

NORMAS DE ENSAYOS



DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD
(1° Distrito Buenos Aires)

ÍNDICE DE NORMAS DE ENSAYO

Norma de Ensayo	Nombre del Ensayo	Páginas
VN - E1 - 65	Tamizado de suelos por vía húmeda.	4 a 5
VN - E2 - 65	Límite líquido.	6 a 11
VN - E3 - 65	Límite plástico, índice de plasticidad.	12 a 14
VN - E4 - 84	Clasificación de suelos.	15 a 23
VN - E5 - 93	Compactación de suelos.	24 a 32
VN - E6 - 84	Determinación del valor soporte e hinchamiento de suelos	33 a 55
VN - E7 - 65	Análisis mecánico de materiales granulares.	56 a 63
VN - E8 - 66	Control de compactación por el método de la arena.	64 a 69
VN - E9 - 86	Ensayo de estabilidad y fluencia por el método Marshall.	70 a 89
VN - E10 - 82	Equivalente de Arena.	90 a 96
VN - E11 - 67	Determinación de la concentración crítica de rellenos minerales.	97 a 98
VN - E12 - 67	Determinación del peso unitario de probetas asfálticas compactadas.	99 a 100
VN - E13 - 67	Peso específico aparente y absorción de agregados pétreos gruesos.	101 a 103
VN - E14 - 67	Peso específico aparente y absorción de agregados pétreos finos.	104 a 107
VN - E15 - 89	Peso específico aparente de rellenos minerales.	108 a 109
VN - E16 - 67	Determinación del factor de cubicidad.	110 a 112
VN - E17 - 87	Determinación del contenido de asfalto de mezclas preparadas en caliente por el método "Abson".	113 a 118
VN - E18 - 89	Método de campaña para la determinación de sales solubles y sulfatos en suelos estabilizados y suelos granulares.	119 a 123
VN - E19 - 66	Compactación de mezclas de suelo-cemento y suelo-cal.	124 a 131
VN - E20 - 66	Determinación del dosaje para ensayar mezclas de suelo-cemento.	132 a 134
VN - E21 - 66	Ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado de mezclas de suelo-cemento	135 a 139
VN - E22 - 66	Ensayo de durabilidad por congelamiento y deshielo para mezclas de suelo-cemento	140 a 144
VN - E23 - 67	Porcentaje de vacíos del agregado grueso para hormigones	145 a 146
VN - E24 - 68	Densidad y humedad de equilibrio	147 a 149
VN - E25 - 68	Peso específico aparente de suelos finos	150 a 151

VN - E26 - 66	Determinación del contenido de humedad de agregados pétreos	152 a 153
VN - E27 - 84	Determinación del peso específico y absorción de asfalto de agregados pétreos para mezclas asfálticas en caliente	154 a 158
VN - E28 - 77	Ensayo de deflexión recuperable y determinación de la curva de recuperación elasto-retardada de pavimentos con regla de Benkelman	159 a 162
VN - E29 - 68	Verificación uniformidad de riego distribuidores material bituminoso	163 a 165
VN - E30 - 68	Estabilidad y fluencia Marshall de mezclas de 10% de agregado mayor de 25.4 mm.	166 a 170
VN - E31 - 69	Control de hormigones elaborados en obra, equivalente de arena	171 a 175
VN - E32 - 67	Pérdida de la estabilidad Marshall por efecto del agua	176 a 177
VN - E33 - 67	Ensayo de compresión de probetas compactadas de suelo-cal y suelo-cemento	178 a 180
VN - E34 - 65	Ensayo de homogeneidad de mezclas de suelo-cal y suelo- cemento	181 a 182
VN - E35 - 89	Residuo sólido y pH del agua para hormigones y suelo-cemento.	183 a 183
VN - E36 - 67	Porcentaje de terrones en agregados naturales	184 a 185
VN - E37 - 78	Humedad superficial de agregados pétreos	186 a 187
VN - E38 - 86	Determinación de la lajosidad y elongación en agregados	188 a 192
VN - E39 - 78	Análisis mecánico del relleno mineral	193 a 193
VN - E40 - 89	Análisis químico del relleno mineral	194 a 197
VN - E41 - 89	Determinación de solventes volátiles en mezclas asfálticas	198 a 200
VN - E55 - 86	Determinación de agua en mezclas asfálticas por destilación	201 a 203
VN - E64 - 78	Método estándar de ensayo para muestreo de mezclas de pavimentos bituminosos	204 a 205
VN - E65 - 83	Ensayo radio de curvatura	206 a 208
VN - E66 - 82	Análisis del tipo y calidad de la roca de los agregados gruesos.	209 a 215
VN - E67 - 75	Análisis del tipo y calidad de la roca de los agregados gruesos. Exigencias	216 a 220
VN - E68 - 75	Determinación del polvo adherido	220 a 222
VN - E69 - 78	Determinación del contenido de asfalto en mezclas en caliente por el método de centrífuga	223 a 226
SECCIÓN R4 - 83	Laboratorio de obra y oficinas para el personal de la inspección - Especificación general	227 a 243

NORMA DE ENSAYO

VN - E1 - 65

TAMIZADO DE SUELOS POR VÍA HÚMEDA

[Índice](#)

1.1 – OBJETO

Esta Norma detalla el procedimiento a seguir para establecer la distribución porcentual de las partículas finas de un suelo, o fracción fina de un material granular, de tamaño inferior a los tamices IRAM 2,0 mm (Nº 10), IRAM 425 micrómetros (Nº 40) e IRAM 75 micrómetros (Nº 200).

1.2 – APARATOS

- a. Tamiz IRAM 2,0 mm (Nº 10)
- b. Tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40)
- c. Tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200)
- d. Recipientes de un litro de capacidad, estancos, de material inoxidable (hierro enlozado, aluminio, vidrio, etc.)
- e. Mortero de porcelana o madera con pilón revestido con goma, de medidas comunes.
- f. Balanza de 1 Kg. de capacidad, con sensibilidad de 1 centigramo.
- g. Balanza de 10 Kg. de capacidad, con sensibilidad de 1 gramo.
- h. Estufa de secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105 – 110° C.
- i. Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezcla del material, probetas, espátulas, cuchara de albañil, etc.

1.3 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a. Aunque, en general, este ensayo se efectúa solamente sobre muestras de suelo fino, debe tenerse presente que a veces también se lo hace sobre suelo con gran cantidad de material grueso.
- b. Cantidad de muestra: si se trata de suelo fino debe enviarse al Laboratorio no menos de 1000 gramos. Cuando el suelo contiene material grueso, la cantidad mínima depende del mayor tamaño de las partículas, Siendo D el mayor diámetro en mm la cantidad mínima, en gramos a enviar al laboratorio debe ser aprox. igual a 1000 D.
- c. Previa una minuciosa homogeneización, por cuarteo se obtienen dos porciones de las cuales una de ellas se destinará para la determinación de la granulometría de la parte fina de los suelos y la otra se utilizará para los ensayos de “Límite Líquido” Norma [VN-E2-65](#) “Límite Plástico” - “Índice de Plasticidad” Norma [VN-E3-65](#).

1.4 – PROCEDIMIENTO

- a. Suelos finos: De una de las porciones obtenidas de acuerdo a 1.3 (c), por cuarteos sucesivos se toma una cantidad adecuada. Si se trata de suelo fino que pasa por el tamiz IRAM 2 mm. (Nº 10) bastan 200 gramos. Se seca en estufa a 105 – 110° C y se pesa el material a ensayar

- b. Suelos en material grueso: Si contiene material grueso debe seguirse el siguiente criterio. Siendo D el mayor diámetro en mm. y P la cantidad de muestra a ensayar, P debe estar comprendida entre los límites siguientes: $200 D < P < 500 D$. La cantidad de material comprendida entre estos límites, se seca en estufa a $105 - 110^{\circ} C$ y se pesa.
- c. La cantidad de material preparado para el ensayo, según ap. 1-4 (a) ó 1-4 (b), se coloca dentro de un recipiente adecuado con agua en cantidad suficiente como para cubrir holgadamente la muestra. Se deja en reposo durante 24 horas.
- d. Si se trata de suelo fino se vierte el contenido del recipiente sobre un tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) y se lava cuidadosamente con un chorro de agua no muy fuerte hasta que se compruebe que el agua, que se escurre del tamiz sale limpia.
- e. El material que queda en el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) se recoge en una cápsula y se seca en estufa a $105 - 110^{\circ} C$ hasta peso constante.
- f. Una vez seco el material retenido, se coloca en el mortero y se desmenuza con la mano del mortero revestida en goma, ejerciendo firme presión, con el objeto de deshacer los terrones que pudieran haberse formado al secar el material.
- g. El material así obtenido se pasa por los tamices IRAM 425 micrómetros (N° 40) e IRAM 75 micrómetros (N° 200). Se pesan las fracciones retenidas.
- h. Si se trata de suelos con material grueso, luego de la operación indicada en ap. 1.4 (c) , se remueve el contenido del recipiente y se vuelca el líquido sobre el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) continuando el lavado del tamiz hasta que salga el agua limpia. Se agrega agua al recipiente, se agita con una varilla, se deja reposar dos o tres minutos y se vuelca el líquido sobre el mismo tamiz. Se repite la operación dos o tres veces. Finalmente se coloca sobre el tamiz ya mencionado los tamices IRAM 425 micrómetros (N° 40) e IRAM 2,0 mm (N° 10) en ese orden, y se vierte todo el contenido del recipiente sobre el conjunto continuando el lavado hasta que no pase más material.
- i. Se continúa operando como se indica en el ap. 1.4 (g) con la salvedad de que el segundo tamizado debe ser por los tamices IRAM 2,0 mm. (N° 10), IRAM 425 micrómetros (N° 40) e IRAM 75 micrómetros (N° 200).

1.5 – CÁLCULOS

- a. Sea: P el peso de muestra seca inicial, ap. 1-4 (a) ó 1-4 (b). Sean P_1 , P_2 y P_3 los pesos retenidos por los tamices IRAM 2,0 mm. (N° 10), IRAM 425 micrómetros (N° 40) e IRAM 75 micrómetros (N° 200), respectivamente. La cantidad de material que pasa por cada tamiz se obtiene restando el peso inicial, lo retenido por los tamices anteriores, o sea, restando sucesivamente lo retenido por el tamiz anterior.
- b. Los porcentajes que pasan por cada tamiz se obtienen multiplicando por 100 el peso que pasa dividiendo el resultado por el peso inicial.
- c. En la planilla siguiente se consignan en forma esquemática las operaciones y se da un ejemplo numérico.

ESQUEMA DEL CALCULO			EJEMPLO NUMÉRICO	
Peso seco inicial	P. gr.	%	P= 400gr.	%
Tamiz IRAM 2,0 mm. (N° 10)	Retenido: P_1 gr. Pasa: $P - P_1 = A$	$A/P \times 100$	$P_1 = 50$ gr. $A = 350$ gr.	$350/400 \times 100 = 87,5$
Tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40)	Retenido: P_2 gr. Pasa: $A - P_2 = B$	$B/P \times 100$	$P_2 = 120$ gr. $B = 230$ gr.	$230/400 \times 100 = 57,5$
Tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)	Retenido: P_3 gr. Pasa: $B - P_3 = C$	$C/P \times 100$	$P_3 = 140$ gr. $C = 90$ gr.	$90/400 \times 100 = 22,5$

NORMA DE ENSAYO

VN - E2 - 65

LÍMITE LÍQUIDO

[Índice](#)

2.1 – OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el límite líquido de un suelo.

Límite Líquido: Es el contenido de humedad, expresado en por ciento del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluya y se unan en una longitud de 12 mm., aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo.

2.2 – APARATOS

- a. Mortero de porcelana o madera con pilón revestido con goma, de medidas corrientes.
- b. Tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40).
- c. Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm., de diámetro.
- d. Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho, con mango de madera.
- e. Aparato para la determinación semimecánica del límite líquido de las dimensiones y demás características indicadas en la figura N° 1.
- f. Acanalador de bronce o acero inoxidable de las dimensiones y demás características indicadas en la figura N° 2.
- g. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura aproximadamente.
- h. Buretas de vidrio con robinetas.
- i. Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- j. Estufa para secado de muestras regulable, que asegure temperaturas de 105° C. –110° C.
- k. Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material, rociadores, probetas, espátulas, etc.

2.3 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo se realiza sobre la fracción del material que pasa por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40). Si se está efectuando la clasificación del suelo según la Norma [VN-E4-84](#), y “Clasificación de Suelos – Índice de Grupos” se utiliza la parte del material que se dejó aparte según lo indicado en el ap. 1.3 (c) de la Norma [VN-E1-65](#) “Tamizado e suelos por vía húmeda”.

1. Suelos finos:

- a. Si se trata de suelo fino se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr., de suelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N°

40). La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se la desmenuza en el mortero con el pilón revestido en goma. Se tamiza y se repite la operación hasta que pase en su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz.

Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pilón del mortero tiene por finalidad deshacer grumos y no romper partículas de arena.

- b. Se reúnen todas las porciones obtenidas y se mezclan cuidadosamente, para obtener un material homogéneo.

2. Suelos con material grueso:

- a. Si la muestra contiene material grueso, se separa éste por tamizado a través del tamiz IRAM 2 mm. (N° 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el ap. 2.3 -1-2 (a) y (b).
- b. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, estas se ponen en maceración con la menor cantidad posible de agua y se hacen pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40). Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor a 60° C. El residuo se desmenuza, y se incorpora a las demás fracciones ya obtenidas, mezclándose cuidadosamente hasta obtener un material homogéneo.

2.4– CALIBRACIÓN DEL APARATO

Verificar que el aparato de Casagrande para la determinación del límite líquido esté en buenas condiciones de funcionamiento, que el eje sobre el que gira la cápsula no esté desgastado hasta el punto de permitir desplazamientos laterales de la misma; que los tornillos que conectan la cápsula al brazo estén apretados y que la superficie de la cápsula no presente excesivo desgaste.

La base de 50 mm. de espesor, debe ser de ebonita o de madera dura con una placa de ebonita, de no menos de 10 mm. de espesor, firmemente encastrada en la madera.

La cápsula debe ser de bronce pulido, debe tener las dimensiones fijadas en el croquis de la figura N° 1 y su peso, incluido el engarce y la pestaña, debe ser de 205 + ó –5 gr.

El acanalador que acompaña al aparato, debe ser de bronce o de acero inoxidable, con las dimensiones y demás características indicadas en el croquis de la figura N° 2.

La calibración mecánica del aparato se efectúa en la siguiente forma:

- a. Se aflojan los tornillos de regulación, designados T en la figura N° 1.
- b. Se intercala entre la base y la cápsula una chapa de 10 mm. de espesor. Si el acanalador tiene su mango terminado en forma de cubo de 10 mm. de arista, se puede usar para este calibrado.
- c. Mientras se va haciendo girar la manivela que acciona el excéntrico se hace correr la cápsula en uno u otro sentido, hasta que se observe que el excéntrico la libere exactamente desde 10 mm. de altura
- d. Se ajustan los tornillos de regulación. Se retira el espesor colocado y se verifica si la altura de caída libre es exactamente 10 mm. se efectúan los retoques necesarios.

2.5– PROCEDIMIENTO

- a. Se toman 50 o 60 gr. Del material obtenido de acuerdo al título 2.3 y se coloca en una cápsula de hierro enlozado o porcelana, ap. 2.2 (c).

- b. Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.
- c. Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo en especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.
- d. Cuando la pasta adquiere una consistencia tal que, al ser dividida en dos porciones, éstas comiencen a fluir cuando se golpea la cápsula contra la palma de la mano, se transfiere una porción de la misma a la cápsula de bronce del aparato, se la amasa bien y se la distribuye como lo indica la figura N° 3, de manera que el espesor en el centro sea aproximadamente de 1 cm.
- e. Con el acanalador se hace una muesca en forma tal que quede limpio el fondo de la cápsula en un ancho de 2 mm.; la muesca debe seguir una dirección normal al eje de rotación en su punto medio, figura N° 3.
- f. Se acciona la manivela a razón de dos vueltas por segundo, y se cuenta el número de golpes necesarios para que, por fluencia se cierren los bordes inferiores de la muesca, en una longitud de aproximadamente 12 mm.
- g. Verificar si la unión es por fluencia y no por corrimiento de toda la masa. Para esto se procura separar con la espátula los bordes unidos. Si hubo corrimiento de toda la masa la separación se logra fácilmente, quedando limpio el fondo de la cápsula. En cambio si ha habido fluencia, la cápsula mueve únicamente la parte que ataca y el resto queda adherido al fondo de la cápsula.
- h. Se retira una porción de pasta, de peso más o menos 10 gr. de la parte en la que se produjo la unión, y se la coloca en el pesa filtro previamente tarado. Se pesa y se anota en la planilla. También se anotará el peso del pesa filtro, su número de identificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta.
- i. Se repite estas operaciones dos veces más, con contenidos crecientes de agua, procurando que los números de golpes requeridos para el cierre de la muesca sean, uno mayor y otro menor de 25 golpes.
- j. La pasta colocada en el pesa filtro para cada operación se seca en la estufa a temperatura de 105° a 110° C hasta peso constante.

NOTA:

Para los suelos altamente plásticos, arcillas muy pesadas, se deberá preparar la muestra, de acuerdo a lo indicado en los ap. 2.5 (a) y (b) el día anterior al ensayo. Efectuado esto, se cotejará al resultado obtenido al hallado siguiendo el procedimiento normal del ensayo. En caso de obtenerse valores diferentes se adoptará el logrado por la muestra humedecida el día anterior al de ejecución del ensayo.

2.6– CÁLCULOS:

- a. La humedad porcentual de cada punto se calcula con la fórmula:

$$H = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

Donde:

P1= Peso del pesa filtro más la porción pasta de suelo húmedo.

P2= Peso del pesa filtro más el suelo seco.

Pt= Peso del pesa filtro vacío.

- a. Sobre un sistema de coordenadas rectangulares se toma, en abscisas el logaritmo del número de golpes, y en ordenadas el porcentaje de humedad. Se ubican los puntos obtenidos, los que estarán sensiblemente alineados. Se traza la línea recta que mejor ligue a esos puntos y sobre el eje de las ordenadas, en el punto correspondiente a aquel en que esta recta corta la perpendicular trazada las abscisas por el punto correspondiente a 25 golpes, se lee el valor de Límite Líquido. Ver figura N° 4.

2.7– OBSERVACIONES.

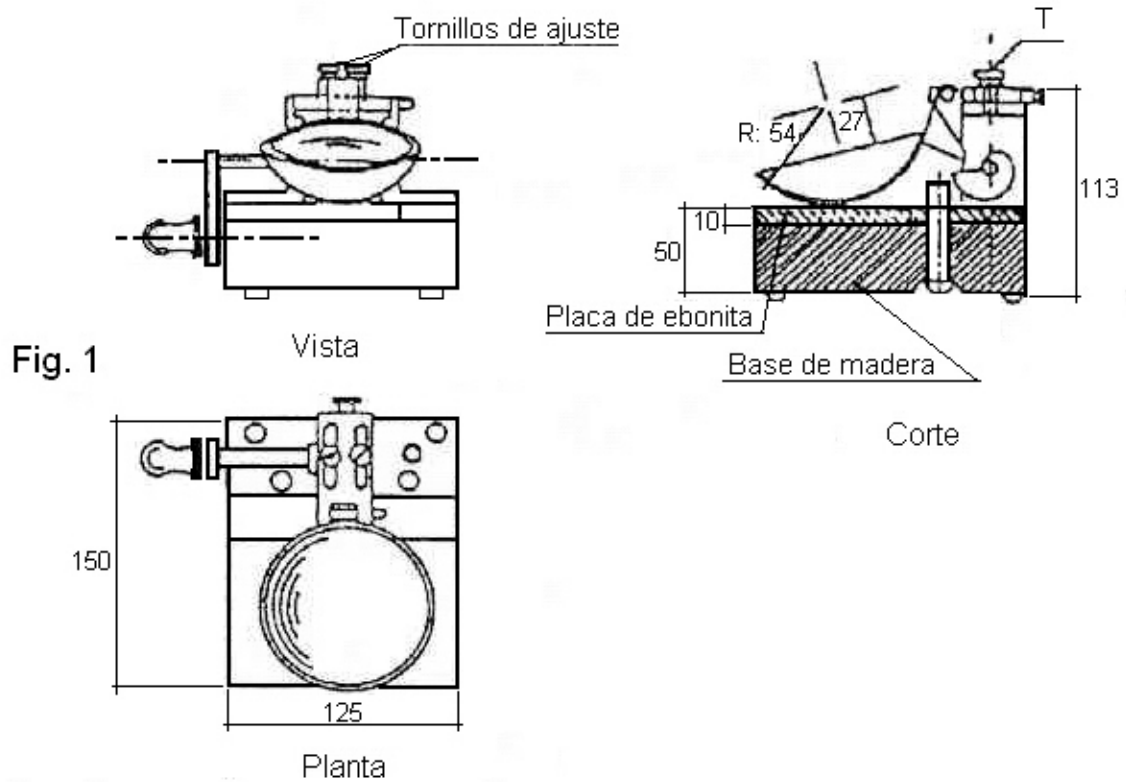
- a. Los mejores resultados se obtienen cuando el número de golpes de los distintos puntos está comprendido entre 20 y 30.
- b. Como variante simplificadora que ahorra mucho tiempo y suministra resultados satisfactorios, se podrá utilizar el método de un solo punto.
- c. Para esto se determina un punto en la forma indicada en ap. 2.5 (a) a (h) y se calcula la humedad en por ciento, anotando el número de golpes necesarios (N) para el cierre de la muesca, procurando que este número de golpes esté comprendido entre 20 y 30 golpes.
- d. Siendo H la humedad en por ciento y N el número de golpes necesarios, el valor del Límite Líquido está dado por la fórmula:

$$LL = \frac{H}{1,419 - 0,3 \log. N}$$

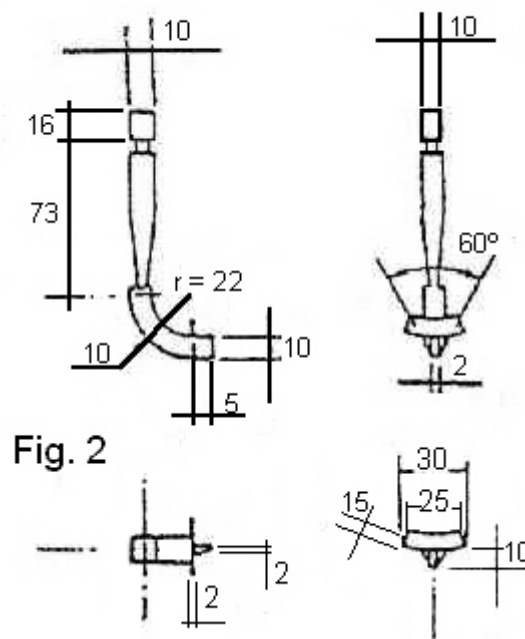
- e. Para mayor comodidad se transcriben los valores del denominador de la expresión anterior, para N comprendido entre 20 y 30.

N	1,419 – 0,3 log. N
20	1,029
21	1,023
22	1,017
23	1,011
24	1,005
25	1,000
26	0,995
27	0,990
28	0,985
29	0,980
30	0,976

APARATO SEMIAUTOMATICO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO



ACANALADOR



COLOCACION DE LA PASTA EN LA CAPSULA

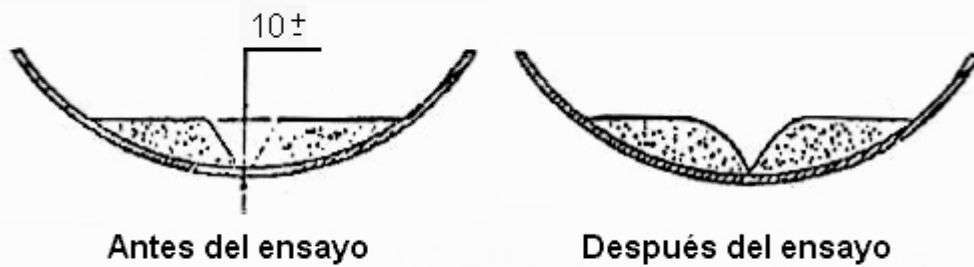
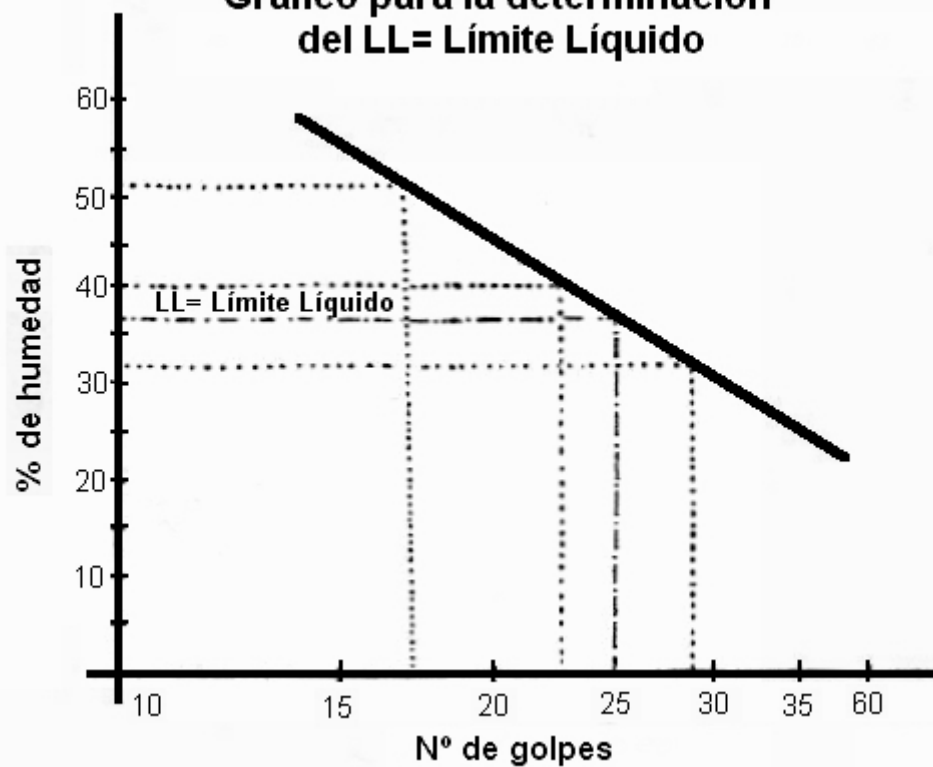


Fig. 3

NOTA: Todas las medidas están expresadas en mm.

Gráfico para la determinación del LL= Límite Líquido



NORMA DE ENSAYO

VN - E3 - 65

LIMITE PLÁSTICO – ÍNDICE DE PLASTICIDAD

[Índice](#)

3.1– OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el Límite Plástico de un suelo.

Límite Plástico: Es el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en por ciento del peso de suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo.

Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm. de diámetro.

3.2 – APARATOS

- a. Mortero de porcelana o madera con pilón revestido con goma, de medidas corrientes.
- b. Tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).
- c. Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm., de diámetro.
- d. Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho, con mango de madera.
- e. Vidrio plano de 30 x 30 cm., o un trozo de mármol de las mismas dimensiones.
- f. Trozos de alambre galvanizado redondos de 3 mm. de diámetro para ser utilizados como elementos de comparación.
- g. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura aproximadamente.
- h. Buretas de vidrio graduada, con robinete.
- i. Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- j. Estufa para secado de muestras regulable, que asegure temperaturas de 105° C. a 110° C.
- k. Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material, rociadores, probetas, espátulas, etc.

NOTA: Las dimensiones dadas en los aparatos (c), (d), (e) y (g) son aproximadas.

3.3 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo se realiza sobre la porción del material que pasa por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40). Si se está efectuando la clasificación del suelo según la Norma [VN-E4-84](#), y “Clasificación de Suelos – Índice de Grupos” se utiliza la parte del material que se dejó aparte, de acuerdo a lo indicado en el ap. 1.3 (c) del la Norma [VN-E1-65](#) “Tamizado de Suelos por Vía Húmeda”.

1. Suelos finos:

- a. Si se trata de suelo fino se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr., de suelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).

La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se la desmenuza con el pilón revestido en goma. Se tamiza y se repite la operación hasta que pase en su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz.

Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pilón del mortero tiene por finalidad deshacer grumos y no romper partículas de arena.

- b. Se reúnen todas las porciones obtenidas y se mezclan cuidadosamente, para obtener un material homogéneo.

2. Suelos con material grueso:

- a. Si la muestra contiene material grueso, se separa éste por tamizado a través del tamiz IRAM 2 mm. (Nº 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el ap. 3.3 - 1 (a) y (b).
- b. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, estas se ponen en maceración con la menor cantidad posible de agua y se hacen pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40). Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, en estufa, a temperatura no mayor a 60° C. El residuo se desmenuza, y se incorpora a las demás fracciones ya obtenidas, mezclándose cuidadosamente hasta obtener un material homogéneo.

