

ANEXO A

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

A.1.1. Análisis granulométrico de los agregados (Documento referencial AASHTO T27-99 ; ASTM E40 C-136)

Objetivo

Este método establece el procedimiento para tamizar y determinar la granulometría de los áridos. Es aplicable a los áridos que se emplean en la elaboración de morteros, hormigones, tratamientos superficiales y mezclas asfálticas.

Materiales y equipos

➤ Balanza

Debe tener una capacidad superior a la masa de la muestra más el recipiente de pesaje y una precisión de 0,1 g.

➤ Tamices

Los tamices seleccionados estarán de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.

Figura A.1. Juego de tamices normalizados



Fuente: Elaboración propia

Procedimiento del ensayo

- a) Antes de realizar el ensayo se debe preparar la muestra, para lo cual se debe separar mediante cuarteo la cantidad necesaria hasta obtener una muestra representativa.

El tamaño nominal del agregado es de $\frac{3}{4}$ plg, para este ensayo se pesará una cantidad de 5 Kg de material.

Figura A.2. Agregados para ser ensayados



Fuente: Elaboración propia

- b) Se lava el material para separar las partículas finas que pueden estar pegadas a las gruesas y para retirar la materia orgánica que puede contaminar el ensayo.
- c) Seleccionar la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar (agregado grueso o fino).
- d) Verter el material lavado y secado en el juego de tamices previamente ensamblados y dispuestos, de arriba abajo, en orden decreciente de tamaños de abertura con el fondo y la tapa.
- e) Se procede con el tamizado agitando la serie de tamices ensamblados en forma constante por un tiempo determinado. Terminado el proceso de tamizado se determinará el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza de precisión 0,1gr.

Cálculos

Obtenidos los pesos retenidos en cada malla disponer los datos en una planilla de tal forma que se puedan realizar los respectivos cálculos.

Calcular el peso acumulado de los pesos retenidos.

Calcular el porcentaje retenido tomando como referencia el peso total de la muestra usada dividida por su peso retenido acumulado multiplicado por 100.

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{peso retenido acumulado}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

Luego invertir los porcentajes retenidos y transformarlos en porcentajes pasantes, para esto se debe restar al 100% cada porcentaje retenido acumulado.

$$\% \text{ Quepasa} = 100\% - \% \text{ Retenido acum.}$$

Dibujar la curva granulométrica a escala logarítmica donde las abscisas corresponden al tamaño de las partículas y las ordenadas a los porcentajes que pasan.

Resultados

Los resultados obtenidos de la granulometría realizada se muestran a continuación:

A.1.2. Método para determinar el equivalente de arena (Documento referencial ASTM D2419; AASHTO T176)

Objetivo

Este método establece un procedimiento rápido para determinar las proporciones relativas de finos plásticos o arcillosos en los áridos que pasan por tamiz de 4,75 mm (Nº 4).

Equipos y materiales

➤ Probeta graduada

De 30 ± 1 mm de diámetro interior y aproximadamente 400 mm de alto, graduado en milímetros hasta una altura de 380 mm (o graduado en mililitros hasta una capacidad de 270 ml) y provisto de un tapón hermético de caucho

➤ Pisón

Compuesto por los siguientes elementos:

Una varilla de bronce de 6 mm de diámetro y 450 mm de largo, con hilo en ambos extremos.

Un pie de bronce troncocónico, de 25 mm de diámetro basal y 20 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarlo a la varilla.

Un par de guías que mantengan centrada la varilla en el eje de la probeta.

Una sobrecarga cilíndrica de acero laminado en frío de 50 mm de diámetro y 53 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarla a la varilla.

Esta sobrecarga debe ser rectificadora de modo que el conjunto de varilla, pie, guías y sobrecarga tenga una masa de $1\text{kg} \pm 5\text{g}$.

- Sifón
- Recipiente de medida de 85 ± 5 ml de capacidad
- Tamiz
- Recipiente para preparar el reactivo
- Agitados mecánico
- Herramientas y accesorios (botellas para reactivo, regla de enrase)
- Solución de ensayo

Procedimiento del ensayo

- a)** Para la preparación de la solución química se diluirá 22,5 ml de solución para cada litro de agua destilada.
- b)** Por el sifón verter 102 ± 3 mm. de solución de trabajo de cloruro de calcio, en la probeta.
- c)** Con ayuda del embudo verter en la probeta, aproximadamente 150 gr del suelo preparado.
- d)** Golpear la parte baja del cilindro varias veces con la palma de la mano para desalojar las posibles burbujas de aire y para humedecer completamente la muestra. Dejar reposar durante 10 ± 1 min.
- e)** Transcurridos los 10 min., tapar la probeta con un tapón; suelte el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo a la vez.

Método manual

- f)** Sujetar la probeta en posición horizontal y sacudirla vigorosamente de izquierda a derecha.
- g)** Agitar el cilindro 90 ciclos en 30 segundos, usando un recorrido de 23 ± 3 cm. Un ciclo se define como el movimiento completo a la derecha seguido por otro a la izquierda.
- h)** El operador deberá mover solamente los antebrazos manteniendo el cuerpo y hombros relajados.
- i)** Concluida con la operación de agitación, colocar la probeta verticalmente sobre la mesa de trabajo y quitar el tapón.

Proceso de irrigación.

- j)** El cilindro no deberá moverse de su posición vertical y con la base en contacto con la superficie de trabajo.
- k)** Introduzca el tubo irrigador en la parte superior de la probeta, suelte la abrazadera de la manguera y limpie el material de las paredes de la probeta mientras el irrigador baja.
- l)** El irrigador debe llegar hasta el fondo, aplicando suavemente una presión y giro mientras que la solución de trabajo fluye por la boca del irrigador, esto impulsa el material fino desde el fondo hacia arriba poniéndolo sobre las partículas gruesas de arena.

Figura A.3. Llenado de la solución hasta los 38cm



Fuente: Elaboración propia

- m)** Cuando el nivel del líquido alcance la señal de los 38 cm, levante el tubo irrigador despacio sin que deje de fluir la solución, de tal manera que el nivel se mantenga cerca de 38.0 cm mientras se saca el tubo. Regule el flujo justo antes que el tubo esté completamente fuera y ajuste el nivel final a los 38.0 cm.

Lectura de arcilla.

- n)** Dejar reposar durante 20 min. $\pm$ 15 s. Comience a medir el tiempo luego de retirar el tubo irrigador.
- o)** Al término de los 20 min., leer el nivel superior de la suspensión de arcilla. Este valor se denomina lectura de arcilla. Si la línea de marca no es clara transcurridos los 20 min. del período de sedimentación, permita que la muestra repose sin ser perturbada hasta que una lectura de arcilla pueda ser claramente obtenida; inmediatamente, lea y anote el nivel máximo de la suspensión arcillosa y el tiempo total de sedimentación.
- Si el período total de sedimentación excede los 30 min., efectúe nuevamente el ensayo, usando tres especímenes individuales de la misma muestra. Registre la lectura de la columna de arcilla para la muestra que requiere el menor tiempo de sedimentación como lectura de arcilla.

Lectura de arena.

- p) Después de la lectura de arcilla, introduzca en la probeta el ensamblaje del pie (conjunto del disco, varilla y sobrepeso) y baje lentamente hasta que llegue sobre la arena. No permitir que el indicador golpee la boca de la probeta mientras se baja el conjunto.
- q) Cuando el conjunto toque la arena con uno de los tornillos de ensamblaje hacia la línea de graduación de la probeta, lea y anote. Restar 25.4 cm. del nivel indicado en el borde superior del indicador y registrar este valor como la lectura de arena.
- r) Después de tomar la lectura de arena, tenga cuidado de no presionar con el pie porque podría dar lecturas erróneas.

Figura A.4 Lectura la arena



Fuente: Elaboración propia

- s) Si las lecturas de arcilla y arena están entre 2.5 mm de graduación (0.1 pulgadas), registrar el nivel de graduación inmediatamente superior como lectura.

Cálculos

Se calculará el equivalente de arena con la siguiente formula:

$$Eq. Arena = \frac{Lectura\ de\ arena}{Lectura\ de\ arcilla} \times 100$$

Resultados

A.1.3. Ensayo de desgaste de los agregados por medio de la máquina de los ángeles (Documento referencial ASTM C131; AASHTO T96)

Objetivo

Este ensayo es para estimar el efecto perjudicial que origina a los materiales su grado de alteración, su baja resistencia estructural, plano de debilitamiento, plano de cristalización, forma de las partículas, cuyo objetivo es determinar la dureza de los materiales pétreos que se emplean en mezclas asfálticas.

Equipos y materiales

- Balanza
- Tamices
- Horno
- Esferas de acero (carga abrasiva)
- Máquina de los ángeles

Procedimiento del ensayo

- a) El material deberá ser lavado y secado en horno a temperatura constante de 105-110°C, y el tamizado según las mallas que se indican. Mezclar las cantidades que el método indique según la tabla anterior.

Tabla A.1. Tabla de pesos del agregado grueso y número de esferas para el desgaste de los Ángeles

Gradación		A	B	C	D
Diámetro		Cantidad de material a emplear (gr)			
PASA	RETENIDO				
1 1/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	N°4			2500±10	
N°4	N°8				5000±10
Peso total (gr)		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
Número de esferas		12	11	8	6
N° de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación		30	15	15	15

Fuente: Norma ASTM, C131.

- b)** La muestra de ensayo y la carga designada serán colocadas en la máquina de los ángeles y se pondrá en funcionamiento la maquina a una velocidad de 30 o 33 revoluciones por minuto para las gradaciones A, B, C, se hará rotar el tambor 500 revoluciones.

Figura A.5. Esferas de acero



Fuente: Elaboración propia

- c)** Al final del ensayo será descargado de la máquina y se hará una separación preliminar en el tamiz N° 12.

Figura A.6. Material después del ensayo



Fuente: Elaboración propia

- d)** El material que queda retenido en el tamiz # 12 deberá lavarse, secarse en un horno a 110°C y pesarse seguidamente.

Figura A.7 Tamizado del material en el tamiz N° 12 y lavado



Fuente: Elaboración propia

Cálculos

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje de desgaste, calculándose como la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra de ensayo con respecto al peso inicial.

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} * 100$$

Grava

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{5000,1 - 3605,0}{5000,1} * 100 = 27,90 \%$$

Gravilla

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{5000 - 3706}{5000} * 100 = 25,88 \%$$

Resultados

A.1.4. Peso específico y absorción del agregado grueso (Documento referencial ASTM C127; AASHTO T85)

Objetivo

Establecer un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas.

Materiales y equipos

- Balanza
- Horno
- Canastillo porta muestra
- Estanque (debe permitir contener con holgura el canastillo porta muestra)
- Recipientes

Procedimiento del ensayo

La cantidad mínima de la muestra para este ensayo se determina según la tabla A.1.

Tabla A.2. Cantidad mínima de muestra

Tamaño máximo nominal (mm)	Cantidad mínima de muestra (kg)
12,5	2000
19,0	3000
25,0	4000
37,5	5000
50,0	8000

Fuente: Normas para materiales y ensayo de materiales, 2011

- a) La muestra para el ensayo consiste de 3kg según la tabla A.1. Se lava el material con el fin de remover el polvo o cualquier impureza que cubra la superficie de las partículas, se eliminara por tamizado las partículas inferiores a 4,75 mm (tamiz N° 4), luego se sumerge en agua por un periodo de 24 horas.
- b) Transcurrido las 24 horas, se retira la muestra del agua y se seca con un paño superficialmente a las partículas hasta que desaparezca la película visible de agua. Se

debe efectuar toda la operación en el menor tiempo posible para evitar la evaporación total del agua.

Figura A.8 Material sumergido en agua por 24 horas



Fuente: Elaboración propia

- c) Se determina entonces el peso del agregado saturado superficialmente seco, pesando la muestra en una balanza. Se registra ese dato como B.

Figura A.9. Muestra con partículas saturadas superficialmente secas



Fuente: Elaboración propia

- d) Después de pesar, se colocará la muestra saturada con superficie seca en el canastillo metálico, y se sumerge en agua a 20 ± 3 °C y se sacude para eliminar el aire atrapado, en donde se determinará su peso sumergido. Se registra ese dato como C.

- e) Se retira la muestra del canastillo, cuidando de no dejar partículas atrapadas en el canastillo, y se dejará secar la muestra en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Se deja enfriar hasta la temperatura ambiente o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto y se pesará para determinar el peso seco. Se registra este dato como A.

Figura A.10. Determinación del peso sumergido



Fuente: Elaboración propia

Figura A.11 Proceso de secado en el horno



Fuente: Elaboración propia

Cálculos

Los cálculos a realizar serán las siguientes:

Peso específico seco de la muestra

$$\text{Peso específico a granel} = \frac{A}{B - C}$$

Peso específico saturado con superficie seca

$$\text{Peso específico en condición saturada y superficie seca} = \frac{B}{B - C}$$

Peso específico aparente

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

Absorción (%)

$$\% \text{ de absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A = peso seco del agregado, en gr.

B = peso del agregado saturado superficialmente seco, en gr.

C = peso del agregado saturado, en gr.

Grava

$$\text{Peso específico a granel} = \frac{2043}{2069 - 1286} = 2,61 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Peso específico saturada y superficie seca} = \frac{2069}{2069 - 1286} = 2,64 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{2043}{2043 - 1286} = 2,70 \text{ kg/cm}^3$$

$$\% \text{ de absorción} = \frac{2069 - 2043}{2043} * 100 = 1,27 \%$$

se realiza el cálculo para las tres muestras y se promedia el resultado.

Gravilla

$$\text{Peso específico a granel} = \frac{1721}{1746 - 1085,9} = 2,61 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Peso específico saturada y superficie seca} = \frac{1746}{1746 - 1085,9} = 2,65 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{1721}{1721 - 1085,9} = 2,71 \text{ kg/cm}^3$$

$$\% \text{ de absorción} = \frac{1746 - 1721}{1721} * 100 = 1,45 \%$$

De los resultados para cada muestra se promedia para obtener un valor medio representativo.

Resultados

A.1.5. Peso específico y absorción del agregado fino (Documento referencial ASTM C128; AASHTO T84)

Objetivo

Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado fino.

Equipos y materiales utilizados

- Balanza
- Horno
- Recipientes
- Matraz
- Molde cónico
- Pisón

Procedimiento del ensayo

La muestra consiste aproximadamente de 1 kg de material. Se sumerge en agua por un periodo de 24 horas.

Figura A.12 Inmersión de la muestra por 24 horas



Fuente: Elaboración propia

- a) Elimine paulatinamente el exceso de agua, evitando la pérdida de finos. Revuelva la muestra frecuentemente para asegurar un secado uniforme, hasta llevarla a su condición suelta.

Figura A.13. Verificación de la condición de saturado con superficie seca



Fuente: Elaboración propia

- b)** Con el fin de verificar la condición de saturado con superficie seca, se coloca el material dentro del molde cónico, que estará con su diámetro mayor hacia abajo.
- c)** Se enrasa el material y se procede a compactar suavemente con 25 golpes de pisón uniformemente distribuidos sobre la superficie. En cada golpe se deja caer el pisón libremente.

Figura A.14. Condición de saturado con superficie seca

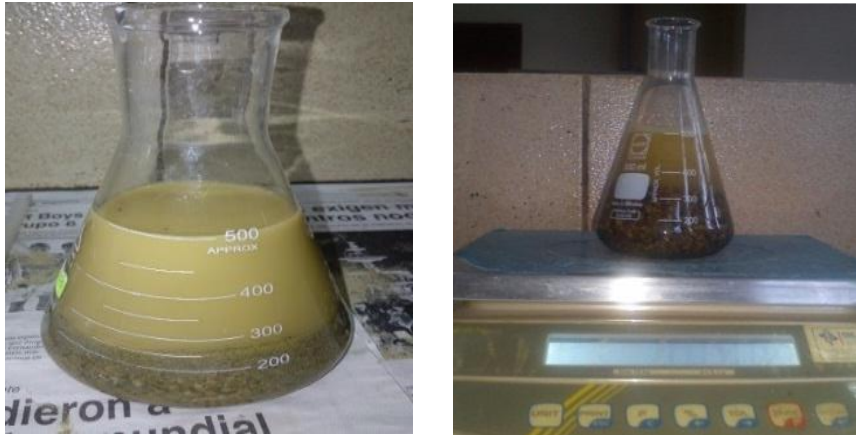


Fuente: Elaboración propia

- d)** Remueva cuidadosamente todo el material sobrante en la superficie, y se procede a levantar el molde verticalmente. Si hay humedad libre la muestra conservará la forma del cono. En este caso se repite con el secado. Una vez que la muestra caiga libremente según su talud natural al retirar el molde, será indicación que la muestra alcanzó la condición saturada superficialmente seca.

- e) Se colocan 500 gr de la muestra en el matraz y luego se llena este con agua. Con el fin de eliminar burbujas de aire presentes en el matraz, se rueda el matraz y luego se deja reposar un instante.

Figura A.15. Determinación del peso de la muestra + matraz + agua



Fuente: Elaboración propia

- f) Mida y registre la masa total del matraz con la muestra de ensaye y el agua.
- g) Se vacía el contenido del matraz en un recipiente y se pone a secar en un horno de temperatura constante y se procederá a pesar la muestra en condición seca.

Cálculos

Peso específico de la muestra

$$\text{Peso específico a granel} = \frac{A}{V - W}$$

Peso específico de la muestra saturada con superficie seca

$$\text{Peso específico en condicion saturada y superficie seca} = \frac{500}{V - W}$$

Peso específico aparente

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

Absorción

$$\% \text{ de absorción} = \frac{500-A}{A} * 100$$

Donde:

A = peso en el aire de la muestra secada al horno en gr.

V = Volumen del frasco

W = peso en gramos o volumen en ml del agua agregado al frasco

Para muestra 1

$$\text{Peso específico a granel} = \frac{494,1}{500 - 315,6} = 2,68 \text{kg/cm}^3$$

$$\text{Peso específico saturada y superficie seca} = \frac{500}{500 - 315,6} = 2,71 \text{kg/cm}^3$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{494,1}{(500 - 315,6) - (500 - 499,7)} = 2,77 \text{kg/cm}^3$$

$$\text{Peso específico a granel} = \frac{500 - 494,1}{494,1} * 100 = 1,18 \%$$

Resultados

A.1.6. Peso unitario de los agregados gruesos y finos (Documento referencial ASTM C 29M-97; AASHTO T27)

Objetivo

Determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de los agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos.

