



fig. 4.41



fig.4.42

Se agita para que la muestra pase por las cribas.

Después se verifica el cribado agitando individualmente cada criba.



fig.4.43

4.7. PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO.

La SCT conforme a lo indicado en el manual M- CAL.1.02 hace referencia a esta norma los manuales aplicables del libro MMP.

Es el peso de un m³ de material seco y suelto incluyendo sus vacíos entre partículas, este peso se utiliza para obtener las toneladas de un almacén sabiendo el volumen de este.

El peso volumétrico se determina por medio de un picnómetro del cual se sabe su volumen y su tara. El material se deja caer al picnómetro hasta enrasarlo y sin aplicar ningún ajuste de sus partículas.

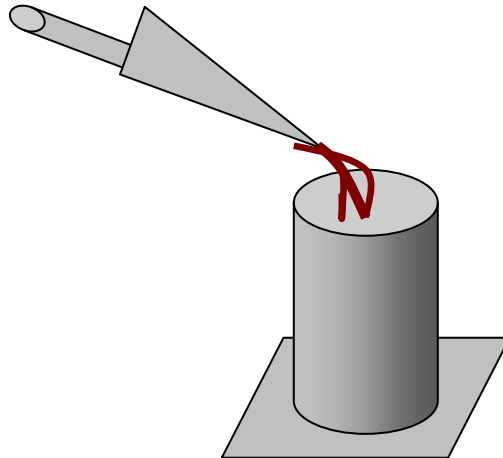


fig.4.44

Una vez lleno el picnómetro se pesa y se obtiene su peso bruto a este se le resta la tara del picnómetro y con esto se obtiene el peso del material.

$$\underline{\underline{PVSS = (\text{Peso del material} / \text{volumen del picnómetro}) * 1000}}$$

CAPITULO 5. CONTROL DE CALIDAD A ASFALTOS.

5.1. GRANULOMETRÍA DEL LAVADO.

La SCT conforme a lo indicado en control de calidad a materiales asfálticos
La norma es N-CMT.405.001

Se cuartea el material.



fig.5.1



fig.5.2

Del material cuarteado se toman 2 cuarteos y se pesan aproximadamente 850g anotando el peso neto.

El material pesado se introduce en el rotarex y se acomoda dentro del plato.



fig.5.3



fig.5.4

Una vez el material acomodado se le agrega 500 ml de gasolina evitando que esta salpique.

Se cierra el rotares y se enciende a 2000 RPM.



fig.5.5



fig.5.6

Cuando la gasolina deje de salir, se para y se le agregan otros 500 ml de gasolina, esto se repite hasta que esta salga de un color claro.

Ya terminado el lavado se desarma el rotarex y el contenido se vacía en una charola.



fig.5.7

Se seca el contenido.



fig.5.8

Una vez seco se pesa, se anota el peso seco y se realizan los cálculos para determinar el contenido de asfalto.

Al igual que la granulometría del material pétreo, la muestra debe estar completamente seca, en el caso de mezcla asfáltica el juego de mallas es completo ($3/4$, $1/2$, $3/8$, $1/4$, No. 4, No. 10, No. 20, No. 40, No. 60, No. 100, No. 200)

Una vez cribado el material y obtenidos los pesos de cada malla, se dividen entre el peso neto para obtener los porcentajes, después de esto los porcentajes se restan empezando desde 100 para obtener los valores de la curva granulométrica



PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD PARA AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS EN UNA MINA AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



<i>MALLAS</i>	<i>RETENCION PARCIAL (gr)</i>	<i>RETENCION PARCIAL (%)</i>	<i>% QUE PASA</i>
<i>1 1/2"</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>100</i>
<i>1"</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>100</i>
<i>3/4"</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>100</i>
<i>1/2"</i>	<i>28.6</i>	<i>4</i>	<i>96</i>
<i>3/8"</i>	<i>87.4</i>	<i>11</i>	<i>85</i>
<i>1/4"</i>	<i>117.1</i>	<i>14</i>	<i>71</i>
<i>No. 4</i>	<i>22</i>	<i>3</i>	<i>68</i>
<i>No. 10</i>	<i>195.3</i>	<i>24</i>	<i>44</i>
<i>No. 20</i>	<i>116.6</i>	<i>14</i>	<i>30</i>
<i>No. 40</i>	<i>84.3</i>	<i>10</i>	<i>20</i>
<i>No. 60</i>	<i>45.7</i>	<i>5</i>	<i>15</i>
<i>No. 100</i>	<i>47.4</i>	<i>6</i>	<i>9</i>
<i>No. 200</i>	<i>31.8</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>CH</i>	<i>36.2</i>	<i>5</i>	
<i>SUMA</i>	<i>812.4</i>	<i>100</i>	