3.4 – PROCEDIMIENTO

- a. Se toman 15 a 20 gr. del material obtenido de acuerdo al título 3.3 y se colocan en una cápsula de porcelana o de hierro enlozado, ap. 3.2 (c).
- b. Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.
- c. Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con el espátula después de cada agregado; procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.
- d. Se continúa el mezclado hasta obtener que la pasta presente una consistencia plástica que permita moldear pequeñas esferas sin adherirse a las manos del operador.
- e. Una porción de la parte así preparada se hace rodar por la palma de la mano sobre láminas de vidrio, ap. 3.2 (e), dándole la forma de pequeños cilindros.
- f. La presión aplicada para hacer rodar la pasta debe ser suficiente para obtener que las barritas cilíndricas mantengan un diámetro uniforme en toda su longitud.
- g. La velocidad con la que se manipula a la pasta haciéndola rodar debe ser tal de obtener de 80 a 90 impulsos por minuto, entendiendo como un impulso un movimiento completo de la mano hacia delante y atrás.
- h. Si el diámetro de los cilindros es menor de 3 mm. de diámetro y no presentan fisuras o signos de desmenuzamiento, se reúnen los trozos y se amasan nuevamente tantas veces como sea necesario.
La operación también se repite si las barritas cilíndricas se agrietan antes de llegar al diámetro de 3 mm. En este caso se reúne el material amasándolo con más agua hasta completa uniformidad.
- i. el ensayo se da por finalizado cuando las barritas cilíndricas comienzan a figurarse o agrietarse al alcanzar los 3 mm. de diámetro, punto que resulta fácil de establecer comparándolo con los trozos de alambre, ap. 3.2 (f).

- j. Obtenido este estado se colocan las barritas cilíndricas en un pesa filtro, tapándolo de inmediato para evitar evaporación; se pesan y se secan en estufa a 105° C – 110° C hasta peso constante.

NOTA: Para los suelos altamente plásticos, arcillas muy pesadas, se deberá preparar una muestra de acuerdo a lo indicado en los ap. 3.4 (a) y (b), en el día anterior al ensayo. Efectuado éste, se cotejará el resultado obtenido con el hallado siguiendo el procedimiento normal de ensayo.

En caso de obtenerse valores diferentes se adoptará el logrado con la muestra humedecida el día anterior al de la ejecución del ensayo.

3.5 – CÁLCULOS

El Límite Plástico del suelo se calcula con la siguiente fórmula:

$$LP = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

Donde:

LP= Límite plástico.

P1= Peso del pesa filtro más el suelo húmedo, al centigramo.

P2= Peso del pesa filtro más el suelo seco, al centigramo.

Pt= Peso del pesa filtro vacío, al centigramo.

3.6 – ÍNDICE DE PLASTICIDAD

El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico de un mismo suelo.

Es decir:

$$IP = LL - LP$$

3.7 – OBSERVACIONES

- Si el suelo presenta características de plasticidad bien definidas, se amasa el suelo con un contenido de humedad que satisfaga las condiciones establecidas en el ensayo del límite plástico y se ejecuta este. Luego se agrega más agua a la pasta restante en la cápsula y se realiza el ensayo del límite líquido.
- Si el suelo tiene poca plasticidad, se realiza primeramente el ensayo de límite líquido y de inmediato con la parte del material restante se ejecuta el ensayo de límite plástico.
- Si el suelo no tiene plasticidad pero si límite líquido. Este caso se presenta cuando al intentar formar la barrita cilíndrica, ésta se rompe antes de alcanzar el diámetro de 3 mm. se determina el límite líquido y se indica IP= 0.
- El suelo no tiene plasticidad ni tampoco puede determinarse el valor del límite líquido. Pasa esto cuando el suelo por su excesiva aridez no permite conformar la pastilla en la cápsula del aparato para la determinación semimecánica del límite líquido (aparato de Casagrande). Se indica entonces sin límite líquido, IP= 0.

NORMA DE ENSAYO

VN - E4 - 84

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

[índice](#)

4.1- OBJETO

El sistema de clasificación de suelos del H.R.B*, para obras de ingeniería, esta basado en el comportamiento de los suelos utilizados en obras viales. Los suelos de similares capacidades portantes y condiciones de servicio, fueron agrupados en siete grupos básicos, desde el A-1 al A-7.

Los suelos de cada grupo tienen, dentro de ciertos límites, características en común. A menudo, dentro de cada grupo hay una amplia variación en las capacidades portantes, cuyos valores pueden ser comunes a distintos grupos. Por ejemplo, un suelo A-2 puede contener materiales con capacidad portante más alta que los de una A-1, y en condiciones excepcionales puede ser inferior a la de los mejores suelos de los grupos A-6 y A-7. En consecuencia, si solo se conoce de un suelo, el grupo a que pertenece en la clasificación del H.R.B*, su capacidad portante puede variar entre límites amplios. La calidad de los suelos, para ser utilizados en subrasantes, va disminuyendo desde el A-1 al A-7, que es el más pobre.

En los últimos años, estos siete grupos básicos de suelos, fueron divididos en subgrupos y se ideó el índice de grupo, para diferenciar aproximadamente algunos suelos dentro de cada grupo. Los índices de grupo, aumentan su valor con la disminución de la condición del suelo para constituir subrasantes. El crecimiento del índice de grupo, en cada grupo básico de suelos, refleja los efectos combinados de los crecimientos del límite líquido e índice de plasticidad, y el decrecimiento de los materiales gruesos en detrimento de la capacidad portante de las subrasantes.

*Highway Research Board (H.R.B.)

4.2- CLASIFICACIÓN

La clasificación de suelos comprende dos grandes conjuntos, el de los materiales granulares con 35 % o menos pasando el tamiz IRAM 75 micrómetro (Nº 200) y el de los materiales limo-arcillosos, conteniendo más del 35 % que pasa al tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200). Cinco fracciones de tamaños se diferencian entre las dimensiones de los siguientes tamices:

4.3- DEFINICIÓN DE “GRAVA”, “ARENA GRUESA”, “ARENA FINA” Y “SUELO ARCILLO-LIMOSO”

GRAVA

Pasa tamiz de abertura cuadrada de 3” y retenido en el tamiz IRAM 2,00 mm. (Nº 10).

ARENA GRUESA

Pasa tamiz IRAM 2,00 mm. (Nº 10) y retenido en el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).

ARENA FINA

Pasa tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40) y retenido en el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200).

LIMO Y ARCILLA COMBINADOS

Pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200)

Las condiciones y características generales de cada grupo de suelos, se da a continuación:

4.4 - DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS Y SUBGRUPOS**4.4.1 – MATERIALES GRANULARES****A-1.-**

Suelos bien graduados, de gruesos a finos, con un ligante no plástico o débilmente plástico.

A-1-a.

Suelos en los que predominan fragmentos de piedra, o grava, con o sin material ligante bien graduado.

A-1-b.

Suelos en los que predominan arenas gruesas, con o sin material ligante bien graduado.

Algunos suelos A-1, pueden requerir materiales finos para constituir bases firmes. Generalmente suelen ser muy estables bajo la acción de las cargas transmitidas por las ruedas, sin tener en cuenta su contenido de humedad. Pueden usarse satisfactoriamente como bases para delgadas carpetas bituminosas. Los suelos de este grupo son adecuados para superficies granulares de rodamiento.

A-2.-

Suelos compuestos por una extendida gama de materiales granulares que no pueden clasificarse en los grupos A-1 o A-3, por el contenido de finos, su plasticidad o ambas cosas a la vez.

A-2-4 y A-2-5.-

Suelos con materiales granulares que contienen ligante con características de los grupos A-4 o A-5

A-2-6 y A-2-7.-

Suelos con materiales granulares que contienen ligante con características de los grupos A-6 o A-7.

Los suelos A-2 son inferiores a los A-1 por su pobre gradación o inferior ligante, o ambas cosas a la vez.

Pueden ser muy estables con drenaje satisfactorio, y en relación con la cantidad y calidad del ligante, pueden ablandarse con la humedad y presentarse sueltos y polvorientos en épocas de sequías; algunos son dañados por las heladas. Los A-2-4 y A-2-5, bien arenados y compactados, pueden servir de bases. Utilizados como superficie de rodamiento, los A-2-6 y A-2-7, pueden perder estabilidad por efectos de la saturación capilar o falta de drenaje. La calidad de los suelos A-2-6 y A-27 como bases

varía desde buena, cuando el porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetro (N° 200) es bajo, hasta dudosa, con alto porcentaje pasando aquel tamiz e índice plástico mayor de 10.

Generalmente los suelos A-2 son adecuados para cubrir subrasantes muy plásticas, cuando se construya un pavimento de hormigón.

A-3.

Suelos compuestos por arenas pobres en ligante y materiales gruesos. Ejemplos típicos de es grupo son, las arenas finas de las playas y de los desiertos (formación eólica) y los materiales depositados por las corrientes de agua y constituidos por arenas finas pobremente graduadas y cantidades limitadas de arena gruesa y grava.

Son comunes en ocasiones y les falta estabilidad bajo la acción de las cargas, a menos que estén bien húmedos. Son ligeramente alterados por la acción de la humedad, no experimentan cambios volumétricos y confinados constituyen adecuadas subrasantes para cualquier tipo de pavimento. No pueden ser compactados con los rodillos “pata de cabra” y se consolidan por vibración o por riegos y cilindrado.

4.4.2.-MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS

A-4.-

Suelos compuestos esencialmente de limo, con moderada o poca cantidad de material grueso y sólo pequeña cantidad de arcilla grasa coloidal. Son muy comunes en ciertas ocasiones y secos proveen una superficie de rodamiento firme, con ligero rebote al desaparecer las cargas. Cuando absorben agua rápidamente, sufren expansión perjudicial o pierden estabilidad aún sin manipularlos. Se levantan por la acción de las heladas. Su textura varía ampliamente desde el loam-arenoso hasta el limo y loam-limoso. Los loam-arenosos tienen mejor estabilidad, para diversas densidades, que los limos y los loam-limosos. Sufren pequeñas variaciones de volumen y no producen grandes distorsiones del pavimento, aún cuando hayan sido compactados secos.

Los loam-limosos y limos, no adquieren altas densidades, porque su pobre graduación y carencia de material ligante, da lugar a un gran volumen de vacíos.

Son relativamente inestables con cualquier contenido de humedad, y cuando éste es grande, tienen muy baja estabilidad y valor soporte. Son difíciles de compactar porque el contenido de humedad, para obtener densidad satisfactoria, está dentro de estrechos límites. Secos, estos suelos son elásticos, mostrando considerable rebote cuando deja de actuar la carga. Los más plásticos se expanden al crecer su contenido de humedad. Esto es más fácil de producirse, cuando han sido compactados con una humedad debajo de la óptima. Las carpetas bituminosas requieren importantes capas bases, cuando se empleen suelos de este grupo, como subrasantes.

Cuando el valor hallado resulta negativo, el índice de grupo será registrado como cero (0).

Se tomará el número entero más cercano al valor calculado.

El gráfico correspondiente permite hallar el índice de grupo sumando los valores parciales obtenidos mediante el límite líquido y el índice plástico, partiendo del porciento que pasa por el tamiz N° 200.

Cuando se calcula el índice de grupo de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 sólo interviene el valor obtenido a través del índice plástico.

4.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE GRUPO

El índice de grupo en esta clasificación de suelos, se puede determinar con la fórmula basada en la granulometría, límite líquido e índice plástico del suelo, o recurriendo para determinaciones rápidas, a los gráficos confeccionados con este fin.

La fórmula es la siguiente:

$$IG = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (IP - 10)$$

F= porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200), expresado como un número entero. Este porcentaje se expresa en función del material que pasa por el tamiz de 75 mm. (3 “).

LL = límite líquido

IP = índice plástico

4.6.- EJEMPLOS

A continuación se desarrollan ejemplos de cálculo del índice de grupo.

a) Supongamos un suelo A-6 con las siguientes características:

PT Nº 200= 55 % ; LL = 40 e IP = 25

$$\begin{aligned} IG &= (55-35) [0,2 + 0,005 (40 - 40)] + 0,01 (55 - 15) (25 - 10) \\ &= 4,0 + 6,0 = 10 \quad \text{Suelo A-6 (10)} \end{aligned}$$

b) Un suelo A = 4 con PT Nº 200 = 60 %, LL = 25 e IP = 1

$$\begin{aligned} IG &= (60 - 35) [0,2 + 0,005 (25 - 40)] + 0,01 (60 - 15) (1 - 10) \\ &= 25 (0,2 - 0,075) + 0,01 (45) (-9) \\ &= 3,1 - 4,1 = -1,0 \quad \text{Suelo A = 4 (0)} \end{aligned}$$

c) Un suelo A = 7 con PT Nº 200 = 80 %; LL = 90 e IP = 50

$$\begin{aligned} IG &= (80 - 35) [0,2 + 0,005 (90 - 40)] + 0,01 (80 - 15) (50 - 10) \\ &= 20,3 + 26,0 = 46,3 \quad \text{Suelo A - 7 (46)} \end{aligned}$$

d) Una suelo A - 2 - 7 con PT Nº 200 = 30 %; LL = 50 e IP = 30

$$\begin{aligned} IG &= 0,01 (30 - 15) (30 - 10) \\ &= 3,0 \quad \text{Suelo A - 2 - 7 (3)} \end{aligned}$$

Nótese que se usa solamente el valor del IP.

4.7.- BASES PARA LA FORMULA ÍNDICE DE GRUPO

La fórmula desarrollada para evaluar cuantitativamente los materiales granulares con arcilla y los materiales limo arcillosos, se basa en las siguientes consideraciones:

Los materiales A1-a, A1-b, A2-4, A2-5 y A3 son satisfactorios para subrasantes, cuando están adecuadamente drenados y compactados debajo de moderados espesores de pavimento (base y/o capa superficial) compatibles con el tránsito que soportarán, o cuando han sido mejorados por la adición de pequeñas cantidades de un ligante natural o artificial.

Los materiales granulares con arcilla de los grupos A2-6 y A2-7 y los limo-arcillosos de los grupos A4, A5, A6 y A7 varían en su comportamiento como material de subrasante desde el equivalente a los buenos suelos A2-4 y A2-5 hasta el regular y pobre, requiriendo una capa de material de sub-base o un espesor mayor de la capa de base para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.

El porcentaje mínimo crítico que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200), es de 35 despreciando la plasticidad y 15 cuando los índices plásticos son mayores que 10.

Se consideran críticos los límites de 40 o mayores.

Para suelos no plásticos o cuando el límite líquido no puede ser determinado, se considerará que el índice de grupo es cero (0).

No hay límite superior para el índice de grupo obtenido con la fórmula. Los valores críticos de PT Nº 200, límite líquido e índice de plasticidad se basan en una evaluación de diferentes organizaciones que practican estos ensayos, sobre comportamiento de subrasantes y capas de base y sub-base.

Bajo condiciones promedio de drenaje y compactación adecuados, el valor soporte de una subrasante puede ser considerado inversamente proporcional al valor del índice de grupo. Un índice de grupo 0 indica un “buen” material de subrasante y otro de 20 o mayor un material “muy pobre”.

A-5.-

Son suelos similares a los A-4, con la diferencia que incluyen materiales muy pobremente graduados y otros como micas, y diatomeas que proveen elasticidad y dan lugar a baja estabilidad. No son muy comunes en ciertas ocasiones. Rebotan al dejar de actuar la carga, aún estando secos. Sus propiedades elásticas intervienen desfavorablemente en la compactación de las bases flexibles que integran y no son adecuados para subrasantes de delgadas bases de este tipo o carpetas bituminosas. Están sujetos al levantamiento por la acción de las heladas.

A-6.-

Suelos que están compuestos por arcillas con moderada o despreciable cantidad de material grueso. Son suelos muy comunes. En estado plástico, con variada consistencia, absorben agua sólo cuando son manipulados.

Tienen buen valor soporte compactados a máxima densidad; pero, lo pierden al absorber agua. Son compresibles, con poco rebote al dejar de actuar la carga y muy expansivos compactados en subrasantes con humedad debajo de la óptima. Los índices de plasticidad mayores de 18, indican alta cohesión del material ligante (arcilla y coloides) con bajos contenidos de humedad. Poseen muy poca fricción interna, y baja estabilidad para altos contenidos de humedad.

Colocados y “conservados” con poca humedad, son aceptables en terraplenes y subrasantes. La presión capilar del agua, que se ejerce por el secado, es de tal intensidad que acerca las partículas del suelo, formando una masa compacta y densa.

Este proceso se pone en evidencia por la formación de grietas de contracción en épocas de sequía.

Como estos suelos tienen poros muy pequeños, el agua se mueve lentamente por ellos, aún bajo considerable carga hidrostática. Absorben agua o se secan muy lentamente, a menos que sean manipulados. Son difíciles de drenar. Mientras el movimiento del agua gravitacional es lento, la presión capilar que empuja el agua de las porciones húmedas a las secas, es muy grande, e importantes fuerzas expansivas se desarrollan por este motivo.

No son adecuados para usar como subrasantes, bajo delgadas bases flexibles o carpetas bituminosas, por los grandes cambios volumétricos al variar la humedad y su bajo valor soporte al humedecerse.

Entre los suelos más pesados de este grupo y los pavimentos de hormigón, debe interponerse una capa de otros materiales, para prevenir distorsiones del pavimento o la producción del “bombeo”. Todos los pavimentos flexibles necesitan la interposición de capas de suelos A-1 o A-2 o piedra partida, para prevenir la acción de la arcilla sobre las bases flexibles, con pérdida de su capacidad portante.

A-7.-

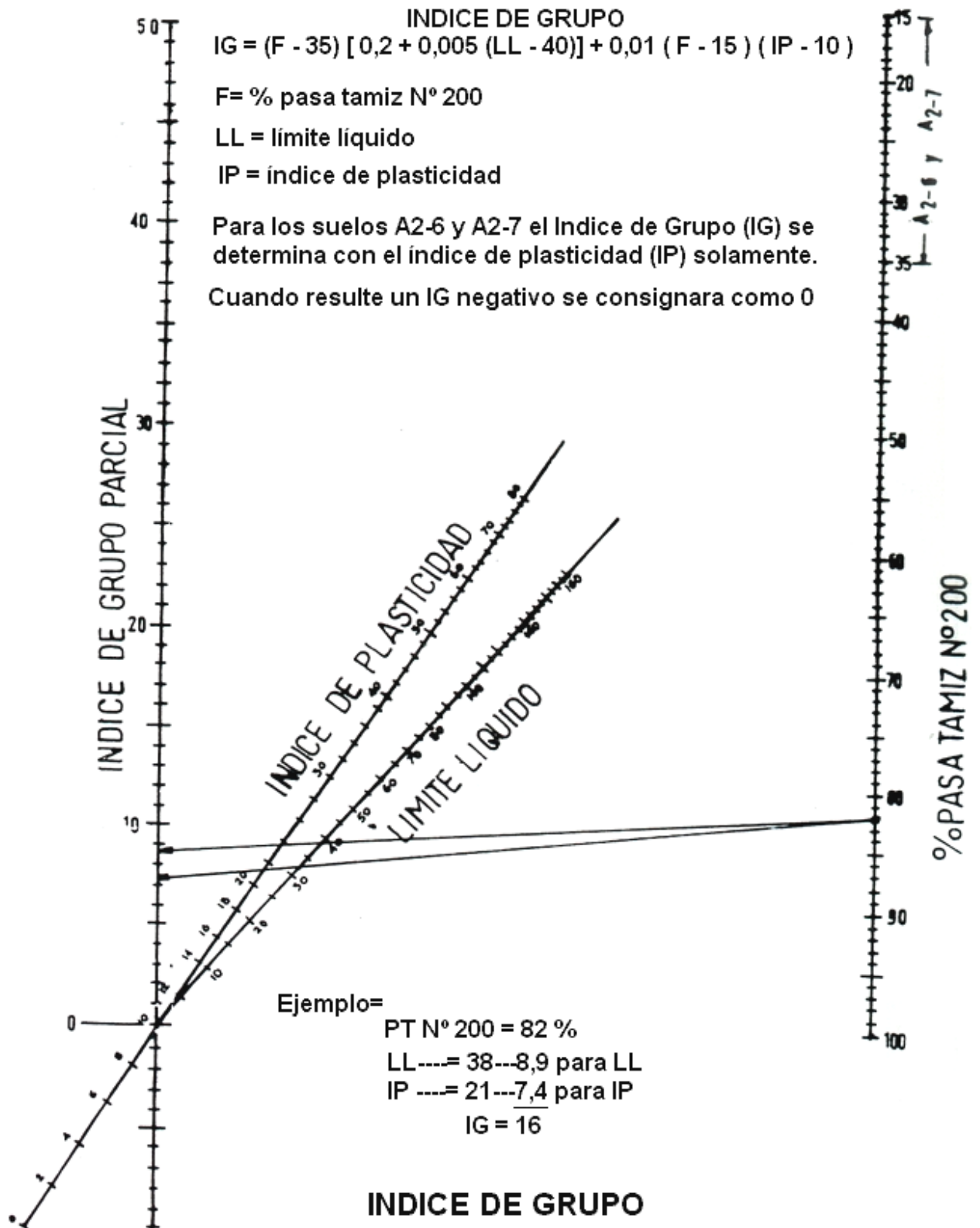
Como en los suelos A-6, predominan en éstos la arcilla, pero debido a la presencia de partículas uniformes de limo, materia orgánica, escamas de mica o carbonato de calcio, son elásticos. Bajo cierto contenido de humedad se deforman rápidamente bajo la acción de la carga, y muestran apreciable rebote al desaparecer aquella. Poseen las mismas características de los suelos A-6 y el mismo comportamiento constituyendo subrasantes en otras aplicaciones de la construcción. Además de los altos cambios volumétricos al variar la humedad, bajo valor soporte al humedecerse, necesidad de interposición de capas de otros materiales para separarlos del pavimento, etc., los suelos A-7 son elásticos y rebotan al dejar de actuar las cargas, lo que impide la adecuada compactación y los hacen inaceptables como subrasantes para pavimentos flexibles.

A-7-5.-

Suelos como los A-7 con moderados índices de plasticidad en relación al límite líquido, pueden ser altamente elásticos y sujetos a considerables cambios volumétricos.

A-7-6.-

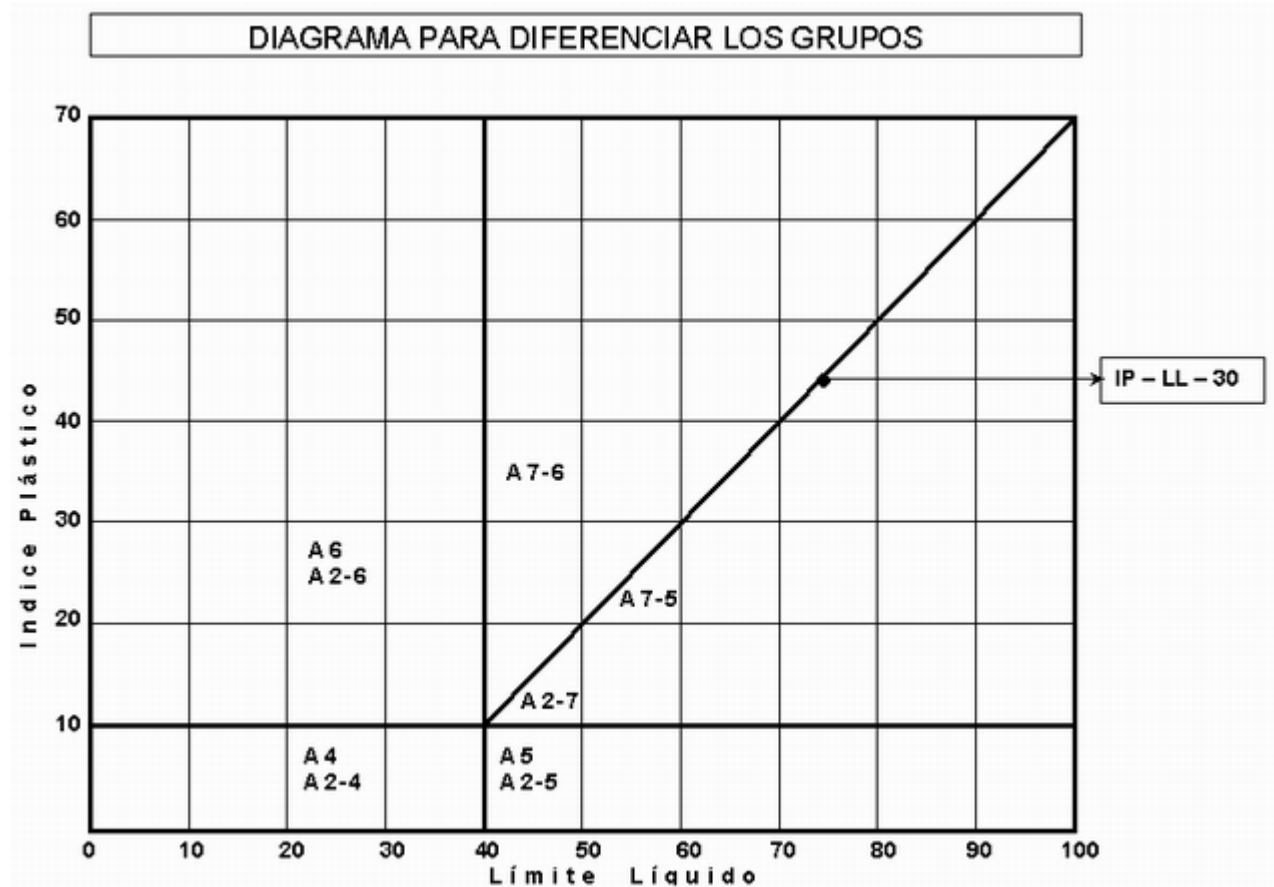
Suelos como los A-7 con altos índices de plasticidad en relación al límite líquido y sujetos a extremados cambios volumétricos. Suelos compuestos de turbas blandas y tierras abonadas que, tienen grandes cantidades de materia orgánica y humedad y no pueden ser usados en subrasantes y terraplenes o cualquier otro tipo de construcción.



Planilla N° 1: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS PARA SUBRASANTES

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 Micrones (N° 200) hasta el 35 %			SUELOS ARCILLO-LIMOSOS Pasa tamiz IRAM 75 Micrones (N° 200) más del 35 %			
	A-1	A-3 ⁽¹⁾	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7
CLASIFICACIÓN POR GRUPOS Ensayo de tamizado por vía húmeda. Porcentaje que pasa por: Tamiz IRAM de 2 mm. (N° 10) Tamiz IRAM 425 micrones (N° 40) Tamiz IRAM 75 micrones (N° 200)	- Máx. 50 Máx. 25	- Mín. 51 Máx. 10	- - Máx. 35	- - Mín. 36	- - Mín. 36	- - Mín. 36	- - Mín. 36
Características de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 micrones (N° 40):							
Límite Líquido (LL)				Máx. 40	Mín. 41	Máx. 40	Mín. 41
Índice Plástico (IP)	Máx. 6	Sin plast.	-	Máx. 10	Máx. 10	-	Mín. 11
COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno			Regular a pobre			

(1) La colocación del grupo A-3 antes del grupo A-2, en planilla, es necesario para mantener el proceso de clasificación “por eliminación de izquierda a derecha”, pero no significa que el suelo A-3 sea superior al A-2.



Planilla N° 2: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS PARA SUBRASANTES (CON SUBGRUPOS)

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35%						SUELOS ARCILLOSO-LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35%																		
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7														
A-1-a	A-1-b	A-2-4		A-2-5	A-2-6	A-2-7																			
Ensayo de tamizado por vía húmeda Porcentaje que pasa por:																									
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50																								
Tamiz IRAM de 425 micrómetros N° 40	Máx 30	Máx 50	Mín 51																						
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Mín 36	
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40																									
Límite Líquido	-	-	-	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Mín 36	
Índice de Plasticidad	Máximo 6	No plástico		Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Máx 10	Mín 11	Mín 11	
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena	Arena fina		Gravas y arenas arcillosas limosas																				Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno						Regular a pobre																		

El Índice Plástico del Sub-Grupo A - 7 - 5 es igual o menor que LL - 30. el Índice Plástico del Sub-Grupo A - 7 - 6 es mayor que LL - 30.-

NORMA DE ENSAYO

VN - E5 - 93

COMPACTACIÓN DE SUELOS

[Índice](#)

5.1- OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para estudiar las variaciones del peso unitario de un suelo en función de los contenidos de humedad, cuando se lo somete a un determinado esfuerzo de compactación.

Permite establecer la Humedad óptima con la que se obtiene el mayor valor del Peso unitario, llamado Densidad seca máxima.

5.2- APARATOS

- a. Moldes cilíndricos de acero para compactación con tratamiento superficial para que resulten inoxidable (Cincado, cadmiado, etc.) de las características y dimensiones indicadas en las figura 1 y figura 2.
- b. Pisones de compactación, de acero tratado superficialmente, con las características y dimensiones que se dan en la figura 3.
- c. Aparato mecánico de compactación que permita regular el peso, la altura de caída del pisón y el desplazamiento angular del molde o pisón (opcional).
- d. Balanza de precisión, de 1 Kg. de capacidad con sensibilidad de 0,01 gramo.
- e. Balanza tipo Roberval de por lo menos 20 Kg. de capacidad, con sensibilidad de 5 gramos.
- f. Dispositivo para extraer el material compactado del interior del molde (opcional).
- g. Cuchilla de acero o espátula rígida, cuya hoja tenga por lo menos 20 cm. de longitud.
- h. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura.
- i. Tamiz IRAM 19 mm. (3/4")
- j. Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4)
- k. Dispositivo para pulverizar agua.
- l. Bandeja de hierro galvanizado de 660 x 400 x 100 mm.
- m. Bandeja de hierro galvanizado de 150 x 50 mm.
- n. Espátula de acero, de forma rectangular, con las características indicadas en la figura 4.
- o. Elementos de uso corriente en laboratorio: estufas, probetas graduadas, cucharas, etc.