Equipos y materiales

- Balanza
- Recipientes de medida metálicos de forma cilíndrica, provisto de agarraderas
- Varilla compactadora, de acero de 16mm de diámetro y una longitud de 60 cm con el extremo redondeado.
- Pala de mano o cucharón.

Procedimiento del ensayo

Determinación del peso unitario suelto

- a) Con la ayuda de una pala de mano o cucharón se llena el recipiente de medida, descargando el agregado desde una altura no mayor a 50mm hasta que rebose el recipiente.

Figura A.16 Peso unitario suelto del agregado grueso y fino



Fuente: elaboración propia

- b)** Se eliminará el agregado sobrante o en exceso con la ayuda de la varilla
- c)** Determinar el peso del recipiente cilíndrico y el peso del recipiente cilíndrico más la muestra del agregado añadida.

Determinación del peso unitario compactado

- a)** Llenar la tercera parte del recipiente con el agregado, emparejar la superficie con los dedos, posteriormente apisonar la capa del agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente. Al apisonar esta primera capa se debe evitar que la varilla golpee el fondo del recipiente.
- b)** Se llena el con el agregado las 2/3 partes del recipiente, volviendo a emparejar la superficie y apisonar con 25 golpes de la varilla aplicando la fuerza necesaria para que la varilla atravesase solamente la respectiva capa. Finalmente llenar el recipiente hasta rebosar y compactar nuevamente de la manera antes mencionada.

Figura A.17. Apisonado del agregado con 25 golpes



Fuente: Elaboración propia

- c)** Una vez colmado el recipiente, enrasar la superficie con la varilla, usándola como regla, seguidamente determinar el peso del recipiente más el agregado y el peso del recipiente solo.

Figura A.18. Peso unitario compactado del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Cálculos

El peso neto del agregado o de la mezcla dentro del molde se obtiene restando el peso del molde con la muestra compactada y el peso del molde vacío. El peso por unidad de volumen de la muestra se obtiene dividiendo el peso entre el volumen del recipiente.

$$P.U. \frac{(A - B)}{V}$$

Donde:

A = peso del recipiente más el agregado, en gr.

B = peso del recipiente, en gr.

V = volumen del recipiente, en cm^3

$$P.U. \text{ Grava } \frac{(19845 - 5840)}{9790,67} = 1,43 \text{ gr/cm}^3$$

$$P.U. \text{ Gravilla } \frac{(19505 - 5840)}{9790,67} = 1,40 \text{ gr/cm}^3$$

$$P.U. \text{ Arena } \frac{(A - 2605)}{3915,85} = 1,46 \text{ gr/cm}^3$$

Resultados



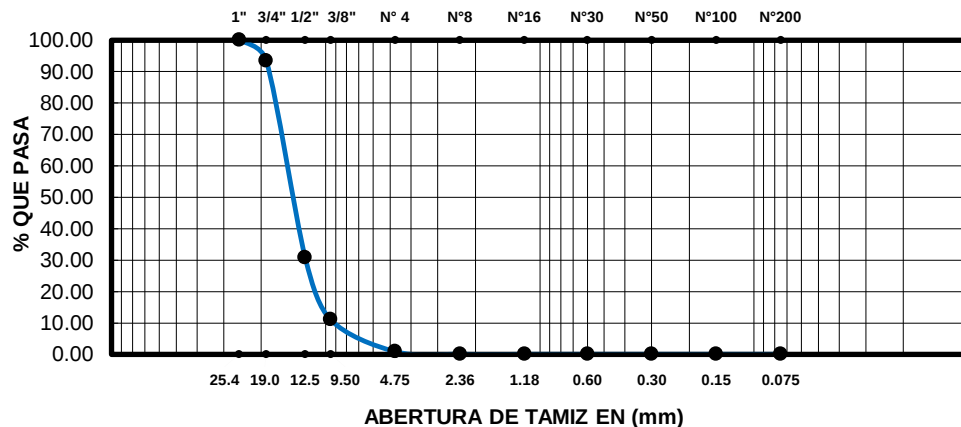
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-27 ASTM E-40

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO GRUESO (grava)

Peso total (gr.)					5000,5
Tamices	Abertura	Peso ret.	Peso retenido acumulado		% que pasa
	mm	gr	gr	%	del total
1"	25,4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19,0	327.80	327.80	6.56	93.44
1/2"	12,5	3129.80	3457.60	69.15	30.85
3/8"	9,50	991.80	4449.40	88.98	11.02
Nº4	4,75	507.30	4956.70	99.12	0.88
Nº8	2,36	43.29	4999.99	99.99	0.01
Nº16	1,18	0.00	4999.99	99.99	0.01
Nº30	0,60	0.00	4999.99	99.99	0.01
Nº50	0,30	0.00	4999.99	99.99	0.01
Nº100	0,15	0.00	4999.99	99.99	0.01
Nº200	0,075	0.00	4999.99	99.99	0.01
Base	-	0.00	4999.99	99.99	0.01
SUMA		5000			
PÉRDIDAS		0,5			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



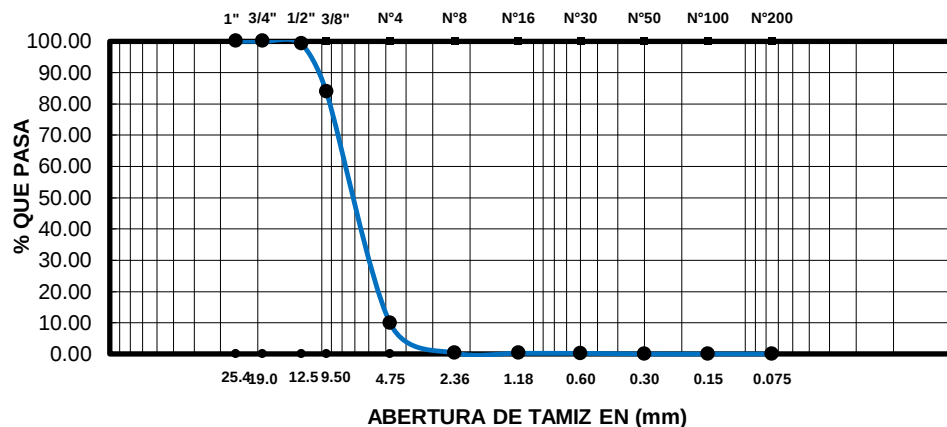
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-27 ASTM E-40

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO GRUESO (gravilla)

Peso total (gr.)					5000,6
Tamices	Abertura	Peso ret.	Peso retenido acumulado		% que pasa del total
	mm	gr	gr	%	
1"	25,4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19,0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12,5	37.25	37.25	0.74	99.26
3/8"	9,50	773.75	811.00	16.22	83.78
Nº4	4,75	3698.25	4509.25	90.17	9.83
Nº8	2,36	474.00	4983.25	99.65	0.35
Nº16	1,18	5.75	4989.00	99.77	0.23
Nº30	0,60	1.25	4990.25	99.79	0.21
Nº50	0,30	9.75	5000.00	99.99	0.01
Nº100	0,15	0.00	5000.00	99.99	0.01
Nº200	0,075	0.00	5000.00	99.99	0.01
Base	-	0.00	5000.00	99.99	0.01
SUMA		5000,0			
PÉRDIDAS		0,6			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



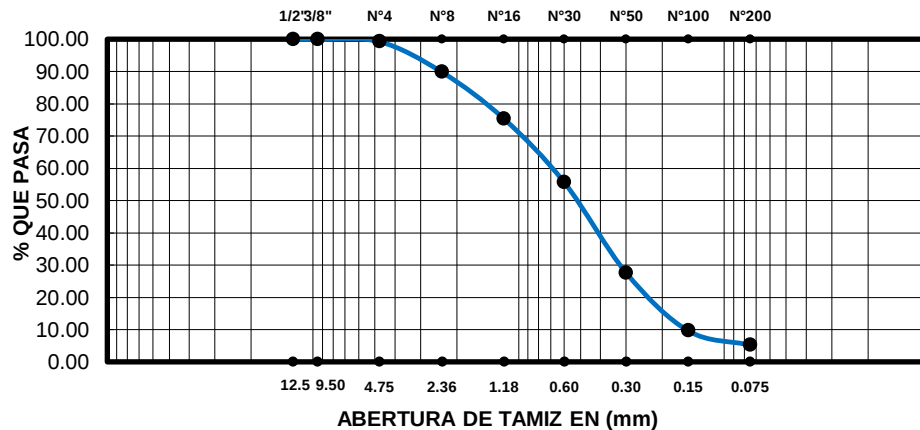
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-27 ASTM E-40

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO FINO (arena)

Peso total (gr.)					5000,4
Tamices	Abertura	Peso ret.	Peso retenido acumulado		% que pasa del total
	mm	gr	gr	%	
1"	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,0	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº4	4,75	34,00	34,00	0,68	99,32
Nº8	2,36	473,00	507,00	10,14	89,86
Nº16	1,18	723,00	1230,00	24,60	75,40
Nº30	0,60	989,00	2219,00	44,38	55,62
Nº50	0,30	1401,50	3620,50	72,40	27,60
Nº100	0,15	894,50	4515,00	90,29	9,71
Nº200	0,075	219,50	4734,50	94,68	5,32
Base	-	265,50	5000,00	99,99	0,01
SUMA		5000			
PÉRDIDAS		0,4			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
EQUIVALENTE DE ARENA
AASHTO T-176 ASTM D2419

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilse Guevara Vargas

Descripción	Lecturas (cm)			Promedio
Ensayo N°	1	2	3	
Lectura nivel superior	10,40	11,00	10,60	92,82
Lectura nivel inferior	9,70	10,20	9,80	
% de arena	93,27	92,73	92,45	

RESULTADO:

Equivalente de Arena (%)	Especificación
92,82	> 50%

Observaciones:

Ilse Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES
AASHTO T-96 ASTM C131

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO GRUESO (grava)

GRADACIÓN:
CARGA ABRASIVA CON:

B
11

Esferas a 32,5 RPM 500 Revoluciones
--

PORCIONES DE MUESTRA:

% Pasa	% Retenido	Cantidad tomada gr
3/4"	1/2"	2500
1/2"	3/8"	2500,1
Total		5000,1

Retenido tamiz N° 12

3605,00 gr.

Diferencia

1395,00 gr.

CÁLCULO:

$\text{Desgaste} = \frac{\text{Diferencia}}{5000} * 100$	27,90 %	35% Máx
--	---------	---------

Observaciones:

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES
AASHTO T-96 ASTM C131

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO GRUESO (gravilla)

GRADACIÓN:
CARGA ABRASIVA CON:

C
8

Esferas a 32,5 RPM
500 Revoluciones

PORCIONES DE MUESTRA:

% Pasa	% Retenido	Cantidad tomada
		gr
3/8"	1/4"	2500
1/4"	N° 4	2500
Total		5000

Retenido tamiz N° 12	3706,00 gr.
----------------------	-------------

Diferencia	1294,00 gr.
------------	-------------

CÁLCULO:

$\text{Desgaste} = \frac{\text{Diferencia}}{5000} * 100$	25,88 %	35% Max
--	---------	---------

Observaciones:

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS
AASHTO T-85 ASTM C127

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO GRUESO (grava)

Descripción	Unidad	N° Muestra			Promedio
		1	2	3	
Peso muestra saturada de superficie seca (B)	gr	2069,0	2072,4	2068,8	
Peso muestra seca (A)	gr	2043,0	2046,2	2043,9	
Peso de la muestra suspendida en agua (C)	gr	1286,0	1286,7	1287,4	
Peso específico del agregado seco	gr/cm ³	2,61	2,60	2,62	2,61
P. E. A. saturado superficialmente seco	gr/cm ³	2,64	2,64	2,65	2,64
Peso específico aparente	gr/cm ³	2,70	2,69	2,70	2,70
% de absorción	%	1,27	1,28	1,22	1,26

Observaciones:

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS
AASHTO T-85 ASTM C127

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO GRUESO (gravilla)

Descripción	Unidad	N° Muestra			Promedio
		1	2	3	
Peso muestra saturada de superficie seca (B)	gr	1746,0	1751,9	1747,3	
Peso muestra seca (A)	gr	1721,0	1728,1	1722,2	
Peso de la muestra suspendida en agua (C)	gr	1085,9	1093,4	1089,3	
Peso específico del agregado seco	gr/cm ³	2,61	2,62	2,62	2,62
P. E. A. saturado superficialmente seco	gr/cm ³	2,65	2,66	2,66	2,65
Peso específico aparente	gr/cm ³	2,71	2,72	2,72	2,72
% de absorción	%	1,45	1,38	1,46	1,43

Observaciones:

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS
AASHTO T-84 ASTM C128

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO FINO (arena)

Descripción	Unidad	N° Muestra			Promedio
		1	2	3	
Peso de la muestra	gr	500,0	500,0	500,0	
Peso del matraz	gr	152,3	152,3	152,3	
Peso de la muestra + matraz + agua	gr	968,5	987,7	986,4	
Peso del agua agregado al matraz "w"	gr	316,2	315,6	317,2	
Peso muestra seca (A)	gr	499,7	494,1	498,5	
Volumen del matraz "v"	ml	500,0	500,0	500,0	
Peso específico del agregado seco	gr/cm ³	2,72	2,68	2,73	2,71
P. E. A. saturado superficialmente seco	gr/cm ³	2,72	2,71	2,74	2,72
Peso específico aparente	gr/cm ³	2,72	2,77	2,75	2,75
% de absorción	%	0,06	1,18	0,30	0,51

Observaciones:

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
PESO UNITARIO DE AGREGADOS
AASHTO T-27 ASTM C29M

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO GRUESO (grava)

PESO UNITARIO SUELTO

Muestra	Peso recipiente	Volumen recipiente	Peso recip. + muestra suelta	Peso muestra suelta	Peso unitario suelto	Promedio
N°	gr	cm³	gr	gr	gr/cm³	gr/cm³
1	5840,00	9790,67	19845,00	14005,00	1,43	1,41
2	5840,00	9790,67	19570,00	13730,00	1,40	
3	5840,00	9790,67	19600,00	13760,00	1,41	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Muestra	Peso recipiente	Volumen recipiente	Peso recip. + muestra suelta	Peso muestra compactada	Peso unitario suelto	Promedio
N°	gr	cm³	gr	gr	gr/cm³	gr/cm³
1	5840,00	9790,67	20242,00	14402,00	1,47	1,48
2	5840,00	9790,67	20360,00	14520,00	1,48	
3	5840,00	9790,67	20280,00	14440,00	1,47	

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
PESO UNITARIO DE AGREGADOS
AASHTO T-27 ASTM C29M

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO GRUESO (gravilla)

PESO UNITARIO SUELTO

Muestra	Peso recipiente	Volumen recipiente	Peso recip. + muestra suelta	Peso muestra suelta	Peso unitario suelto	Promedio
N°	gr	cm³	gr	gr	gr/cm³	gr/cm³
1	5840,00	9790,67	19505,00	13665,00	1,40	1,39
2	5840,00	9790,67	19325,00	13485,00	1,38	
3	5840,00	9790,67	19390,00	13550,00	1,38	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Muestra	Peso recipiente	Volumen recipiente	Peso recip. + muestra suelta	Peso muestra compactada	Peso unitario suelto	Promedio
N°	gr	cm³	gr	gr	gr/cm³	gr/cm³
1	5840,00	9790,67	19810,00	13970,00	1,43	1,43
2	5840,00	9790,67	19920,00	14080,00	1,44	
3	5840,00	9790,67	19870,00	14030,00	1,43	

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE MATERIALES
PESO UNITARIO DE AGREGADOS
AASHTO T-27 ASTM C29M

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

AGREGADO FINO (arena)

PESO UNITARIO SUELTO

Muestra	Peso recipiente	Volumen recipiente	Peso recip. + muestra suelta	Peso muestra suelta	Peso unitario suelto	Promedio
N°	gr	cm³	gr	gr	gr/cm³	gr/cm³
1	2605,00	2915,85	6875,00	4270,00	1,46	1,53
2	2605,00	2915,85	7105,00	4500,00	1,54	
3	2605,00	2915,85	7181,00	4576,00	1,57	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Muestra	Peso recipiente	Volumen recipiente	Peso recip. + muestra suelta	Peso muestra compactada	Peso unitario suelto	Promedio
N°	gr	cm³	gr	gr	gr/cm³	gr/cm³
1	2605,00	2915,85	7475,00	4870,00	1,67	1,70
2	2605,00	2915,85	7585,00	4980,00	1,71	
3	2605,00	2915,85	7615,00	5010,00	1,72	

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES Y
RESISTENCIA DE MATERIALES**

ANEXO B

CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO

B.1. Caracterización del cemento asfáltico

B.1.1. Ensayo de penetración de materiales bituminosos (Documento referencial ASTM D-5; AASHTO T49-97)

Objetivo

Este ensayo determina la dureza o consistencia relativa, midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente a una muestra de asfalto a condiciones específicas de temperatura, carga y tiempo. Si no se mencionan específicamente otras condiciones, se determina la penetración normal a 25° C.

Equipos y materiales

➤ Penetrómetro

Cualquier equipo que permita el movimiento vertical sin fricción apreciable del vástago sostenedor de la aguja, y que sea capaz de indicar la profundidad de la penetración con una precisión de 0,1 mm. El peso del vástago será de $47,5 \pm 0,05$ g. El peso total de la aguja y el vástago será de $50,0 \pm 0,05$ g. Para cargas totales de 100 g y 200 g, dependiendo de las condiciones en que se aplique el ensayo, se estipulan pesas de $50,0 \pm 0,05$ g y $100,0 \pm 0,05$ g.

La superficie sobre la que se apoya la cápsula que contiene la muestra será lisa y el eje del émbolo deberá estar aproximadamente a 90° de esta superficie. El vástago deberá ser fácilmente desmontable para comprobar su peso.

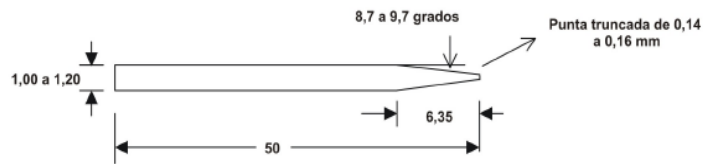
➤ Aguja de penetración

La aguja es de acero inoxidable templado y duro, grado 440-C o equivalente, HRC 54 a 60; debe tener aproximadamente 50 mm de largo y su diámetro entre 1,00 y 1,02 mm.