5.2. VISCOSIDAD.

La SCT conforme a lo indicado en control de calidad a materiales asfálticos
la norma es N-CMT.405.001

Esta prueba consiste en determina la consistencia del asfalto mediante sus características de flujo a 135 °C esto se realiza por medio de un viscosímetro el cual consta de tubos de bronce en el que se vacía el asfalto y este es calentado por medio de aceite térmico hasta alcanzar 135 °C después el tubo se destapa dejando caer el asfalto sobre una copa con capacidad de 60 ml; El tiempo que tarda en llenar la copa es el dato que se obtiene de viscosidad y se reporta como segundos saybolt furol.



fig.5.9

5.3. PENETRACIÓN.

La SCT conforme a lo indicado en control de calidad a materiales asfálticos la norma es N-CMT.405.001.

Es la determinación de la dureza del AC-20 a 25 °C. Para esta prueba se requiere de un penetrómetro el cual tenga una aguja y un micrómetro para medir los milímetros que penetra la aguja en la superficie de la muestra.

La muestra se prepara en una cápsula y se sumerge en baño María a 25 °C para evitar errores en la prueba debido a la temperatura, ya que a menor temperatura, la penetración es menor.

Una vez preparada la muestra se ensaya en el penetrómetro, la aguja se ajusta a la superficie de la muestra y después se suelta durante 5 segundos, al terminar se mide la distancia que recorrió y de registra el dato obtenido en el micrómetro.

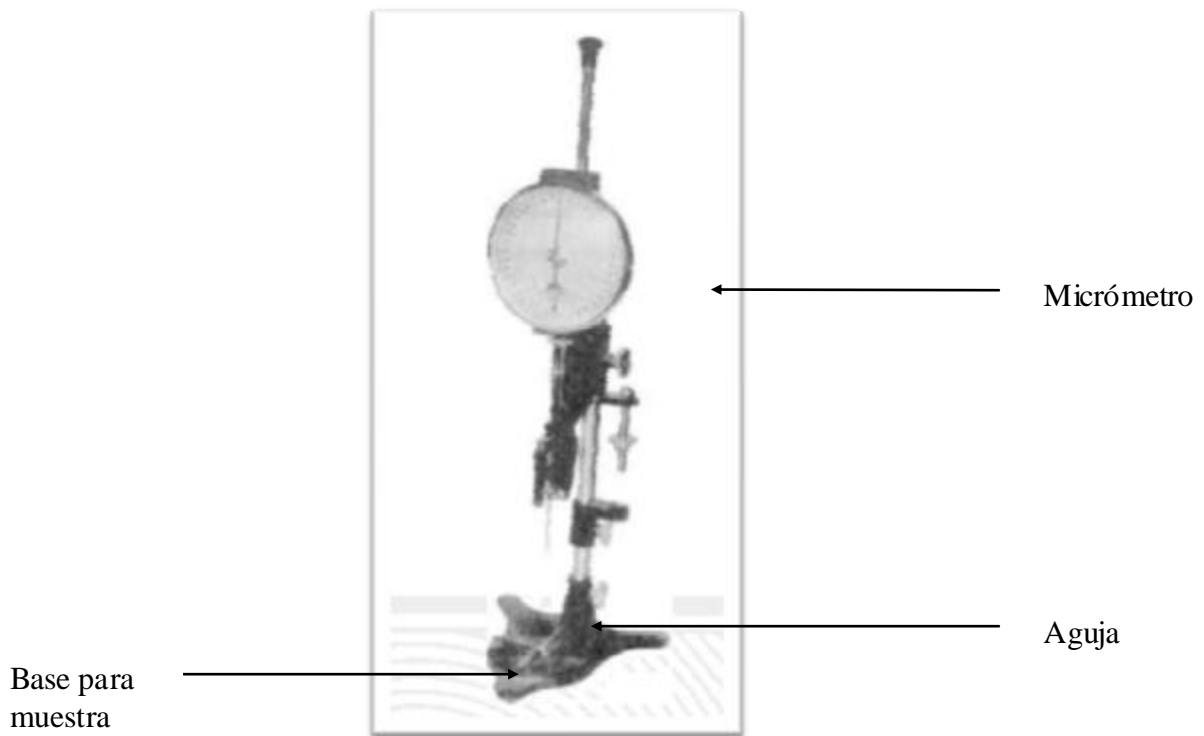


fig.5.10

Se sumerge en baño maría a 25 °C.



fig. 5.11



fig.5.12

La muestra se ensaya en el penetrómetro.



fig.5.13

Por último se mide la distancia que recorrió en el micrómetro.