NOTA: Las dimensiones dadas en los ap. g), l), m), son aproximadas.

5.3- FORMA DE OPERAR DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL MATERIAL.

- a. Si se trata de suelo que pasa totalmente por el tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4), se opera con todo el material librado por dicho tamiz. Si la cantidad de material que queda retenida en ese tamiz es pequeña, igual o menor de 5 %, puede incorporarse a la muestra realizándose el ensayo con el total del suelo. Si la porción retenida es apreciable, mayor del 5 %, se opera como si se tratara de material granular.

- b. Cuando se emplean materiales granulares, o sea los que tienen más del 5 % retenido sobre el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), se pasa la muestra representativa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), debiendo realizarse el ensayo cuando se correlacione éste con el ensayo de Valor Soporte, según norma VN-E6-68, únicamente con la fracción librada por este tamiz.
 - c. Si el peso del material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) es menor del 15 % del peso total de la muestra, cuando no se correlacione este ensayo con el Valor Soporte, según norma VN-E6-68, después de realizar el ensayo de acuerdo al título 5.4 ap. 2, deberá efectuarse la corrección por material grueso de los resultados obtenidos, tal como se indica en el párrafo 5.7. Para tal fin es necesario determinar el peso específico del material en la condición de saturado y a superficie seca y la humedad de absorción del mismo.
 - d. Si el material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) es superior al 15 % del peso total de la muestra y no se deba correlacionar este ensayo con el Valor Soporte según Norma VN-E6-68 no se harán correcciones por la incidencia del material grueso, pero deberá tenerse la precaución, al verificar las densidades logradas en obra de aplicar la fórmula que se detalla en el ap. d) del título 5.8 Observaciones.
 - e. Únicamente en los casos en que se deba correlacionar este ensayo con el Valor Soporte, según Norma VN-E6-68 el ensayo de Compactación se ejecutará con material que pase el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), compensando el material retenido por este tamiz, por un mismo peso de materia comprendido entre el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) y el tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4). La granulometría del material corrector será la misma que la de la fracción contenida en el material a ensayar que pasa por criba de 3/4” y retiene el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), teniendo en cuenta las cribas intermedias.
1. Cuando el porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) sea inferior al 15 %, se compensará el material en su totalidad.
 2. Cuando el porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) sea superior al 15 %, se compensará hasta dicho porcentaje desechándose en la compensación el excedente.
- A los efectos de la exigencia de compactación, este apartado no tendrá vigencia.

5.4- PROCEDIMIENTO

De acuerdo con las características del material a ensayar se presentan dos casos:

a. Material “fino”

Corresponde a suelos que cumplan con lo especificado en el ap. 5.3 (a).

Preparación de la muestra:

- a. Para cada punto de la curva Humedad-densidad se requieren aproximadamente 2500 gramos de material seco. Si se trata de suelo no muy plástico y sin partículas quebradizas puede usarse la misma muestra para todo el ensayo.
- b. Se prepara material suficiente para seis puntos. El ensayo normal requiere cinco puntos, tres en la rama ascendente y dos en la descendente de la curva Humedad-Densidad, pero eventualmente puede requerirse un sexto punto.
- c. La porción de suelo destinada a un punto se distribuye uniformemente en el fondo de la bandeja (ap. 5.2-l).
Con la ayuda del dispositivo adecuado (ap. 5.2-k) se agrega el agua prevista para tal punto y con la espátula (ap. 5.2-n) se homogeniza bien.

NOTA:

Si el material a ensayar presenta dificultades para la homogeneización del agua incorporada, se preparan las seis porciones con contenidos de humedad crecientes, de dos en dos unidades aproximadamente.

Se mezclan los más homogéneamente posible y se dejan en ambiente húmedo durante 24 horas.

Compactación de la probeta

- d. Se opera con el molde de 101,6 mm. de diámetro. La energía de compactación quedará determinada por el tipo de pisón, cantidad de capas y número de golpes por capa.

A continuación se dan las características de los distintos tipos de ensayos de compactación a realizar:

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
I	101,6	2,5	30,5	3	25
II	101,6	4,53	45,7	5	25
III	101,6	2,5	30,5	3	35

- e. Se verifican las constantes del molde: Peso del molde (Pm) sin collar pero con base y su volumen interior (V).
- f. Cuando se considere que la humedad está uniformemente distribuida se arma el molde y se lo apoya sobre una base firme. Con una cuchara de almacenero, o cualquier otro elemento adecuado, se coloca dentro del molde una cantidad de material suelto que alcance una altura un poco mayor del tercio o del quinto de la altura del molde con el collar de extensión, si se han de colocar tres o cinco capas respectivamente.
- g. Con el pisón especificado (2,5 Kg. ó 4,54 Kg.) se aplica el número de golpes previstos (25, 35, 56, etc.) uniformemente distribuidos sobre la superficie del suelo.
Para esto debe cuidarse que la camisa guía del pisón apoye siempre sobre la cara interior del molde, se mantenga bien vertical y se la desplace después de cada golpe de manera tal, que al término del número de golpes a aplicar, se haya recorrido varias veces la superficie total del suelo.
- h. Se repite la operación indicada en el párrafo anterior las veces que sea necesaria para completar la cantidad de capas previstas, poniendo en tal caso, la cantidad de suelo necesaria para que, al terminar de compactar la última capa, el molde cilíndrico quede lleno y con un ligero exceso, 5 a 10 mm. En caso contrario, debe repetirse íntegramente el proceso de compactación.
- i. Se retira con cuidado el collar de extensión.
Con una regla metálica, puede servir de espátula, ap. 5.2 (g), se limpia el exceso de material.
Se limpia exteriormente el molde con un pincel y se pesa (Ph).
- j. Se saca la probeta del molde, con el extractor de probetas si se dispone de él, o mediante la cuchilla o espátula, en caso contrario. Se toma una porción de suelo que sea promedio de todas las capas, se coloca en un pesa filtro y se pesa.
Se seca en estufa a 100-105° C, hasta peso constante, para efectuar la determinación de humedad.
- k. Se repiten las operaciones indicadas en los párrafos anteriores, ap (f) a (j), con cada una de las porciones de muestra preparadas para los otros puntos.
Si se opera con una sola porción, estas operaciones se repiten luego de haber desmenuzado cuidadosamente el material sobrante e incorporado un 2% de agua más, aproximadamente, para cada uno de los puntos a determinar.

- I. Se da por finalizado el ensayo cuando se tiene la certeza de tener dos puntos de descenso en la curva Humedad-Densidad.

a. **Material granular**

Corresponde a suelos que cumplan con las características granulométricas indicadas en el párrafo 5 -3 (b).

Preparación de la muestra:

- a. Para cada punto de la curva Humedad - Densidad, se requieren alrededor de 6000 gamos de material seco.
- b. Igual que en el caso de suelos finos se requieren 5 puntos y se prevé la eventualidad de un 6° punto. Por lo tanto, se preparan 36 Kg. de material y por cuidadoso cuarteo se lo divide en seis porciones para otros tantos puntos.

Compactación de la probeta

- c. Se opera con el molde de 152,4 mm. de diámetro. Previa verificación de sus constantes, se lo coloca sobre una base firme y se realizan las operaciones indicadas en los párrafos (f) a (l) del título anterior 5.4 - (1), con la salvedad de que: Los huecos que quedan al ser arrancadas las piedras emergentes, al enrasar la cara superior de la probeta, deben ser rellenados con material fino y compactados con una espátula rígida.

La humedad de cada punto se determina de acuerdo al párrafo (j), sobre una cantidad de material no menor de 1000 gramos y secándolo en bandeja (Ap. 5.2 - m). En el siguiente cuadro, se dan las características de los distintos tipos de ensayo de compactación a realizar:

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
IV	152,4	2,5	30,5	3	56
V	152,4	4,53	45,7	5	56

5.5- CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para cada contenido de humedad de la probeta, determinado en la forma indicada en los párrafos precedentes, se calculan:

- a. La densidad húmeda (D_h) del suelo compactado, aplicando la fórmula:

$$D_h = \frac{P_h - P_m}{V}$$

Donde:

P_h = Peso del molde con el material compactado húmedo.

P_m = Peso del molde.

V = Volumen interior del molde.

- b. La densidad seca (D_s), que se obtiene mediante la fórmula:

$$D_s = \frac{D_h \times 100}{100 + H}$$

Donde:

D_h = Densidad húmeda.

H = Humedad, en %, del material compactado.

TRAZADO DE LA CURVA HUMEDAD DENSIDAD

- c. En un sistema de ejes rectangulares se llevan en abscisas, los valores de la humedad porcentual, y en ordenadas los de la densidad seca.
- d. Los puntos así obtenidos se unen por un trazo continuo obteniéndose de este modo una curva que va ascendiendo con respecto a la densidad, pasa por un máximo y luego desciende.
- e. El punto máximo de la curva así obtenida indica, en ordenadas, la densidad máxima (D_s) que puede lograrse con la energía de compactación empleada y en abscisas la humedad óptima (H) que se requiere para alcanzar aquella densidad.

5.6- PLANILLAS Y CURVAS

- a. La marcha del ensayo se lleva anotada en una planilla similar al modelo que se adjunta.
- b. El trazado de la curva Humedad-Densidad se realiza en el cuadriculado que se encuentra al pie de la planilla, adoptando las escalas que sean más convenientes en cada caso.

5.7- INCIDENCIA DEL MATERIAL GRUESO

Cuando, conforme a lo indicado en ap. 5.3 (c), en la muestra ensayada se tuvo hasta el 15 % de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), se determina la incidencia del material de tamaño mayor que este último tamiz, utilizando las fórmulas que se indican a continuación:

- a. Humedad óptima corregida

Se la calcula con la siguiente fórmula:

$$H_c = \frac{(G \times H_a) + (F \times H)}{100}$$

Donde:

H_c = Humedad óptima corregida.

G = Porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

H_a = Porcentaje de humedad absorbida por el material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

F = Porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

H = Humedad óptima resultante para el material que pasa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), expresada en por ciento.

- b. Densidad máxima corregida

Se la obtiene reemplazando valores en la siguiente fórmula:

Donde:

$$D_{mc} = \frac{100}{\frac{G}{d_g} + \frac{F}{D_s}}$$

Donde:

D_{mc} = Densidad máxima corregida.

G = Porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

F = Porcentaje de material que pasa el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

d_g = Peso específico del material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

D_s = Densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación ejecutado con el material librado por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

NOTA:

Los valores obtenidos con la fórmula dada en el ap. 5.7(b) tienen tendencia a ser mayores que los reales. La diferencia es pequeña para valores de G hasta 15%.

5.8- OBSERVACIONES

- a. La introducción de las variantes con que es posible ejecutar el ensayo de compactación: tamaño del molde, número de capas, cantidad de golpes por cada y peso total del pisón, se justifica en ciertos casos, por la naturaleza de los suelos a utilizar, las características de la obra a ejecutar o la capacidad de los equipos que se prevé emplear.
- b. Para la fijación de la humedad del primer punto del ensayo juega un papel muy importante la experiencia del operador. En ausencia de ésta, puede servir de referencia el valor del límite plástico. En general, el valor de la humedad óptima es algo inferior al límite plástico y atento a que deben conseguirse tres puntos en la rama ascendente de la curva Humedad – densidad, resulta relativamente fácil dar un valor aproximado a la humedad que debe tener el suelo en ese primer punto.
- c. En laboratorios importantes, donde se ejecute un gran número de ensayos se recomienda emplear el aparato mecánico de compactación.
- d. Cuando se apliquen los resultados del ensayo de compactación a materiales granulares que tengan un porcentaje mayor del 15 % retenido sobre el tamiz IRAM 19 mm., no se efectuarán correcciones por la incidencia de material grueso (ver ap. 5.3-d), y se deberá aplicar al controlar las densidades logradas en obra, la siguiente fórmula:

$$D_{sc} = \frac{P_t - P_r}{V_t - V_r}, \text{ siendo } V_r = \frac{P_r}{d_g}$$

Donde:

D_{sc} = Densidad seca corregida.

P_t = Peso total de la muestra extraída del pozo.

P_r = Peso del material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

V_r = Volumen ocupado por el material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

V_t = Volumen total del pozo.

d_g = Peso específico del material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

**Detalle del molde para el
Ensayo de Compactación
Diámetro = 101,6 mm.**

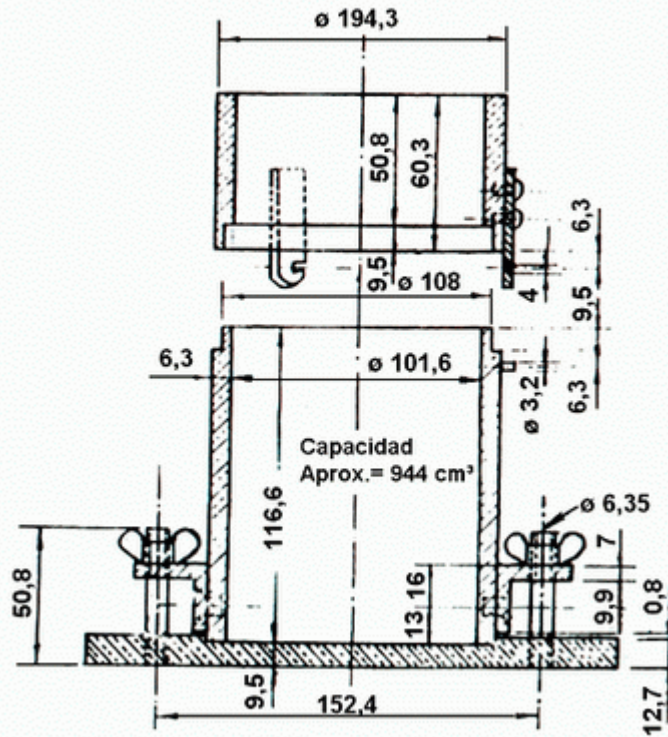


Figura N° 1

**Detalle del molde para el
Ensayo de Compactación
Diámetro = 152,4 mm.**

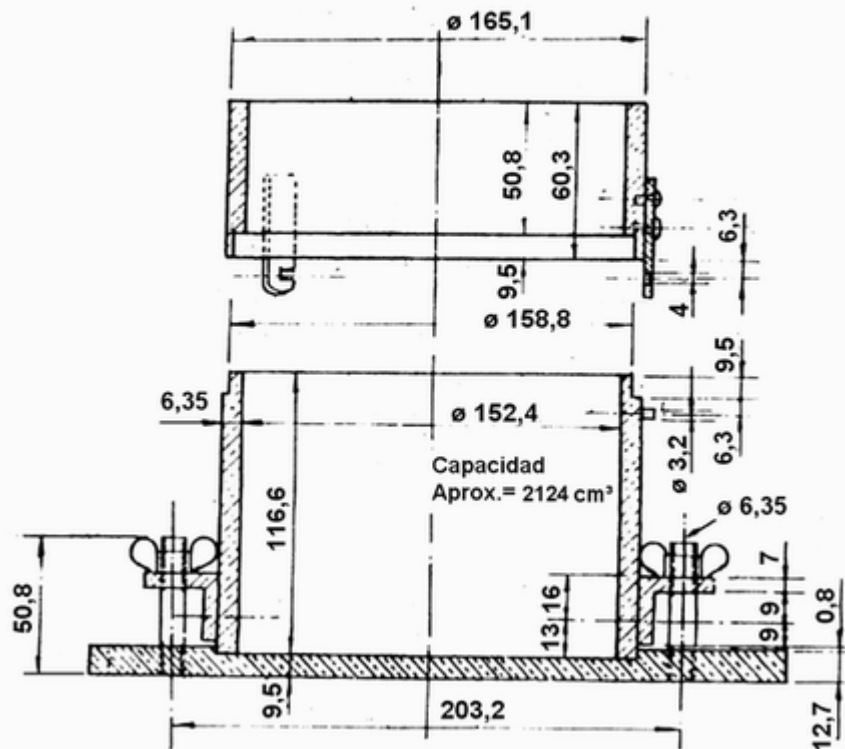
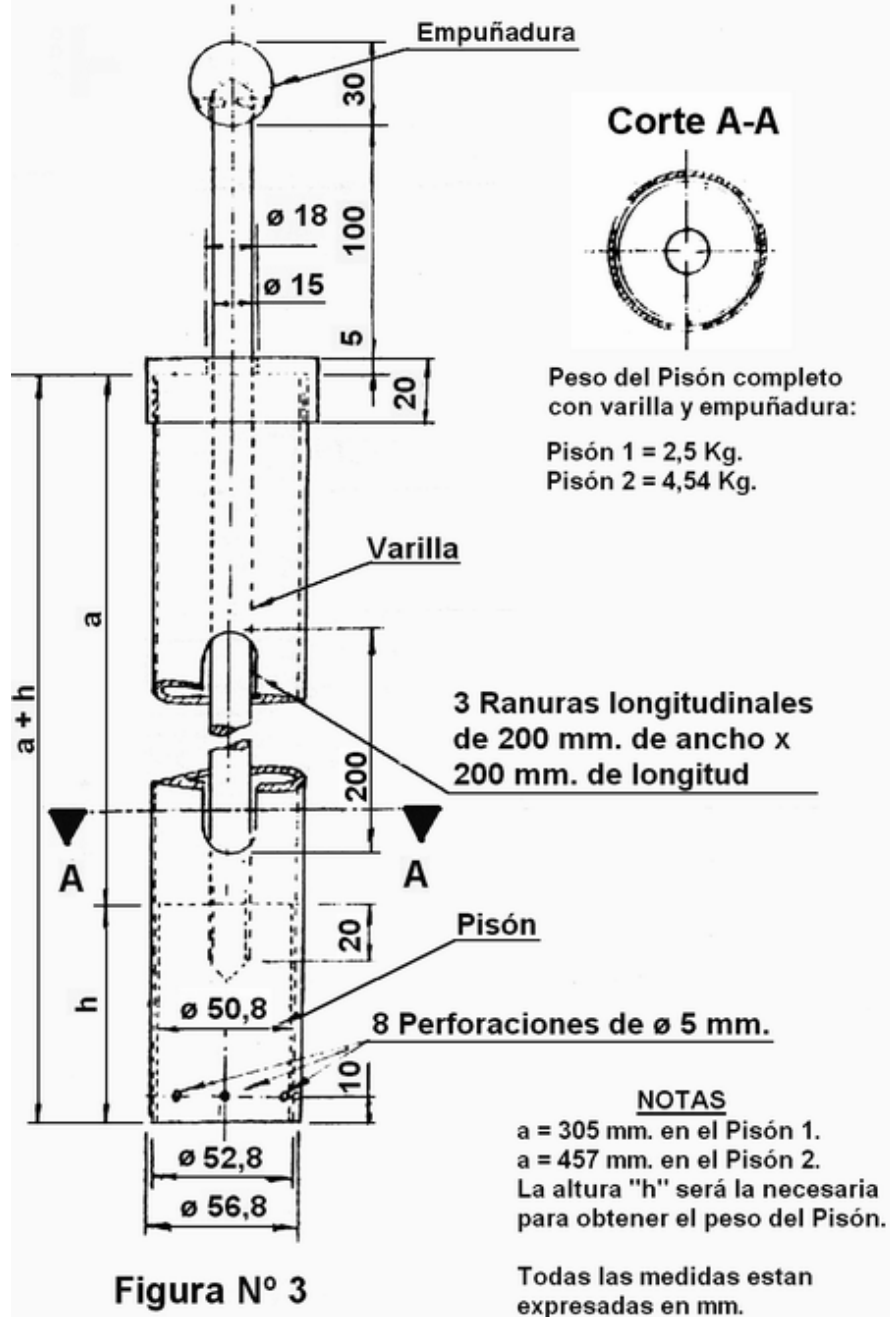


Figura N° 2

Detalle del Pisón



Espátula rectangular de chapa de acero de 2 mm.

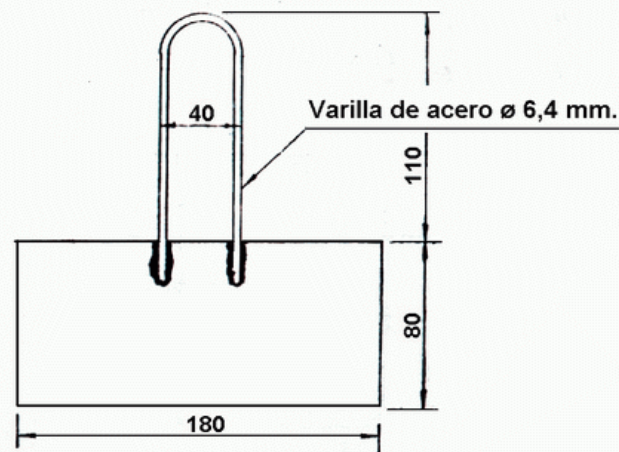


Figura N° 4

ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....Capas.....Golpes.....Pisón.....
 N° de muestra.....Ruta.....
 N° de análisis.....Tramo.....
 N° de orden.....Progresiva.....

Punto N°	% Aproximado de Agua	Peso del Cilindro + Suelo Húmedo	Tara del Cilindro	Peso Suelo Húmedo	Volumen del Cilindro	PESO ESPECIFICO APARENTE	
						Húmedo (a)	Seco ⁽¹⁾
Punto N°	Pesa Filtro N°	Pesa Filtro + Suelo Húmedo	Pesa Filtro + Suelo Seco	Tara del Pesa Filtro	Agua	Suelo Seco	% de Humedad (b)

$$^{(1)} = \frac{100 \times (a)}{100 + (b)}$$

Material	L.L.	L.P.	Granulometria	Tamiz Pasa%																			
DENSIDAD																							

CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA DE ENSAYO

VN - E6 - 84

DETERMINACIÓN DEL VALOR SOPORTE E HINCHAMIENTO DE SUELOS

[índice](#)

6.1- OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para conocer el “valor soporte relativo” de un suelo y determinar su hinchamiento.

- a. Valor Soporte Relativo (V.S.R.) de un suelo es la resistencia que ofrece al punzado una probeta del mismo, moldeada bajo ciertas condiciones de densificación y humedad, y ensayada bajo condiciones preestablecidas. Se la expresa como porcentaje respecto de la resistencia de un suelo tipo tomado como patrón.
- b. Hinchamiento es el aumento porcentual de altura, referido a la altura inicial, que experimente una probeta de suelo cuando la humedad de la misma aumenta por inmersión, desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al término del periodo de inmersión.

6. II – ENSAYO PREVIO A EFECTUAR

De acuerdo a la norma de ensayo VN-E5-67 “Compactación de suelo” determinar la densidad seca máxima y humedad óptima correspondiente, empleando la energía de compactación adoptada en el proyecto de la obra para la cual se efectuarán las determinaciones.

6. III – MÉTODOS DE ENSAYO

Se considera cuatro posibles variantes para efectuar este ensayo

- 1° Método estático a carga fija preestablecida.
- 2° Método estático a densidad prefijada.
- 3° Método dinámico N° 1 (simplificado).
- 4° Método dinámico N° 2 (completo).

6. IV- MÉTODO ESTÁTICO A CARGA FIJA PREESTABLECIDA

6. IV-1 APARATOS

- a. Molde de compactación cilíndrico, de acero tratado superficialmente para hacerlo inoxidable (cinchado, cadmiado, etc.), de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 1; provisto además de una base desmontable sin perforaciones.
- b. Plato perforado con vástago de altura regulable y pesa adicional, todo de material inoxidable y peso total de 4,450 Kg., de las características y dimensiones indicadas en las figura N° 2 y figura N° 3. Se requiere uno por cada molde disponible para el ensayo.

- c. Pesas adicionales para hinchamiento. Para cada molde se necesitan seis pesas de 2,27 kg. cada una. Serán de material inoxidable y de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 4.
- d. Pesas para penetración. Deberá proveerse un juego para cada prensa disponible y consiste en una pesa anular de 4,54 Kg. y seis pesas de 2,27 Kg. cada una, de acuerdo a las características y dimensiones indicadas en la figura N° 5.
- e. Pisón de compactación para moldeo de probetas, de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 6.
- f. Trípode de material inoxidable, con dial extensométrico (precisión 0,01 mm.) para medir variaciones de altura de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 7.
- g. Pileta, o recipiente adecuado de dimensiones tales que permitan la inmersión total del molde dentro del agua.
- h. Prensa de ensayo de accionamiento mecánico o hidráulico con comando manual, capaz de aplicar esfuerzos de hasta 5.000 Kg. y que permita lograr sin dificultad una velocidad de avance de 1,25 mm./minuto. Provista de tres aros dinamométricos de 1000, 3000 y 5000 Kg. respectivamente, con sus diales extensométricos de 0,01 de precisión mínima.
- i. Prensa hidráulica de compactación capaz de producir esfuerzos totales de hasta 60 toneladas con velocidad regulable, permitiendo lograr sin dificultades la de 1,25 mm./minuto.
- j. Pistón de penetración de 49,53 mm. de diámetro con las características y dimensiones indicadas en la figura N° 3.
- k. Dial extensométrico de 25 mm. de carrera, con precisión de 0,1 mm., montado sobre un soporte, similar al indicado en la figura N° 9, que pueda ser fijado al pistón penetración.
- l. Elementos varios de uso corriente: Estufa regulable a 105 – 110° C, balanza de 20 Kg. sensible al gramo, regla metálica enrasadora, bandejas, espátulas, probetas, rociadores, tamices IRAM 19 mm. (3/4") y 4,75 mm. (N° 4), etc.

6. IV-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a. Se secan alrededor de 50 Kg. de suelo hasta que se convierta en friable bajo la acción de una llana o espátula. El secado podrá realizarse al aire o en estufa pero siempre que la temperatura no exceda de 60° C. En caso de que el material contenga partículas mayores de 19 mm. se secan 100 Kg.
- b. El material utilizado para el ensayo pasará en su totalidad por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4"). Si en la muestra a ensayar existe material retenido por dicho tamiz, la porción retenida se reemplaza por igual cantidad de material que pase por el mismo y sea retenido por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), hasta un máximo de 15 % tal como se indica en 5.3 (c) y 5.3 (d) de la norma VN-E5-67.

6. IV-3. MOLDEO DE LAS PROBETAS

- a. Cada probeta se preparará con una cantidad de suelo seco tal que al ser compactada, se obtenga 12 cm. de altura \pm 2 cm. Si en el momento previo al moldeo, el suelo contiene algo de humedad, se determina ésta sobre 100 a 1000 gr. (según la granulometría). Sea H' (%) esta humedad; entonces la cantidad de suelo con esa humedad a pesar para cada probeta es igual a:

$$Ph = Ps \left[1 + \frac{H'}{100} \right] \text{ gramos}$$

- b. Se moldean cinco probetas con contenidos crecientes de humedad, de tal modo que pueda trazar una curva densidad - humedad similar a la de ensayo de compactación. La probeta a ensayar deberá moldearse con la humedad correspondiente a la máxima densidad.
- c. La cantidad de agua adicional a cada probeta se calcula mediante la fórmula:

$$A = \frac{P_s \times H}{100}$$

siendo:

A= Agua Total

H = Humedad por ciento.

Si el suelo ya tiene una cierta humedad inicial (H'), a la cantidad Ph de suelo calculado como se explicó en "a" se le adiciona

$$P_s \left[\frac{H - H'}{100} \right] \text{ gramos de agua}$$

- d. Para moldear la probeta, una vez establecida la cantidad necesaria de suelo, se pesa esta más 40 – 50 gr. aproximadamente y se extiende en una capa de espesor uniforme en el fondo de una bandeja de dimensiones adecuadas. Se mide la cantidad necesaria de agua calculada según se expresó en "c", y con la ayuda del rociador se va humedeciendo el suelo mezclando al mismo tiempo con una espátula, hasta una distribución uniforme de la humedad. Se toman 40 - 50 gr. de suelo que se colocan en un pesa filtro, se pesan y se llevan a estufa hasta peso constante para determinar la humedad. Si se trata de suelos granulares en vez de tomar un exceso de 40 -50 gr., se tomarán 1000 gr. aproximadamente.
- e. Se prepara el molde ajustándolo sobre la base sin perforaciones. Se va colocando dentro el suelo humedecido, en capas, compactándolo ligeramente al mismo tiempo con la ayuda de una varilla de hierro aproximadamente 20 mm. de diámetro y 500 mm. de longitud.
- f. Se lleva el conjunto a la prensa de compactación (IV.1-i) y se carga con una velocidad de avance del plato de la prensa igual a 1,25 mm./minuto, hasta lograr una presión total de 140 Kg./cm² (hasta la carga de 70 Kg./cm² la velocidad de avance puede ser mayor).
Una vez alcanzada la presión de 140 Kg./cm², se mantiene la carga durante 1 minuto. Se descarga en forma suave en poco más o menos 20 segundos.
- g. Se retira el molde de la prensa, se mide la profundidad libre hl. Si la profundidad total del molde es igual a ht, la altura (h) de la probeta es igual a:

H = ht – hl, que como se dijo debe oscilar en los 12 cm. con una tolerancia de 2 cm. en más o en menos.