Será simétricamente afilada en forma cónica, con un ángulo entre 8,7 y 9,7° con respecto al largo total del cono, el que debe ser coaxial con el cuerpo recto de la aguja. La variación total axial de la intersección del cono y la superficie recta no debe exceder de 0,2 mm. La

punta truncada del cono debe tener un diámetro entre 0,14 y 0,16 mm y en ángulo recto al eje de la aguja con una tolerancia de 2°.

Figura B.1. Aguja normalizada para ensayo de penetración



Fuente: Norma ASTM

La aguja debe montarse en un casquete de metal no corrosivo, que tenga un diámetro de $3,2 \pm 0,05$ mm y una longitud de 38 ± 1 mm. La longitud expuesta de la aguja estándar debe estar comprendida entre 40 y 45 mm.

La aguja debe estar rígidamente montada en el casquete. La carrera (lectura del indicador de penetración total) de la punta de la aguja y cualquier porción de la aguja relativa al eje del casquete, no deberá exceder de 1 mm.

- Capsulas
- Baño de agua
- Termómetro
- Cronometro

Procedimiento del ensayo

Preparación de la muestra

- a) Caliente la muestra cuidadosamente, agitando para prevenir sobrecalentamientos locales, hasta que esté lo suficientemente fluida para vaciar. En ningún caso la temperatura debe elevarse más allá de 60°C sobre el punto de ablandamiento esperado para los alquitranes, de acuerdo con el método de ensayo ASTM D 36, o no más allá de 90°C sobre el punto de ablandamiento para el caso de los asfaltos. No caliente la muestra por más de 30 min. y evite la incorporación de burbujas en la muestra.
- b) Vierta la muestra en la cápsula a una profundidad tal que cuando se enfríe a la temperatura de ensayo, la profundidad de la muestra sea a lo menos 10 mm mayor que

la profundidad a la cual se espera que la aguja penetre. Vierta dos porciones separadas para cada variación de las condiciones de ensayo.

Figura B.2. Vertido del cemento asfáltico en las cápsulas



Fuente: Elaboración propia

- c) Cubra cada recipiente y sus contenidos como una protección contra el polvo, de manera que permita enfriar en una atmósfera a una temperatura no mayor que 30°C (86°F) y no menor que 20°C (68°F) por no menos de 1½ horas ni más de 2 horas cuando la muestra está en un recipiente de 175 ml (6 oz) y por no menos de 1 ni más de 1½ horas cuando la muestra está en un recipiente del 90 ml (3 oz). Entonces ponga la muestra en el baño de agua manteniendo la temperatura prescrita de ensayo, junto con el plato del traslado si es que se usó, y déjela por no menos de 1½ horas ni más de 2 horas cuando la muestra está en el recipiente del 175 ml (6 oz), y por no menos de 1 ni más de 1½ horas cuando la muestra está en un recipiente del 90 ml (3 oz).

Figura B.3. Muestra sumergidas en baño de agua a 25°C



Fuente: Elaboración propia

Ensayo de penetración

- d) Examine la aguja y guía para comprobar que esté perfectamente seca y libre de otros materiales extraños. Si la penetración esperada excede 350 use una aguja larga; en otros casos, utilice una aguja corta. Limpie la aguja de penetración con tolueno u otro solvente adecuado, seque con un paño limpio e inserte la aguja en el penetrómetro. A menos que se especifique otra cosa, coloque el peso de 50 g sobre la aguja, obteniendo una masa total de $100 \pm 0,1$ g.
- e) Si el ensayo se hace con el penetrómetro en el baño, coloque la cápsula con muestra directamente sumergida sobre la superficie de éste y deje la cápsula con la muestra en el baño, completamente cubierta con agua. Si el ensayo se realiza con el penetrómetro fuera del baño, coloque la muestra en el transportador de cápsula, cúbrala completamente con agua a la temperatura del baño (constante) y ubique el transportador sobre la superficie del penetrómetro.

Figura B.4. Realización del ensayo



Fuente: Elaboración propia

- f) Posicione la aguja descendiendo lentamente hasta que la punta haga contacto con la superficie de la muestra; realice esto con la punta de la aguja haciendo contacto real con su imagen reflejada sobre la superficie de la muestra, para lo cual utilice una fuente luminosa
- g) Haga un mínimo de tres penetraciones en la superficie de la muestra en puntos distanciados al menos 10 mm de la pared de la cápsula y a no menos de 10 mm entre uno y otro.

Cálculos

Para el cálculo se promediará el resultado de las tres penetraciones ejecutadas sobre la muestra de ensayo.

Resultados

El resultado se mostrará al final de la realización de todos los ensayos.

B.1.2. Ensayo de ductilidad de materiales bituminosos (Documento referencial ASTM D113; AASHTO T51-00)

Objetivo

Este método de ensayo determina la ductilidad de un asfalto como la longitud, medida en cm., a la cual se alarga antes de romperse cuando dos extremos de una briqueta, confeccionada con una muestra se traccionan a la velocidad y temperatura especificadas.

A menos que otra condición se especifique, el ensayo se efectúa a una temperatura de 25 $\pm$ 0,5 °C y a una velocidad de 5 cm/min $\pm$ 5%.

Equipos y materiales

➤ Moldes

El Molde debe ser hecho de bronce, los extremos b y b' son conocidos como sujetadores, y las partes a y a' como lados del molde. Las dimensiones del molde ensamblado serán como lo muestra la figura B.5. con las variaciones permisibles indicadas.

➤ Placa

Para el llenado de los moldes, se dispondrá de una placa de bronce plana, provista de un tornillo lateral de sujeción, con la forma y dimensiones que se detallan en la Figura B.5.

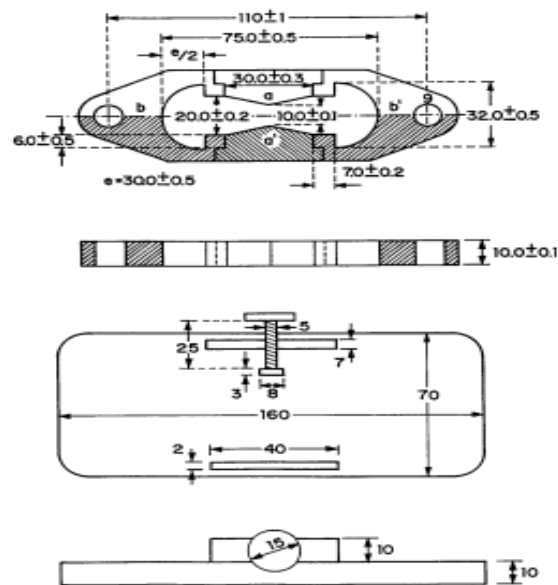
➤ Baño de agua

Un baño de agua que pueda mantener la temperatura de ensayo con una variación máxima de 0,1° C. Su volumen no será inferior a 10 litros y estará equipado con una placa perforada para la colocación de los especímenes, situada a una distancia mínima de 50 mm del fondo y 100 mm de la superficie.

➤ Ductilímetro

El aparato se denomina ductilímetro y en esencia, consta de un tanque de agua en el que se sumergen los especímenes, provisto de un mecanismo de arrastre que no produzca vibraciones, capaz de separar a la velocidad especificada un extremo de la probeta del otro, que permanece fijo. La tolerancia máxima admitida en la velocidad especificada será del 5%.

Figura B.5. Molde y placa para ductilímetro



Fuente: Elaboración propia

Procedimiento del ensayo

- a) Ensamble el molde en la placa. Cubra completamente la superficie de la plancha y superficies interiores de los lados, del molde con una capa delgada de una mezcla de glicerina y vaselina líquida, talco, para impedir que el material bajo la prueba se adhiera.

Figura B.6 Preparado de moldes con antiadherente (vaselina y talco)



Fuente: Elaboración propia

- b)** Calentar cuidadosamente la muestra previniendo el sobrecalentamiento local hasta que se haya puesto suficientemente fluido para verter. Después de un agitado continuo, vacíe dentro del molde. En el llenado, vierta el material en un ligero torrente atrás y delante de extremo a extremo del molde hasta rebalsar el molde. Dejar el molde, conteniendo el material a una temperatura ambiente por un periodo entre 30 a 40 minutos y luego ponerlo en el baño de agua manteniéndolo a una temperatura de prueba especificada por 30 minutos; entonces eliminar el exceso de bitumen con un emparejador o espátula justo al ras del molde.

Figura B.7. Vertido del asfalto en los moldes



Fuente: Elaboración propia

- c)** Coloque el plato base y molde, con especímenes de la briqueta en el baño de agua o la máquina de ensayo y mantenga la temperatura especificada por un periodo de 85 a 95 minutos.

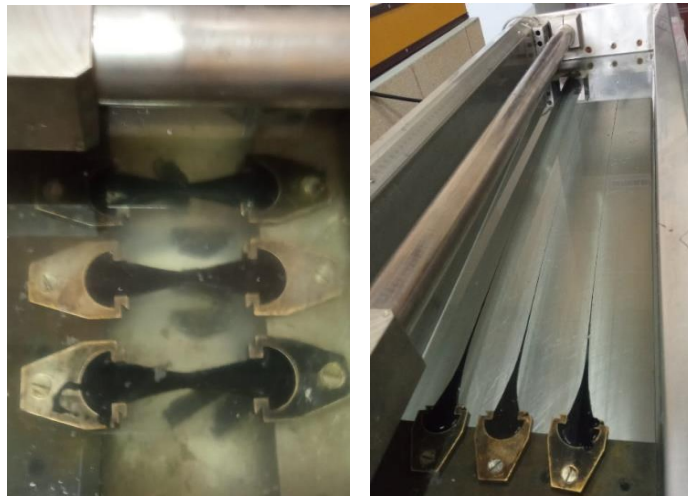
Figura B.8 Muestras sumergidas en baño María a 25°C



Fuente: Elaboración propia

- d)** Transcurrido este tiempo sacar los separadores centrales y colocar los moldes en los orificios de la plancha del ductilímetro a 25°C.

Figura B.9 Realización del ensayo



Fuente: Elaboración propia

- e)** A continuación, se pone en funcionamiento el motor del ductilímetro a razón de 5 cm por minuto, hasta que el hilo que une los dos extremos se rompa.

Cálculos

La distancia en cm que se han separado desde su posición inicial hasta que se produce la rotura en un ensayo normal, es del valor de la ductilidad de una probeta.

Calcular el promedio de tres pruebas normales.

Resultados

El resultado se mostrará al final de la realización de todos los ensayos.

B.1.3. Ensayo de punto de inflamación mediante el vaso abierto de Cleveland (Documento referencial ASTM D22; AASHTO T48)

Objetivo

El método define la determinación de los Puntos de Inflamación y Combustión por medio de la copa abierta de Cleveland, para productos del petróleo y otros líquidos, excepto aceites combustibles y materiales que tienen un punto de inflamación por debajo de 79°C determinado por medio de este método de ensayo.

Equipos y materiales

- Copa abierta de Cleveland

Consiste en una copa de ensayo, una placa de calentamiento, un aplicador de la llama, un calentador y apoyos.

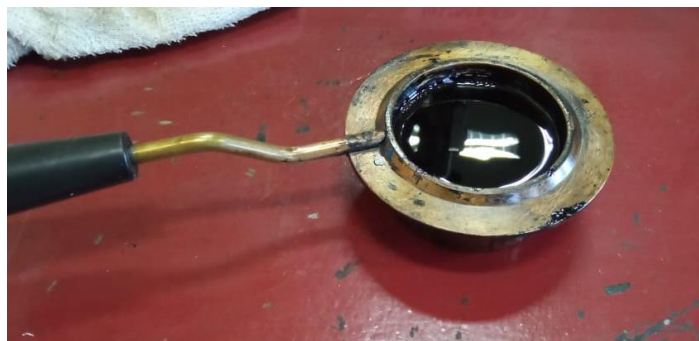
- Termómetro

Un termómetro que tenga un rango de -6 a 400°C

Procedimiento del ensayo

- Calentar C.A. a 140 °C.
- Traspasar la muestra al vaso hasta la línea de llenado.

Figura B.10. Vertido de la muestra en el vaso



Fuente: Elaboración propia

- Colocar el termómetro en el bulbo suspendido a 0,6 cm del fondo.
- Calentar la muestra uniformemente de modo que la velocidad de temperatura este entre 14 °C a 17 °C por minuto hasta llegar a 56 °C aproximadamente por debajo del punto de inflamación. (176 °C).

Figura B.11 Proceso de calentamiento y verificación del punto de inflamación



Fuente: Elaboración propia

- e) Reducir el calentamiento de 5 °C a 6 °C por minuto hasta la inflamación de la muestra.
- f) Aplicar la llama pequeña del mechero cuando la muestra este en (202 °C) repetir esta operación cada 10°C de aumento de temperatura. Hasta que se inflame.
- g) A la temperatura que produce una llamarada en cualquier punto de la superficie de la muestra se llama punto de inflamación.
- h) No requiere de cálculo por ser el resultado de la lectura directa del termómetro.

Resultados

El resultado se mostrará al final de la realización de todos los ensayos.

B.1.4. Ensayo de viscosidad Saybolt-Furol (Documento referencial ASTM E-102)

Objetivo

Determinar empíricamente la resistencia al escurrimiento de asfaltos líquidos y otros productos derivados de petróleo, mediante un aparato que recibe el nombre de viscosímetro saybolt.

Equipos y materiales

- Viscosímetro saybolt: con año integrado y que conste de un tubo de descarga, soporte para termómetro, embudo con filtro y frasco receptor.
- Cronometro: el cual deberá estar graduado en decimas de segundos y una precisión de 0,1% cuando la duración del ensayo sea mayor a 60 minutos.

- Termómetro para la viscosidad: que cumpla con los rangos de temperatura.
- Termómetro de baño: se puede utilizar los termómetros anteriores descritos u otros que se registren con exactitud equivalente.

Preparación y calibración del viscosímetro

- Colocar el viscosímetro y el baño donde no se generen corrientes de aire y cambios bruscos de temperatura y no existan posibilidades de contaminación de las muestras, con polvo o vapores, durante el ensayo.
- Determine el tipo de orificio a usar de acuerdo a la muestra. El orificio “universal” es usado en lubricantes y materiales destilados con un tiempo de flujo superior a los 32 segundos, para conseguir la exactitud deseada. El orificio “Furol” es usado en materiales residuales con un tiempo de derrame de este aproximadamente 1/10 del tiempo de derrame del orificio “universal”. La temperatura ambiente del sitio donde se efectuó el ensayo se deberá mantener entre 20° y 30°C (68° y 86°F) y debe registrársela del momento del ensayo.
- Llenar el baño, por lo menos a 0,5 cm, por encima del anillo de rebose, usando el líquido recomendado para cada temperatura, y proporcione una agitación y control térmico adecuado en el baño de modo que la muestra no fluctúe más de 0,5°C después de haber alcanzado la temperatura del ensayo.
- calibre periódicamente el viscosímetro saybolt, mediante la medición del tiempo de derrame a 37.8°C (100°F) de un producto de viscosidad conocida. Limpie el orificio con un solvente no tóxico y remuévalo de la galería del anillo de derrame. Cuando el tiempo de derrame difiera en más de 0,25 del valor certificado del producto usado en la calibración, calcule un factor de corrección para el viscosímetro de la manera siguiente:

$$F = \frac{V}{t}$$

Donde: V = viscosidad certificada del producto usado.

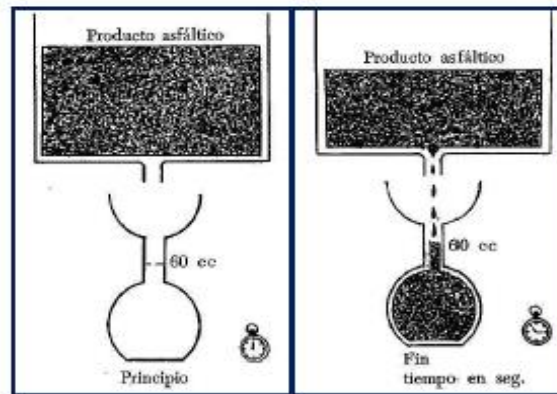
t = tiempo de derrame a 37,8 °C (100 °F) resultante del ensayo.

Procedimiento del ensayo

- Antes de iniciar el ensayo se deberá examinar detenidamente el tubo y el orificio del viscosímetro, mirando a través de ellos y eliminando cualquier materia extraña. Se

ajusta firmemente el tapón en el fondo del tubo y se coloca un frasco de viscosímetro de manera que el chorro que salga por el orificio caiga en el cuello. Se introduce el termómetro que tenga el rango de temperatura apropiado en el orificio del viscosímetro, de acuerdo a las especificaciones del ensayo, y se lleva el baño del viscosímetro a esta temperatura.

Figura B.12 Representación esquemática de la determinación de la viscosidad



Fuente: Elaboración propia

- b) Se ha de tener cuidado en regular la temperatura del baño un poco más allá de la reglamentaria a fin de que el material mantenga la temperatura específica del ensayo cuando este colocado en el tubo. Una vez que la temperatura del baño se ha establecido en el valor deseado, llenar hasta la mitad, aproximadamente, un recipiente de medio litro con el material de ensayo y se calienta hasta alcanzar el rango de temperatura deseado, agitando lentamente durante la última parte del periodo de calentamiento. Deben tomarse las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de volátiles, particularmente de la muestra de materiales de curado rápido y medio, por lo que la agitación se ha de realizar con un movimiento lento circular y evitar las salpicaduras.
- c) El calentamiento se hace en una plancha caliente u otro aparato productor de calor y se retirará el recipiente cuando se haya un valor de 2°C o 3°C por debajo de la temperatura del ensayo, aunque esta continuara subiendo a consecuencia del calor residual se agita que ha cesado de subir y se hace uniforme en toda la masa de la muestra, pudiendo colocarse el envase con el material nuevamente en la fuente de calor, por algunos segundos, agitándola hasta alcanzar la temperatura deseada para el ensayo.