5.4. PUNTO DE INFLAMACIÓN CLEVELAND.

La SCT conforme a lo indicado en control de calidad a materiales asfálticos

la norma es N-CMT.405.001

Temperatura mínima a la que el asfalto produce flamas instantáneas al estar en contacto con fuego directo, en esta prueba el asfalto es calentado hasta que al pasarle una flama en la superficie produzca una chispa instantánea, en este momento se registra la temperatura del termómetro y se reporta esta como el punto de inflamación.



fig.5.14

5.5. PUNTO DE REBLANDECIMIENTO

La SCT conforme a lo indicado en control de calidad a materiales asfálticos
la norma es N-CMT.405.001

Es la temperatura a la cual el asfalto se reblandece y es deformado por el peso de un balín de 3 gr., esta prueba se realiza en un vaso de precipitado, el cual tiene un adaptador en donde se colocan dos pastillas de asfalto con un balín en su superficie, el adaptador se encuentra sumergido en agua dentro del vaso de precipitados este se calienta hasta el punto en el que el asfalto toca la placa inferior del dispositivo, en ese momento se registra la temperatura y se reporta como punto de reblandecimiento.



fig.5.15

5.6. PRUEBA MARSHALL

La SCT conforme a lo indicado en control de calidad a materiales asfálticos
la norma es N-CMT.405.001

Esta prueba nos da información respecto a las características que tendrá el concreto asfáltico ya compactado, para elaborar esto es necesario preparar pastillas Marshall. Estas son elaboradas en un equipo de compactación al que se le aplican 75 golpes por cara a una temperatura alrededor de los 145 °C misma que se utiliza en el tendido de carpeta.

La prueba Marshall arroja los siguientes resultados:

Peso volumétrico: es el peso del material entre el volumen que ocupa sin tomar en cuenta los vacíos, para esta prueba es necesario sellar la pastilla con estearato de zinc antes de sumergirla en agua.

Estabilidad: es el peso que resiste la carpeta antes de su punto de ruptura.

Flujo: es la flexibilidad que tiene la carpeta.

Vacíos: son los poros que no son cubiertos por el material pétreo ni por el asfalto.

VAM: Son los vacíos no cubiertos por el agregado pétreo

Esta prueba se realiza en dos partes; la primera consiste en determinar el peso de la pastilla en aire y la siguiente en obtener su peso en agua para lo cual se requiere de sellar la pastilla con estearato de zinc con este peso de determina su volumen y se calcula su peso volumétrico así como sus vacíos y VAM; para la segunda parte es necesario una prensa Marshall, que consta de un arillo de carga y dos micrómetros uno para medir el flujo de la pastilla y otro para medir el flujo del arillo de carga y con estas dos lecturas obtener el dato de estabilidad en Kg y el flujo en mm.



fig. 5.16



5.7 PASOS PARA REALIZAR EL DISEÑO MARSHALL.

5.7.1.- MUESTREO DE MATERIALES.

Como principio, se deben hacer muestreos de los materiales de los bancos asignados por la S.C.T., Institución que normatiza los trabajos a efectuar:

Estos materiales son:

- d. Grava de trituración con tamaño nominal de $\frac{3}{4}$ a No 4
- e. Arena de trituración con tamaño nominal de $\frac{1}{4}$ a finos
- f. Arena de mina (filler) con tamaño nominal de $\frac{1}{4}$ a finos

A estos materiales se les somete a un proceso de calidad para conocer sus propiedades físicas, las cuales son:

GRAVA.

Análisis granulométrico

Peso específico o densidad

Peso volumétrico seco suelto

Absorción

Porcentaje de partículas lajeadas y alargadas

ARENA

Análisis granulométrico

Peso específico o densidad

Peso volumétrico seco suelto

Absorción

Equivalente de arena

Límites de consistencia (líquido, plástico, índice de plasticidad, contracción lineal).

(ver en lámina 1 y lámina 2) Verificar láminas.



5.7.2. PROPORCIÓN DE MATERIALES.

Ya obtenidos los resultados de los materiales ensayados se procede a hacer cálculos que indicarán por medio de una curva granulométrica teórica-práctica, las cantidades en proporción de cada tamaño de agregado pétreo y arena para la elaboración de los especímenes o pastillas Marshall.