NOTA: Al verificar la humedad de la probeta destinada al ensayo su valor no debe diferir del deseado en + ó – 0,5.

A los efectos de evaluar la influencia de la posible variación de humedad con que se compactó el suelo en obra, se deberán moldear, además cuatro probetas a la densidad máxima de la curva de compactación, pero con humedades que abarquen el límite de trabajabilidad del suelo en obra. Se moldearán con dos humedades del lado seco y con dos humedades del lado húmedo de la curva de compactación.

Para esto deberá tenerse en cuenta que la carga con que se compactará, no será la establecida en esta norma, sino la necesaria para que con las distintas humedades se logren probetas con la densidad máxima.

6. IV-4. EJECUCIÓN DEL ENSAYO.

- a. Se sustituye la base del molde colocando en su lugar la base perforada.
- b. Se coloca sobre la superficie del suelo un disco de papel de filtro, u otro de naturaleza absorbente, de 15,2 cm. de diámetro. Sobre éste se coloca el plato perforado, especificado en el apartado IV.1-b, y las pesas adicionales que sean necesaria (IV.1-c).
- c. Se coloca sobre el molde el trípode con extensómetro especificado en IV.1-k.
- d. Se regula el vástago del plato hasta que su extremo superior toque el vástago del dial que debe estar a cero.
- e. Se ajusta en esa posición y se retira el trípode.
- f. Se lleva el conjunto a la pileta llena de agua, de tal modo que se cubra totalmente el molde, colocando una capa de arena fina en el fondo para que el agua tenga libre acceso por ambos extremos de la probeta.
- g. La probeta será mantenida durante cuatro días en inmersión midiéndose todos los días el “hinchamiento”, colocando el trípode con el extensómetro y registrándose las variaciones de altura diarios (en centésima de milímetro).
- h. Completado el 4º día de inmersión y después de haberse leído el hinchamiento total, en valor absoluto, se retira el molde de la pileta. Se elimina el agua libre inclinando el molde durante un minuto, mientras se sujetan firmemente los pesos adicionales. Luego se deja drenar en posición vertical durante 15 minutos.
- i. Se coloca el molde en la base de la prensa de ensayo, ya provista del aro dinamométrico adecuado, se retiran el plato perforado y las sobrecargas. Se coloca sobre la superficie del suelo la sobrecarga anular de 4,54 Kg. de peso. Se hace asentar el pistón de penetración a través del orificio central aplicando una carga de 4,54 Kg.
- j. Se colocan los diales en cero y se agregan las sobrecargas calculadas en igual cantidad que las usadas durante el período de inmersión. El dial que mide las penetraciones debe fijarse al pistón de penetración y apoyar su vástago libre sobre el borde del molde o sobre un punto fijo solidario con él.
- k. Se aplican las cargas suavemente a una velocidad de avance del pistón igual a 1,27 mm./minuto. Se anotan las lecturas del dial del aro dinamométrico obtenidas para penetraciones de 0,64 mm., 1,27 mm., 1,91 mm., 2,54 mm., 5,1 mm., 7,6 mm., 10,2 mm., y 12,7 mm.
Las cuatro primeras lecturas servirán posteriormente para efectuar la corrección de la curva penetración – cargas en el caso que la misma resulta cóncava arriba.
- l. Se descarga la prensa de penetración, se retira el molde y se quitan las sobrecargas. Se toma una muestra de la capa superficial hasta 2,5 cm. de profundidad para determinar la humedad. Se extrae también una muestra representativa en todo el espesor de la probeta para obtener la humedad promedio de la probeta embebida.

6. IV-5 RESULTADOS

Cálculo de hinchamiento:

El hinchamiento se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Hinchamiento \%} = \frac{h_n \times 100}{h}$$

h_n = Lectura del hinchamiento en el último día de inmersión en (cm.)

h = altura de la probeta en cm.

Cálculo del Valor Soporte:

a. Representación gráfica y corrección de lecturas.

En un sistema de ejes rectangulares, se llevan en abscisas los valores de penetración en mm. y sobre las ordenadas los valores de las lecturas del aro dinamométrico.

Uniendo por un trazo continuo puntos experimentales determinados en el ensayo, se obtiene una curva similar a alguna de las representadas en la figura 10.

b. Si la curva obtenida toma la forma señalada con (1), es decir, sin cambios de curvatura no corresponde hacer corrección y para el cálculo se toman directamente los valores de lectura correspondiente a las penetraciones de 2,5 mm.; 5,1 mm.; 7,6 mm.; 10,1 mm.; 12,7 mm. obtenidas al realizar el ensayo.

c. Si la curva presenta la forma señalada en (2), es decir, con cambio de curvatura, se traza la tangente T por el punto de inflexión. Esta tangente corta el eje de las abscisas en un punto A que será el nuevo origen de las penetraciones. En consecuencia los puntos correspondientes a las penetraciones 1° - 2° - 3° - 4° y 5° se obtendrán corriendo los valores 2,5 mm.; 5,1 mm.; 7,6 mm.; 10,1 mm.; y 12,7 mm. hacia la derecha en una distancia "d" igual a la distancia de A al origen.

d. Los verdaderos valores dinamométricos "L" a aplicarse en los cálculos se obtendrán en las ordenadas que corresponden a los puntos en que la curva de penetración intercepte la perpendicular trazada por los valores corregidos para cada penetración.

e. Multiplicando la lectura "L", del dinamómetro por su factor y dividiendo el producto por la sección del pistón de penetración, se obtiene en Kg./cm² la resistencia a la penetración ofrecida por el suelo estudiado. Llamando: RPU a la resistencia a la penetración, L a la lectura del dial del aro dinamométrico, S a la sección en cm² del pistón de penetración y F al factor de cálculo del aro empleado, se tiene que:

$$\text{RPU} = \frac{L.F.}{S} \text{ (Kg./cm}^2\text{)} \quad (1)$$

f. Experimentalmente el autor del método encontró que la resistencia a la penetración RPU en Kg./cm² para las sucesivas etapas de penetración que ofrecía el suelo considerado como tipo de comparación, son para la condición embebida.

Penetración

Nº	mm.	Pulgada	RPU _n (Kg./cm ²)
1 ^a .	2,5	0,1	70
2 ^a .	5,1	0,2	105
3 ^a .	7,6	0,3	133
4 ^a .	10,1	0,4	161
5 ^a .	12,7	0,5	182

g. El Valor Soporte Relativo de un suelo se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{VSR} = \frac{\text{RPU}}{\text{RPU n}} \times 100$$

h. Reemplazando RPU por su valor según fórmula (1) se tiene:

$$\text{VSR} = \frac{\text{L. x F x 100}}{\text{S. RPU n}} \quad (2)$$

i. Aplicando ésta fórmula y reemplazando en ellas S y RPU n por sus valores para cada penetración, (S = 19,3471 cm²); RPU n obtenidos en la tabla del punto f), se obtiene para cada penetración y con los valores L1; L2; L3, correspondientes:

Penetración

VSR (Embebido)

1 ^a .	L1 F	$\frac{(\quad 100 \quad)}{19,3471 \times 70}$
2 ^a .	L2 F	$\frac{(\quad 100 \quad)}{19,3471 \times 105}$
3 ^a .	L3 F	$\frac{(\quad 100 \quad)}{19,3471 \times 133}$
4 ^a .	L4 F	$\frac{(\quad 100 \quad)}{19,3471 \times 161}$
5 ^a .	L5 F	$\frac{(\quad 100 \quad)}{19,3471 \times 182}$

Calculando la parte numérica que se constate para cada penetración resulta en definitiva:

PENETRACIÓN

VSR (Embebido)

1 ^a	L1F	x 0,0738
2 ^a	L2F	x 0,0492
3 ^a	L3F	x 0,0389
4 ^a	L4F	x 0,0321
5 ^a	L5F	x 0,0284

j. Estos factores numéricos de cálculo son invariables cualesquiera que sean los factores de los aros dinamométricos utilizados. Pero en cada laboratorio pueden simplificarse los cálculos efectuando de una sola vez por todos los productos. F x 0,0738; F x 0,0492, etc., para cada aro disponible, obteniéndose en esta forma los "Factores definitivos de Cálculo", que multiplicados por las lecturas, registradas para cada penetración darán directamente los valores del VSR.

- k. El VSR estará dado por el valor correspondiente a la penetración de 2,5 mm. Si el valor de la penetración de 5,1 mm. es mayor que el anterior se repetirá el ensayo. Si en la verificación el valor de la penetración de 5,1 mm. sigue siendo mayor, deberá informarse éste como resultado del VSR.

Cálculo de Humedades

Las humedades de moldeo y las otras dos citadas en ap. IV.3, se calculan por la fórmula siguiente:

$$H \% = \frac{(Ph - Ps) 100}{Ps - Pt}$$

donde:

Ph = Peso del pesa filtro + suelo húmedo

Ps = Peso del pesa filtro + suelo seco

Pt = Peso del pesa filtro vacío

H = Humedad por ciento

6. IV-6. INFORME

Los resultados se consignan en una planilla similar al modelo siguiente: ver Planilla "A".

6. IV-7. OBSERVACIONES

- a. Cálculo de la sobrecarga.

La sobrecarga a utilizar nunca debe ser inferior a 4,54 Kg. y debe ser igual al peso que se colocará encima de cada suelo con una apreciación + ó - 2,27 Kg. En base a lo dicho se deberá estimar el V.S.R. del suelo a ensayar y de este dato supuesto, deducir el espesor de la estructura que soportará. Este espesor multiplicado por la sección del molde y por la "densidad" de las distintas capas de la estructura, dará el valor de la sobrecarga a colocar.

La sobrecarga será de la misma magnitud tanto para el período de embebimiento, como durante el ensayo de penetración.

- b. La elección del aro dinamométrico a utilizar en el ensayo de penetración, es función del suelo ensayado, y será el criterio del operador el que en definitiva definirá.

Pero pueden tenerse en cuenta las indicaciones siguientes:

Suelos finos no calcáreos tienen en general valor soporte bajo, y en estos casos debe utilizarse el aro de 1.000 Kg. y aún de 500 Kg. si se dispone de éste.

Suelos granulares sin cohesión (excluidas las toscas) pueden tener valor soporte un poco más elevado, pero sin llegar a valores grandes. Pueden utilizarse el aro de 3.000 Kg., aunque en la generalidad de los casos basta con el de 1.000 Kg.

Suelos granulares bien graduados con cohesivo adecuado, toscas duras con cohesivo, en general tienen elevado valor soporte y se impone el uso del aro de 5.000 Kg.

La elección del aro dinamométrico es de importancia, pues si se ensaya un suelo de poco valor soporte, con un aro de gran capacidad, se obtendrán lecturas muy bajas, para las cuales el aro de prueba tiene en general poca precisión.

- c. El ensayo debe efectuarse por duplicado; y si los resultados difieren en más de un 20 % uno de otro, especialmente en las dos primeras penetraciones, debe efectuarse un tercer ensayo. Si el material no alcanza para este tercer ensayo, debe informarse el que acusa menores valores.
- d. La humedad de moldeo, debe ser la más próxima posible a la humedad fijada para el ensayo. Si la misma excediera este valor en 0,5 debe repetirse el ensayo.
- e. Si la muestra ensayada tiene material granular la humedad después de embebida se determina con la totalidad de la probeta, secando en bandeja para obtener mayor precisión.
- f. Si el material a ensayar presenta dificultades para su mezcla homogénea con el agua incorporada, se mezcla lo más uniformemente posible y se deja en ambiente húmedo durante 24 horas. Después de este período deberá volverse a mezclar.

6. V. MÉTODO ESTÁTICO A DENSIDAD PREFIJADA

6. V-1. APARATOS: Son los mismos que en el método anterior.

6. V-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a. El material utilizado para el ensayo pasará en su totalidad por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4"). Si en la muestra a ensayar existe material retenido por dicho tamiz, la porción retenida se reemplaza por igual cantidad de material que pasa por el mismo y sea retenida por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) hasta un máximo de 15 % tal como se indica en 5.3 (e) de la norma VN-E5-67. La cantidad de material a secar será similar a la del método anterior.
- b. Las probetas a ensayar se compactarán con la prensa indicada en el apartado IV.1-i, a la densidad y humedad establecida en el proyecto. Deberán tener una vez compactadas 12 cm. de altura.
- c. Cálculo de peso de material seco y agua necesaria para compactar cada probeta. El molde mide 15,24 cm. de diámetro y como la probeta debe tener 12 cm. de altura su volumen será igual a:

$$\frac{d^2\pi}{4} \times 12 \text{ cm.} = 15,24 \text{ cm.} \times 15,24 \text{ cm.} \times 0,7854 \times 12 \text{ cm.} = 2.189 \text{ cm.}$$

En consecuencia la cantidad de suelo seco (Ps) a compactar es igual a:

$P_s = 2.189 \times d_s$ siendo d_s la densidad prefijada.

Si en el momento de compactar la muestra retiene algo de humedad, se determinará ésta (H' %). Entonces la cantidad de suelo con humedad (P_h) a pesar es igual:

$$P_h = P_s \left[1 + \frac{H'}{100} \right] \text{ gramos}$$

Si la humedad a incorporar es igual a H % la cantidad de agua necesaria se obtiene por la fórmula:

$$\text{Agua total} = \frac{P_s \times H}{100} \text{ gramos}$$

y si el suelo ya tiene una humedad, inicial H' la cantidad de agua a agregar se obtiene mediante

$$\text{Agua parcial} = P_s \frac{(H - H')}{100} \text{ gramos}$$

6. V-3. PROCEDIMIENTO

Moldeo de la probeta

- a. Establecida según se explicó en el título anterior la cantidad necesaria de suelo, se pesa ésta con más de 30 ó 40 gr. y se extiende en una capa de espesor uniforme en el fondo de una bandeja de dimensiones adecuadas.
Se mide la cantidad necesaria de agua, calculada según se detalló en el título anterior y con la ayuda de un rociador se va humedeciendo el suelo, mezclando al mismo tiempo con una espátula, hasta obtener una distribución uniforme de la humedad. Se toman 50 gr. del suelo que se colocan en un pesa filtro, se pesa y se lleva a estufa hasta peso constante para determinar humedad.

Nota: Si se trata de suelos granulares en vez de tomar un exceso de 50 gr. se tomarán 1000 gramos.

- b. Se prepara el molde, ajustándolo sobre la base sin perforaciones. Se va colocando dentro el suelo humedecido de acuerdo a lo indicado, en capas, compactando ligeramente al mismo tiempo con la ayuda de una varilla de hierro aproximadamente 20 mm. de diámetro y 500 mm. de longitud.
- c. Una vez colocado todo el suelo dentro del molde, se coloca el pisón de compactación (ap. IV.1-c) de manera que quede a la vista el frente graduado en mm.
- d. Se lleva el conjunto a la prensa de compactación y se carga con una velocidad de avance del plato de la prensa igual a 1,25 mm./minuto, hasta que el pisón de compactación haya penetrado en el molde en una longitud igual a: $h - 12\text{cm.}$; siendo h la altura interior total del molde.

En la práctica, conviene hacer entrar el pisón 1 ó 2 mm. más para compensar la recuperación elástica que generalmente se produce.

Se mantiene la carga aplicada durante un minuto y luego se descarga. Se registra en toneladas la carga aplicada, que es la necesaria para obtener la densidad buscada.

6. V-4. EJECUCIÓN DEL ENSAYO.

- a. Se procede en la misma forma que en el método anterior.
- b. Igualmente que en el método anterior y a los efectos de evaluar la influencia de la posible variación de humedad con que se compacte el suelo en obra, se deberán moldear, además cuatro probetas a la densidad prefijada pero con humedades que abarquen el límite práctico de trabajabilidad del suelo en obra.

Se moldearán con dos humedades del lado seco y con 2 humedades del lado húmedo de la curva del ensayo de compactación.

6. V-5. RESULTADOS

Se precede en la misma forma que en el método anterior.

6. V-6. OBSERVACIONES

Se tendrán en cuenta las mismas que en el método anterior.

6. VI- METODO DINAMICO Nº 1 (SIMPLIFICADO)

6. VI-1. APARATOS

- a. Moldes de compactación cilíndricos de acero tratados superficialmente para volverlos inoxidable de las características y dimensiones indicadas en la figura Nº 11.
- b. Compactador mecánico: con pisones de 4,54 Kg. de peso, con un mecanismo que permita regular su caída libre en 45,7 cm. y 30,5 cm. y dar a la base un desplazamiento angular entre 40° y 45° por golpe.
- c. Trípode: de material inoxidable con dial extensométrico de 0,01 mm. de precisión para medir variaciones de altura de características y dimensiones indicadas en la figura Nº 6.
- d. Prensa de penetración: con pistón de penetración de 49,63 mm. de diámetro, de accionamiento mecánico, comando manual, que permita lograr una velocidad de avance del pistón de 1,27 mm./minuto.
- e. Aros dinamométricos: de 500; 1000; 3000 y 5000 Kg. respectivamente con sus diales extensométricos de 0,01 mm. de precisión mínima.
- f. Disco espaciador: de 61,2 mm. de espesor y con un diámetro de 15,24 cm. Para obtener una altura de probeta de 11,66 cm. en todos los casos. Ver figura Nº 12.
- g. Platos perforados: con vástago de altura regulable y peso adicional, todo de material inoxidable, con un peso total de 4,54 kg. y de dimensiones dadas en las figuras Nº 2 y figura Nº 3 (uno por molde).
- h. Pesas adicionales para henchimientos: seis pesas por molde, de 2,27 Kg. cada una de material inoxidable y de dimensiones indicadas en la figura Nº 4.
- i. Pesas de penetración: deberá proveerse un juego por prensa y consiste en: una pesa de 4,54 g. y seis pesas de 2,27 Kg. cada una de dimensiones indicadas en la figura Nº 5.
- j. Dial extensométrico de 25 mm. de carrera de precisión mínima de 0,01 mm. montado sobre un soporte que será fijado al pistón de penetración (Ver figura Nº 9).
- k. Elementos varios de uso corriente: Estufa regulable a 105 - 110° C, balanza de 20 Kg. sensible al gramo; bandeja para mezclar el material, llanas, regla de 20 cm. de longitud para enrasar, espátulas, probetas, rociadores cronómetros, etc.

6. VI-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El método que se describe a continuación es para cuando se especifica en obra el 95 % o el 98 % de la densidad del ensayo de compactación, realizado con 5 capas y pisón de 4,5 Kg., altura de caída 45,7 cm. y 56 golpes por capa.

Cuando se especifique el 100 % de la densidad de este ensayo o de cualquier otro, se moldearán solo dos probetas con la humedad óptima correspondiente.

El suelo no contiene partículas de tamaño superior a 19 mm. (3/4").

- a. Se secan alrededor de 40 Kg. de suelo, hasta que éste se convierte en friable bajo la acción de una llana o espátula.
El secado podrá realizarse al aire o en estufa, pero siempre que la temperatura no exceda los 60° C.
- b. Se desmenuza la muestra evitando reducir el tamaño de las partículas individuales.

- c. Se mezcla bien el suelo y por cuarteo se separan 6 porciones de aproximadamente 6 Kg. cada una.
- d. Se agrega agua hasta llevarla a la humedad óptima previamente determinada de acuerdo al ensayo VN-E5-67. Se amasa cuidadosamente la muestra para obtener humedad homogénea.
La muestra se encuentra lista para ser compactada. De la misma forma se preparan otras cinco muestras.

El suelo contiene partículas mayores de 19 mm. (3/4")

- e. Se tratan alrededor de 80 Kg. de acuerdo a lo especificado en los párrafos anteriores (a) y (b).
- f. Se pasa la muestra por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") y lo retenido en el mismo se sustituye por igual cantidad (en peso) de material que pasa por dicho tamiz IRAM 19 mm. (3/4") y sea retenido por el de 4,8 mm. (N° 4) hasta un máximo del 15 % tal como se indica en 5.3-e de la norma VN-E5-67.
- g. Se mezclan bien estos materiales y se preparan por cuarteo seis muestras de 6 kilogramos aproximadamente.
- h. Se agrega agua hasta llevarla a la humedad óptima previamente determinada de acuerdo al ensayo VN-E5-67. Se amasa cuidadosamente la muestra para obtener humedad homogénea.
La muestra se encuentra lista para ser compactada. De la misma manera se preparan otras cinco muestras.
- i. Los apartados IV.2-b); V.2-a); VI.2-f) y VII.2-b) quedan modificados en el sentido de que, la compactación del material retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") se realizará como se indica en los apartados 5.3-c) y 5.3-d) en la Norma VN-E5-67. Especificación complementaria.

6. VI-3. COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA

- a. Pesar 6 moldes vacíos, con sus collares de extensión y placas de base.
- b. Se coloca el disco espaciador en el molde y se compacta la primera muestra en cinco capas con 56 golpes por capa. La segunda muestra se compacta con igual número de capas pero con 25 golpes por capa y la tercera también en cinco capas y 12 golpes por capa. Se preparan dos probetas para cada condición.
Si se exige el 100 % de la densidad del ensayo de compactación mencionado en VI.2 o de cualquier otro ensayo, se moldearán dos probetas en esa condición.
- c. Se determina la humedad de cada probeta sacando una muestra representativa del suelo, (no menor de 40 gr. en los suelos finos y mayor de 1000 gr. en los granulares), antes de la compactación y otra del material sobrante una vez terminada la misma. La humedad de ambas muestras no deberán diferir = 0,5 de la óptima del respectivo ensayo de compactación.
De no cumplirse este requisito deberá repetirse el ensayo. Mientras se efectúe la compactación de la probeta, la bandeja que contiene la muestra de suelo deberá cubrirse con un paño húmedo a los efectos de evitar la evaporación de la humedad
- d. Quitar el collar de extensión y enrasar la muestra con una regla metálica recortándola a ras del borde. En el caso de materiales granulares los huecos que quedan al ser arrancadas las piedras emergentes, deben ser rellenados con material fino y compactadas con una espátula rígida.
- e. Colocar un papel de filtro sobre la cara enrasada. Aflojar la base, retirar el disco espaciador, dar vuelta el molde de manera que la parte superior quede abajo. Fijar de nuevo la base, colocar un papel de filtro en la cara ahora superior, ajustar

el collar de extensión y pesar todo el conjunto. La muestra se encuentra lista para el ensayo de hinchamiento.

6. VI-4. DETERMINACIÓN DEL HINCHAMIENTO.

Se procederá en forma similar a la indicada para el método estático.
Ver título IV- 4 (ap. c al ap. h).

6. VI-5. ENSAYO DE PENETRACIÓN.

Se procederá en forma similar a la detallada en el método estático. Ver título IV.4 (ap. i al ap. l)

6. VI-6. RESULTADOS:

Cálculo del hinchamiento

El hinchamiento se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Hinchamiento \%} = \frac{hn \times 100}{11.66}$$

hn = Lectura del hinchamiento en el último día de inmersión (en cm.)

11,66 = Altura de la probeta

Cálculo del Valor Soporte:

Se procede de acuerdo a lo detallado para el método estático.
Ver título VI.5 desde ap. (a) al ap. (k) inclusive.

1. En el caso que se especifique el 95 % o el 98 % de la densidad del ensayo de compactación realizado con pisón de 4,54 Kg., caída de 45,7 cm., 5 capas y 56 golpes por capa se lleva, en un sistema de ejes rectangulares, sobre las abscisas los valores de V.S.R. de las probetas ensayadas y compactadas con 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes por cada capa respectivamente y sobre las ordenadas los valores de las densidades de cada una de ellas.

Uniendo por un trazo continuo los puntos así determinados se obtiene un diagrama como el representado en la figura 13.

Entrando con el 95 % o el 98 % de la densidad máxima del ensayo de compactación, se intercepta a la curva y bajando una perpendicular desde el punto de intersección, donde ésta corta el eje de las abscisas se obtiene un valor de V.S.R. Este valor deberá ser mayor o igual que el especificado.

6. VI-7. OBSERVACIONES

Ver el título IV.7 ap. (a) al ap. (f) inclusive.

6. VII. METODO DINAMICO N° 2 (COMPLETO)

6. VII-1. APARATOS.

Son los detallados para el método dinámico N° 1. Ver título VI.1.

6. VII-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

Teniendo en cuenta que será necesario obtener una curva densidad - humedad (con cinco puntos como mínimo) para tres distintas energías unitarias de comparación, se procederá en forma similar a la del método dinámico N° 1 (ver título VI.2) con las siguientes variantes.

- a. Para el caso de ensayar suelos que no contienen partículas de tamaño superior a 19 mm. (3/4"), se deberán secar 110 Kg. de material.
- b. Si se tienen suelos con partículas mayores de 19 mm. (3/4") se sacará una muestra de 220 Kg.

En ambos casos cada muestra deberá dividirse en 18 partes iguales. Por otra parte, cada una de estas porciones deberá humedecerse con diferentes cantidades de agua, en forma tal de obtener una curva de compactación para cada una de las energías empleadas y además, que todas ellas abarquen el "rango de humedad" con el cual se permitirá trabajar en obra.

Estas curvas se obtendrán siguiendo las indicaciones contenidas en la presente norma y a la VN-E5-67 "Compactación de suelos".

6. VII-3. COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA

Se obtendrán tres curvas de compactación, moldeando las probetas en cinco capas cada una, pero con 56 golpes por capa para la primera curva, 25 golpes por capa para la segunda y 12 golpes por capa para la tercer curva.

El procedimiento para compactar las probetas es similar al detallado para el método dinámico N° 1 (título VI.3) debiendo ser sometida posteriormente cada probeta al ensayo de hinchamiento y luego al de penetración.

6. VII.4 DETERMINACIÓN DEL HINCHAMIENTO.

Se seguirá el proceso detallado para el método estático en el título IV-4 (ap. c al ap.h).

6. VII.5 ENSAYO DE PENETRACIÓN

Se procederá en forma similar al método estático. Ver título IV-4 (ap. i al ap. l).

6. VII.6 RESULTADOS.

a. ARENAS Y GRAVAS FRIABLES

Estos suelos son generalmente de fácil compactación a alta densidad y con altos contenidos de humedad. Las probetas deben prepararse con alta energía de compactación y con contenidos de humedad similares a las que se utilizarán en el terreno.

Si se comprueba que el valor soporte no se reduce al embeber las probetas, no es necesario repetir la inmersión en ensayos a realizar posteriormente.

b. SUELOS COHESIVOS

En estos suelos es necesario obtener información apta para determinar su comportamiento en un entorno previsible de contenidos de humedad, por medio de probetas representativas.

En este caso se utilizará el método indicado en VII - Método Dinámico N° 2 (Completo).

Para verificar la validez de los resultados de ensayos de compactación, se vuelcan los datos de densidad máxima y trabajo de compactación por unidad de volumen. Generalmente deberá obtenerse una relación lineal en el diagrama.

En la figura N° 14 a, se indica un caso típico. En la figura N° 14 b se han representado los resultados de un ensayo. En el Diagrama A, figuran las curvas de compactación, densidad - humedad en líneas llenas y para las energías que corresponden al Método Dinámico N° 2.

En el diagrama B se indican las correspondientes relaciones humedad - valor soporte.

En el diagrama C, se representan las relaciones entre densidad y valor soporte para los puntos correspondientes de los diagramas A y B.

Utilizando los resultados de los diagramas A y B pueden volcarse en el diagrama C líneas de igual contenido de humedad, representadas en este caso por líneas cortadas. Cada línea vertical en el diagrama C indica valor soporte constante.

Pueden así hallarse en orden sucesivo puntos de igual valor soporte que estarán definiendo valores numéricos de humedad y densidad.

De esta forma se obtienen líneas de igual valor soporte en el Diagrama A, marcando como líneas cortadas, que se superponen a las curvas de densidad. El diagrama A permite sacar conclusiones sobre el valor soporte a adoptar, las que surgen del ejemplo siguiente:

Se ha especificado una densidad mínima del 95 % de la máxima según Ensayo V (Norma VN-E5-67). La humedad de compactación puede ser controlada en obra entre el 16 % y el 20 %.

El valor soporte oscilará entre el 7 % y el 9 % en este caso. Si la humedad de compactación en obra descendiera al 13 %, el valor soporte también descendería al 6 %.

c. SUELOS EXPANSIVOS

El procedimiento a aplicar es igual al del caso b, aunque el objetivo es distinto. En este caso se debe determinar el contenido de humedad y la densidad que minimizan la expansión.

La humedad y densidad apropiadas pueden no ser respectivamente la óptima y la máxima determinadas en el ensayo de compactación.

En general la mínima expansión y el mayor valor soporte embebido se obtienen a humedad de moldeo algo superior a la óptima.

Debe adicionarse a las curvas de la figura N° 14 b las curvas de igual hinchamiento. Se seleccionan de esta manera los límites de densidad y humedad que permitan limitar el hinchamiento y obtener los mayores valores de valor soporte y densidad posibles. Cuando se considere necesario limitar el hinchamiento mediante sobrecargas, los ensayos deberán determinar las presiones necesarias. Se realizarán probetas adicionales, usando pesos adicionales de sobrecarga al embeber.