- d)** Vierta parte del material en el tubo tapado, un poco por encima del anillo rebosadero, se colocará rápidamente el termómetro y se regula la temperatura al rango pedido por el ensayo. Si la temperatura, puede acelerarse agitando el material con un movimiento circular y con el termómetro manteniendo firmemente contra la pared del tubo, en cambio, si es demasiado alta se retira el termómetro, se limpia con un trapo y se deja enfriar volviendo a colocar y repitiendo la operación hasta conseguir el equilibrio térmico deseado. Cuando el material se ha conservado una temperatura que no difiere en más de 0.027°C (0.05°F) durante un minuto con agitación constante, quita el termómetro y absorba el material sobrante con una pipeta y pera de goma de forma tal que el tubo quede completamente lleno y el material quede por debajo del anillo vertedero.

Figura B.13. Realización del ensayo de viscosidad saybolt furol



Fuente: Elaboración propia

- e)** Coloque el frasco de recolección donde el flujo de aceite cayendo del viscosímetro toque justamente el cuello del frasco. La marca de la graduación del frasco deberá quedar entre 10 y 13 cm. por debajo del fondo del tubo del viscosímetro. Retire el tapón del viscosímetro, utilizando la cuerda adaptada y al mismo tiempo haga funcionar el cronometro, parándolo en el momento que el fondo del menisco llegue a la marca de
- f)** graduación del frasco y anote el tiempo de derrame en segundos, siendo este tiempo expresado en segundos la viscosidad furol a la temperatura especificada.

Resultados

El resultado se mostrará al final de la realización de todos los ensayos.

B.1.5. Ensayo para determinar el punto de ablandamiento con el aparato de anillo y bola (Documento referencial ASTM D36-89; AASHTO T53-92)

Objetivo

Determinar el punto de ablandamiento de productos bituminosos en el intervalo de 30 a 157 °C, utilizando el aparato de anillo y bola, sumergido en agua destilada (30 a 80 °C), glicerina USP (encima de 80 a 157 °C), o glicol etileno (30 a 110°C).

Equipos y materiales

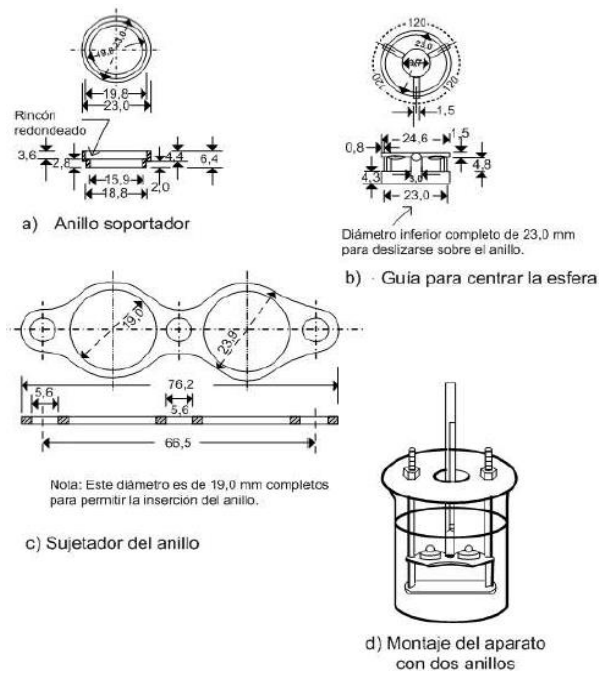
- Anillos de bronce
- Bolas de acero
- Guías de contacto de las bolas
- Recipiente de vidrio
- Soporte de anillos y montaje completo
- Termómetros

Figura B.14. Equipo para el ensayo de punto de ablandamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura B.15. Componentes del aparato para el ensayo de punto de ablandamiento



Fuente: Elaboración propia

Procedimiento del ensayo

- a) Calentar C.A. a 140 °C.
- b) Transferir C.A. (140 °C) al anillo sobre la plancha amalgada.

Figura B.16 Colocado del cemento asfáltico en los anillos



Fuente: Elaboración propia

- c) Dejar enfriar por un periodo aproximado de 1 hora.

- d) Enrazar la muestra del anillo con una espátula caliente.
- e) Colocar el anillo + C.A. con el soporte dentro de un vaso de precipitación con agua destilada.
- f) Bajar la temperatura del agua a 4°C y mantener esta temperatura durante 15 min.

Figura B.17 Proceso para bajar la temperatura a 4°C



Fuente: Elaboración propia

- g) Calentar el agua del vaso a una velocidad de 5 °C por minuto con la esfera sobre la muestra.

Figura B.18 calentado de la muestra



Fuente: Elaboración propia

- h) Efectuar la lectura del termómetro cuando la esfera traspase el anillo y recorra 25,4 mm. De la parte inferior del anillo al fondo del vaso.

Figura B.19 Conclusión del ensayo de punto de ablandamiento cuando las esferas traspasaron y llegaron a la parte inferior del vaso



Fuente: Elaboración propia

No requiere ningún cálculo, lectura directa.

Resultados

El resultado se mostrará al final de la realización de todos los ensayos.

B.1.6. Ensayo para determinar la gravedad específica de materiales bituminosos (Documento referencial ASTM D70-76; AASHTO T228-93)

Objetivo

Este método de ensayo describe los procedimientos que deben seguirse para la determinación de la gravedad específica o densidad relativa de los materiales bituminosos de consistencia sólida, semisólida o líquida.

El peso específico es la relación del peso de un volumen determinado del material al peso de igual volumen de agua, estando ambos materiales a temperaturas especificadas.

Equipos y materiales

- Picnómetros
- Baño de agua
- Termómetro
- Balanza

➤ Agua destilada

Procedimiento del ensayo

- a) Limpie, seque, y pese completamente el picnómetro al miligramo más cercano. Designe esta masa como A.

Figura B.20. Picnómetros utilizados



Fuente: Elaboración propia

- b) Llene el picnómetro de agua destilada fresca y hervida a temperatura de la prueba y ponga el tapón en el picnómetro. No permita que ninguna burbuja de aire permanezca en el picnómetro.
- c) Permita que el picnómetro permanezca en el agua para un periodo de no menos de 30 minutos. Quite el picnómetro, inmediatamente seque la parte superior del tapón con una toalla seca de una sola pasada, entonces rápidamente seque el residuo fuera del área del picnómetro y pesa al miligramo más cercano. Designe la masa del picnómetro más agua como B.
- d) Caliente la muestra con cuidado y revuelve para prevenir sobrecalentamiento local, hasta que la muestra se haya puesto suficientemente fluida para verter. En ningún caso, la temperatura debe aumentarse a más de 56°C (100°F) sobre el punto de ablandamiento esperado para alquitrán, o a más de 111°C (200°F) sobre el punto de ablandamiento esperado para el asfalto. No caliente para más de 30 minutos encima de una llama o el plato caliente o para más de 2 horas en un horno, y evita incorporar burbujas de aire en la muestra.
- e) Vierta suficiente muestra en el picnómetro limpio, seco y calentado para llenarlo cerca tres-cuarto de su capacidad. Tome precauciones para impedir al material de tocar los lados del picnómetro sobre el nivel final, y para prevenir la inclusión de burbujas de aire. Permita que el picnómetro y sus volúmenes se refresquen a temperatura del

ambiente para un periodo de no menos de 40 minutos, y pese con el tapón al miligramo más cercano. Designe la masa del picnómetro más la muestra como C.

Figura B.21 Vertido de cemento asfáltico



Fuente: Elaboración propia

- f) Llene el picnómetro con agua destilada, fresca y hervida a temperatura del ensayo y ponga el tapón en el picnómetro. No permita que ninguna burbuja de aire permanezca en el picnómetro.

Figura B.22 Peso del picnómetro + agua + C.A



Fuente: Elaboración propia

- g) Permita que el picnómetro permanezca en el baño de agua por un periodo de no menos de 30 minutos. Quite el picnómetro del baño. Seque y pese usando la misma técnica y tiempo como eso emplearon. Designe esta masa de picnómetro más la muestra más agua como D.

Cálculos

Calcule la gravedad específica al tercer decimal más cercano como sigue:

$$G = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Donde:

A = la masa del picnómetro (más el tapón)

B = la masa del picnómetro lleno con agua

C = la masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto

D = la masa del picnómetro más el asfalto más agua

Resultados

El resultado se mostrará al final de la realización de todos los ensayos.

B.1.7. Ensayo de película delgada (Documento referencial ASTM D1754; AASHTO T179-05)

Objetivo

Este método describe un ensayo para determinar el efecto del calor y aire sobre materiales asfálticos semisólidos. Los efectos de este tratamiento son determinados para la medida de las propiedades asfálticas antes y después del ensayo.

Equipos y materiales

- Horno: Utilice un horno eléctrico que cumple con los requerimientos de la Norma ASTM E 145 de Hornos tipo IB, para operarlo a temperaturas superiores a 180° C; tendrá un plato perfectamente centrado como se describe en 4, montado sobre el eje en el que debe girar.
- Termómetro: Un termómetro ASTM para pérdidas por calentamiento, que tenga un rango de 155 a 170°C y cumpla con los requisitos para termómetros 13C de la norma ASTM E 1.

- Platillos: Un receptor cilíndrico de 140 mm de diámetro interior y 9,5 mm de profundidad, con el fondo plano. Una muestra de 50 ml en un platillo de este tamaño da una película con un espesor de 3,2 mm. El platillo debe ser de aluminio o acero inoxidable; los platillos de aluminio tendrán un espesor de aproximadamente 0,75 mm y los platillos de acero inoxidable un espesor de, aproximadamente, 0,60 mm.

Procedimiento del ensayo

- a) Ajuste el horno de modo que el plato rote en un plano horizontal; la máxima inclinación durante la rotación. No será mayor que 3° con la horizontal. Determine la temperatura del horno por medio del termómetro especificado, mantenido al lado del plato circular en posición vertical en un punto equidistante del centro y del borde saliente del plato. Por el extremo del termómetro, el bulbo, debe estar a 6,5 mm sobre la parte superior del plato.
- b) Con el horno a 163°C , rápidamente coloque los platillos con la muestra sobre el plato circular, cierre el horno y comience la rotación del plato. Mantenga la temperatura a $163 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 5 h después que la muestra ha sido introducida y el horno ha alcanzado la temperatura. El período de 5 h comienza cuando la temperatura alcanza 162°C ; en ningún caso, el tiempo total que la muestra esté dentro del horno debe ser mayor que 5 h y 15 min.
- c) Al concluir el período de calentamiento, quite las muestras del horno. Si el cambio de masa no se está determinando, proceda de acuerdo con d; si el cambio de la masa se está determinando, enfríe a temperatura ambiente, pese aproximando a 0,001 g y calcule el cambio de la masa sobre la base asfáltica en cada recipiente.
- d) Después de pesar los platillos con el residuo, colóquelos sobre una tabla(s) de cemento asbesto.

Figura B.23 Vertido de cemento asfáltico en los platillos



Fuente: Elaboración propia

- e) Coloque la tabla(s) y los platillos sobre el plano circular del horno, mantenido a 163°C . Cierre el horno y rote el plato por 15 min; quite la muestra y las tablas e inmediatamente proceda como se describe d.
- f) Vierta ambas muestras en un recipiente metálico impregnado en vaselina. Quite todo el material del platillo de 140 mm, raspándolo con una espátula adecuada o un cuchillo con punta. Revuelva la combinación de residuo enteramente, colocándola en un recipiente de 240 ml sobre una placa de calentamiento, manteniendo el material en una condición fluida si es necesario. Vierta el material dentro del recipiente apropiado o molde para la penetración, ductilidad u otro ensayo, si se requiere.

Figura B.24 Colocado en horno los platillos + cemento asfáltico



Fuente: Elaboración propia

Cálculos

$$perdida = \text{peso inicial} - \text{peso final}$$

Peso platillo	Datos iniciales		Datos después del ensayo		Perdida
	Peso platillo + muestra	Muestra	Peso platillo + muestra	Muestra	
gr	gr	gr	gr	gr	gr
85.3	162.3	77	161.2	75.9	1.1
90.5	173.4	82.9	172.4	81.9	1
89.5	174.2	84.7	173.9	84.4	0.3
					0.8

Resultados

El resultado se mostrará al final de la realización de todos los ensayos.

B.2. Caracterización de la emulsión asfáltica RR-2C

B.2.1. Ensayo de viscosidad Saybolt-Furol (ASTM E102, NBR 14491)

Objetivos

Este método hace referencia a los procedimientos empíricos para determinar la viscosidad Saybolt Universal o Saybolt Furol de productos del petróleo a temperaturas específicas entre 21° y 99 °C. se incluye un procedimiento especial para productos parafinados.

Materiales

- Viscosímetro saybolt
- Baño
- Termómetro para el viscosímetro
- Embudo con filtro
- Matraz recibidor
- Cronometro

Procedimiento

Se sigue los mismos pasos indicados en el ensayo de viscosidad para el cemento asfáltico.

Figura B.25 Medición de la temperatura



Fuente: Elaboración propia

Figura B.26 Ensayo de viscosidad



Fuente: Elaboración propia

Resultados

Los resultados se mostrarán al final de todos los ensayos realizados para la emulsión.

B.2.2. Ensayo de residuo por destilación (ASTM D6997)

Objetivos

Esta norma establece el método para la determinación del residuo de emulsiones asfálticas por destilación.

Este método de ensayo cubre la determinación cuantitativa del residuo y del destilado de emulsiones asfálticas que se componen principalmente de una base semisólida o líquida, agua y un agente emulsionante.

Materiales

- *Destilador de aleación de aluminio.* De aproximadamente 241 mm de altura por 95 mm de diámetro interno, con tapa y abrazadera, como se muestra en Figura B.26. Las dimensiones que se muestran en la Figura B.26 se proporcionan únicamente como referencia para facilidad del usuario y se consideran dimensiones no críticas.

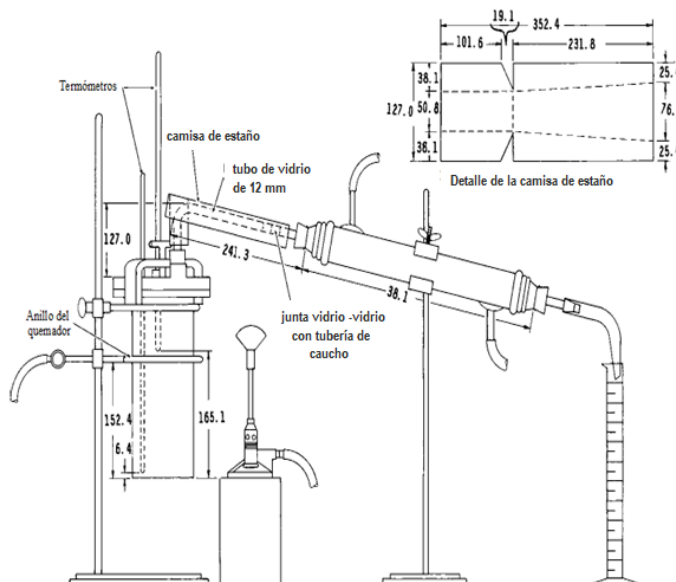
- *Empaque.* Una variedad de materiales de empaque puede usarse para sellar el destilador, siendo capaces de resistir la temperatura máxima que se alcanza durante la destilación
- *Fuentes de calor.* Tienen orificios en la periferia interna y tres separadores, para asegurar el centrado del quemador alrededor del destilador.
- *Equipo de conexión.* Consta de un tubo de conexión de vidrio o metal de aproximadamente 12 mm, una camisa de estaño (como se detalla en la Figura B.27), y un tubo condensador de vidrio enfriado por agua con una chaqueta metálica o de vidrio de borosilicato, El tubo metálico de conexión puede fijarse a la tapa por medio de un accesorio roscado de compresión. El tubo de conexión de vidrio puede sujetarse a la tapa por medio de un corcho o tapón de silicona. Pueden usarse otros condensadores de vidrio o de metal de 12 mm aproximadamente, siempre que la longitud mojada sea de 400 a 550 mm.
- *Probeta graduada:* De 100 mL, con intervalos de graduación de 1,0 mL.
- *Termómetro:* ASTM 7C, según lo que se indica en la especificación ASTM E1 (Especificación ASTM para termómetros de líquido en vidrio), o cualquier otro dispositivo termométrico de igual precisión.
- *Balanza.* Capaz de pesar 3500 g con una precisión de $\pm 0,1$ g.
- *Tapones.* Usar tapones de corcho (envuelto en papel de aluminio) o silicona para mantener el dispositivo de medición de temperatura en posición, sellar los orificios y asegurar el tubo de conexión a la cubierta del destilador.
- *Tubería de caucho.* Tubería resistente al calor y de un tamaño adecuado para asegurar la junta vidrio – vidrio en la conexión del tubo y el condensador.
- *Tamiz.* De 300 micras, para capturar materiales extraños cuando se sospeche su existencia, (ver nota 6).

Procedimiento

- a) Determinar la masa del destilador de aleación de aluminio. Incluir en esta determinación el destilador, la cubierta, la abrazadera, el o los dispositivos de medición de temperatura, el tapón pequeño y el empaque (si se los utiliza).
- b) Añadir $200 \pm 1,0$ g de una muestra representativa de la emulsión de asfalto. Registrar esta masa.

- c) Fijar firmemente la tapa sobre el destilador. Si se utiliza un empaque, insertarlo entre el destilador y la cubierta previo a su ajuste.

Figura B.27 Esquema del ensamble de los equipos para el ensayo de destilación



Fuente: Elaboración propia

- d) Insertar el dispositivo de medición de temperatura primero a través de un tapón de corcho o silicona, y luego en uno de los pequeños orificios de la cubierta. Sellar el otro orificio con un tapón de corcho o silicona. Ajustar el dispositivo de medición de temperatura, de modo que el extremo del bulbo esté a aproximadamente a 6 mm del fondo del destilador.
- e) Colocar el anillo quemador alrededor del destilador aproximadamente a 150mm del fondo del mismo. Aplicar calor encendiendo este quemador y ajustarlo a fuego lento. Para prevenir la condensación de agua en el tubo de conexión, aplicar suficiente calor desde el mechero Bunsen a dicho tubo.
- f) Cuando la temperatura sea de alrededor de 215 °C, mover el anillo quemador aproximadamente al nivel del fondo del destilador. Aumentar la temperatura a 260 ± 5 °C y mantenerla por 15 minutos. Completar la destilación en 60 ± 15 minutos, tomados a partir de la primera aplicación de calor.
- g) Inmediatamente después de finalizar el período de calentamiento, apagar la llama y pesar el destilador y accesorios nuevamente, según se describe en el punto “a”. El destilador de aleación de aluminio a temperatura ambiente pesa 1,5g más que a 260

°C. Corregir este error mediante la adición de 1,5 g al peso bruto obtenido, previo al cálculo del porcentaje de residuo por destilación. Calcular el porcentaje de residuo por destilación. y reportarlo. Registrar el volumen de destilado con una precisión de 0,5 mL. Calcular y reportar el destilado como un porcentaje en volumen del asfalto total emulsionado, basado en el peso de la muestra.