Ejemplo

No MALLA	% QUE PASA DE GRAVA	% QUE PASA DE ARENA MINA	% QUE PASA DE ARENA TRITURADA	30% GRAVA	20% ARENA MINA	50% ARENA TRITURADA	CURVA TEORICA PRACTICA
1"	100	100	100	30	20	50	100
3/4"	98	100	100	29.4	20	50	99
1/2"	54	100	100	16.2	20	50	86
3/8"	23	100	100	6.9	20	50	77
1/4"	7	98	91	2.1	19.6	45.5	67
4	6	86	85	1.8	19.2	42.5	64
10	0	75	44	0	15	22	37
20	0	58	26	0	11.6	13	25
40	0	38	16	0	7.6	8	16
60	0	25	11	0	5	5.5	11
100	0	17	8	0	3.4	4	7
200	0	9	5	0	1.8	2.5	4

5.7.3. ELABORACIÓN DE PASTILLAS MARSHALL

Teniendo estas proporciones y la curva teórica-práctica, se procede a calcular las cantidades de material para elaborar las pastillas Marshall, esto es, calcular los porcentajes retenidos acumulados, por el porcentaje proporcional de diseño, en este caso son:

- 30% de grava de trituración
- 20% de arena mina (filler)
- 50% de arena de trituración



Ejemplo: $1100 \times 0.30 = 330$ gr.

GRAVA TRITURADA	RETENIDO ACUMULADO %	CANTIDAD DE MATERIAL POR PASTILLA (gr.)
3/4"	2	6.6
1/2 "	44	145.2
3/8 "	31	102.3
1/4"	16	52.8
No. 4	1	3.3
Pasa 4	6	19.8
TOTAL	100	330

$1100 \times 0.20 = 220$ gr.

GRAVA TRITURADA	RETENIDO ACUMULADO %	CANTIDAD DE MATERIAL POR PASTILLA (gr.)
3/4"	2	6.6
1/2 "	44	145.2
3/8 "	31	102.3
1/4"	16	52.8
No. 4	1	3.3
Pasa 4	6	19.8
TOTAL	100	330

Teniendo estos datos y cantidades que coinciden con la cantidad de cada pastilla que es de 1100 gramos, por pastilla, más el porcentaje de cemento asfáltico por punto, que en todos los diseños se efectuarán puntos, iniciando en 4.5% o siguiendo el criterio del Jefe de Calidad, tomando en cuenta la absorción del material pétreo, se elaboran 2 pastillas por punto.



Ejemplo:

Punto	Contenido de AC-20 respecto al agregado %	Peso de material pétreo (gr.)	Peso del AC-20 (gr.)
1	4.5	1100	49.5
2	2.0	1100	55
3	5.5	1100	60.5
4	6.0	1100	66
5	6.5	1100	71.5
6	7.0	1100	77
7	7.5	1100	82.5
8	8.0	1100	88

Para la elaboración de las pastillas Marshall, es necesario calentar el material pétreo a una temperatura de 150 °C, así como el AC-20 a una temperatura de 135°C. Una vez que el material pétreo alcanza la temperatura se coloca en la báscula y esta se tara, después se el adiciona la cantidad de AC-20 requerida para el punto que se esté elaborando, se regresa el material a calentamiento y mezcla hasta que esté completamente homogéneo.

Una vez homogéneo el material, se prepara el molde del compactador y se procede a la elaboración de la pastilla marshall, el procedimiento se repite para cada uno de los puntos, elaborando 2 pastillas por punto.



5.7.4. ENSAYE DE PASTILLAS MARSHALL.

Una vez obtenidas todas las pastillas Marshall, se dejan reposar 24 hrs. Pasando este lapso las pastillas son sometidas a la prueba Marshall, la cual consiste en:

- a) Pesar la pastilla en la balanza
- b) Recubrir y sellar al pastilla con estearato de zinc
- c) Pesar la pastilla sumergiéndola en agua
- d) Con estos datos se procede a obtener el peso volumétrico, los porcentajes de vacío y VAM utilizando las siguientes fórmulas

$$PV = \frac{PAire}{(PAire - PAgua)} \times 1000$$

PV= Peso Volumétrico

PAire= Peso obtenido de paso a)

PAgua= Peso obtenido en paso c)

$$\% \text{ Vacios} = 100 - (VAC-20) - (VMP)$$

$$VAC-20 = \frac{\left[\frac{\%CA}{100 + \% CA} \right] \times PV}{PCA \times 1000}$$



$$\text{VMP} = \frac{\left[100 - \left[\frac{\% \text{ CA}}{100 + \% \text{ CA}} \right] \right] \times \text{PV}}{\text{DCI} \times 1000}$$

% Vacíos: Es el volumen que no ocupa el AC-20 ni el material pétreo.