6. VII. 7- OBSERVACIONES

Además de tener en cuenta las observaciones dadas para el método estático (Ver título IV.7) es recomendable que.

Cuando se ha ensayado un suelo y se encuentra que la diferencia entre el V.S.R. a 56 y 25 golpes difiere mucho de la encontrada entre 25 y 12 golpes, es aconsejable ensayar probetas compactadas con números de golpes intermedios entre 12 y 25; y entre 25 y 56, con el fin de averiguar cual es la zona crítica y adoptar, en consecuencia, las especificaciones.

ENSAYO DE VALOR SOPORTE

RUTA N°..... PROVINCIA..... TRAMO.....

SECCIÓN..... PROGRESIVA.....

Muestra de obra N°..... Muestra de LaboratorioN°..... Nota N°..... Fecha...../...../.....

Ensayo de Compactación Tipo.....

Ensayo de Compactación de la Probeta:

Estático.....

Estático Densidad Establecida.....

Dinámico.....

L.L.	L.P.	I.P.	H.R.B.	PROCTOR	
				H. Opt.	D. Máx.

ARO DE:	Kg.
Cte. K.	
SOBRECARGA	Kg.

ESPESOR DISCO ESPACIADOR

VALOR SOPORTE
ADOPTADO:

MOLDE N°	PESO M+S+A	PESO MOLDE	PESO S+A	VOLUMEN MOLDE	DENSID. HÚMEDA	HUMEDAD %	DENSID. SECA	ALTURA PROBETA	HINCHAMIENTO				HINCHAM. %	PROBETA EMBEBIDA	HUMEDAD FINAL
									1° DIA	2° DIA	3° DIA	4° DIA			
PENETRACIÓN			0.63	1.27	1.90	2.54	3.81	5.08	7.62	10.16	12.70	V.S.			
FACTOR CALCULO (n)						K. 0.0738		K. 0.0492	K. 0.0389	K. 0.0321	K. 0.0284				
MOLDE N°	Lectura dial														
	Lectura corregida														
	Fact.cal.xLect.correg.														
MOLDE N°	Lectura dial														
	Lectura corregida														
	Fact.cal.xLect.correg.														
MOLDE N°	Lectura dial														
	Lectura corregida														
	Fact.cal.xLect.correg.														

Observaciones:.....

Fecha:..... Fecha:.....

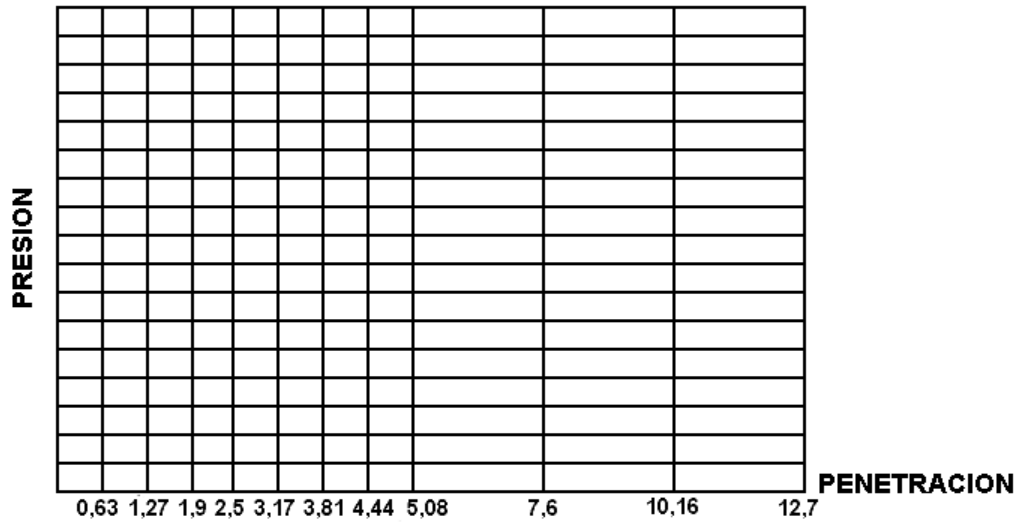
Laboratorista Jefe

V.S. = n x L.c.

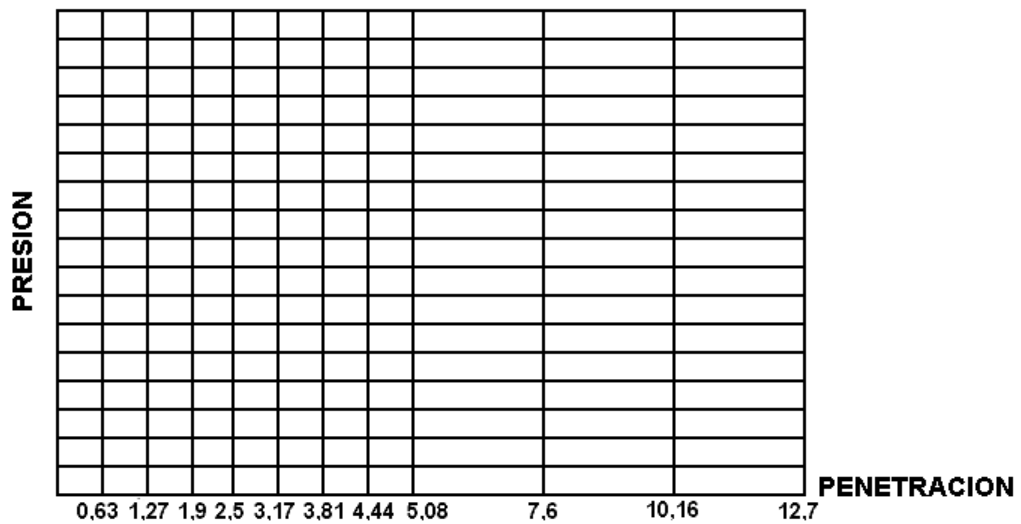
Planilla N° 1

CURVAS DE PENETRACION

MOLDE N°



MOLDE N°



MOLDE N°

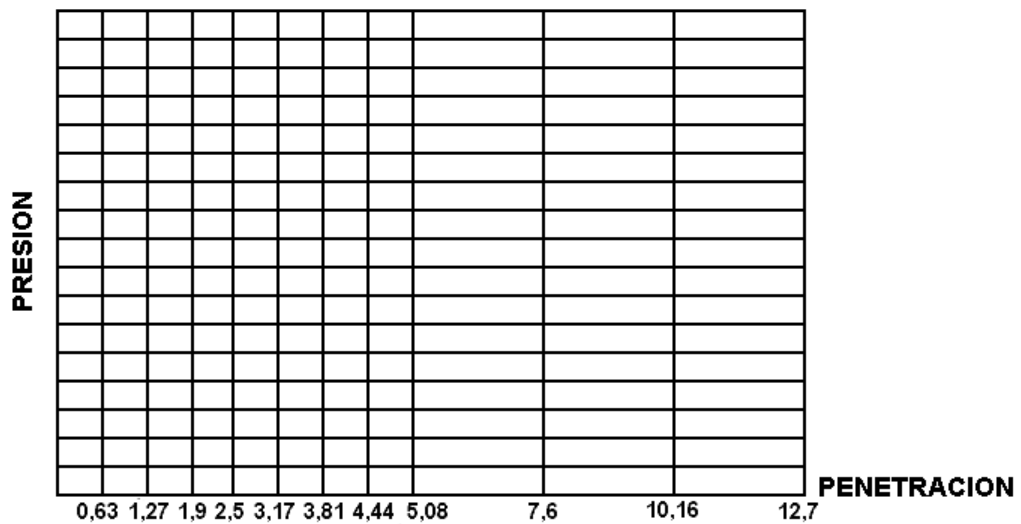
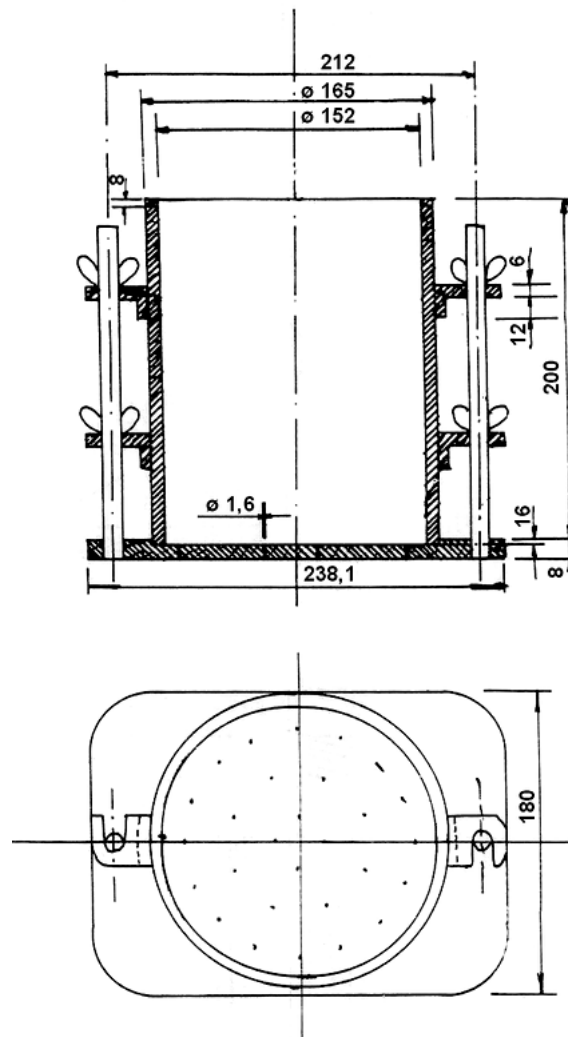


Figura N° 1

**MOLDE PARA LA DETERMINACION
DEL VALOR SOPORTE**



**BASE PERFORADA.
EN CADA LABORATORIO SE DEBERA CONTAR
CON UNA BASE SIN PERFORACIONES.**

PLATO PERFORADO CON VASTAGO REGULABLE

CON 42 PERFORACIONES IGUALMENTE ESPACIADAS ENTRE SI, DE ϕ 1,5 mm.

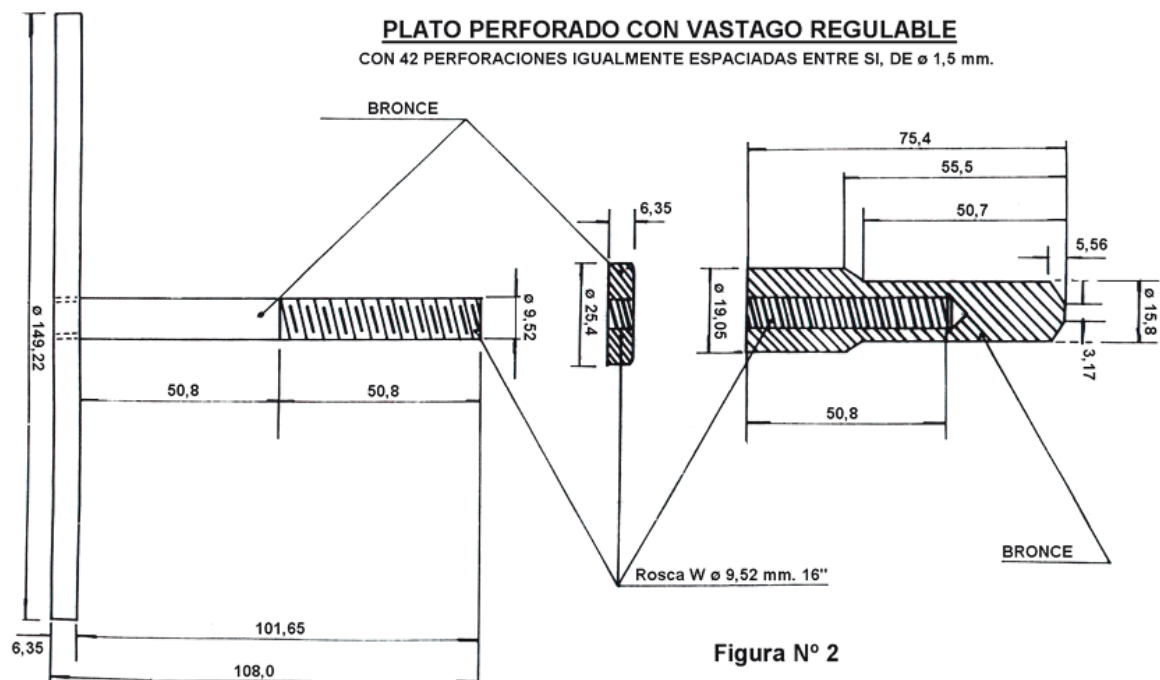


Figura N° 2

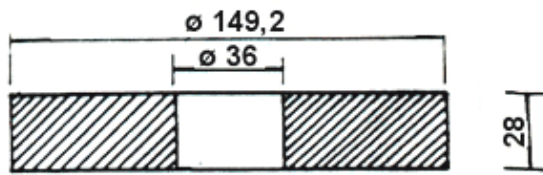


Figura N° 3

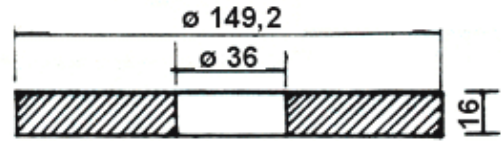
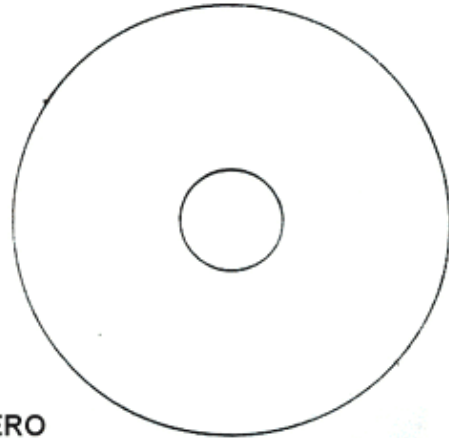
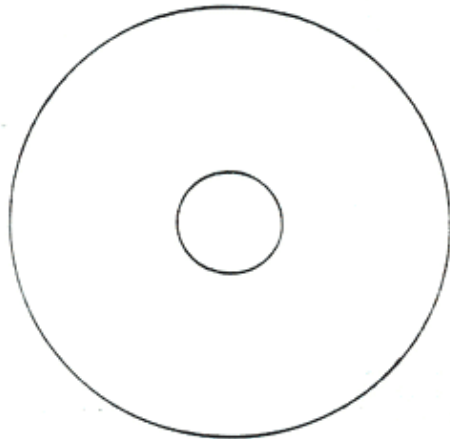


Figura N° 4



PESAS

MATERIAL: ACERO
TRATAMIENTO: CINCO A FUEGO
(NORMA IRAM N° 252)

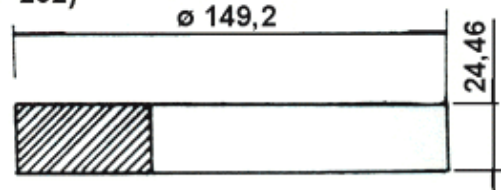
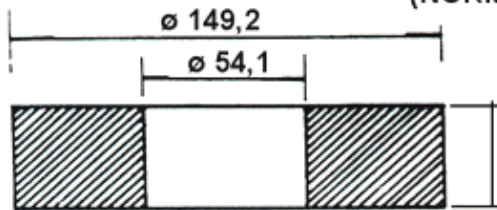
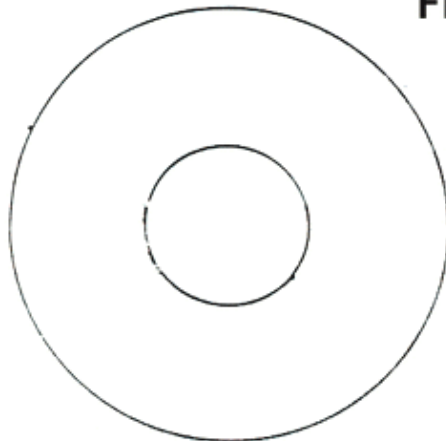
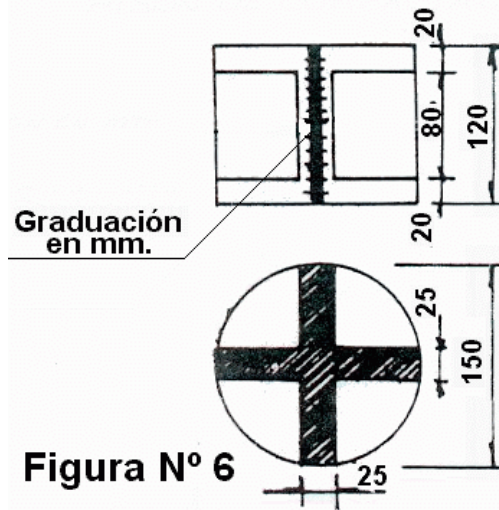


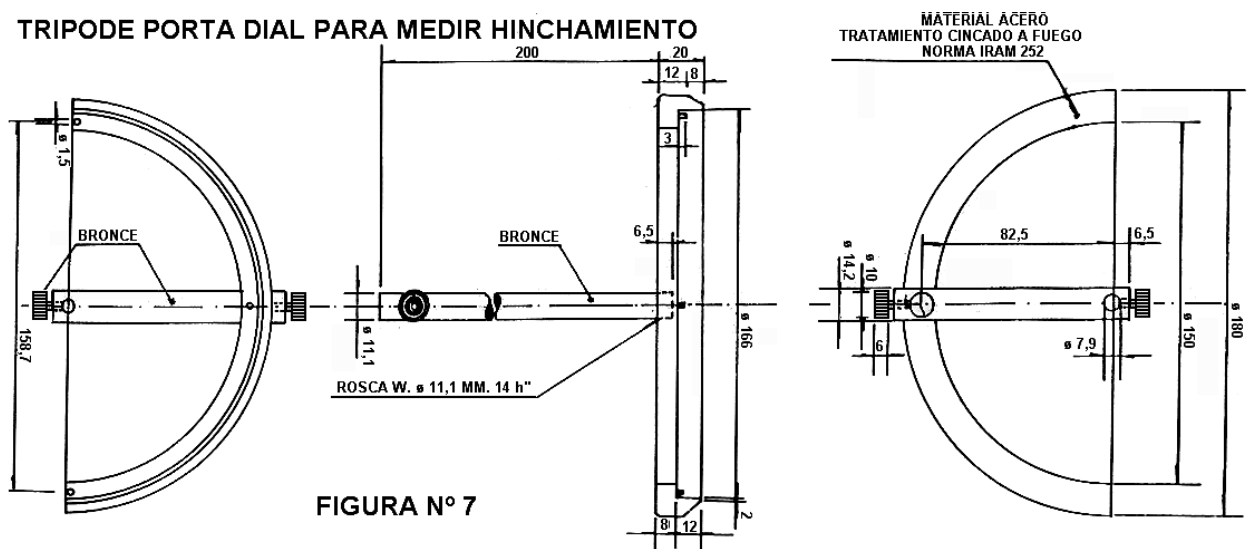
Figura N° 5



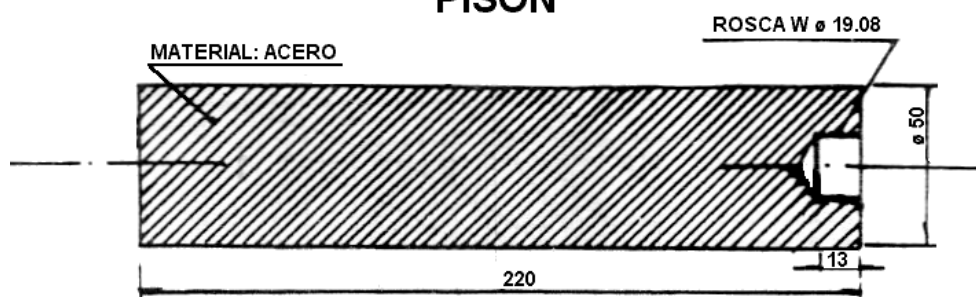
PISON DE COMPACTACION



TRIPODE PORTA DIAL PARA MEDIR HINCHAMIENTO



PISON



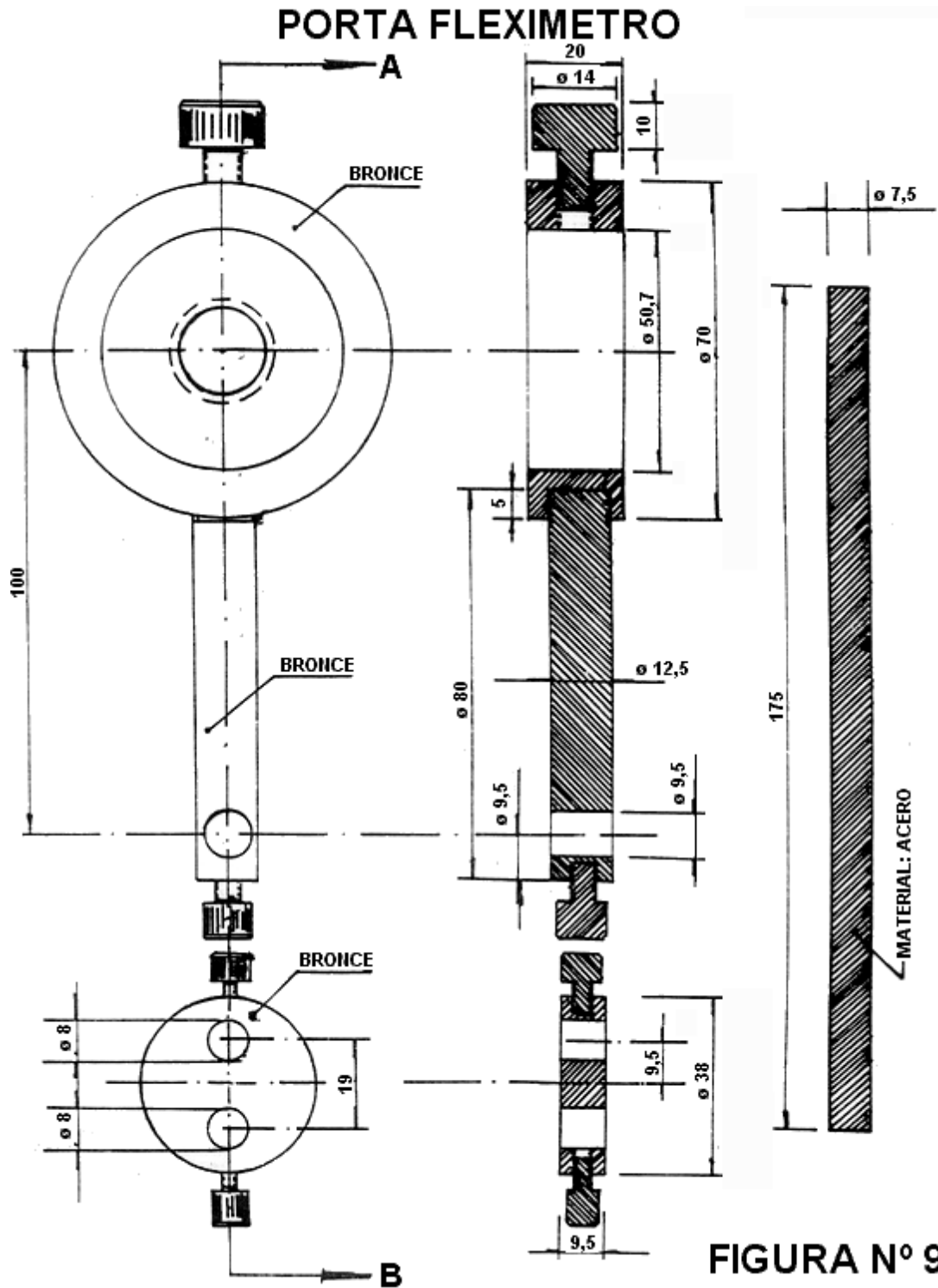
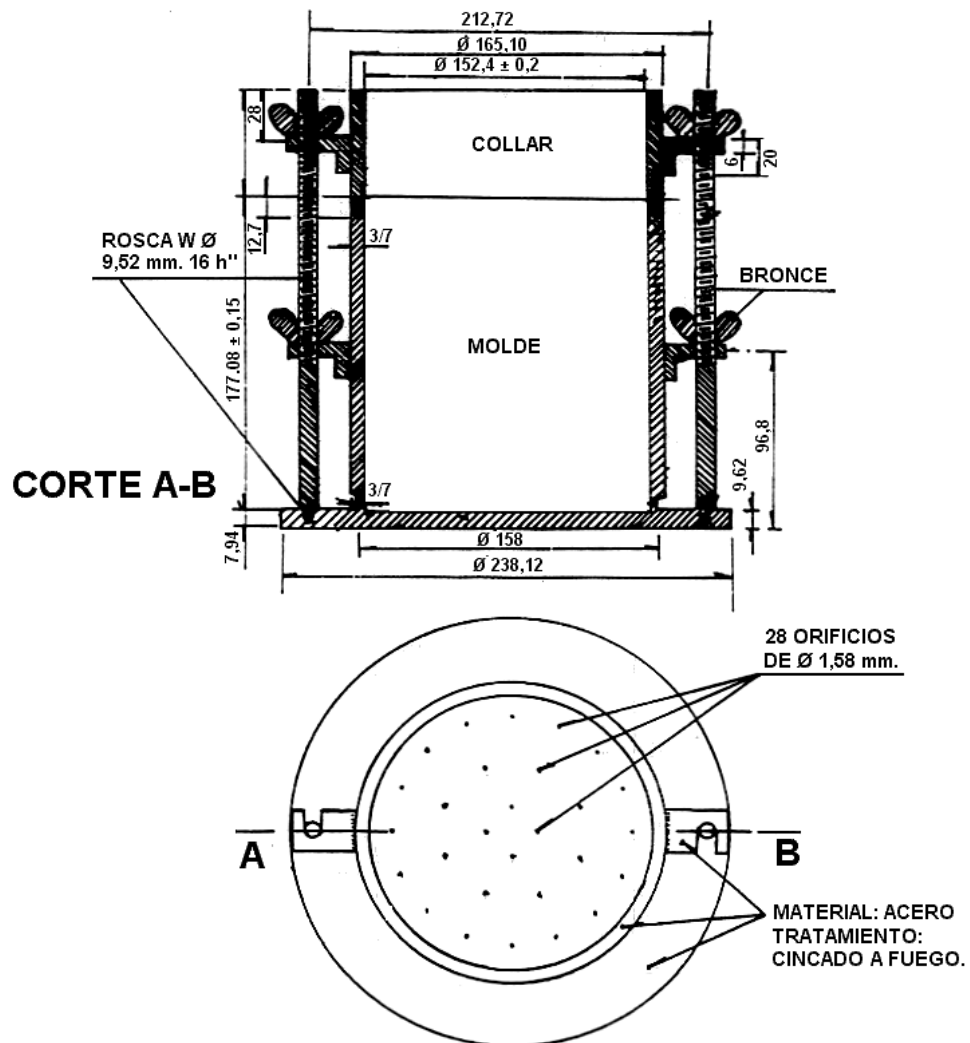
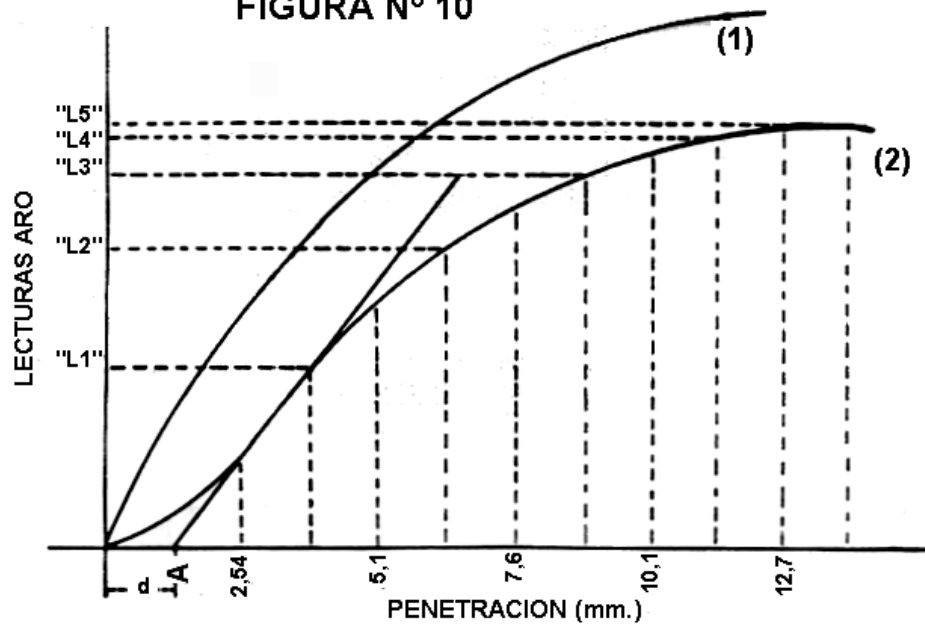