Figura B.28 Medición de la temperatura



Fuente: Elaboración propia

- h)** Remover el remanente del destilador agitando suavemente el residuo. Esto puede realizarse por medio de un movimiento giratorio o de agitación con una varilla de vidrio o de acero, hasta obtener un material consistente que luego se vierte. Retirar la tapa del equipo y verter de inmediato porciones adecuadas del residuo en un recipiente o moldes, según se requiera, para el análisis del residuo. Si se sospecha la existencia de material extraño en el residuo, hacerlo pasar a través de un tamiz previo a verterlo dentro de los moldes de ensayo y contenedores.

Figura B.29 Residuo destilado finalizado el ensayo



Fuente: Elaboración propia

Cálculos

Porcentaje de residuo de la muestra

$$residuo = \frac{B - A}{C} * 100$$

Donde A= masa del sistema del destilador vacío antes de la prueba

B = masa del sistema del destilador después de la prueba

C = masa de la emulsión asfáltica añadida al destilador

Porcentaje de destilado

$$destilado \% = \frac{\text{volumen de destilado registrado con una precision de 0,5 ml}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

Resultados

Los resultados se mostrarán al final de todos los ensayos realizados para la emulsión.

B.2.3. Ensayo de penetración (ASTM D5, NBR 6576)

Esta prueba se la realiza al asfalto residual, una vez que ha roto la emulsión y se ha eliminado su fase acuosa.

El procedimiento para este ensayo es igual al realizado para el cemento asfáltico.

Figura B.30 Muestras de asfalto residual preparada



Fuente: Elaboración propia

Figura B.31 Realización del ensayo



Fuente: Elaboración propia

Resultados

Los resultados se mostrarán al final de todos los ensayos realizados para la emulsión.

B.2.4. Ensayo de película delgada (ASTM D1754)

Los materiales, equipos y el procedimiento se realizan de la misma forma como se indica en el ensayo para el cemento asfáltico.

Figura B.32 Vertido de la emulsión en los platillos y colocado en el horno giratorio



Fuente: Elaboración propia

Figura B.33 Muestra después de realizado el ensayo



Fuente: Elaboración propia

Cálculos

$$perdida = \text{peso inicial} - \text{peso final}$$

Peso platillo	Datos iniciales		Datos después del ensayo		Perdida
	Peso platillo + muestra	Muestra	Peso platillo + muestra	Muestra	
gr	gr	gr	gr	gr	gr
84,4	143,80	59,4	142,82	58,42	0,98
85,2	146,50	61,3	145,55	60,35	0,95
89,6	152,41	62,8	151,42	61,82	0,98
					0,97

Resultados

Los resultados se mostrarán al final de todos los ensayos realizados para la emulsión.

B.2.5. Ensayo de punto de ablandamiento (ASTM D36, NBR 6560)

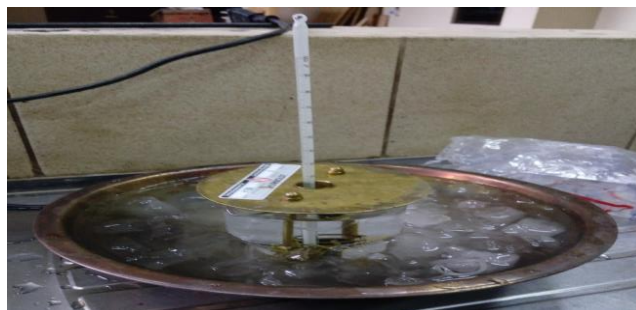
Este ensayo seguirá el mismo procedimiento que para el cemento asfáltico. El ensayo se lo realizara al asfalto residual.

Figura B.34 Colocado del asfalto residual en los anillos sobre una plancha amalgada



Fuente: Elaboración propia

Figura B.35 Muestra sometida a una temperatura de 4°C



Fuente: Elaboración propia

Este ensayo no requiere ningún calculo, el resultado se obtiene por lectura directa.

Resultados

Los resultados se mostrarán al final de todos los ensayos realizados para la emulsión.

B.2.6. Ensayo de ductilidad (ASTM D113)

El ensayo se lo realiza al asfalto residual, una vez que la emulsión ha roto eliminando así su fase acuosa.

Figura B.36 Armado de los moldes para el ensayo de ductilidad



Fuente: Elaboración propia

Figura B.37 Vertido del asfalto a los moldes



Fuente: Elaboración propia

Resultados

Los resultados se mostrarán al final de todos los ensayos realizados para la emulsión.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO (85/100)
PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	SEDECA (San José de Charaja)
REFERENCIA:	Material bituminoso, Betunel (85/100)
REALIZADO POR:	Ilse Guevara Vargas

Ensayo		Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	Especificaciones	
							Mínimo	Máximo
Peso Picnómetro		gr	33.3	32.1	33.6			
Peso Picnómetro + Agua (25 °C)		gr	80.52	76.76	81.97			
Peso Picnómetro + Muestra		gr	55.36	54.33	54.36			
Peso Picnómetro + Agua + Muestra		gr	81.41	77.52	83.02			
Peso Específico		gr/cm³	1.039	1.032	1.050	1,04	1	1,05
Punto de Inflamación AASHTO T-48		°C	250	260	258	256	230	
Ductilidad a 25 °C AASHTO T-51		cm	130	127	129	129,0	100	
Penetración a 25 °C, 100s, 5seg. (0,1 mm) AASHTO T-49	Lectura N° 1		85	89	91	90,0		
	Lectura N° 2		87	95	89			
	Lectura N° 3		92	87	91			
	Promedio	mm	88	90	90		85	100
Viscosidad Saybolt Furol		mm²/seg	320	289	346	318	85	
Punto de ablandamiento		°C	42	44	45	44	42	53
Solubilidad de Tricloroeliten AASHTO T-44		%	No se realizó				99	
Penetración al residuo de perdida por calentamiento % del original		%	No se realizó				50	
Solvente gasolina standard			No se realizó					
Solvente gasolina - xilol, % xilol			No se realizó					
Solvente heptano - xilol, % xilol			No se realizó					
Pérdida por calentamiento		%	No se realizó					
Ensayo de película delgada en horno, 163°C, 5 hrs.								
Pérdida en masa		gr	1,1	1,0	0,3	0,8		1
Penetración del residuo, penetración original		%					47	
Porcentaje de agua		%	No se realizó					
Índice de susceptibilidad térmica			No se realizó					
Ensayo de la mancha		°C						

Ilse Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE EMULSION ASFÁLTICA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSION ASFALTICA RR-2C

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	Santa Cruz (Quimitec Asfaltos S.A)
REFERENCIA:	Emulsión Asfáltica EMULTEC RR-2C de rotura rápida
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

Ensayo		Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	Especificaciones	
							Mínimo	Máximo
Peso Picnómetro		gr	32,1	32,8	33,0			
Peso Picnómetro + Agua (25 °C)		gr	85,84	77,95	84,76			
Peso Picnómetro + Muestra		gr	65,97	56,91	61,72			
Peso Picnómetro + Agua + Muestra		gr	86,15	78,40	85,17			
Peso Específico		gr/cm³	1,01	1,02	1,01	1,01	1	1,05
Punto de Inflamación AASHTO T-48		°C	No se realizo					
Ductilidad a 25 °C AASHTO T-51		cm	116,5	108,5	93	106,0	100	
Penetración al residuo a 25 °C, 100s, 5seg. (0,1 mm) AASHTO T-49	Lectura N° 1		55	61	56	58		
	Lectura N° 2		58	55	60			
	Lectura N° 3		59	64	51			
	Promedio	mm	57,3	60,0	55,7		45	150
Viscosidad Saybolt Furol		mm²/seg	203	201	205	203	100	400
Punto de ablandamiento		°C	56	58	57	57	55	
Solubilidad de Tricloroeliten AASHTO T-44		%	No se realizó				99	
Penetración al residuo de perdida por calentamiento % del original		%	No se realizó				50	
Solvente gasolina standard			No se realizó					
Solvente gasolina - xilol, % xilol			No se realizó					
Solvente heptano - xilol, % xilol			No se realizó					
Pérdida por calentamiento		%	No se realizó					1
Ensayo de película delgada en horno, 163°C, 5 hrs.								
Pérdida en masa		gr	0,98	0,95	0,98	0,97		1
Residuo por destilación		%	71	75	78	75	67	
Porcentaje de agua		%	No se realizó					
Índice de suceptibilidad térmica			No se realizó					
Ensayo de la mancha		°C						

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

ANEXO C

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA Y ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA

C.1. Diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall

Instrumentos para la realización del diseño Marshall

Molde de Compactación. Consiste de una placa de base plana, molde y collar de extensión cilíndricos. El molde tiene un diámetro interior de 101.6 mm (4") y altura aproximada de 76.2 mm (3"); la placa de base plana y el collar deben ser intercambiables.

Martillo de compactación con base plana circular de apisonado de 98.4 mm (3 7/8") de diámetro, equipado con un pisón de 4.54 kg (10 lb.) de peso total, cuya altura de caída es de 457.2 mm (18").

Extractor de Muestras de Asfaltos. Para extraer el espécimen del molde, en forma de disco con diámetro de 100 mm (3.95") y 12.7 mm (1/2") de espesor.

Soporte para molde o portamolde. Dispositivo con resorte de tensión diseñado para sostener rígidamente el molde de compactación sobre el pedestal.

Mordaza. Consiste de dos semi-cilindros, con un radio de curvatura interior de 50.8 mm (2") de acero enchapado para facilitar su fácil limpieza. El segmento inferior termina en una base plana con dos varillas perpendiculares que sirven de guía.

Medidor de deformación. Consiste en un deformímetro dividido en centésimas de milímetro. Estará sujeto al segmento superior y cuyo vástago se apoyará, cuando se realiza el ensayo, en una palanca ajustable acoplada al segmento inferior.

Prensa. Para llevar a la falla a la muestra, será mecánica con una velocidad uniforme de 50.8 mm/min.

Medidor de Estabilidad. La resistencia de la probeta en el ensayo se medirá con un anillo dinamométrico acoplado a la prensa, de 20 kN (2039 kgf) de capacidad, con una sensibilidad de 50 N (5 kgf) hasta 5 kN (510 kgf) y 100 N (10 kgf) hasta 20 kN (2 039 kgf).

Discos de Papel Filtrante de 4 pulg.

Horno. capaz de mantener la temperatura requerida con un error menor de 3 °C (5 °F) se emplea para calentar los agregados, material asfáltico, conjunto de compactación y muestra.

Baño. El baño de agua con 150mm (6") de profundidad mínima y controlado termostáticamente para mantener la temperatura a $60^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ ($140^{\circ} \pm 1.8^{\circ} \text{F}$), deberá tener un falso fondo perforado o estar equipado con un estante para mantener las probetas por lo menos a 50.8 mm (2") sobre el fondo del tanque.

Recipientes, para calentar los agregados y para mezclar el asfalto y agregado.

Tamices. 25 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 12.5 mm (1/2"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (N° 4), 2.36 mm (N° 8), 300 μm (N° 50) y 75 μm (N° 200).

Termómetros blindados. De 10°C a 232°C (50°F a 450°F) para determinar las temperaturas del asfalto, agregados y mezcla, con sensibilidad de 3°C. Para la temperatura del baño de agua se utilizará termómetro con escala de 20°C a 70°C y sensibilidad de 0.2°C.

Balanza. Para pesar agregado y asfalto de 5 kg. De capacidad, y sensibilidad de un 1 gr. Para pesar probetas compactadas de 2 kg. De capacidad y sensibilidad de 0.1 gr

Guantes de cuero para poder manipular el equipo caliente.

Bandejas y espátulas. Para separar las cantidades necesarias de material para cada espécimen

C.1.1. Mezcla de agregados

En la fabricación de carpetas asfálticas, es importante emplear áridos de granulometría correcta porque entonces se conseguirá una carpeta de rodadura de buena calidad y una economía de ligante. La calidad del agregado está condicionada al cumplimiento de un conjunto de especificaciones entre las que se encuentra el % de vacíos, el %vacíos rellenos de asfalto, la estabilidad, la fluencia, etc. y todas están íntimamente relacionadas con la granulometría.

La selección de una curva granulométrica para el diseño de una mezcla asfáltica cerrada o densa, está en función de dos parámetros: el tamaño máximo nominal del agregado y el de las líneas de control (superior e inferior), Las líneas de control son puntos de paso obligado para la curva granulométrica.

Tabla C.1. Graduación de los agregados y franjas granulométricas de control para mezclas asfálticas densas

Tamaño de tamiz	Designación de la mezcla usando el Tamaño Máximo Nominal de Agregado				
	37,5 mm (1 ½ in)	25 mm (1 in)	19 mm (3/4 in)	12,5 mm (1/2 in)	9,5 mm (3/8 in)
	Porcentaje total que pasa (en peso)				
50 mm (2 in)	100	-	-	-	-
37,5 mm (1 ½ in)	90 a 100	100	-	-	-
25,0 mm (1 in)	-	90 a 100	100	-	-
19,0 mm (¾ in)	56 a 80	-	90 a 100	100	-
12,5 mm (1/2 in)	-	56 a 80	-	90 a 100	100
9,5 mm (3/8 in)	-	-	56 a 80	-	90 a 100
4,75 mm (N° 4)	23 a 53	29 a 59	35 a 65	44 a 74	55 a 87
2,36 mm (N° 8)	15 a 41	19 a 45	23 a 49	28 a 56	-
1,18 mm (N° 16)	-	-	-	-	-
0,60 mm (N° 30)	-	-	-	-	7 a 23
0,30 mm (N° 50)	4 a 16	5 a 17	5 a 19	5 a 21	-
0,15 mm (N° 100)	-	-	-	-	2 a 10
0,075 mm (N° 200)	0 a 5	1 a 7	2 a 8	2 a 10	5 a 12
Cemento asfáltico					
Porcentaje en peso del total de la mezcla	3 a 8	3 a 9	4 a 10	4 a 11	5 a

Fuente: Secretaria de comunicaciones y transportes (SCT), Instituto Mexicano del transporte, 2004

En la siguiente planilla se muestra la curva granulométrica formada luego de la combinación en diferentes porcentajes de los agregados:

C.1.2. Procedimiento para la elaboración de briquetas Marshall con cemento asfáltico 85/100

Calculo de las cantidades de agregados y material asfáltico necesarias para cada briqueta para la obtención del porcentaje óptimo de cemento asfáltico

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto que se necesita para formar alrededor de la partícula una membrana con espesor suficiente para resistir los elementos de intemperismo, para que el asfalto no se oxide. El espesor no debe ser muy grande porque se pierde resistencia y estabilidad. En las mezclas asfálticas, es de gran importancia conocer la cantidad de asfalto por emplearse, debiéndose buscar el contenido óptimo.

Para ello se optó por realizar un análisis con 6 porcentajes. Donde la temperatura de mezclado será a 150 °C, se realizarán 3 briquetas por porcentaje en estudio. Cuyos porcentajes y contenidos analizados son los siguientes

Tabla C.2 Cantidad de agregados y cemento asfáltico para obtener el porcentaje óptimo de cemento asfáltico

Porcentaje de Cemento asfáltico (%)	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
Porcentaje de Agregado (%)	95,5%	95,0%	94,5%	94,0%	93,5%	93,0%
Peso de Grava (gr)	286,50	285,00	283,50	282,00	280,50	279,00
Peso de Gravilla (gr)	355,26	353,40	351,54	349,68	347,82	345,96
Peso de Arena (gr)	504,24	501,60	498,96	496,32	493,68	491,04
Peso de cemento asfáltico (gr)	54,0	60,0	66,0	72,0	78,0	84,0
Peso total de la briqueta (gr)	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

Fuente: Elaboración propia

Elaboración de briquetas

En recipientes separar las cantidades indicadas de cada fracción de agregados para conformar las briquetas

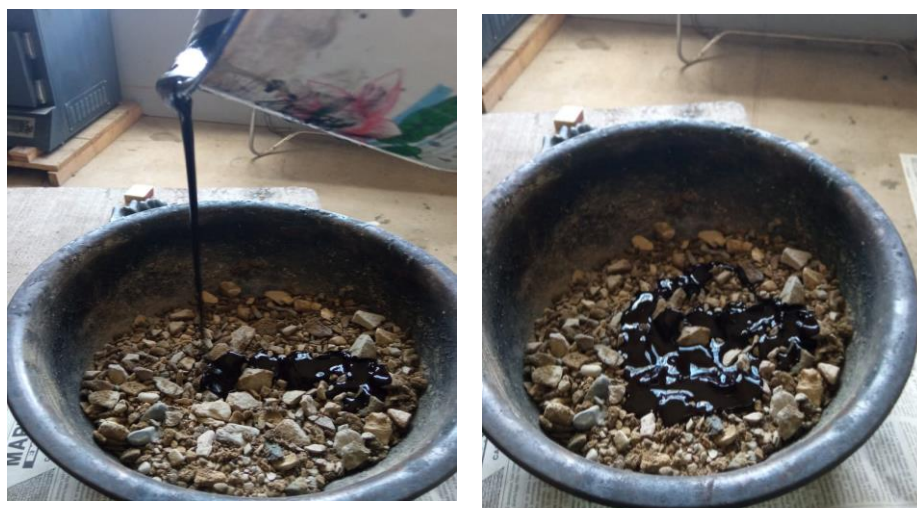
Figura C.1 Material separado para cada briqueta



Fuente: Elaboración propia

En una bandeja deberá colocarse agregado, seguidamente se añade la cantidad calculada de cemento asfáltico previamente calentada.

Figura C.2 Cantidades de agregado y cemento asfáltico



Fuente: Elaboración propia

Se procede a realizar la mezcla de materiales a una temperatura especificada no menor a 150°C.

Figura C.3 Cantidades de agregado y cemento asfáltico



Fuente: Elaboración propia

Figura C.4 Control de la temperatura de mezclado y mezcla terminada



Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el proceso de mezclado y se haya verificado que sea una mezcla homogénea se procederá a verter la mezcla en los moldes Marshall, en tres capas, las dos primeras con 25 varillasos para el acomodo y la tercera con 75 golpes con el martillo; dar la vuelta de cara y aplicar otros 75 golpes.