VAC-20: Es el volumen ocupado por el AC-20.

VMP: Es el volumen ocupado por el material pétreo.

%CA: Es el contenido de AC-20 respecto al agregado en la pastilla.

PV: Peso volumétrico.

DCA: Es la densidad de AC-20 (1.04 Kg./lt)

DCI: Es la densidad del material pétreo determinada por el método del cuerpo de ingenieros (2.53 Ton/m³)

$$\text{VAM} = 100 - \text{Vmp}$$

VAM: Volumen no ocupado por el material pétreo.

Vmp: Es el volumen ocupado por el material pétreo.

- e) Se prepara el baño maría a 60°C y una vez alcanzada la temperatura, se introducen las pastillas por un tiempo de 30 min.
- f) Transcurrido el tiempo las pastillas son ensayadas en la prensa Marshall, obteniendo de esta el valor de estabilidad y flujo
- g) Una vez obtenidos todos los valores se promedian los que provengan del mismo punto y se realizan las graficas de PV,%Vacíos,VAM, estabilidad y flujo con respecto a cada punto
- h) De las gráficas obtenidas se determina el valor óptimo
- i) Los valores de las gráficas correspondientes al óptimo, son los valores del diseño que serán utilizadas en la elaboración del concreto asfáltico.



CONCLUSIONES.

Por todo lo antes expuesto y fundado se concluye lo siguiente:

En este trabajo se muestran las tareas que se realizan en una mina que se localiza al norte de la ciudad de México en la cual es extraída andesita basáltica, comúnmente conocida como basalto.

Me pareció muy interesante la forma en la que se extrae el material ya que se necesita tener conocimientos de dinamita y manejarla con mucho cuidado para prevenir un accidente, el material es transportado por un camión fuera de carretera llamado yucle, que lo lleva hasta la trituradora que es la que se encarga de enviar el material a una trituración secundaria y se requiere enviarse a una terciaria dependiendo el uso que se le de al material.

Una vez que ya se extrae el material se transporta en una carretilla al laboratorio y se cuartea para realizarle las diferentes pruebas de control de calidad.

Es muy importante el control de calidad de los materiales, ya que queda demostrado que es seguro y tenemos la certeza de que nuestra obra perdure por mucho tiempo y en buen estado.

Este trabajo aporta lo que realmente se realiza en una mina de basalto y con ello nos podemos dar cuenta de la importancia que tiene el llevar a acabo la realización de las prácticas dentro de la carrera de Ingeniería Civil, ya que son de gran utilidad en el campo laboral.

Al realizar este trabajo queda la experiencia de cómo realizar los ensayos a los diferentes agregados pétreos y productos asfálticos, pude observar los procedimientos de extracción y control de calidad, previos a una obra en cuanto a algunos materiales de construcción como son gravas, arenas y asfalto.



BIBLIOGRAFÍA.

- **N.CAL.2.05. Aprobación de laboratorios.** En: Secretaria de Comunicaciones y Transporte. Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa STC). 2010. Disponible en: licitaciones.sct.gob.mx/uploads/media/Ba012-07_01.doc.
- **Características de los materiales. N.CMT.4.04/08** En: Secretaria de Comunicaciones y Transporte. Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa STC). 2010. Disponible en: <http://normas.imt.mx/>
- **NORMA M-MMP Métodos de muestreo y prueba de materiales** En: Secretaria de Comunicaciones y Transporte. Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa STC). 2010. Disponible en: <http://normas.imt.mx/NORMATIVA/I%20MMP/2%20Estructuras/02%20Mat%20Concreto%20Hid/M-MMP-2-02-055-06.pdf>
- **Norma de Control y Aseguramiento de Calidad M.CAL.1.02.01.** En: Secretaria de Comunicaciones y Transporte. Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa STC). 2010. Disponible en: <http://normas.imt.mx/NORMAS/i%20CAL/1%20Control%20Calidad/02%20Criterios%20Estad%20Muestreo/M-CAL-1-02-01.pdf>
- **Sistema de Clasificación de Materiales Pétreos y Suelos.** Dirección Gral. De Proyectos y Laboratorios. Departamento Técnico, Sección de especializaciones. México. 1965.
- FREDERICK S. Merritt, LOFTIN M. kent (et. al). **Manual del Ingeniero Civil.** Tomo 1. Mc Graw Hill. México 2002.