FIGURA N° 9

FIGURA N° 10



DISCO ESPACIADOR

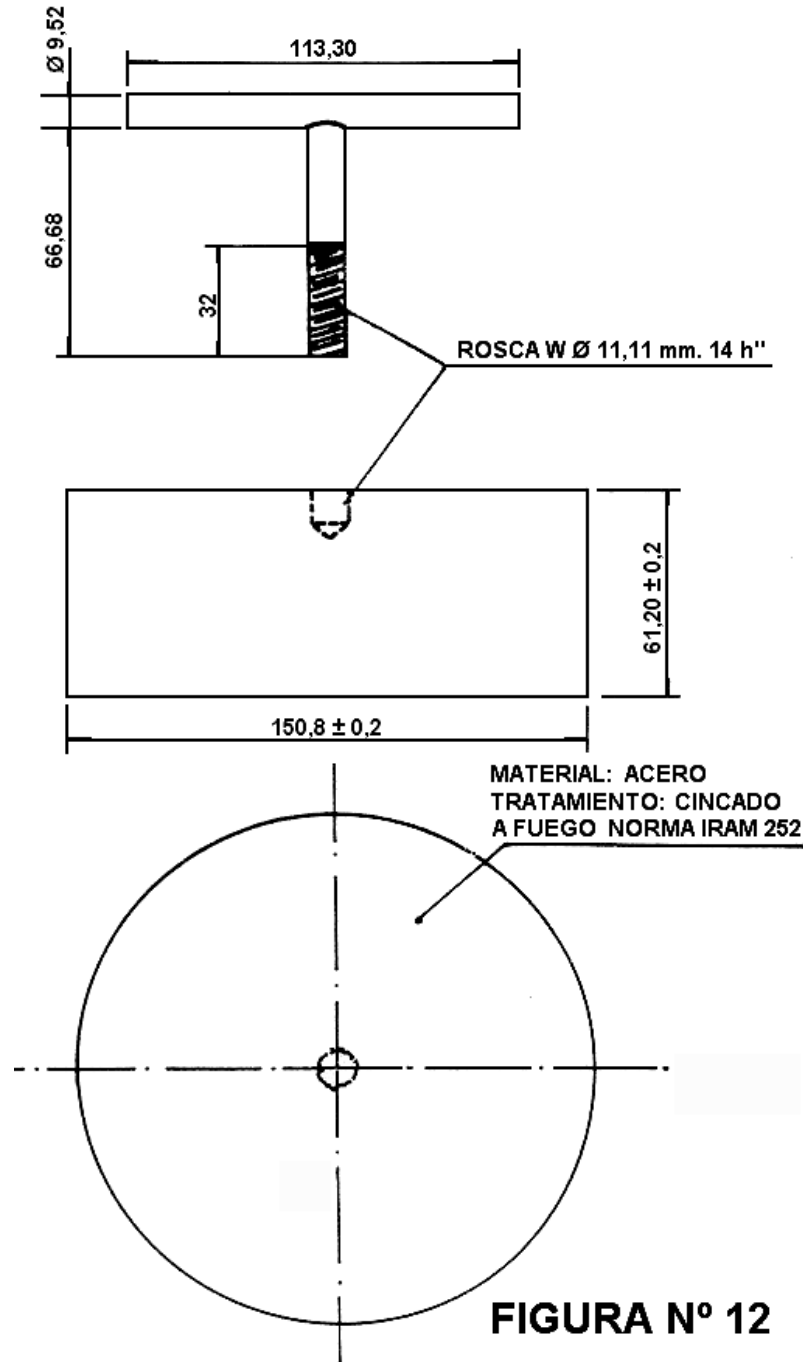
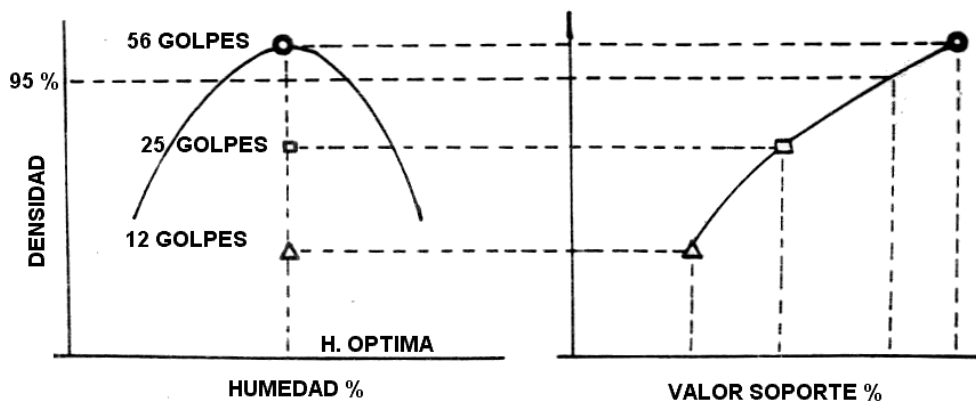


FIGURA N° 12

FIGURA N° 13



DENSIDAD-ESFUERZO DE COMPACTACION

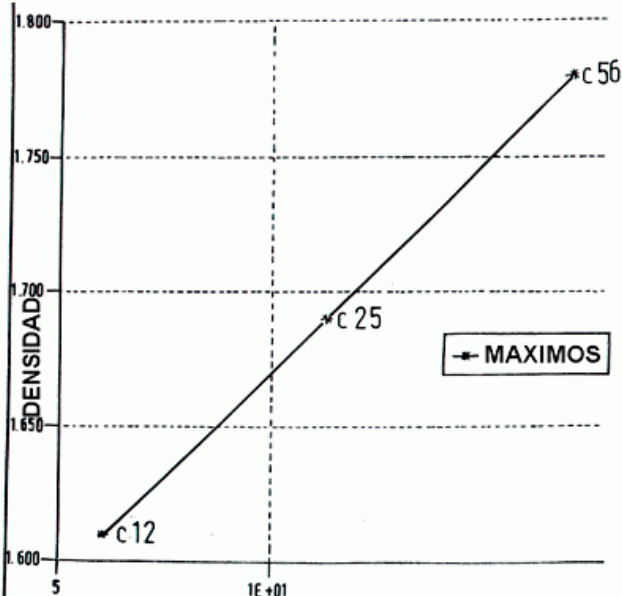


FIGURA 1 ESFUERZOS DE COMPACTACION

SUELO LL= 36%
IP= 13%

DENSIDAD - HUMEDAD

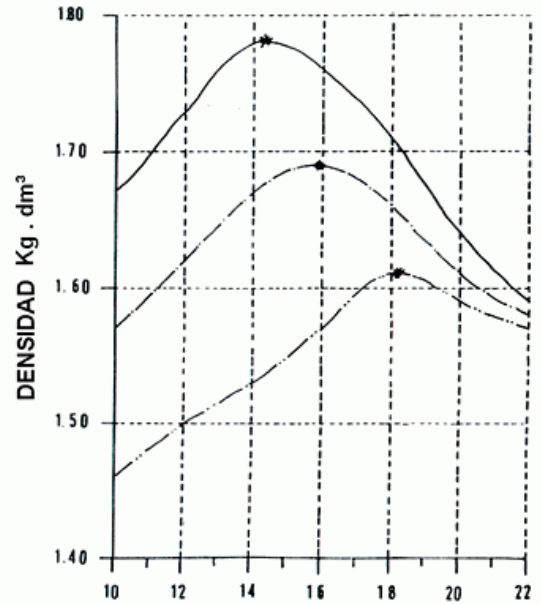


FIGURA N° 2 HUMEDAD %

SUELO LL= 36%
IP= 13%

—	c. 56
- - -	c. 25
· · ·	c. 12

FIGURA N° 14 a

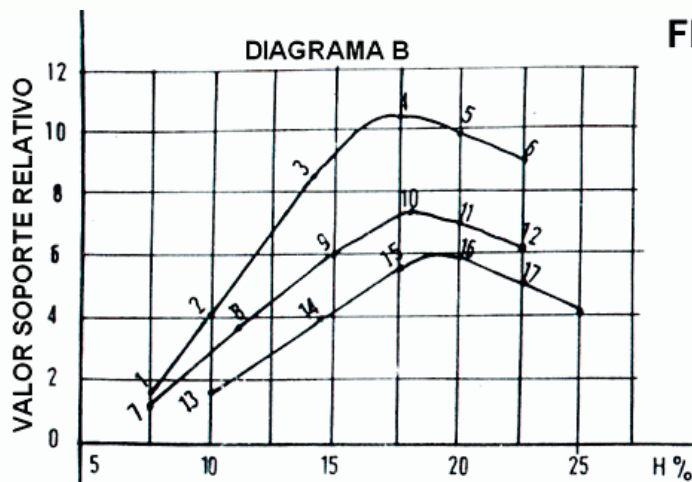
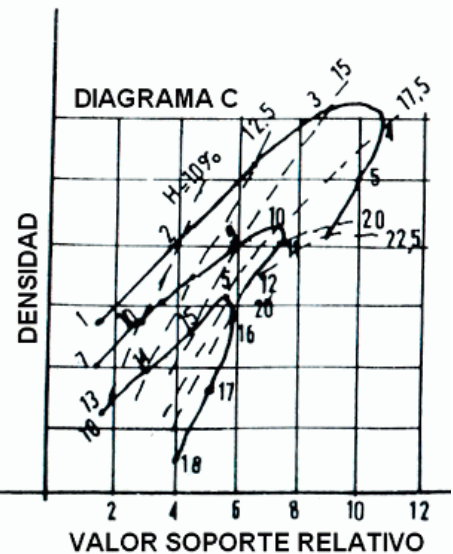
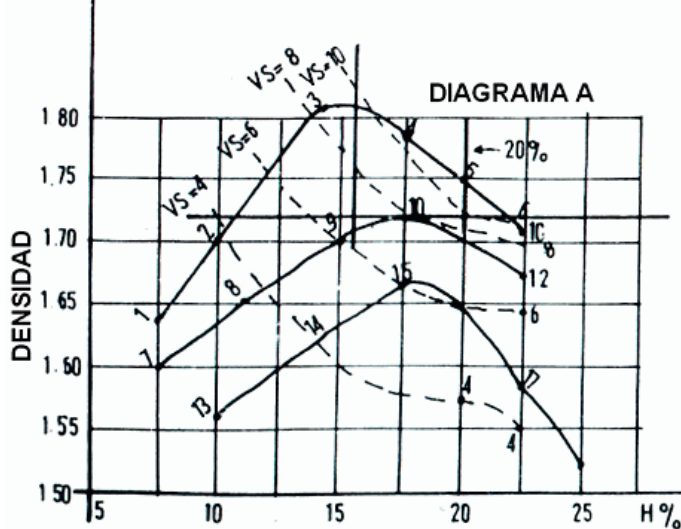


FIGURA N° 14 b

SUELO LL= 36%
IP= 13%



NORMA DE ENSAYO

VN - E7 - 65

ANÁLISIS MECÁNICO DE MATERIALES GRANULARES

[índice](#)

7.1. OBJETO.

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para establecer la distribución porcentual de las partículas que componen un material granular, que se usara en la construcción de terraplenes, bases o sub-bases, en función de su tamaño y dibujar la curva representativa del mismo.

7.2. APARATOS.

- a. Cribas y tamices. La serie de cribas y tamices normales IRAM establecida en el Pliego de Especificaciones de la Obra, con su correspondiente tapa y fondo.
- b. Tamizadora mecánica.
- c. Bandeja de hierro galvanizado de 600 mm. x 400 mm. x 100 mm.
- d. Bandejas de hierro galvanizado de 300 mm. x 300 mm. x 80 mm.
- e. Bandejas de hierro galvanizado de bordes inclinados. Medidas de fondo 500 mm. x 300 mm. altura 250 mm. Inclinación de los bordes 60° respecto a la horizontal. Con vertedero lateral, provisto de tapón, a unos 30 mm. del fondo.
- f. Balanza tipo Roberval de 25 Kg. de capacidad por plato con sensibilidad de 1 gramo.
- g. Lona de 2 m. x 2 m.
- h. Equipo para cuartear muestras.
- i. Pala ancha y espátulas para manipular el material.
- j. Pileta con plataforma provista lateral para sostener la bandeja de lavado. Canilla provista de un tubo de goma de 1 m. de longitud.
- k. Mortero de porcelana de 20 cm. de diámetro, con mano revestida de goma en uno de sus extremos.
- l. Material de uso corriente en Laboratorio: estufas, calentadores etc.

NOTA: Las medidas dadas en los apartados (c), (d), (e), (g), (j) y (k) son aproximadas.

7.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- a. La cantidad de muestra a ensayar en función del mayor tamaño de sus partículas. Se pueden adoptar como criterio general el siguiente: Llamado D al tamaño, en mm., de las partículas más grandes y P al peso en gramos de la muestra, la cantidad mínima a ensayar deberá ser mayor que 500 D, tomando D en milímetros.
Por ejemplo: Si estimativamente la mayor partícula de la muestra a ensayar mide 25 mm., se necesita para el ensayo una cantidad de por lo menos 12.500 gramos.
- b. La muestra remitida al laboratorio debe pesar por lo menos cuatro (4) veces la capacidad necesaria para el ensayo, calculada en el párrafo anterior.
- c. En el laboratorio el material debe ser minuciosamente homogenizado volcándolo sobre la lona indicada en ap. (7.2 g) removiéndolo hasta obtener completa uniformidad utilizando para ello la pala ancha ap. (7.2 i).
- d. Si se dispone del equipo cuarteador ap. (7.2 h); por sucesivos pasajes se reduce la muestra hasta tener una cantidad conforme a lo establecido en el ap. (7.3 a).

En caso contrario, el cuarteo del material se ejecuta a mano para lo cual se distribuye el material sobre la lona formando un cono cuya base superior se achata con la pala. Se divide en cuatro sectores aproximadamente iguales, según dos diámetros perpendiculares. Se toman los dos sectores opuestos, se unen y mezclan cuidadosamente. Si la cantidad que resulta es mayor que la que se indica en ap. (7.3 a) se repite en forma idéntica esta operación, tantas veces como sea necesario, hasta obtener una cantidad de material de acuerdo con lo establecido en dicho apartado.

El material así obtenido se seca en estufa a 105° - 110° C. hasta peso constante.

7.4. PROCEDIMIENTO

Se consideran dos cosas:

El material que se presenta limpio con partículas sanas y sin películas adheridas y el que tiene apreciable proporción de cohesivos que forman películas adheridas a las partículas de mayor tamaño.

1. Caso de material limpio

- a. Obtenida, como se explico en (7.3 d), la cantidad a ensayar, se pesa ésta y se anota su peso (Pt).
- b. Se pasa el total del material por las distintas cribas ap. (7.2 a), comenzando por la de mayor abertura y se determina el peso retenido por cada criba: P1, P2, P3 respectivamente. Esta operación se completa hasta el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4).

NOTA: Para efectuar el tamizado, colocada la muestra sobre el tamiz de mayor abertura, mientras se mantiene el tamiz ligeramente inclinado con una mano, con la otra se golpea a razón de dos golpes por segundo; después de veinticinco golpes se gira el tamiz horizontalmente 60° golpeándolo suavemente sobre una base firme.

- c. Se pesa la cantidad librada por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4). Si este peso es menor que 1500 gr. se prosigue el tamizado por los tamices de la serie ap. (7.2

- a), en la forma indicada en 7.4.1 (b) y se anotan los pesos retenidos por cada tamiz (ver observación 7.7 c).
- d. Si la cantidad librada por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) es mayor que 1500 gramos, se toma por cuarteos una cantidad inferior a ésta última, se pesa (PC) y se prosigue la operación con los restantes tamices de la serie, como se indica en el párrafo anterior, anotando los pesos retenidos por cada tamiz.
2. Caso de materia con películas adheridas a las partículas o mezclado con cohesivo.
- a. Se pesa la cantidad obtenida según ap. (7.3. d), llamémoslo Pt.
- b. Se coloca todo el material dentro de la bandeja para lavado, ap. (7.2 e), se tapa el vertedero, se agrega agua de modo que cubra toda la muestra. Se remueve con una espátula o con la mano, procurando desmenuzar los terrones que pudieran existir. Se deja actuar el agua durante un tiempo más o menos largo, que debe llegar a las 24 horas cuando se trata de cohesivo muy activo. Tratándose de arenas finas es conveniente calentar el agua a 80° C.
- c. Se coloca debajo del vertedero un tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) sobre el cual se pone uno de abertura algo mayor, por ejemplo el de 2 mm. (N°10). Se destapa el vertedero, y se sigue haciendo correr agua dentro de la bandeja removiendo suavemente de modo que la corriente arrastre el material fino. Se sigue la operación hasta que el líquido que pasa a través del tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) salga limpio.
- d. Se recoge todo el material sobrante en la bandeja y el retenido por los tamices, se seca a peso constante y se anota el peso (P1).
- e. Se prosigue como se indicó desde ap. (7.4. 1. b) hasta (7. 4.1 d).

7. 5. CÁLCULOS

1. Caso de material limpio

- a. Se resta del material seco total (PT) lo retenido por el tamiz IRAM mayor abertura. Se obtiene así la cantidad librada por ese tamiz: P1. De este peso, P1, se resta lo retenido por el segundo tamiz y se obtiene el peso del material librado por él. Se sigue en esta forma por restas sucesivas hasta el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) inclusive. Determinando así el peso total del material que pasa este tamiz valor que llamaremos PA.
- b. Se calcula el cociente PA/PC y se multiplica por este resultado las porciones retenidas por cada uno de los tamices subsiguientes siendo las cantidades resultantes las que se tomaran como sustrayendo en las restas sucesivas indicadas (7.5.1 a).
- c. Los porcentajes de películas que pasan por cada tamiz se calculan por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ que pasa} = \frac{P}{Pt} \times 100$$

Donde:

P = Cantidad total librada para cada tamiz.

Pt = Cantidad total de muestra ensayada.

En la planilla N° 1 se desarrolla un ejemplo ilustrativo.

2. Caso de material con películas adheridas a las partículas o mezclado con adhesivos.

- a. Se procede igual que en (7- 5. 1 a) hasta el tamiz IRAM 4,75 Mm. (N° 4).
- b. De la porción librada por este tamiz, se resta la parte eliminada por el lavado realizado según 7.4.2, que es Pt- P1. El resultado se divide por Pc, siendo este cociente el factor por el que se multiplican las cantidades retenidas en el tamizado subsiguiente. Los resultados de estas multiplicaciones será los sustraendos de las restas sucesivas.
- c. Para obtener los porcentajes de las partículas que pasan por cada tamiz se utiliza la misma formula indicada en (7.5.1 c).
En la planilla N° 2 se desarrolla un ejemplo aclaratorio.

7. 6. CURVA GRANULOMÉTRICA

- a. Para el trazado de la curva representativa del material se utiliza un diagrama de coordenadas semilogarítmicas, como el de la planilla adjunta, en el se indican en abscisas el logaritmo de las aberturas de cribas y tamices; y en ordenadas están representados, en escala aritmética, los porcentajes librados por cada criba o tamiz.
- b. Se unen con un trazo continuo los puntos de intersección y se obtiene la representación gráfica de la granulometría del material estudiado.

7. 7. OBSERVACIONES

- a. Cuando se reduce una muestra por cuarteos, siempre debe tomarse el producto total de una operación pesando cuidadosamente el material obtenido. Nunca debe completarse a un peso determinado, quitando o agregando material.
- b. La operación de tamizar a través de mallas de hasta 4,75 mm. (N° 4) no ofrece dificultades. No ocurre lo mismo con las mallas de aberturas pequeñas, pues estas se tapan con facilidad. Deben limpiarse con frecuencia con cepillos adecuados de cerda, o de cerda entremezclada con hilos muy finos de bronce. También se limpian golpeando suavemente el marco del tamiz contra la mesa de trabajo.
- c. Para los tamices IRAM 4,75 mm. (N° 4) y menores, se considera finalizada la tarea del tamizado cuando, luego de un minuto de zarandeo, pasa menos de 1% de la porción que queda retenida.
- d. Durante la ejecución del tamizado no debe forzarse el paso de las partículas a través de los tamices con ningún elemento extraño (mano, pincel, espátula, etc.). Esto es de suma importancia para la conservación, en buen estado de uso, de los tamices especialmente los de aberturas pequeñas.

Planilla N° 1

ANÁLISIS MECÁNICO DE MATERIALES GRANULARES

Ruta:		Provincia:	
Tramo:		Fecha:	
Remitente:		Laboratorista:	
N° de muestra:			
Peso Seco total inicial (Pt)	=	9370 g	
Peso Seco total lavado (P1)	=		
Material Seco por lavado (a = Pt – P1)	=		

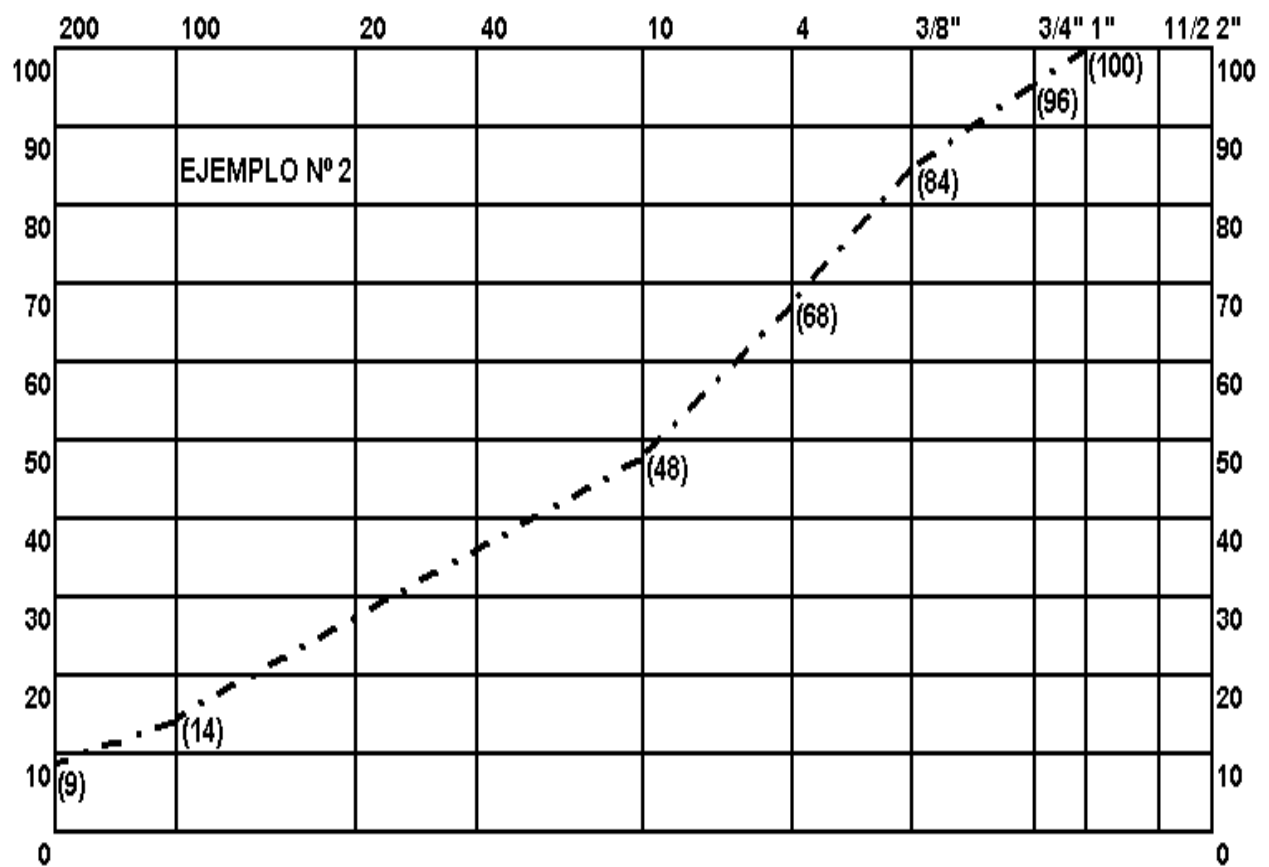
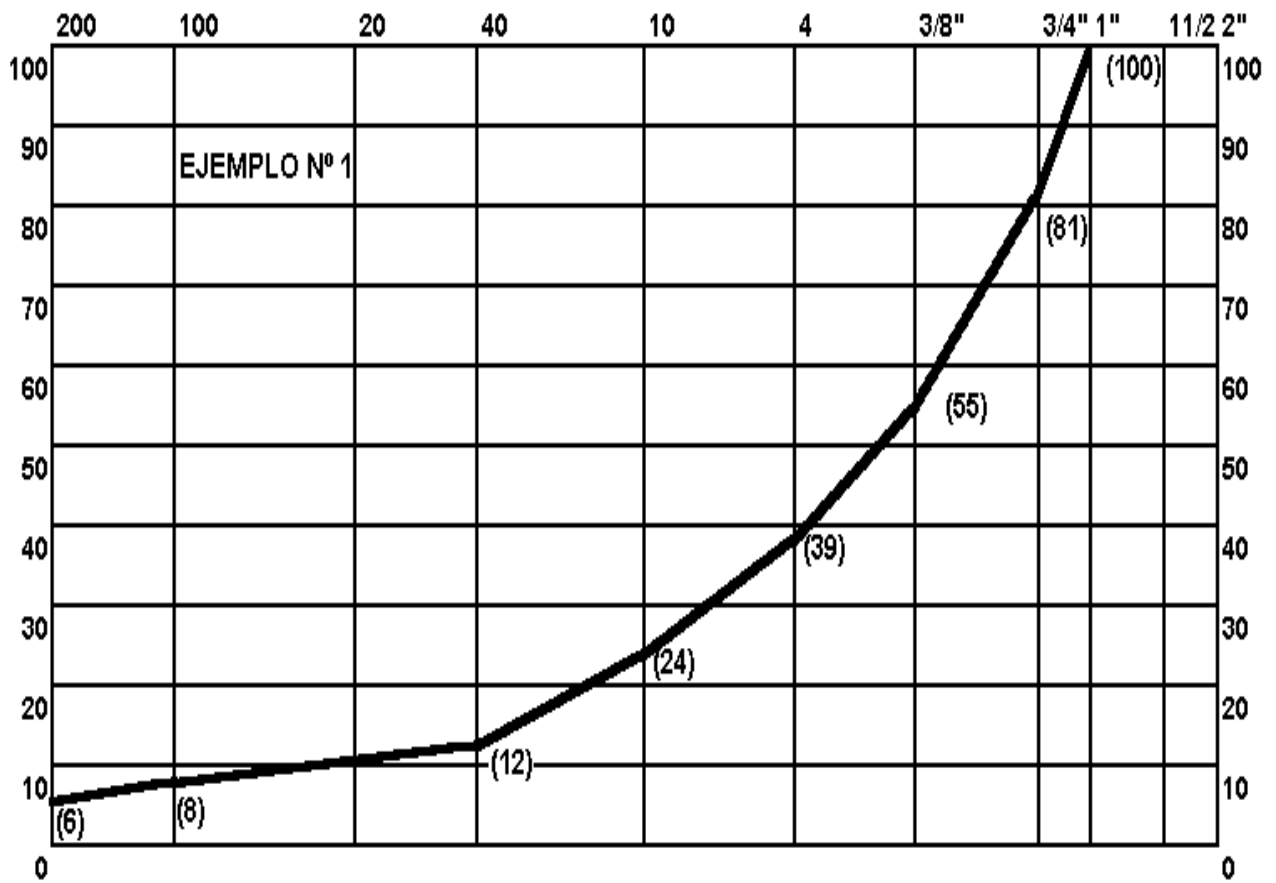
Tamiz IRAM	Retiene o pasa	%
25 mm. (1 “)	Retiene 0 Pasa 9370	100
19 mm. (3/4 “)	Retiene 1780 Pasa 7590	81
9,5 mm. (3/8 “)	Retiene 2440 Pasa 5150	55
4,75 mm. (N° 4)	Retiene 1495 Pasa 3655	39
Sobre:	$P_c = 865 \text{ g}$ $F = \frac{P_a}{P_c} = \frac{3655}{865} = 4,23$	
2 mm. (N° 10)	Retiene $330 \times 4,23 = 1396$ Pasa 2259	24
425 µm. (N° 40)	Retiene $265 \times 4,23 = 1121$ Pasa 1138	12
150 µm. (N° 100)	Retiene $90 \times 4,23 = 381$ Pasa 757	8
75 µm. (N° 200)	Retiene $45 \times 4,23 = 190$ Pasa 567	6

Planilla N° 2

ANÁLISIS MECÁNICO DE MATERIALES GRANULARES

Ruta:		Provincia:	
Tramo:		Fecha:	
Remitente:		Laboratorista:	
N° de muestra:			
Peso Seco total inicial (Pt)	=	8760 g	
Peso Seco total lavado (P1)	=	8030 g	
Material Seco por lavado (a = Pt – P1)	=	730 g	

Tamiz IRAM	Retiene o pasa	%
25 mm. (1 “)	Retiene 0 Pasa 8760	100
19 mm. (3/4 “)	Retiene 350 Pasa 8410	96
9,5 mm. (3/8 “)	Retiene 1050 Pasa 7360	84
4,75 mm. (N° 4)	Retiene 1405 Pasa 5955	68
Sobre:	$P_c = 950 \text{ g}$ $P_a = 5955 - 730 = 5255 \text{ g}$ $F = \frac{P_a}{P_c} = \frac{5255}{950} = 5,5$	
2 mm. (N° 10)	Retiene $3200 \times 5,5 = 1760$ Pasa 4195	48
425 µm. (N° 40)	Retiene $350 \times 5,5 = 1925$ Pasa 2270	26
150 µm. (N° 100)	Retiene $190 \times 5,5 = 1045$ Pasa 1225	14
75 µm. (N° 200)	Retiene $80 \times 5,5 = 440$ Pasa 785	9

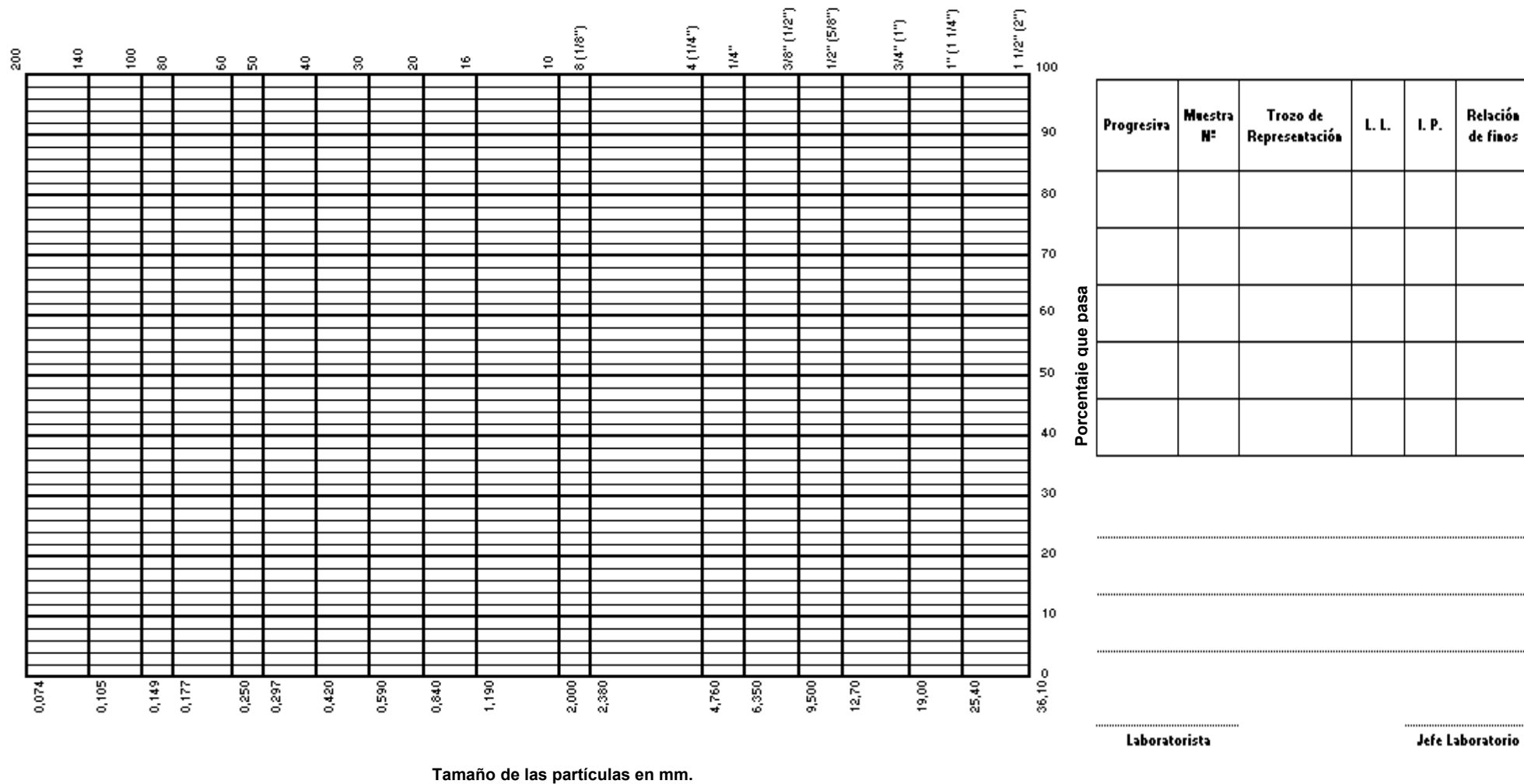




Ruta.....
Tramo.....
Remite.....