Figura C.5 Compactado de la mezcla



Fuente: Elaboración propia

Figura C.6 Extracción de las briquetas



Fuente: Elaboración propia

Determinación de la densidad, estabilidad y fluencia Marshall

Previo a los ensayos Marshall, se debe determinar la altura de las briquetas para un factor de corrección que se aplica cuando no cumple con lo establecido en la norma. Se hizo la lectura de 4 alturas para promediar, ya que las briquetas no tienen una altura pareja, por desvío del martillo compactador al realizarlo manualmente.

Figura C.7 Determinación de las dimensiones de las briquetas



Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la densidad, se determina la masa en el aire del espécimen compactado (W_s), enseguida se deja sumergido en agua por un tiempo mínimo de 3 minutos una temperatura de 25°C , y se determina la masa en el agua (W_h); se saca del agua, se seca con la ayuda de una toalla, hasta alcanzar la condición de saturado y superficialmente seco (W_{ss}), y se determina la masa para esta condición.

Figura C.8 Pesaje de las briquetas en su estado seco al aire libre



Fuente: Elaboración propia

Figura C.9 Briqueta en baño María a 25°C por un mínimo de 10 minutos



Fuente: Elaboración propia

Figura C.10 Determinación del peso saturado con superficie seca



Fuente: Elaboración propia

Figura C.11 Determinación del peso sumergido



Fuente: Elaboración propia

Determinación de la estabilidad y fluencia

Se sumerge las briquetas en baño de agua a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140 \pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) durante un tiempo no inferior a 30 minutos ni mayor a 40 minutos. Transcurrido el tiempo se retiran del baño de agua, se secan y se colocan a entre las mordazas del equipo para la aplicación de la carga y determinar la estabilidad y la fluencia de cada briqueta.

Figura C.12 Briquetas sumergidas en baño María a 60°C



Fuente: Elaboración propia

Figura C.13 Briquetas sumergidas en baño María a 60°C



Fuente: Elaboración propia

C.1.3. Procedimiento la elaboración de briquetas Marshall con emulsión asfáltica RR-2C

Determinación de las cantidades de material (emulsión y agregados) para cada espécimen para la obtención del porcentaje óptimo de emulsión

Para determinar el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica se realizó el análisis de 6 porcentajes, para lo cual se realizarán 3 briquetas por cada porcentaje de emulsión a analizar.

Tabla C.3 Cantidad de materiales para la elaboración de mezclas asfálticas en frío

Porcentaje de Briqueta	100 %
Residuo de Emulsión por destilación	75,0 %
Porcentaje de Emulsión Residual en la mezcla	X %
Porcentaje de Emulsión asfáltica	$Y = X * 100 / 75$
Porcentaje de Agregado	$100 - Y$ %
Porcentaje de agua adicional	3 %

	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
Porcentaje de Emulsión (%)	6,0%	6,7%	7,3%	8,0%	8,7%	9,3%
Porcentaje de Agregado (%)	94,0%	93,3%	92,7%	92,0%	91,3%	90,7%
Peso de Grava (gr)	282,00	280,00	278,00	276,00	274,00	272,00
Peso de Gravilla (gr)	349,68	347,20	344,72	342,24	339,76	337,28
Peso de Arena (gr)	496,32	492,80	489,28	485,76	482,24	478,72
Peso de emulsión asfáltica (gr)	72,00	80,00	88,00	96,00	104,00	112,00
Peso del agua adicional (gr)	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Peso total de la briqueta (gr)	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

Fuente: Elaboración propia

Elaboración de briquetas

Una vez separadas cada fracción de material para cada espécimen se procede a colocar en una bandeja en la cual se procederá a realizar el mezclado de las mismas, hasta conseguir una mezcla homogénea.

Para luego ser vertido en los moldes y su posterior compactado con 75 golpes en ambas caras.

Figura C.14 Cantidades necesarias de material para cada briqueta



Fuente: Elaboración propia

Figura C.15 Proceso de mezclado



Fuente: Elaboración propia

Figura C.16 Moldes con la mezcla y su posterior compactado



Fuente: Elaboración propia

Compactados los especímenes se les remueve la base y todavía en el molde se los coloca a temperatura ambiente por 24 horas. Luego se extraen los especímenes del molde y se coloca en el horno a una temperatura constante de 41 °C por 72 horas.

Figura C.17 Extracción de las briquetas transcurrido el tiempo de 24 hr. dentro del molde



Fuente: Elaboración propia

Figura C.18 Colocado de las briquetas en horno para su curado

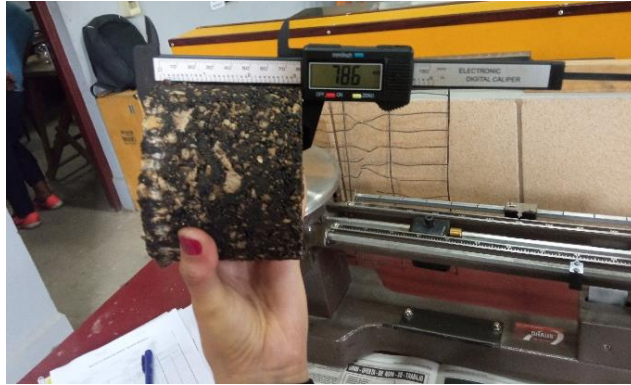


Fuente: Elaboración propia

Determinación de la densidad, estabilidad y fluencia

Previamente de procederá a la limpieza de las briquetas evitando que exista aristas o material desprendido, para luego realizar la medición de sus dimensiones con la ayuda de un vernier.

Figura C.19 Determinación de las dimensiones de las briquetas



Fuente: Elaboración propia

Se debe tomar tres pesos para la determinación de la densidad, el peso seco al aire de los especímenes (W_s).

Luego se deja sumergido en agua por un tiempo mínimo de 10 minutos a una temperatura de 25°C determinando así el peso sumergido (W_h), para el peso saturado con superficie seca (W_{sss}) se debe procurar eliminar el exceso de agua en la superficie de la briqueta

Figura C.20 Determinación del peso es estado seco y sumergido



Fuente: Elaboración propia

Después de que la densidad se ha determinado, se procede a la prueba de estabilidad y flujo, que consiste en sumergir el espécimen en un baño María a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de 30 a 40 minutos antes de la prueba.

Figura C.21 Briquetas en baño María a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$



Fuente: Elaboración propia

Figura C.22 Determinación de la estabilidad y fluencia



Fuente: Elaboración propia

C.2. Ensayo de Tracción Indirecta (Método brasileño)

Generalidades

El ensayo de tracción indirecta fue desarrollado por Thomas Kennedy, es un ensayo que se destaca por su sencillez de ejecución y confiabilidad en sus resultados al mostrar poca dispersión. Este ensayo se utiliza especímenes o briquetas similares a las utilizadas en el ensayo Marshall, siendo sus dimensiones las siguientes: diámetro de 102 ± 1 mm y altura aproximada de 67 mm (depende de la cantidad de material utilizado).

El ensayo consiste en ensayar los especímenes a compresión diametral aplicando una carga estática a una velocidad constante de 50,8 mm/min, utilizando la prensa Lottman y el equipo Marshall, hasta causar la falla de la misma por fractura a lo largo del plano vertical. El valor obtenido es la resistencia máxima a rotura y es considerado como un indicador de la cohesión de la mezcla. Con el fin de obtener un parámetro de resistencia a tracción de la capa asfáltica y que resulte útil para comparar la calidad obtenida con la pretendida.

Procedimiento del ensayo

Materiales y equipos utilizados

Prensa: Para ensayar las probetas se empleará cualquier tipo de prensa de compresión que pueda proporcionar durante la aplicación de la carga una velocidad uniforme de desplazamiento del sistema de carga de $0,85 \pm 0.02$ mm/s (50.8 mm/min), y una carga de 100 KN como mínimo.

Figura C.23 Equipo Marshall y prensa Lotman



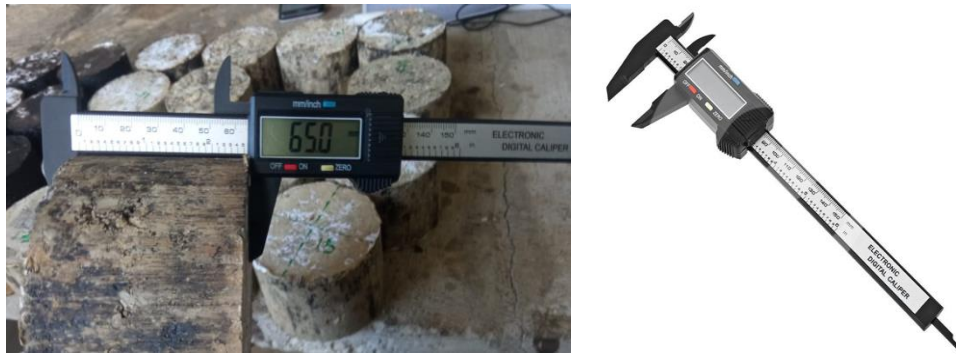
Fuente: Elaboración propia

Para satisfacer con el objeto de este ensayo se realiza una adecuación o modificación a la prensa utilizada para el ensayo Marshall (descrita en la norma NLT-159).

Recinto termostático: Un recinto de capacidad suficiente para guardar las probetas para ensayo y mantenimiento a una temperatura de 25 ± 1 °C.

Calibrador: Para medir con precisión de ± 0.1 mm el diámetro y la altura de las probetas para el ensayo.

Figura C.24 Calibrador para medir las dimensiones de as briquetas



Fuente: Elaboración propia

Dispositivo de sujeción de la probeta: El dispositivo permitirá la sujeción mediante contacto de la probeta por sus caras planas, utilizando dos tornillos de ajuste, así como la colocación de la probeta de forma que dos de sus generatrices, diametralmente opuestas, estén contenidas en el plano diametral perpendicular a los platos de la prensa.

Figura C.25 Dispositivo de sujeción



Fuente: Elaboración propia

Sistemas de medida: De precisión ± 0.1 mm de desplazamiento vertical y de ± 0.1 de desplazamiento horizontal.

Figura C.26 Diales para la medición de la deformación vertical y horizontal



Fuente: Elaboración propia

Elaboración de briquetas

La elaboración de las briquetas para ambas mezclas será siguiendo el procedimiento Marshall, esto con las cantidades optimas de material asfáltico calculado mediante el ensayo Marshall.

Figura C.27 Elaboración de las briquetas Marshall



Fuente: Elaboración propia

Figura C.28 Briquetas terminadas (der mezcla en frío, izq mezcla en caliente)



Fuente: Elaboración propia

Realización de ensayo de tracción indirecta (método brasileño)

Figura C.29 Determinación del peso y dimensiones de las briquetas



Fuente: Elaboración propia

Se introducen las probetas en el baño termostático regulado a 25 ± 1 C. durante 6 h, y se sacan del mismo, una a una, inmediatamente antes de ensayarlas.

Figura C.30 Acondicionamiento térmico de las briquetas



Fuente: Elaboración propia

Figura C.31 Colocado de la briketa en la prensa y dispositivo de sujeción



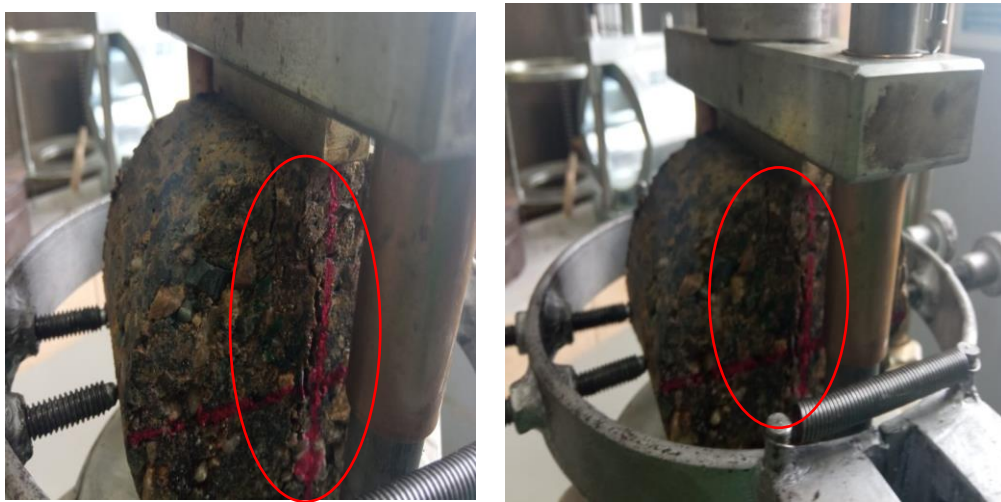
Fuente: Elaboración propia

Figura C.32 Aplicación de carga



Fuente: Elaboración propia

Figura C.33 Briquetas después de aplicación de la carga de rotura



Fuente: Elaboración propia

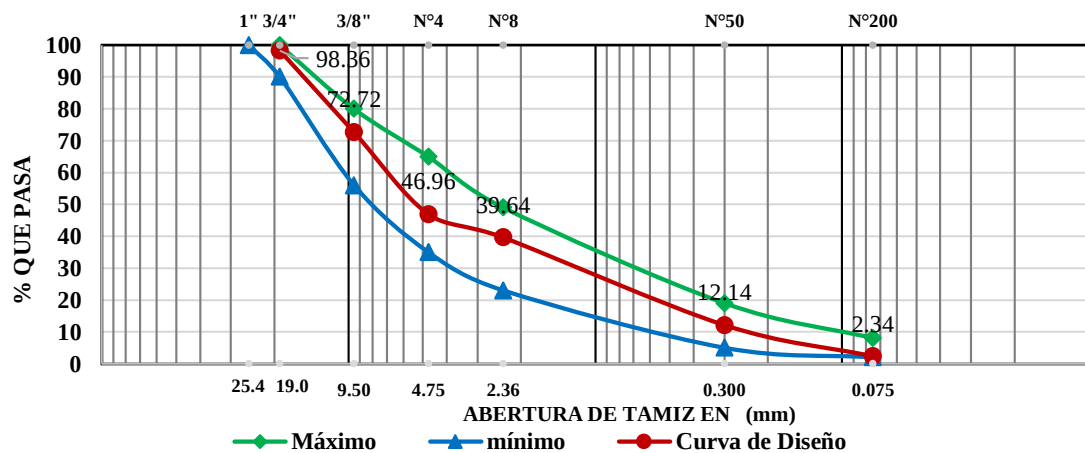
Los resultados del ensayo de Tracción Indirecta método brasileño de muestran a continuación.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
AJUSTE DE CURVA GRANULOMÉTRICA A UNA CURVA OPTIMA

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	San José de Charaja
REFERENCIA:	Material chancado
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

Tamiz	Tamaño	Grava	Gravilla	Arena	Grava	Gravilla	Arena	Total peso ret 1	Ret. acum.	% Retenido	% que pasa del total	Especificaciones	
		Peso ret. a 5000	Peso ret. a 5000	Peso ret. a 5000	al	al	al						
		gr	gr	gr	25 %	31 %	44 %					Min	Max
	mm	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	%	%		
1"	25,4	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100,00	100,00
3/4"	19	327.80	0.00	0	81.95	0.00	0.00	81.95	81.95	1.64	98.36	90,00	100,00
1/2"	12,50	3129.80	37.25	0	782.45	11.55	0.00	794.00	875.95	17.52	82.48		
3/8"	9,50	991.80	773.75	0	247.95	239.86	0.00	487.81	1363.76	27.28	72.72	56,00	80,00
Nº4	4,75	507.30	3698.25	34	126.83	1146.46	14.96	1288.24	2652.00	53.04	46.96	35,00	65,00
Nº8	2,36	43.29	474.00	473	10.82	146.94	208.12	365.88	3017.89	60.36	39.64	23,00	49,00
Nº16	1,18	0.00	5.75	723	0.00	1.78	318.12	319.90	3337.79	66.76	33.24		
Nº30	0,60	0.00	1.25	989	0.00	0.39	435.16	435.55	3773.34	75.47	24.53		
Nº50	0,30	0.00	9.75	1401.5	0.00	3.02	616.66	619.68	4393.02	87.86	12.14	5,00	19,00
Nº100	0,15	0.00	0.00	894.5	0.00	0.00	393.58	393.58	4786.60	95.73	4.27		
Nº200	0,075	0.00	0.00	219.50	0.00	0.00	96.58	96.58	4883.18	97.66	2.34	2,00	8,00
Base	-	0.00	0.00	265.50	0.00	0.00	116.82	116.82	5000.00	100.00	0.00		
Suma		5000	5000	5000	1250	1550	2200	5000					



Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

Resultados del ensayo para la obtención del porcentaje óptimo de cemento asfáltico (mezcla en caliente)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
METODO MARSHALL

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA

PROCEDENCIA:

Charaja (agregados), Sedeca (cemento asfáltico)

REFERENCIA:

Mezcla asfáltica en caliente

REALIZADO POR:

Ilsen Guevara Vargas

Granulometría Formada	P. Específico	% agregado
Mat. Retenido Tamiz N°4	2.71	53.04
Mat. Pasa Tamiz N°4	2.75	46.96
Peso Específico Total	2.73	100

TIPO DE CEMENTO ASFÁLTICO: CONVENCIONAL	85/100
NÚMERO DE GOLPES POR CARA	75
TEMPERATURA DE MEZCLADO (°C)	160
PESO ESPECÍFICO DEL LIGANTE AASHTO T-229 (gr/cm³)	10400