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

Tamices de aberturas cuadradas – Entre paréntesis aberturas redondas correspondientes



NORMA DE ENSAYO

VN - E8 - 66

CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA

[índice](#)

8.1. OBJETOS

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar en el terreno el peso unitario de un suelo compactado, corrientemente denominado densidad, y establecer si el grado de compactación logrado cumple las condiciones previstas.

8.2. APARATOS

- a. Dispositivo que permite el escurrimiento uniforme del material utilizado para la medición del volumen, ver figura N° 1.
- b. Cilindro de hierro de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 2.
- c. Bandeja de hierro, con orificio central, de las dimensiones y características indicadas en la figura N° 3.
- d. Cortafríos, cucharas, espátulas u otras herramientas adecuadas para efectuar un hoyo en el terreno y retirar el material removido.
- e. Balanza de por lo menos 5 Kg. de capacidad con sensibilidad de 1 gramo.
- f. Frascos o latas con cierre hermético (para recoger el material retirado del hoyo).
- g. Bolsa de material plástico y/o recipiente de plástico u otro material con tapa preferentemente roscada, de 4 lt. o más de capacidad.
- h. Tamices IRAM 850 μm . (N° 20) y 600 μm (N° 30)
- i. Elementos de uso corriente en laboratorio: probetas, espátulas, palas, pinceles de cerda etc.

8.3. CALIBRACIÓN DEL APARATO

- a. Se seca en la estufa, hasta peso constante, 20 a 25 Kg. de arena silícea de granos redondeados y uniformes.
- b. Por tamizado se separa la fracción que pasa tamiz IRAM 850 μm . (N° 20) y queda retenida en el tamiz IRAM 600 μm . (N° 30).

NOTA

No es indispensable utilizar estos tamices. Pueden elegirse cualesquiera dos tamices de la serie IRAM, siempre que la arena obtenida cumpla con la condición de que dos determinaciones consecutivas de su peso unitario (ap. 8.3. f), no dan variaciones mayores del 1 %.

No conviene emplear arena muy fina porque se puede trabar al libre movimiento del robinete y provocar vibraciones que modificarían la acomodación de la arena al caer en el pozo.

- c. Se determina el volumen, V_c , del cilindro (ap. 8.2. b). hasta los 150 mm. de altura.
- d. Se verifica el buen funcionamiento y ajuste de las partes móviles del aparato indicado en ap. 8.2. a.

- e. Se llena el recipiente superior del dispositivo (ap. 8.2. a). con un peso conocido, P1, de la arena preparada según el ap. b. Se apoya firmemente el embudo sobre una superficie plana y rígida, se abre el robinete rápidamente $\frac{1}{4}$ de vuelta de tal modo que la arena fluya libremente, hasta constatar que el embudo está totalmente lleno. Se cierra el robinete y se pasa la cantidad de arena sobrante en el recipiente superior, P2.
Por diferencia se determina el peso de la arena necesaria para llenar el embudo, $P_e = P_1 - P_2$.
Esta operación se repite cuidadosamente tres veces y se establece como valor de P_e el promedio. Los valores individuales no deberán diferir entre sí más de 5 g.
- f. Se apoya el embudo en el encastre superior del cilindro, de volumen conocido V_c , colocado sobre una superficie perfectamente lisa.
Se carga el recipiente superior con el mismo peso de arena P1 que se utilizó en el ap. e. Se gira el robinete rápidamente $\frac{1}{4}$ de vuelta, esperando hasta que la arena termine de correr y se determina el peso, P3, de la arena que quedó en el recipiente.
Se repite cuidadosamente tres veces esta operación y se toma como valor de $P_1 - P_3$ al promedio las tres determinaciones. Los valores individuales de cada determinación no deberán diferir entre sí en más de 10 g.
- g. Se pesan varias cantidad de arena zarandeada iguales a P1 y se introduce cada una de ellas en un envase adecuado (ap. 8.2. g). Conviene preparar dos o tres medidas más de arena que el número de ensayos que se prevé efectuar.

8.4. PROCEDIMIENTO

- a. Si el lugar donde debe realizarse la determinación presenta una superficie lisa, se elimina todo el material suelto con el pincel seco y se apoya el embudo del dispositivo, ap. ap. 8.2. a, marcando su contorno para que después de ejecutado el hoyo, cuya densidad piensa determinarse, sea posible colocar el embudo en el mismo lugar.
Si la superficie presenta pequeñas irregularidades, antes de eliminar el polvo con el pincel se empareja con una pala ancha.
- b. Con ayuda del cortafrió y la cuchara, o con cualquier otra herramienta adecuada, ap. 8.2.d, se ejecuta un hoyo cuyo diámetro será por lo menos de 10 cm. en el caso de suelos finos y tendrá el valor máximo (16 cm.) cuando se trate de suelos granulares. Sus paredes serán lisas verticales, con una profundidad igual al espesor que pretenda controlarse. Se recoge cuidadosamente todo el material retirado del hoyo, colocándolo dentro de uno de los frascos de cierre hermético (ap. 8.2.f), a medida que se lo va extrayendo.
Completada la perforación se ajusta el cierre y se identifica el frasco debidamente.
- c. Se vacía el contenido de uno de los envases, preparado según lo establecido en ap. 8.3 g., en el recipiente superior del aparato, ap. ap. 8.2. a, colocado previamente con su embudo en coincidencia con la marca dejada en la superficie (apartado a.)
- d. Se abre el robinete rápidamente $\frac{1}{4}$ de vuelta, evitando trepidaciones y se hace fluir libremente la arena dentro de hoyo hasta que permanezca en reposo. Se cierra el robinete y se recoge la arena sobrante en el recipiente, colocándola debidamente identificada en el mismo envase en que venía. Se levanta con cuidado la arena limpia que cayó y se guarda en un recipiente cualquiera para utilizarla posteriormente, previo retamizado.
- e. Si la superficie en donde se efectúa la determinación es irregular y no es posible emparejarla, la operación debe realizarse utilizando la bandeja (ap. 8.2.c) para tener en cuenta el volumen de arena necesario para alisar la cara superior de la

- perforación. Es necesario en este caso, para cada hoyo, disponer de dos envases llenos de arena de peso P1.
- f. En el lugar elegido se limpia cuidadosamente la superficie eliminando con el pincel todo el material suelto. Se coloca sobre la misma bandeja (ap. 8.2.c), asegurándola en forma tal que no pueda moverse. Se coloca el dispositivo (ap. 8.2. a) introduciendo el embudo en el orificio de la bandeja, hecho esto se llena el recipiente superior con el contenido de uno de los envases. Se abre el robinete permitiendo que la arena fluya hasta que se mantenga en reposo. Se retira el aparato y se vierte la arena sobrante en el envase cuyo contenido se utilizó. Por diferencia se obtiene luego el peso de la arena utilizada, Pe1.
 - g. Se limpia toda la arena suelta que cayó sobre la superficie del pozo y la bandeja. Se realiza luego, cuidando de no mover la bandeja, un hoyo en el espesor a controlar con diámetro igual al del agujero de la bandeja y se continúa la determinación en la forma ya indicada en el apartado 8.4. b),c) y d).
 - h. Se pasa todo el material depositado en el recipiente hermético, al efectuar el hoyo. Llamemos Ph a este peso.
 - i. Se coloca dicho material en una bandeja y se seca a estufa a 105 - 100° c hasta peso constante. Llamemos Ps a dicho paso.
 - j. Se pasa la arena sobrante de la operación descrita en el ap. 8.4.d. Llamemos P4 a este peso.

8.5. CALCULOS

- a. Constante del embudo: Es igual al peso de la arena que llena el embudo cuando este apoya sobre una superficie plana (ver ap.8.3.c)

Su valor es: $Pe = P1 - P2$

- b. Peso unitario de la arena seca: Se lo obtiene aplicando de fórmula (ver ap. 8.3. f):

$$da = \frac{P1 - P3 - Pe}{Vc}$$

Donde:

P1= Peso de la arena colocada en el recipiente antes del ensayo.

P3= Peso arena remanente.

Pe= Constante del embudo.

Vc= Volumen del cilindro.

- c. Densidad de la muestra seca.

Si se realizó la determinación sobre una superficie lisa (ap.8.4.a), se calcula con la fórmula:

$$Ds = \frac{Ps \times da}{P1 - P4 - Pe}$$

Donde:

Ds= Densidad del suelo seco.

Ps= Peso del suelo seco

da= Peso unitario de la arena seca

P1= Peso inicial de la arena empleada en la determinación.
P4= Peso de la arena sobrante
Pe= Constante del embudo.

Si se efectuó la determinación sobre una superficie irregular, ap. 8.4.e, la fórmula a aplicar es:

$$Ds = \frac{Ps \times da}{P1 - P4 - Pe1}$$

Donde Ps, da, P1 y P4 tienen la significación antes expresada y Pe1 es el peso de la arena utilizada descrito en ap. 8.4.f.

d. La humedad de la muestra: En el momento del ensayo se calcula mediante la expresión:

$$H\% = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

H= Contenido de humedad, en porcentaje.
Ph= Peso del suelo húmedo.
Ps= Peso del suelo seco.

e. Grado de compactación logrado: Se establece aplicando la fórmula:

$$C = \frac{Ds}{D} \times 100$$

Siendo:

C= Porcentaje de compactación obtenido con relación a la compactación especificada.

Ds= Densidad lograda (Kg./dm³.)

D= Densidad (en Kg./dm³) que debió obtenerse según lo indicado en el Pliego de Especificaciones de la obra.

8.6. OBSERVACIONES

- Es de gran importancia que el material empleado (arena) para llenar el pozo esté constituido por granos de tamaño, naturaleza y peso uniforme, lo más redondeados que sea posible, a fin de asegurar una distribución homogénea, con un índice de vacíos aproximadamente constante.
- La humedad determinada en ap. 8.5.d no es indispensable para el cálculo de la densidad, pero es de gran utilidad su conocimiento para vigilar la marcha de la obra.
- La verificación del grado de compactación alcanzando, como se explica en ap. 8.5.e, se ajusta a lo establecido en los pliegos en vigencia.

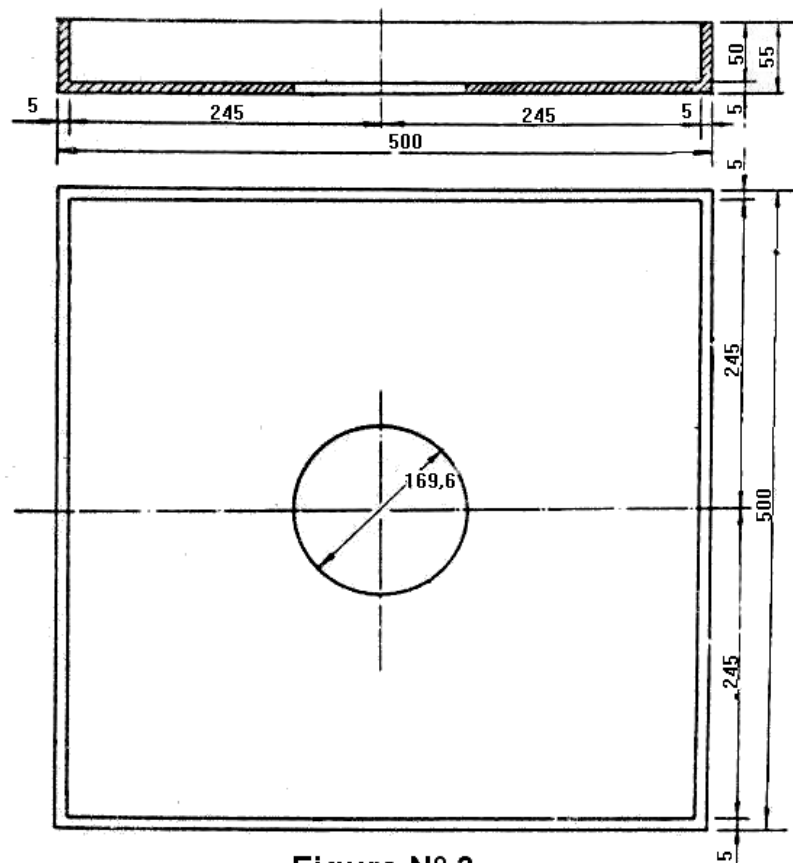
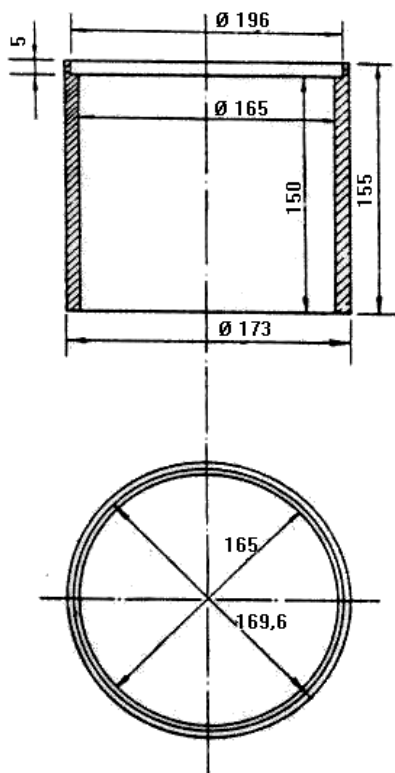
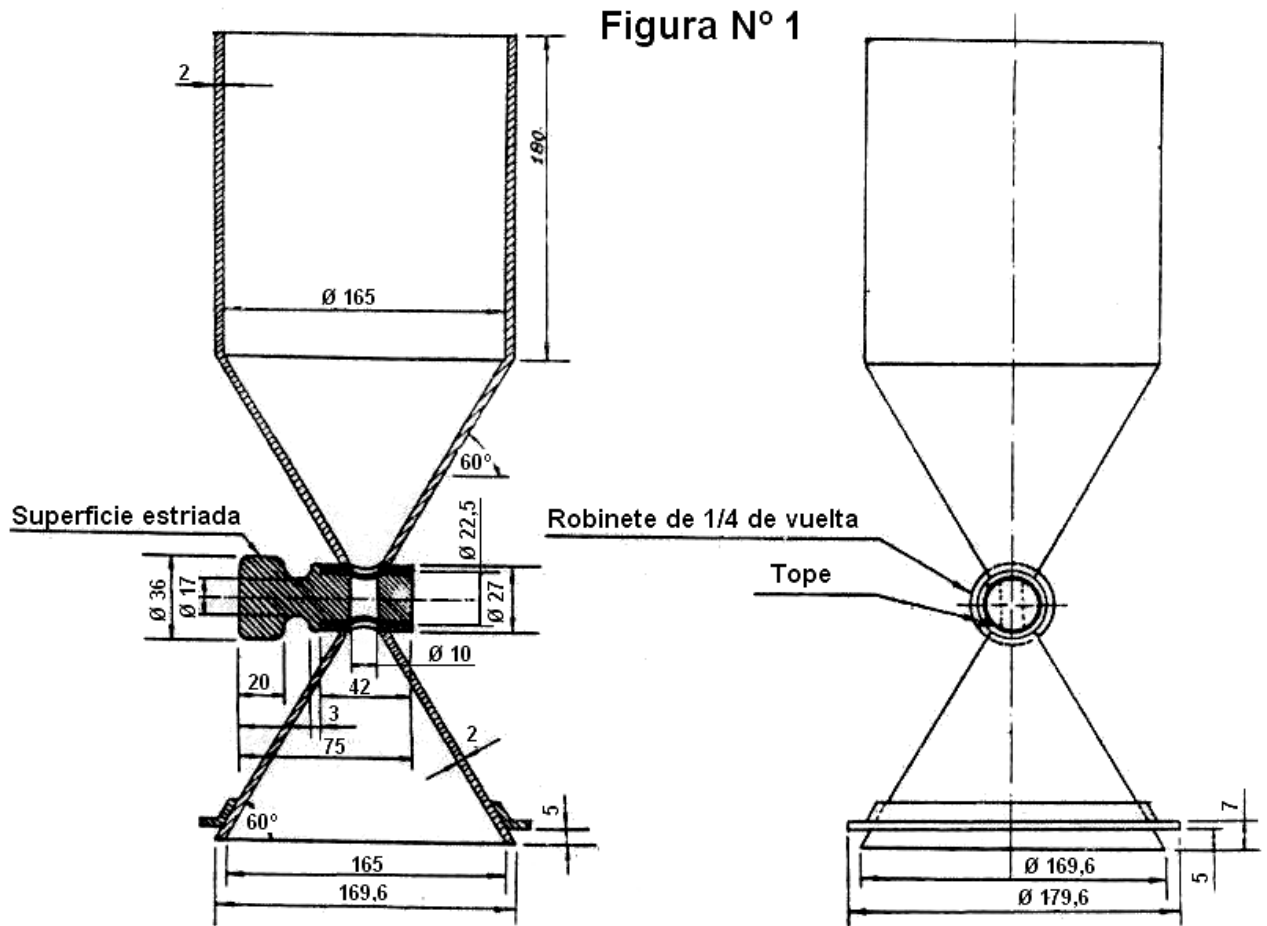


Figura N° 2

Figura N° 3

Nota: Todas las medidas estan expresadas en mm.

SECCIÓN INVESTIGACIONES APLICADAS
LABORATORIO DE SUELOS

RUTA.....TRAMO.....PROGRESIVA.....

CONTROL DE COMPACTACIÓN: (Método de la arena) Norma VN E 8

Constantes del equipo (1)..... { Constante de Embudo..... Pe (g)
Volumen del Cilindro..... Vc (cm³)
Densidad de la Arena..... da (g/ cm³)

Referencias:
x: % requerido por Pliego de Especificaciones.
Dm: densidad máxima del Ensayo Proctor.

(1) Deben verificarse cada vez que se cambie de arena.

Progre- siva	Lado	MATERIAL EXTRAÍDO DEL POZO			Peso arena inicial P ₁	Peso arena sobrante P ₄	Peso arena que llena el pozo P _a = P ₁ -P ₂ -P _e	Volumen del pozo V Pa = $\frac{\quad}{da}$	Densidad lograda Ds Ps = $\frac{\quad}{V}$	Exigencia Especificac. x % Proctor x Dm dsp= $\frac{\quad}{100}$	Porcentaje logrado $\frac{ds}{dsp} \cdot 100$
		Peso Húm. Ph	Peso Seco Ps	Humedad H (Ph-Ps) = $\frac{\quad}{Ps}$							
		g	g	%	g	g	g	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%

NORMA DE ENSAYO

VN - E9 - 86

ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA POR EL MÉTODO MARSHALL

[índice](#)

9.1. OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para la determinación de la estabilidad y la fluencia de mezclas asfálticas por el método Marshall. Es aplicable únicamente a mezclas preparadas en caliente, utilizando cemento asfáltico como ligante y como inerte agregados pétreos de tamaño máximo 25 mm. o menor.

Cuando los agregados retengan en el tamiz IRAM 25 mm. (1") hasta un 10 % de material el mismo será incorporado a la mezcla en la proporción que indique su respectiva granulometría.

- a. Estabilidad Marshall, de una mezcla asfáltica es la carga máxima en Kg. que soporta una probeta de 6,35 cm. de altura y 10,16 cm. de diámetro cuando se lo ensaya a una temperatura dada, cargándola en sentido diametral a una velocidad de 5,08 cm. / minuto en la forma que se indica en la presente norma.
- b. Fluencia Marshall, es la deformación total expresada en mm. que experimenta la probeta desde el comienzo de la aplicación de carga en el ensayo de estabilidad, hasta el instante de producirse la falla.
- c. Los métodos para determinar el peso específico del agregado seco de los pétreos, peso específico aparente del relleno mineral y el peso unitario de las probetas de mezclas asfálticas compactadas están descriptos en las Normas N° 12, 13,14 y N° 15.

9.2. APARATOS

- a. Moldes de compactación: cilíndricos, de acero, de 101,6 mm. de diámetro interno y 76,2 mm. de altura, provistos de base y collar de prolongación adaptable a ambos extremos del molde de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 1.
- b. Pisón de compactación manual: de acero, que consiste esencialmente en una zapata circular de 33,4 mm. de diámetro, en la que golpea un pilón de 4,540 Kg. que se desliza por una guía que limita su carrera a 457 mm. de las características y dimensiones indicadas, en la figura N° 2.
- c. Tamices: La serie completa de tamices de la Norma IRAM o la establecida en el Pliego de Especificaciones de la obra con su correspondiente tapa y fondo.
- d. Balanza: De 2 Kg. de capacidad sensible al 0,1 gr.
- e. Balanza: De 10 Kg. de capacidad sensible al gramo.
- f. Pedestal de compactación: Se usa para apoyo del molde durante el proceso de compactación, esta constituido por un poste de madera dura de 20 cm. x 20 cm. de altura firmemente anclado mediante cuatro hierros ángulos a una base de hormigón apoyada sobre suelo firme o sobre un bloque de hormigón de 60 cm. x 60 cm. x 50 cm. de altura, si el ensayo se efectúa en un piso de un edificio. El extremo libre del poste lleva una plancha de acero de 30 cm. x 30 cm. x 2,5 cm. asegurada con tornillos a la cabeza del poste a la que se adapta el dispositivo

que sujeta el molde de las características y de las dimensiones indicadas en la figura N° 3.

- g. Bandejas: de chapa galvanizada, de fondo plano de 300 mm. x 300 mm. x 80 mm. para calentamiento de los agregados.
- h. Recipiente: de cobre o chapa galvanizada de aproximadamente 800 cm³ de capacidad, de bordes altos con pico vertedero, para calentar el cemento asfáltico.
- i. Recipiente: de cobre o hierro enlozado de fondo semiesférico de aproximadamente 24 cm. de diámetro y de 4 ó 5 litros de capacidad para mezclar los agregados con el cemento asfáltico.
- j. Baño de agua caliente: Equipado con sistema de calentamiento termostáticamente controlado, que permita mantener el agua colocada a una temperatura de 60° C. ± 0,5° C. durante 24 horas. Este baño tendrá su correspondiente tapa. Construido con doble pared de acero, la interior de acero inoxidable, aislamiento con lana de vidrio. Equipado con un sistema de circulación del agua para uniformar la temperatura de la misma. Medidas interiores mínimas 60 cm. de largo x 40 cm. de ancho y 20 cm. de profundidad. Corriente trifásica: 380 V, 50 ciclos, 2 Kw.
- k. Extractor de probetas: para retirarlas del molde de compactación.
- l. Estufa: equipada con sistema de calentamiento termostáticamente controlado, que permita regular temperaturas entre 35° C. y 250° C. ± 2° C. para calentar y secar los agregados pétreos y los moldes de compactación. Construida con doble pared de acero, en el interior acero inoxidable, aislamiento con lana de vidrio. Con soportes de hierro para sostenes, dos bandejas rejilla y de dos puertas. Medidas interiores mínimas: 80 cm. de largo x 60 cm. de altura x 60 cm. de profundidad. Corriente trifásica, 380 V, 50 ciclos, 12 Kw.
- m. Plancha de calentamiento: (tipo hot plate) equipada con sistema de calentamiento termostáticamente controlado, que permita regular temperaturas entre 35° C. y 250° C. ± 2° C. Debe alcanzar la temperatura máxima en 60 minutos. Para mantener la temperatura en la mezcla de los áridos con el cemento asfáltico.
- n. Medidas: 60 cm. de largo x 30 cm. de ancho, corriente trifásica 380 V, 50 ciclos, 1,5 Kw.
- o. Mordaza: de acero para la aplicación de las cargas durante el ensayo de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 4.
- p. Comparador extensométrico: con dial dividido en 1/100 de pulgada, o en 1/100 de centímetro para medir fluencia, carrera total 25 mm.
- q. Termómetro: con escala hasta 200° C. y sensibilidad de 1° C. para medir temperaturas de la mezcla asfáltica.
- r. Termómetro: Con escala de 57 a 65° C. y sensibilidad al 0,1° C. para medir temperaturas en el baño de agua caliente.
- s. Prensa de ensayo: de accionamiento eléctrico o manual que permita aplicar cargas de hasta 3000 Kg. con velocidad de avance constante e igual a 50,8 mm./minuto. Provista de aro dinamométrico de 3.000 Kg. de capacidad con comparador extensométrico, con dial dividido en 0,1 mm. Para medir cargas- Carrera del comparador extensométrico 10 mm. Ver figura N° 5.
- t. Elementos varios: de uso corriente, espátulas metálicas, cucharón de albañil, cuchara de almacenero, guantes de amianto, guantes de goma, pinzas, tiza, grasa para marcar probetas, calibre, etc.
- u. Variante: Sería conveniente disponer de un equipo compactador automático (encontrándose en plaza en nuestro país, equipos probados de la D.N.V)

9.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

9.3-1. Se obtendrán representativas de los agregados a utilizar en la elaboración de la mezcla. Por lo tanto el o los agregados gruesos que intervienen en la mezcla de áridos no tendrán partículas de tamaño mayor de 25 mm. con la aclaración indicada en el primer párrafo de 9.1 “Objeto”.