Agregado	P.E.	%
Grava	2.70	25
Gravilla	2.72	31
Arena	2.75	44

PLANILLA MÉTODO MARSHALL																					
N° de probeta	% de Asfalto		altura promedio de probeta	Peso Briqueta			Volumen probeta	Densidad Briqueta			% de Vacíos			Estabilidad Marshall					Fluencia		
	base Mezcla	base Agregados		seco	sat. Sup. Seca	sumergida en agua		densidad real	Densidad promedio	densidad máxima teórica	% de vacíos mezcla total	V.A.M.(vacíos agregado mineral)	R.B.V. (relación bitumen vacíos)	lectura del dial	carga	factor de corrección de altura de probeta	Estabilidad real corregida	Estabilidad promedio	lectura dial del flujo	Fluencia promedio	
	%	%		cm	grs.	grs.		grs.	cm³	grs/cm³	grs/cm³	grs/cm³	%	%	%	mm	libras	-	libras	libras	0,01 pulg
1	4,50	4,71	6,10	1144,3	1149,3	665	484,3	2,36	2,40	2,54	5,27	15,66	66,36	880	2351,4	1,07	2518,40	2143,4	8	14,00	
2			6,50	1239,3	1241,3	720	521,3	2,38						692	1845,2	0,96	1776,00		23		
3			6,40	1290,6	1293,6	770	523,6	2,46						810	2162,9	0,99	2135,91		11		
4	5,00	5,26	6,40	1174,0	1179,4	687	492,4	2,38	2,41	2,51	4,01	15,61	74,31	1154	3089,3	0,99	3050,65	3001,1	11	11,00	
5			6,30	1183,4	1187,9	692	495,9	2,39						1082	2895,4	1,01	2933,03		10		
6			6,20	1268,7	1271,7	758	513,7	2,47						1085	2903,5	1,04	3019,61		12		
7	5,50	5,82	6,00	1136,3	1138,7	672	466,7	2,43	2,42	2,49	3,01	15,8	80,97	1339	3587,4	1,10	3956,94	3475,3	10	10,33	
8			6,50	1231,8	1233,5	719	514,5	2,39						1204	3223,9	0,96	3103,01		10		
9			6,00	1251,7	1254,8	739	515,8	2,43						1140	3051,6	1,10	3365,88		11		
10	6,00	6,38	6,45	1180,8	1183,5	689	494,5	2,39	2,42	2,47	2,2	16,15	86,37	1261	3377,4	0,98	3292,96	3500,9	12	12,00	
11			6,40	1186,6	1190,3	704	486,3	2,44						1296	3471,6	0,99	3428,25		13		
12			6,30	1200,5	1202,6	708	494,6	2,43						1393	3732,8	1,01	3781,38		11		
13	6,50	6,95	6,25	1182,0	1183,3	690	493,3	2,40	2,41	2,45	1,56	16,65	90,63	1008	2696,1	1,03	2768,92	3185,3	18	14,67	
14			6,20	1169,0	1170,2	689	481,2	2,43						1280	3428,6	1,04	3565,71		12		
15			6,20	1198,0	1200,7	705	495,7	2,42						1157	3097,3	1,04	3221,24		14		
16	7,00	7,53	6,20	1160,8	1162,1	677	485,1	2,39	2,40	2,43	1,49	17,61	91,56	936	2502,2	1,04	2602,33	2641,7	17	17,67	
17			6,30	1185,3	1186,6	686	500,6	2,37						1039	2779,6	1,01	2815,73		17		
18			6,20	1206,0	1208,0	711	497,0	2,43						902	2410,7	1,04	2507,11		19		
ESPECIFICACIONES				mínimo								3	13	75						1800	8
				máximo								5	-	82						-	16

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO	Ensayo	Valor de Diseño	% de C.A.
	Estabilidad Marshall (Lb)	3531,63	5,87
	Densidad máxima (gr/cm³)	2,42	5,71
	Vacíos de la mezcla (%)	4,00	5,17
	% Porcentaje óptimo de C.A.	Promedio	5,58

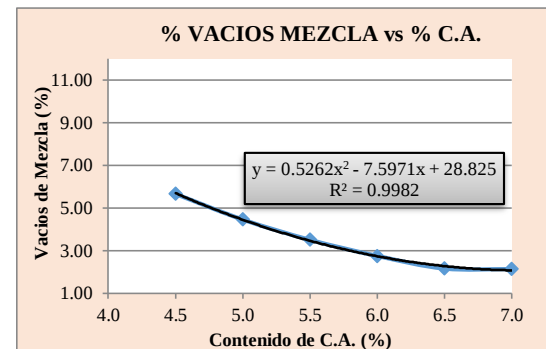
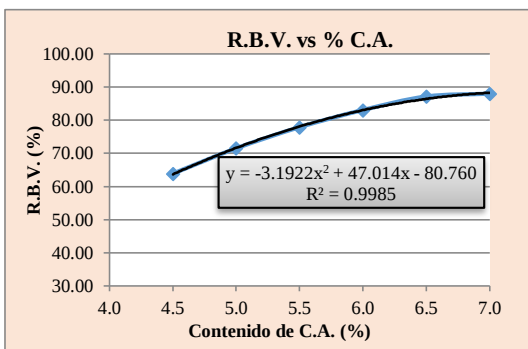
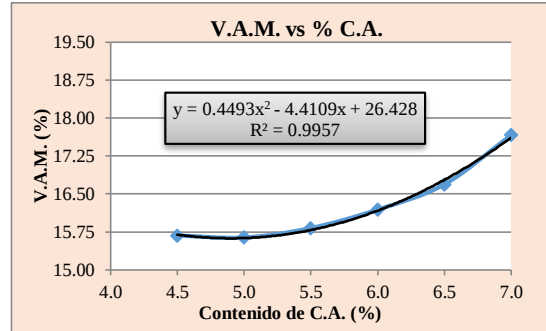
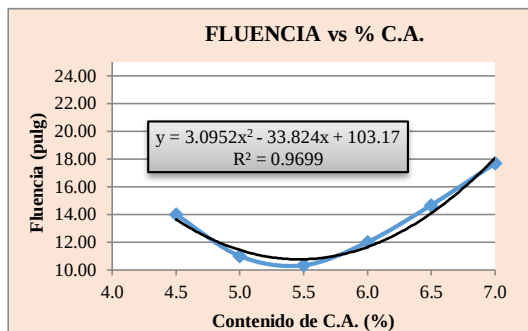
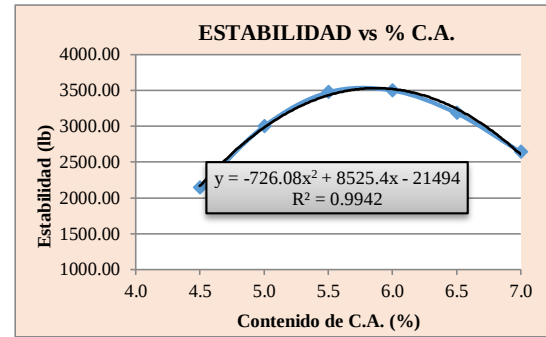
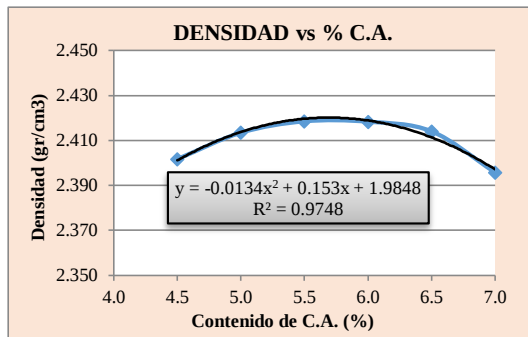
Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
GRÁFICOS DEL ENSAYO MARSHALL DE MEZCLA EN CALIENTE

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	Gráficas del resultado del ensayo Marshall
REFERENCIA:	Porcentaje óptimo de cemento asfáltico
REALIZADO POR:	Ilse Guevara Vargas



Ilse Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

Resultados del ensayo para la obtención del porcentaje óptimo de emulsión asfáltica (mezcla en frío)

		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO	
PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA		
PROCEDENCIA:	Charaja (Agregados), Santa Cruz Quimitec S.A (Emulsión asfáltica RR-2C)		
REFERENCIA:	Mezcla asfáltica en Frío		
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas		

PESOS ESPECÍFICOS		% de agregado
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2.71	53.04
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2.75	46.96
Peso Especifico Total	2.73	100

Número de Golpes	75
Residuo de Destilación (%)	75
Agua Adicional (%)	3
Peso Especifico del Ligante (gr/cm3)	1.010

DOSIFICACIÓN		
Agregado	P.E.	%
Grava	2.70	25
Gravilla	2.72	31
Arena	2.75	44
Filler	0	0

PLANILLA DE DISEÑO MARSHALL PARA LA OBTENCIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO																					
N° de probeta	altura de probeta	% Emulsión		Peso Briqueta			Volumen	Densidad Briqueta			% de Vacíos			Estabilidad Marshall				Fluencia			
		% Asfalto Residual en la mezcla	% Agua Incluida	seco	sat. Sup. Seca	sumergida en agua	probeta	densidad real	Densidad promedio	densidad máxima teórica	% de vacíos mezcla total	V.A.M.(vacíos agregado mineral)	R.B.V. (relación bitumen vacíos)	lectura del dial	carga	factor de corrección de altura de probeta	Estabilidad real corregida	Estabilidad promedio	lectura dial del flujo	Fluencia promedio	
		cm	%	%	grs.	grs.	grs.	cc	grs/cm³	grs/cm³	grs/cm³	%	%	%	mm	libras	-	libras	libras	-	0,01 pul
1	6,57	4,50	3	1192,5	1195,7	675	520,7	2,29	2,21	2,54	12,66	22,52	43,8	866	2313,74	0,95	2195,28	2266,55	25	23,00	
2	6,12			1223,4	1227,1	694	533,1	2,29						869	2321,82	1,07	2472,74		23		
3	6,34			1151,2	1155,5	596	559,5	2,06						796	2125,25	1,00	2131,62		21		
4	6,25			1181,3	1191,6	636	555,6	2,13						986	2636,88	1,03	2708,08		18		
5	6,80	5,00	3	1202,5	1208,8	731	477,8	2,52	2,29	2,52	8,89	20,23	56,07	975	2607,26	0,90	2340,01	2677,65	21	18,00	
6	6,30			1179,1	1182,3	654	528,3	2,23						1101	2946,55	1,01	2984,86		15		
7	6,16			1196,3	1202,4	663	539,4	2,22						1101	2946,55	1,05	3102,72		17		
8	6,45	5,50	3	1224,7	1233,8	671	562,8	2,18	2,34	2,50	6,19	18,94	67,32	1098	2938,47	0,98	2865,01	2945,40	15	15,33	
9	6,35			1208,5	1211,6	752	459,6	2,63						1072	2868,46	1,00	2868,46		14		
10	6,00			1119,8	1124,7	661	463,7	2,41						1022	2733,82	1,10	3015,40		14		
11	6,00	6,00	3	1139,9	1176,6	672	504,6	2,26	2,35	2,48	5,24	19,18	72,7	1098	2938,47	1,10	3241,14	2942,74	15	14,67	
12	6,50			1157,7	1162,3	673	489,3	2,37						999	2671,89	0,96	2571,69		15		
13	6,20			1148,0	1151,0	656	495,0	2,32						1011	2704,20	1,04	2812,37		16		
14	6,20	6,50	3	1146,6	1150,4	658	492,4	2,33	2,32	2,46	5,4	20,36	73,49	997	2666,50	1,04	2773,16	2763,14	18	16,33	
15	6,30			1151,3	1155,9	661	494,9	2,33						998	2669,19	1,01	2703,89		15		
16	6,45			1194,5	1196,6	685	685,0	1,74						971	2596,49	0,98	2531,58		17		
17	6,15	7,00	3	1153,3	1155,0	663	492,0	2,34	2,23	2,44	8,75	24,18	63,79	894	2389,14	1,06	2522,93	2410,06	19	18,00	
18	6,65			1172,7	1175,1	653	453,2	2,59						872	2329,90	0,93	2175,66		18		
ESPECIFICACIONES				mínimo								3	13	75					1800		8
				máximo								5	-	82					-		16

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFÁLTO RESIDUAL	Ensayo	Valor de Diseño	% de C.A.
	Estabilidad Marshall (Lb)	2961,45	5,82
	Densidad máxima (gr/cm ³)	2,35	5,81
	Vacios de la mezcla (%)	4,24	5,98
	% Porcentaje óptimo de Emulsión	Promedio	5,87

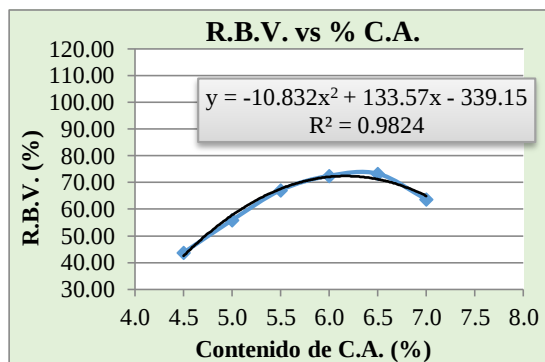
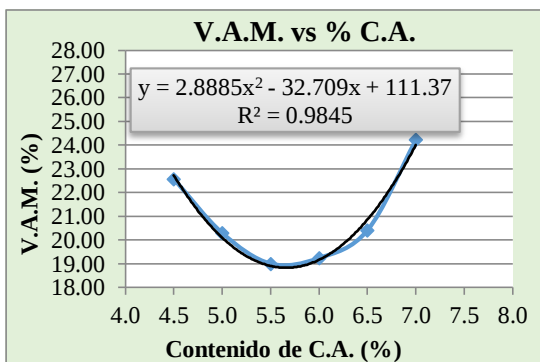
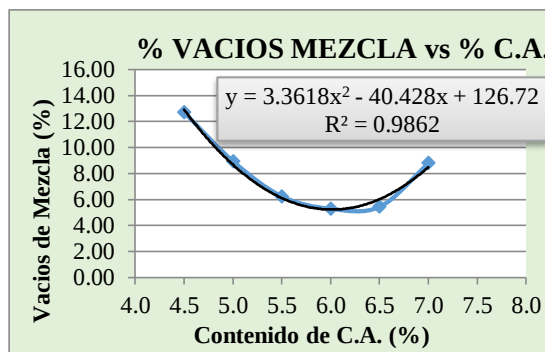
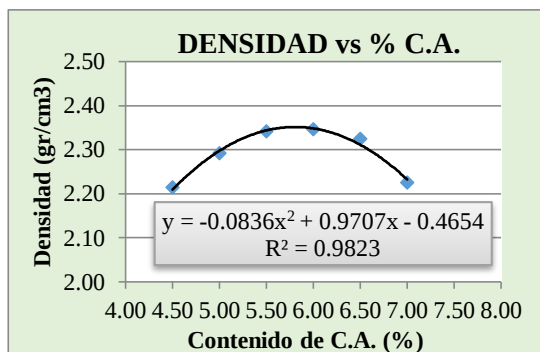
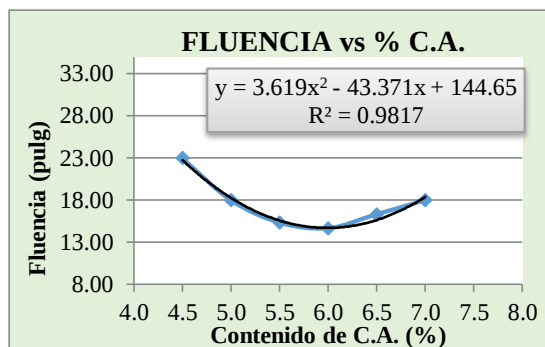
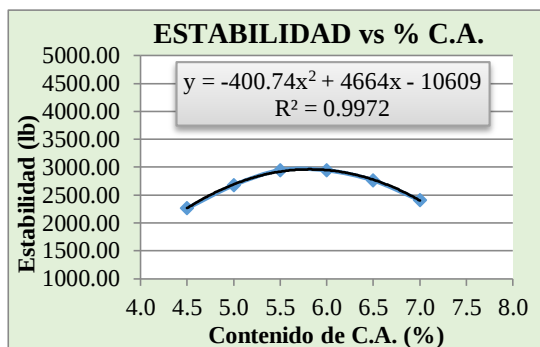
Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
PROCEDENCIA:	Santa Cruz, Quimitec S.A (Emulsión asfáltica RR-2C de rotura rápida)
REFERENCIA:	Mezcla asfáltica en Frío
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas



Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

C.1. ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAE SARACHO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA (Método brasileño)

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
MATERIAL:	Mezcla asfáltica en caliente (cemento asfáltico 85/100)
REFERENCIA:	Resultados de resistencia a tracción indirecta
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

Datos de cada briqueta
Tiempo de inmersión: 6 hrs.
Temperatura de ensayo: 25 °C

N de briqueta	Alturas (cm)				Promedio (cm)	Diámetro (cm)		Promedio (cm)	Peso en seco (kg)	Lectura vertical (mm)	Lectura horizontal (mm)	Lectura Dial	Carga (kgf)	Tracción indirecta Kg/cm ²
1	6.10	6.10	6.10	6.10	6.1	10.10	10.10	10.10	1152.9	0.450	0.168	834	1012.534	10.46
2	6.10	6.10	6.14	6.15	6.1	10.10	10.10	10.10	1155.6	0.360	0.359	830	1007.638	10.37
3	6.18	6.18	6.19	6.19	6.2	10.10	10.10	10.10	1179.3	0.354	0.105	848	1029.670	10.49
4	6.10	6.10	6.12	6.10	6.1	10.15	10.15	10.15	1169.8	0.810	0.560	795	964.798	9.91
5	6.20	6.20	6.20	6.20	6.2	10.13	10.13	10.13	1184.4	0.300	0.021	846	1027.222	10.41
6	6.30	6.30	6.30	6.30	6.3	10.00	10.00	10.00	1196.9	0.712	0.670	814	988.054	9.98
7	6.20	6.20	6.20	6.20	6.2	10.20	10.20	10.20	1175.8	0.998	0.624	810	983.158	9.90
8	6.10	6.10	6.10	6.10	6.1	10.10	10.10	10.10	1165.9	0.960	0.840	793	962.350	9.94
9	6.20	6.19	6.19	6.20	6.2	10.15	10.15	10.15	1182.7	0.325	0.070	863	1048.030	10.61
10	6.17	6.17	6.20	6.20	6.2	10.16	10.17	10.17	1167.7	0.774	0.225	824	1000.294	10.13
11	6.17	6.19	6.19	6.19	6.2	10.15	10.15	10.15	1166.9	0.368	0.087	851	1033.342	10.48
12	6.20	6.20	6.20	6.20	6.2	10.14	10.14	10.14	1184.4	1.160	0.980	798	968.470	9.81
13	6.30	6.30	6.30	6.30	6.3	10.16	10.16	10.16	1179.5	1.116	0.934	800	970.918	9.66
14	6.20	6.20	6.20	6.20	6.2	10.18	10.18	10.18	1184.6	0.469	0.216	850	1032.118	10.41
15	6.20	6.10	6.10	6.20	6.2	10.16	10.16	10.16	1172.6	0.858	0.743	797	967.246	9.85
16	6.10	6.11	6.10	6.10	6.1	10.15	10.15	10.15	1167.5	0.878	0.881	785	952.558	9.79
17	6.12	6.12	6.12	6.11	6.1	10.17	10.17	10.17	1178.7	0.483	0.349	830	1007.638	10.31

Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA (Método brasileño)
PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
MATERIAL:	Mezcla asfáltica en frío (emulsión asfáltica)
REFERENCIA:	Resultados de resistencia a tracción indirecta
REALIZADO POR:	Ilse Guevara Vargas

Datos de cada briqueta
 Tiempo de inmersión: 6 hrs.
 Temperatura de ensayo: 25 °C

N de briqueta	Alturas (cm)				Promedio (cm)	Diámetro (cm)		Promedio (cm)	Peso en seco (kg)	Lectura vertical (mm)	Lectura horizontal (mm)	Lectura Dial	Carga (kgf)	Tracción indirecta Kg/cm ²
1	6.50	6.50	6.50	6.50	6.5	10.10	10.10	10.10	1163.2	0.020	0.025	411	494.78	4.80
2	6.30	6.28	6.30	6.30	6.3	10.15	10.15	10.15	1124.3	0.303	0.472	315	377.28	3.76
3	6.40	6.40	6.40	6.40	6.4	10.17	10.17	10.17	1142.7	0.332	0.320	338	405.43	3.97
4	6.70	6.70	6.70	6.70	6.7	10.17	10.17	10.17	1170.3	0.320	0.243	377	453.17	4.23
5	6.60	6.60	6.60	6.60	6.6	10.16	10.16	10.16	1161.4	0.445	0.489	302	361.37	3.43
6	6.60	6.60	6.60	6.60	6.6	10.13	10.13	10.13	1149.3	0.460	0.423	321	384.62	3.66
7	6.50	6.50	6.50	6.50	6.5	10.16	10.16	10.16	1163.9	0.160	0.317	383	460.51	4.44
8	6.70	6.70	6.70	6.70	6.7	10.15	10.15	10.15	1161.0	1.103	0.148	135	156.96	1.47
9	6.60	6.60	6.60	6.60	6.6	10.16	10.15	10.16	1155.8	0.320	0.339	319	382.17	3.63
10	6.60	6.60	6.60	6.60	6.6	10.16	10.20	10.18	1166.4	0.131	0.142	410	493.56	4.68
11	6.60	6.60	6.60	6.60	6.6	10.20	10.20	10.20	1166.6	0.648	0.663	297	355.25	3.36
12	6.60	6.60	6.60	6.60	6.6	10.16	10.16	10.16	1166.5	0.560	0.420	315	377.28	3.58
13	6.60	6.60	6.60	6.60	6.6	10.17	10.17	10.17	1149.0	0.172	0.170	395	475.20	4.51
14	6.60	6.60	6.70	6.60	6.6	10.17	10.17	10.17	1163.4	0.117	0.132	146	490.67	4.64
15	6.60	6.50	6.50	6.50	6.5	10.14	10.20	10.17	1161.0	0.371	0.350	119	408.17	3.92
16	6.50	6.51	6.50	6.52	6.5	10.17	10.17	10.17	1152.1	0.105	0.045	148	496.79	4.78
17	6.62	6.60	6.60	6.61	6.6	10.13	10.12	10.13	1161.5	0.498	0.647	101	353.16	3.36

Ilse Guevara Vargas
LABORATORISTA

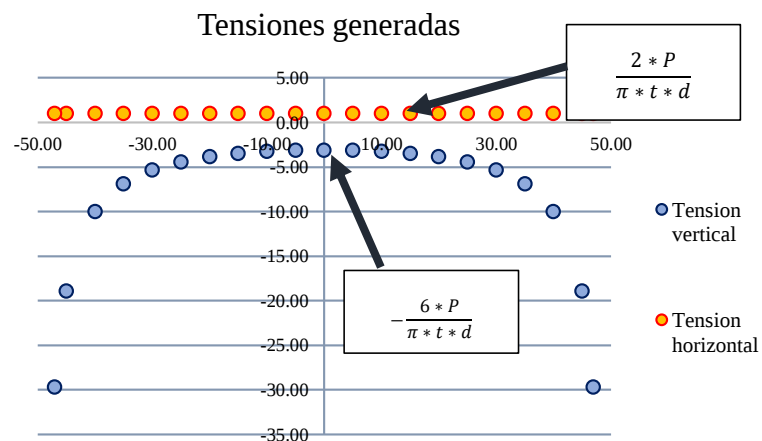
Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
(Método brasileño)

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
MATERIAL:	Mezcla asfáltica en caliente (cemento asfáltico 85/100)
REFERENCIA:	Distribución teórica de tensiones en el plano vertical
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

N de briqueta	Carga Total Aplicada	Altura de la Probeta	Diámetro de la Probeta	Coordenada respecto a centro de la Probeta		Deformación	σ_x	σ_y
	N	mm	mm	x	y	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	9932.95	61.00	101.00	0	0	0.450	1.03	-3.079
2	9884.92	61.23	101.00	0	0	0.360	1.02	-3.053
3	10101.06	61.85	101.00	0	0	0.354	1.03	-3.088
4	9464.66	61.05	101.50	0	0	0.810	0.97	-2.917
5	10077.04	62.00	101.30	0	0	0.300	1.02	-3.064
6	9692.81	63.00	100.00	0	0	0.712	0.98	-2.938
7	9644.78	62.00	102.00	0	0	0.998	0.97	-2.913
8	9440.65	61.00	101.00	0	0	0.960	0.98	-2.927
9	10281.17	61.95	101.50	0	0	0.325	1.04	-3.123
10	9812.88	61.85	101.65	0	0	0.774	0.99	-2.981
11	10137.08	61.85	101.50	0	0	0.368	1.03	-3.084
12	9500.69	62.00	101.40	0	0	1.160	0.96	-2.886
13	9524.70	63.00	101.60	0	0	1.116	0.95	-2.842
14	10125.07	62.00	101.80	0	0	0.469	1.02	-3.064
15	9488.68	61.50	101.60	0	0	0.858	0.97	-2.900
16	9344.59	61.03	101.50	0	0	0.878	0.96	-2.881
17	9884.92	61.18	101.70	0	0	0.483	1.01	-3.034



Ilsen Guevara Vargas
 LABORATORISTA

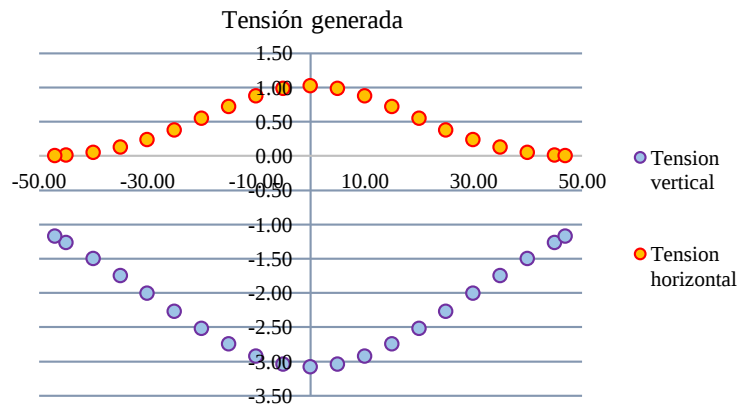
Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
 RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
(Método brasileño)

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
MATERIAL:	Mezcla asfáltica en caliente (cemento asfáltico 85/100)
REFERENCIA:	Distribución teórica de tensiones en el plano horizontal
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

N de briqueta	Carga Total Aplicada	Altura de la Probeta	Diámetro de la Probeta	Coordenada respecto a centro de la Probeta		Deformación	σ_X	σ_Y
	N	mm	mm	x	y	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	9932.95	61.00	101.00	0	0	0.168	1.027	-3.081
2	9884.92	61.23	101.00	0	0	0.359	1.018	-3.055
3	10101.06	61.85	101.00	0	0	0.105	1.030	-3.090
4	9464.66	61.05	101.50	0	0	0.560	0.973	-2.919
5	10077.04	62.00	101.30	0	0	0.021	1.022	-3.066
6	9692.81	63.00	100.00	0	0	0.670	0.980	-2.940
7	9644.78	62.00	102.00	0	0	0.624	0.971	-2.914
8	9440.65	61.00	101.00	0	0	0.840	0.976	-2.928
9	10281.17	61.95	101.50	0	0	0.070	1.041	-3.124
10	9812.88	61.85	101.65	0	0	0.225	0.994	-2.982
11	10137.08	61.85	101.50	0	0	0.087	1.029	-3.086
12	9500.69	62.00	101.40	0	0	0.980	0.963	-2.888
13	9524.70	63.00	101.60	0	0	0.934	0.948	-2.843
14	10125.07	62.00	101.80	0	0	0.216	1.022	-3.065
15	9488.68	61.50	101.60	0	0	0.743	0.967	-2.902
16	9344.59	61.03	101.50	0	0	0.881	0.961	-2.883
17	9884.92	61.18	101.70	0	0	0.349	1.012	-3.036



Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

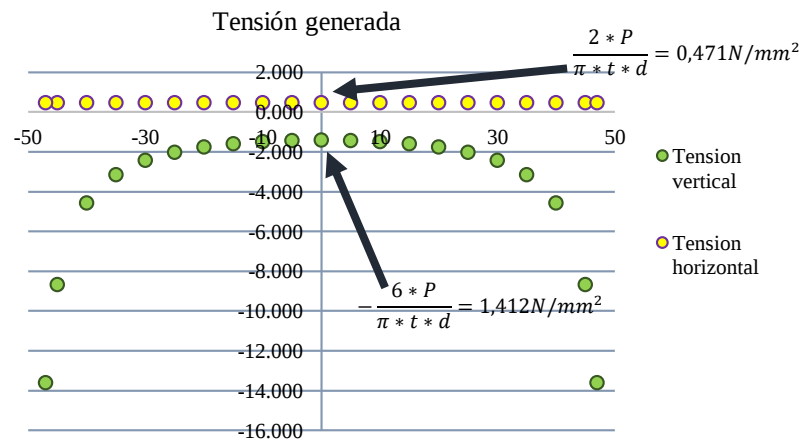
Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
(Método brasileño)

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
MATERIAL:	Mezcla asfáltica en frío (emulsión asfáltica RR-2C)
REFERENCIA:	Distribución teórica de tensiones en el plano vertical
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

N de briqueta	Carga Total Aplicada	Altura de la Probeta	Diámetro de la Probeta	Coordenada respecto a centro de la Probeta		Deformación	σ_X	σ_Y
	N	mm	mm	x	y	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	4853.81	65.00	101.00	0	0	0.020	0.471	-1.413
2	3701.09	62.95	101.50	0	0	0.303	0.369	-1.107
3	3977.26	64.00	101.70	0	0	0.332	0.389	-1.168
4	4445.55	67.00	101.70	0	0	0.320	0.416	-1.247
5	3545.00	66.00	101.60	0	0	0.445	0.337	-1.010
6	3773.14	66.00	101.30	0	0	0.460	0.359	-1.078
7	4517.60	65.00	101.60	0	0	0.160	0.436	-1.307
8	1539.75	67.00	101.50	0	0	1.103	0.144	-0.433
9	3749.12	66.00	101.55	0	0	0.320	0.356	-1.069
10	4841.80	66.00	101.80	0	0	0.131	0.459	-1.377
11	3484.96	66.00	102.00	0	0	0.648	0.330	-0.989
12	3701.09	66.00	101.60	0	0	0.560	0.352	-1.055
13	4661.69	66.00	101.70	0	0	0.172	0.442	-1.327
14	4813.52	66.25	101.70	0	0	0.117	0.455	-1.365
15	4004.10	65.25	101.70	0	0	0.371	0.384	-1.153
16	4873.47	65.08	101.70	0	0	0.105	0.469	-1.407
17	3464.49	66.08	101.25	0	0	0.498	0.330	-0.990



Ilsen Guevara Vargas
 LABORATORISTA

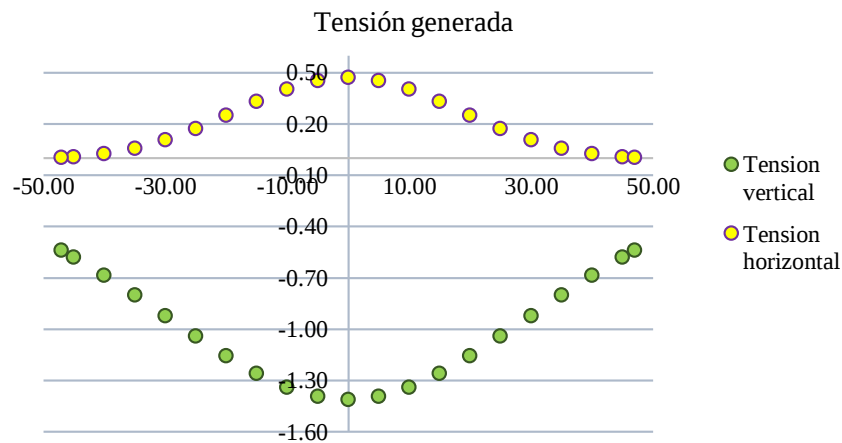
Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
 RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS
ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
(Método brasileño)

PROYECTO:	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA EN DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE EL ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA
MATERIAL:	Mezcla asfáltica en frío (emulsión asfáltica RR-2C)
REFERENCIA:	Distribución teórica de tensiones en el plano horizontal
REALIZADO POR:	Ilsen Guevara Vargas

N de briqueta	Carga Total Aplicada	Altura de la Probeta	Diámetro de la Probeta	Coordenada respecto a centro de la Probeta		Deformación	σ_X	σ_Y
	N	mm	mm	x	y	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	4853.81	65.00	101.00	0	0	0.020	0.471	-1.412
2	3701.09	62.95	101.50	0	0	0.303	0.369	-1.107
3	3977.26	64.00	101.70	0	0	0.332	0.389	-1.168
4	4445.55	67.00	101.70	0	0	0.320	0.416	-1.247
5	3545.00	66.00	101.60	0	0	0.445	0.337	-1.010
6	3773.14	66.00	101.30	0	0	0.460	0.359	-1.078
7	4517.60	65.00	101.60	0	0	0.160	0.436	-1.307
8	1539.75	67.00	101.50	0	0	0.320	0.144	-0.433
9	3749.12	66.00	101.55	0	0	0.131	0.356	-1.069
10	4841.80	66.00	101.80	0	0	0.648	0.459	-1.377
11	3484.96	66.00	102.00	0	0	0.560	0.330	-0.989
12	3701.09	66.00	101.60	0	0	0.172	0.352	-1.055
13	4661.69	66.00	101.70	0	0	0.117	0.442	-1.327
14	4813.52	66.25	101.70	0	0	0.371	0.455	-1.365
15	4004.10	65.25	101.70	0	0	0.105	0.384	-1.153
16	4873.47	65.08	101.70	0	0	0.498	0.469	-1.407
17	3464.49	66.08	101.25	0	0	0.020	0.330	-0.990



Ilsen Guevara Vargas
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



Av. Roque Aguilera # 2801
Santa Cruz, Bolivia
Teléfono: 352-1242 Fax: 352-0258
E-mail: rduran@ceina.com.bo
Web: www.ceina.com.bo

Proforma # 210801

Cliente: UAJMS - Tarija
Facultad de Ingeniería
Atn.- Ing. Ilsem Guevara

Fecha: 02 / Ago / 2021

Item	Código	Detalle del Equipo	Precio Unit (Bs)	Cant	Total (Bs)
1	P60R02	Digitalización de Prensa Marshall modelo 80030 mediante la instalación de controlador y unidad de lectura digital con pantalla táctil y procesamiento de 4 canales, para visualización de datos en tiempo real	15.900,00	1	15.900,00
2	V0107/II	Kit de accesorios para ejecución de ensayo de Tracción Indirecta en modo digital conforme normas ASTM D6931	17.800,00	1	17.800,00
TOTAL Bs:					33.700,00

Observaciones

- Los equipos ofrecidos son de elevada calidad, Marca CONTROLS (Italia)
- Tiempo de Entrega Aproximada: 60 días
- Validez de la Propuesta: 60 días
- CEINA LTDA representa para el país a las marcas ofrecidas, lo cual garantiza el Servicio Post Venta y Provisión de Repuestos
- Garantía de 1 año contra defectos de fabricación
- Forma de Pago: 50% anticipado para la orden de compra y 50% a la entrega de los equipos
- Depósitos mediante Banco Mercantil S. Cruz, a nombre de CEINA LTDA, en nuestra cuenta: Nro. 4010545927 en Bs



Rodrigo Durán
Gte de Proyectos
CEINA LTDA



Av. Roque Aguilera # 2801
Santa Cruz, Bolivia
Teléfono: 352-1242 Fax: 352-0258
E-mail: rduran@ceina.com.bo
Web: www.ceina.com.bo

Proforma # 210802

Cliente: UAJMS - Tarija
Facultad de Ingeniería
Atn.: Ing. Ilse Guevarra

Fecha: 02 / Ago / 2021

Item	Código	Detalle del Equipo	Precio Unit (Bs)	Cant	Total (Bs)
1	V1172	Prensa Multivelocidad con controlador digital integrado, apta para ensayos Marshall, CBR, compresión no confinada, triaxial rápido y otros. *No incluye accesorios	68.600,00	1	68.600,00
2	V0107/TI	Kit de accesorios para ejecución de ensayo de Tracción Indirecta en modo digital conforme normas ASTM D6931	17.800,00	1	17.800,00
TOTAL Bs:					86.400,00

Observaciones

- Los equipos ofrecidos son de elevada calidad, Marca CONTROLS (Italia)
- Tiempo de Entrega Aproximado: 60 días
- Validez de la Propuesta: 60 días
- CEINA LTDA. representa para el país a las marcas ofrecidas, lo cual garantiza el Servicio Post Venta y Provisión de Repuestos
- Garantía de 1 año contra defectos de fabricación
- Forma de Pago: 50% anticipado para la orden de compra y 50% a la entrega de los equipos
- Depósitos mediante Banco Mercantil S. Cruz, a nombre de CEINA Ltda. en nuestra cuenta: Nro. 4010545927 en Bs



Rodrigo Durán
Gte de Proyectos
CEINA LTDA