9.3-2. Se efectuarán para cada uno de los agregados que intervienen en la mezcla los ensayos de granulometría correspondiente por vía seca y vía húmeda de acuerdo a lo indicado en la Norma ([VN-E7-65](#)) determinando además el peso específico del agregado seco de cada agregado y el peso específico aparente del relleno mineral y según lo establecido en las Normas N° 13, 14 y 15.

9.3-3. Los agregados a utilizar en la preparación de la mezcla, incluido el relleno mineral si fuera necesario, se secarán separadamente en estufa a una temperatura comprendida entre 105° - 110° C. hasta constancia de peso, necesitando tres horas como mínimo si el material no es poroso y 12 hs. como mínimo si el material es poroso.

9.3-4. Una vez secos los agregados, se separarán mediante tamizado cada uno de ellos en distintas fracciones granulométricas delimitadas por pares de tamices, elegidos según más convenga y que pueda ser los siguientes.

Pasa tamiz	25 mm.	Retiene tamiz	19 mm.
“	19 mm.	“	12,5 mm.
“	12,5 mm.	“	9,5 mm.
“	9,5 mm.	“	4,75 mm.
“	4,75 mm.	“	2,36 mm.
“	2,36 mm.		

9.3-5. De acuerdo a las proporciones con que cada agregado intervenga en la mezcla final, se determinarán las cantidades necesarias de las fracciones de cada agregado pétreo y del relleno mineral, si fuera necesario para la ejecución de la probeta.

9.3-6. La probeta tendrá una vez compactada 101,6 mm. de diámetro y 63,5 mm. de altura con una tolerancia en la altura de ± 3 mm. La cantidad de mezcla asfáltica necesaria para obtener estas dimensiones varía entre 1000 y 1300 gr. de acuerdo con los pesos específicos de los agregados pétreos y la granulometría de los mismos.

$$P = \frac{63,5 \text{ mm.} \times P_j}{h \text{ mm.}}$$

P = Peso total de mezcla corregida.

P! = Peso de mezcla utilizada para ejecutar la probeta de prueba.

H = Altura de la probeta en mm.

9.4. PROCEDIMIENTO

9.4-1. Preparación del pastón

9.4-1.1. Se pesan las cantidades necesarias de las fracciones de cada agregado y del relleno mineral si fuera necesario para la ejecución de una probeta, se coloca en una bandeja o recipiente adecuado y se calientan en estufa hasta que la mezcla de ambos alcance una temperatura comprendida entre los límites establecidos para el asfalto,

según indica el apartado siguiente, incrementados en 15° C, manteniéndose como mínimo en (2) horas a esta temperatura.

9.4-1.2. Se llena hasta algo más de la mitad con el cemento asfáltico a utilizar el recipiente citado en (ap. 9.2.h) y se calienta durante 30 o 40 minutos en estufa a una temperatura tal que la viscosidad Saybolt – Furol caiga dentro de los rangos siguientes:

90 – 110 seg. para mezclas finas (pasa totalmente el tamiz IRAM 2 mm. (N° 10)) o mezclas gruesas con agregados porosos.

150 – 170 seg. para mezclas gruesas con agregados no porosos.

9.4-1.3. Si no se conoce la viscosidad del C.A., a utilizar y hasta tanto se disponga de mayor información sobre las temperaturas de equiviscosidad de los asfaltos de uso corriente en el país, en función de su rango de penetración, origen y método de obtención, pueden adoptarse los siguientes límites de temperatura para el calentamiento del asfalto:

TABLA I

Mezclas finas y mezclas gruesas con agregados porosos.

Rango de penetración	Proveedor YPF
40 – 50	165 – 170° C.
70 – 100	155 – 160° C.
150 – 200	150 – 155° C.

Mezclas gruesas con agregados no porosos.

Rango de penetración	Proveedor YPF
40 – 50	155 – 160° C.
70 – 100	145 – 150° C.
150 - 200	130 – 145° C.

En caso de ser posible determinar la variación de la viscosidad del asfalto a utilizar en función de la temperatura, el mismo se calculará a una temperatura tal que su viscosidad en el proceso de mezclado sea 85 ± 10 seg. S.F. ($1,7 \pm 0,2$ poise) y el de compactación 140 ± 15 seg. S.F. ($2,8 \pm 0,3$ poise). Mediante el monograma de HEUKELOM es posible también calcular las viscosidades óptimas de mezclado y compactación, graficando los resultados de ensayos normales, tales como penetración (a 25° C.), punto de ablandamiento y viscosidad absoluta, cinemática o Saybolt Furol (1).

9.4-1.4. Se retira de la estufa la bandeja conteniendo los agregados y el relleno mineral y se vuelca rápidamente el contenido en el recipiente de fondo semiesférico (ap. 9.2.i) calentando previamente a la misma temperatura del agregado. Se mezcla íntimamente durante 1 minuto con un cucharón de albañil de tamaño adecuado, tratando de conseguir completa uniformidad y finalmente se forma un hoyo en el centro de la mezcla de áridos para recibir el cemento asfáltico.

9.4-1.5. Se vierte la cantidad calculada de cemento asfáltico, a la temperatura que resulte de acuerdo con lo indicado en 9.4-1.2, en el hoyo formado a ese efecto con el total de agregados, dentro del recipiente semiesférico. Para ello se procede de la manera siguiente:

- a. Se pesa el recipiente con el asfalto caliente en la balanza al 0,1 gr. (ap. 9.2 d) y se retiran pesas en cantidad igual al peso del C.A que debe incorporarse a la mezcla.
- b. Se vierte el asfalto del recipiente, por pequeñas proporciones, sobre el agregado hasta restablecer el equilibrio de la balanza.

9.4-1.6. Se mezcla el contenido de C.A y agregados con el cucharón, lo más rápidamente posible y con la necesaria intensidad como para obtener una mezcla íntima y uniforme en un tiempo no mayor de dos minutos. Al terminar esta operación la temperatura de la mezcla debe estar comprendida entre los límites establecidos para el C.A. en el apartado 9.4.1.3. menos 20° C para el caso de mezclas finas (pasa tamiz IRAM 2,00 mm.) ó mezclas gruesas con agregados porosos o menos 10° C si se trata de mezclas gruesas con agregados no porosos. Dicho valores han sido fijados provisoriamente, en base a la temperatura de calentamiento del asfalto, hasta que se disponga de la información suficiente para establecer el intervalo de temperatura que corresponde al rango óptimo de viscosidad del asfalto, para producir la densidad final bajo tránsito, en las condiciones de ensayo.

9.4-1.7. Estos nuevos límites determinan la temperatura mínima para iniciar la compactación de la mezcla; en consecuencia, se comprobará si la temperatura de la mezcla está efectivamente dentro de esos límites antes de proceder con toda rapidez al moldeo de la probeta.

(1) Agnusdei J. O- VIII Simposio 89, 1982- Comisión Permanente del Asfalto.

9.4-1.8. Si la temperatura de la mezcla resultara inferior al límite mínimo establecido en 9.4.1.6, deberá desecharse la mezcla y prepararse un nuevo pastón. En ningún caso se admite el recalentamiento durante o después del mezclado. Si la temperatura de la mezcla fuera superior al máximo, se removerá cuidadosamente la misma hasta obtener que la temperatura caiga dentro de los límites establecidos.

9.4-1.9. El cemento asfáltico que se utilice en la preparación de la mezcla no será mantenido a la temperatura de mezclado durante un tiempo superior a dos horas, debiendo proceder a su reemplazo si así sucediera.

9.4-1 MOLDEO DE LA PROBETA

9.4-2.1. Antes de proceder al modelo de la probeta se prepara el molde de compactación (ap.9.2-a) y el pisón de compactación (ap. 9.2-b) limpiando con nafta o kerosene el molde y la zapata del pisón y calentándolos luego en estufa a una temperatura comprendida entre 100° y 150° C durante 30 minutos.

9.4-2.2. Se retira de la estufa y se arma el molde colocándole la base y el collar de extensión y se introduce un disco de papel de filtro u otro papel absorbente hasta el fondo del molde.

9.4-2.3. Se coloca rápidamente con la cuchara de almacenero el total de la mezcla en el interior del molde, se acomoda aplicando 15 golpes con una espátula caliente distribuidos alrededor del perímetro de la probeta y 10 golpes en su interior, y se nivela la superficie del material.

9.4-2.4. Se coloca el molde sobre el pedestal de compactación (ap. 9.2-f) y se lo sujeta con el aro de ajuste. Se apoya sobre la mezcla la zapata del pisón de compactación y se aplican 50 ó 75 golpes según esté especificado, a caída libre, cuidando que el vástago del pisón se mantenga bien vertical.

- 9.4-2.5.** Se retira el molde del dispositivo de ajuste y se invierte la posición de la base y del collar de extensión.
- 9.4-2.6.** Se ajusta nuevamente el molde sobre el pedestal de compactación se aplica el mismo número de golpes, a la capa inferior de la probeta en la forma ya indicada en ap. 9.4-2.4.
- 9.4-2.7.** Terminada la compactación de la probeta se retira el molde del pedestal y sin la base y el collar de extensión se coloca el molde en un recipiente con agua fría durante 3 ó 4 minutos. Se retira luego el agua, se le coloca nuevamente el collar de extensión y con el extractor se retira la probeta del molde.
- 9.4-2.8.** Extraída la probeta del molde se identifica designándola con letras o números escritos en cada cara con la tiza grasa. Hecho esto se coloca sobre una superficie lisa y bien ventilada.
- 9.4-2.9.** Debe moldearse un mínimo de tres probetas por cada % de C. A. repitiendo exactamente las operaciones indicadas anteriormente.

9.4-3. EJECUCIÓN DEL ENSAYO

- 9.4-3.1.** Las probetas se ensayarán recién el día siguiente de efectuada su elaboración.
- 9.4-3.2.** Se determina la altura de cada probeta por medición directa mediante un calibre de 0,1 mm. de aproximación con el que se miden las alturas correspondiente a los extremos de dos diámetros perpendiculares entre si. El promedio aritmético de las cuatro lecturas da la altura de la probeta.
- 9.4-3.3.** Se pesan las probetas y se determina a continuación el peso unitario de probetas de mezclas asfálticas compactadas siguiendo el método establecido en la Norma [VN-E12-67](#).
- 9.4-3.4.** Se sumergen las probetas en el baño de agua caliente (ap. 9-2-j) a la temperatura de $60^{\circ} C \pm 0,5^{\circ} C$, manteniéndolas sumergidas sobre un período de tiempo comprendido entre 30 y 40 minutos.
- 9.4-3.5.** Las probetas se ensayan aplicando las cargas en sentido diametral por medio de un dispositivo compuesto de dos mordazas semicirculares cuyas dimensiones y demás características se indican en al figura N° 4.
- 9.4-3.6.** Comprobando que las superficies interiores de los arcos de las mordazas tienen la forma correcta y están perfectamente limpias y las varillas guías bien lubricadas se retira del baño termostático la probeta a ensayar, cuidando de no deteriorarla con golpes o excesiva presión de los dedos, y se coloca sobre la mordaza inferior centrándola exactamente, insertando luego en las varillas guías la mordaza superior. Se lleva, el conjunto a la prensa de ensayo y se acciona suavemente la manivela o el motor hasta notar que el compactador extensométrico de carga comienza a moverse. Se ajusta entonces el comparador extensométrico de deformaciones llevando se lectura a 0.
- 9.4-3.7.** Inmediatamente se hace funcionar el motor de la prensa o se acciona la manivela si es manual, cuidando que la velocidad de aplicación de las cargas se mantenga constante a razón de 50,8 mm./minuto hasta el instante en que el comparador extensométrico de carga se detiene o invierte su marcha. Se lee en ese momento el máximo alcanzado. Este valor expresado en kilogramos es la carga de rotura de la probeta ensayada, que servirá para calcular el valor de la estabilidad. En el mismo instante que la probeta alcanza la máxima carga debe leerse en el dial indicador del comparador extensométrico de deformaciones, la deformación total sufrida por la probeta. Este valor expresado en mm. determina la fluencia de la probeta.
- 9.4-3.8.** Desde el momento en que se extrae la probeta del baño de agua caliente hasta el fin del ensayo, no debe transcurrir un período de tiempo superior a los 30 segundos.
- 9.4-3.9.** Si se utiliza una prensa con aro dinamométrico para el registro de cargas, debe calibrarse el aro determinándose el factor correspondiente, es decir el número de

kilogramos necesario para deformarlo en una magnitud igual a la unidad del extensómetro de que está provisto. El producto de este factor por la lectura registrada en el extensómetro de la carga total en kilogramos. Si la altura de la probeta fuera la normal, igual a 63,5 mm. el valor de la estabilidad sería directamente la carga de rotura medida en el comparador extensométrico. De acuerdo a lo indicado en el apartado 9.3-6, la altura de las probetas estará comprendida entre 60,5 y 66,5 mm. Por lo tanto, debe referirse la estabilidad a la altura normal de 63,5 mm. multiplicando la carga total hallada por el factor de corrección obtenido de la Tabla II en función de la altura real de la probeta.

Entonces:

$$\text{Estabilidad} = L1 \times K1 \times K2$$

Donde:

L1= Lectura en el dial del comparador extensométrico de carga.

K1= Factor de equivalencia en Kg. del aro.

K2= Factor de corrección extraído de la Tabla II de cuerdo con la altura real de la probeta.

TABLA II – CORRECCIÓN POR ALTURA DE LA PROBETA

Altura de la probeta en mm.	Factor de corrección (K2)		Altura de la probeta en mm.	Factor de corrección (k2)
25,4	5,56	CURVA	60,5	1,09
27,0	5,00		60,7	1,08
28,6	4,55		61,0	1,07
30,2	4,17		61,2	1,06
31,8	3,85		61,5	1,05
33,3	3,57		61,7	1,04
34,9	3,33		62,2	1,03
36,5	3,03		62,6	1,02
38,1	2,78		63,1	1,01
39,7	2,50		63,5	1,00
Altura de la probeta en mm.	Factor de corrección (K2)	ENSAYO MARSHALL	Altura de la probeta en mm.	Factor de corrección (K2)
41,3	2,27		63,9	0,99
42,9	2,08		64,4	0,98
44,5	1,92		64,8	0,97
46,0	1,79		65,3	0,96
47,6	1,67		65,8	0,95
49,2	1,56		66,3	0,94
50,8	1,47		66,6	0,93
52,4	1,39		67,0	0,92
54,0	1,32		68,3	0,89
55,6	1,25		69,9	0,86
57,2	1,19		71,4	0,83
58,7	1,14		73,0	0,81
			74,6	0,78
			76,2	0,76

Las probetas preparadas en el laboratorio deberán ser moldeadas cuidando que su altura media según 9.4-3.2, caiga dentro de las tolerancias del ap. 9.3-6. Se han

ampliado los límites de aplicación del factor de corrección por altura, con el único fin de permitir determinar la estabilidad corregida de probetas extraídas directamente de pavimentos construidos, las cuales deberán tener el diámetro normalizado (101,6 mm.) para ser ensayadas.

9.5. CÁLCULOS

9.5-1. Densidad máxima teórica de la mezcla: (DT) (Método de Rice - Norma de Ensayo [VN-E27-84](#))

9.5-2 VACÍOS DE LA MEZCLA COMPACTADA (V)

Expresado en porcentaje del volumen total indica la diferencia entre la densidad teórica y la real para el estado de compactación alcanzado. Se calcula por la fórmula siguiente:

$$V = 100 \left(1 - \frac{d}{DT} \right)$$

Donde:

d = Peso unitario de probeta de mezcla asfáltica compactada según Norma VN-E12-67

DT = Densidad teórica (ap. 9.5-1)

9.5-3. VACÍOS DEL AGREGADO MINERAL (VAM)

Expresado en porcentaje del volumen total, representa el volumen de vacíos existentes en el agregado mineral al estado de densificación alcanzado. Parte de volumen de vacíos está ocupado por el C. A. Se calcula con la fórmula siguiente:

$$VAM = V + (d \times CA)$$

Donde:

V = Vacíos de la mezcla compactada (ap. 9.5-2)

d = Peso unitario de la probeta de mezcla asfáltica compactada. Según Norma VN-E12-67.

C. A = Porcentaje en peso de CA que interviene en la mezcla considerando el peso específico del CA igual a 1.

9.5-4 RELACIÓN BETÚN - VACÍOS: (RBV)

Expresa el porcentaje de los vacíos del agregado mineral ocupado por el cemento asfáltico en la mezcla compactada. Se calcula por la fórmula siguiente:

$$RBV = \frac{100 \times d \times CA}{V. A. M}$$

Todos los términos de esta ecuación son conocidos.

9.5-5 Los valores de la Estabilidad, Fluencia, Vacíos de la mezcla compactada, Vacíos del agregado mineral y Relación Betún - Vacíos, se expresan como el promedio aritmético de los valores individuales obtenidos para cada probeta de la serie de % de C. A ensayados.

9.5-6 En un ensayo normal, la dispersión de los resultados individuales de cada probeta, con respecto al promedio aritmético está dentro de los siguientes límites:

Estabilidad:	+10 %
Fluencia:	+20 %
Peso unitario de probeta De mezcla asfáltica compactada:	+1 %

9.5-7 Si uno de los tres valores obtenidos se alejara marcadamente de los límites indicados en el apartado anterior, deberá ser descartado, calculando los promedios aritméticos con los dos restantes únicamente.

9.6 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO OPTIMO DE LIGANTE

9.6-1 Cuando se utilice el método Marshall para la determinación del contenido óptimo de ligante para una mezcla de áridos de una composición y granulometría determinadas, se prepararán series de probetas con contenidos crecientes de ligante, realizando tantas series como sean necesarias para que, el menos, se tengan dos contenidos de ligante por encima y otros dos por debajo del óptimo, siguiendo el procedimiento de fabricación y ensayo descripto en esta norma.

9.6-2 Con los valores medios de la estabilidad, deformación, densidad relativa y diferentes contenidos de vacíos, se dibujarán para cada porcentaje de ligante los siguientes gráficos:

Estabilidad en Kg.	% de ligante
Fluencia en mm.	% de ligante
Densidad relativa en Kg. /dm ³	% de ligante
% de vacíos en mezcla	% de ligante
R.B.V en %	% de ligante
% de vacíos en áridos (VAM)	% de ligante

9.6-3 Se considera que el porcentaje óptimo de asfalto no debe seguir, solamente, de un simple promedio aritmético de valores óptimos, o de un valor individual de una determinada curva, sino de una evaluación racional del conjunto de curvas que representan las características volumétricas y mecánicas de la mezcla versus el porcentaje de cemento asfáltico.

9.6-4 En general, el criterio mas lógico consiste en seleccionar el porcentaje de asfalto que se encuentre más próximo al valor mínimo de la curva VAM - % ligante (valor éste a su vez superior al valor mínimo indicado en el ap. 9-6-5 para el tamaño máximo nominal del árido empleado en la mezcla) y al valor máximo de Estabilidad, debiendo cumplir además con los valores limites exigidos para la Estabilidad, Vacíos de la Mezcla y Fluencia. El porcentaje óptimo de cemento asfáltico a adoptar deberá ser el valor máximo que cumpla con estos requisitos básicos.

9.6-5 Valores mínimos de los Vacíos del Agregado mineral según su tamaño Máximo Nominal.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	V.A.M MINIMOS EN %
TAMIZ	
1.18 mm.	23.5
2.36 mm.	21.0
4.75 mm.	18.0
9.5 mm.	16.0
12.5 mm.	15.0
19.0 mm.	14.0
25.0 mm.	13.0
35.7 mm.	12.0
50.0 mm.	11.5

9.6-6 Se define como Tamaño Máximo Nominal al número del tamiz menor a través del cual puede pasar el 100% del agregado pétreo empleado en la mezcla.

9.7 EJEMPLO

9-7-1 Efectuar la dosificación, según el método de Marshall, de un concreto asfáltico constituido por los materiales siguientes:

Piedra partida.....	52.0%
Arena gruesa.....	24.0%
Arena fina.....	16.2%
Relleno mineral.....	2.8%
Cemento asfáltico.....	5.0%

9-7-2 La granulometría de los agregados es la siguiente:

		Piedra partida	Arena gruesa	Arena fina	Relleno mineral
Pasa	19.5 mm.	100%	----	-----	-----
"	12.5 mm.	71%	----	-----	-----
"	9.5 mm.	56%	100%	-----	-----
"	4.75 mm.	35%	98%	-----	-----
"	2.36 mm.	25%	65%	100%	-----
"	425 µm.	3%	23%	80%	100%
"	150 µm.	1%	10%	36%	98%
"	75 µm.	0,3%	5%	12%	85%

9.7-3 Para preparar un pastón de 1.200 gr. De mezcla asfáltica de necesitan:

$$\begin{aligned} \text{Áridos} & 1.200 \times 0.95 = 1.140 \text{ grs.} \\ \text{C. Asfálticos} & 1.200 \times 0.05 = 60 \text{ grs.} \end{aligned}$$

9.7-4 La composición del Árido es:

$$\text{Piedra partida: } \frac{100 \times 52}{95} = 54,7\%$$

$$\text{Arena gruesa: } \frac{10 \times 24}{95} = 25,3\%$$

$$\text{Arena fina: } \frac{100 \times 16,2}{95} = 17,0 \%$$

$$\text{Relleno mineral: } \frac{100 \times 2,8}{95} = 3,0\%$$

9.7-5 De acuerdo con las granulometrías, deberán tomarse las siguientes cantidades en peso de las fracciones que integran cada uno de los agregados:

Fracción	Piedra partida	Arena gruesa (GR)	Arena fina (GR)	Relleno
19.0 mm.- 12.5 mm.	1.40 x 0.547 x 0.29 = 181	-----	-----	-----
12.5 mm.- 9.5 mm.	1.40 x 0.547 x 0.15 = 94	-----	-----	-----
9.5 mm.- 4.75 mm.	1.140 x 0.547 x 0.21 = 131	1.140 x 0.253 x 0.02 = 6	-----	-----
4.75 mm. - 2.36 mm.	1.140 x 0.547 x 0.10 = 62	1.140 x 0.253 x 0.33 = 95	-----	-----
Pasa T. 2.36 mm.	1.140 x 0.547 x 0.25 = 156	1.140 x 0.253 x 0.65 = 187	1.140 x 0.17 x 1.0 = 194	1.140
Totales	1.140 x 0.547 x 1,0 = 624	1.140 x 0.253 x 1,0 = 298	194	34

9.7-6 En consecuencia, la mezcla total estará constituida así:

MATERIALES	FRACCIÓN	PESOS PARCIALES	PESOS TOTALES
PIEDRA PARTIDA	19.0 mm. – 12 mm.	181	624
	12.5 mm.– 9.5 mm.	94	
	9.5 mm. – 4.75 mm.	131	
	4.75 mm. – 2.36 mm.	62	
	Pasa T. 2.36 mm.	156	
ARENA GRUESA	9.5 mm. – 4.75 mm.	6	288
	4.75 mm. – 2.36 mm.	95	
	Pasa T.2. 2.36 mm.	187	
ARENA FINA		194	194
RELLENO MINERAL		34	34
CEMENTO ASFÁLTICO		60	60
TOTAL			1.200

9.7-7 Moldeadas las probetas se obtuvieron los siguientes resultados:

Densidad teórica:

(Método Rice, Norma Ensayo VN. E 27 – 84) DT = 2,44

Probeta N°	Peso (gr.)	Volumen (cm ³)	D (gr./cm ³)	V (%)	D x $\frac{\% \text{ CA}}{\text{GCA}}$	V.A.M. (%)	B.V. (%)
1	1124,5	476,5	2,36	3,3	11,8	15,1	78,1
2	1136,0	484,0	2,35	3,7	11,8	15,5	76,1
3	1151,5	485,0	2,37	2,9	11,9	14,8	80,4
Remedios	-----	-----	2,36	3,3	-----	15,1	78,2

d = Peso unitario de la probeta de mezcla asfáltica compactada (según Norma [VN-E12-67](#))

V = Vacíos de la mezcla compactada

VAM = Vacíos del agregado mineral

RBV = Relación betún – vacíos

$D \times \frac{\% \text{ CA}}{\text{GCA}}$ Porcentaje en volumen de CA que interviene en la mezcla, considerando que al Pe del CA es igual a 1.

9-7-8 Ensayadas las probetas se obtuvieron los resultados siguientes:

Probeta N°	Alt. (m)	Fact.	F1 (mm.)	Lect.	Estab. (Kg.)	Estab. Com (Kg.)
1	60,5	1,09	3,05	175	795	865
2	61,0	1,07	2,5	167	780	813
3	61,5	1,05	3,3	194	880	924
Promed.	-----	-----	2,9	-----	-----	867

9-7-9 CÁLCULOS DE LA DISPERSIÓN DE LOS RESULTADOS

9-7-9-1 Estabilidad:

Valor más bajo: 813 Kg.-

$$\text{Desviación: } \frac{813 - 867}{867} \times 100 = 6,2 \%$$

Valor más alto: 924 Kg.-

$$\text{Desviación: } \frac{924 - 867}{867} \times 100 = 6,6 \%$$

9-7-9-2 Fluencia:

Valor más bajo: 2,5 mm.

$$\text{Desviación: } \frac{2,5 - 2,9}{2,9} \times 100 = 13,8 \%$$

Valor más alto: 3,3 mm.

$$\text{Desviación: } \frac{3,3 - 2,9}{2,9} \times 100 = 13,8 \%$$

9-7-9-3 Peso unitario de la probeta de mezcla asfáltica compactada. (Norma [VN-E12-67](#))

Valor más bajo: 2,35 gr. /cm²

$$\text{Desviación: } \frac{2,35 - 2,36}{2,36} \cdot 100 = 0,4 \%$$

Valor más alto: 2,37 gr. /cm³

$$\text{Desviación: } \frac{2,37 - 2,36}{2,36} \cdot 100 = 0,4 \%$$

9-8 CONTROL DE PRODUCCIÓN

9-8-1 Este método de ensayo es también aplicable al control de calidad de la producción diaria de la mezcla elaborada por una planta asfáltica durante la ejecución de la obra. Permite establecer la relación de Estabilidad de un juego de probetas compactadas de una mezcla de áridos producidos por la planta a la que se le adiciona en el laboratorio el relleno mineral y el cemento asfáltico obtenidos simultáneamente cuando se extrae la mezcla de áridos y otro juego de probetas compactadas de una mezcla completa producida por la planta, ambas mezclas asfálticas serán compactadas y ensayadas por el método Marshall, descrito en esta Norma de Ensayo. La diferencia entre el promedio de la estabilidad de las probetas del primer juego, no diferirá en más del 10% del promedio de la estabilidad de las probetas del segundo juego. La fluencia y el porcentaje de vacíos de ambos juegos de probetas deberán estar comprendidos dentro de los límites especificados.

9-8-2 Establecido que la planta asfáltica, que se trata, trabaja a su régimen normal, se obtendrán en la boca de salida de la mezcladora muestras representativas de la mezcla que se está elaborando.

9-8-3 Para obtener la muestra de la mezcla de áridos o la de la mezcla completa producida por la planta, se hará descargar sobre un camión un pastón, sin asfalto o con asfalto, según sea el caso, si se trata de una planta por pesada ó 1 tonelada de mezcla aproximadamente si la planta es continua.

9-8-4 Para efectuar las probetas correspondientes al primer juego mencionado, se extrae del pastón sin asfalto una muestra representativa del mismo de aproximadamente 25 Kg. y se coloca un recipiente de madera de aproximadamente 25 cm. de ancho x 25 cm. de largo x 25 cm. de altura, forrado interiormente en chapa, con tapa y manijas y se lleva al laboratorio de la obra.

9-8-5 Por cuarteo se extrae una muestra para realizar el ensayo granulométrico de la mezcla de los áridos. De esta forma se controla si la dosificación de los silos en caliente es la correcta. Del resto de la muestra se extrae por cuarteo material suficiente para que al agregarle el correspondiente porcentaje en peso de filler y de cemento asfáltico se pueda obtener una probeta compactada de 63,5 mm. ± 3 mm. de altura. De esta forma se elabora una serie de 3 probetas de acuerdo a lo establecido en el título 9-4. Para determinar la Densidad Teórica Máxima (Método O. Rice), Norma [VN-E27-84](#), se prepara una muestra en las mismas condiciones que lo indicado para moldear las probetas. Con el valor obtenido en el ensayo citado se calculan las relaciones volumétricas de la mezcla compactada tal como se especifica en el título 9-5 de esta Norma.

9-8-6 Moldeadas las probetas, se ensayan las mismas cuidando de cumplir con todas las indicaciones establecidas en el título 9-4-3.

9-8-7 Para moldear las probetas correspondientes al 2° juego, citado anteriormente, se extrae del pastón una muestra representativa de la mezcla completa producida por la planta y se coloca en el recipiente mencionado en 9-8-4 y se lleva al laboratorio de la obra. Por cuarteo se extrae una muestra para efectuar el ensayo de extracción de asfalto y granulometría de los áridos, controlándose de esta forma el % de CA colocado y la granulometría de los agregados pétreos. Del resto de la muestra se separa por cuarteo material suficiente para obtener una probeta compactada de 63,5 mm. \pm 3 mm. de altura. Se conforma una serie de 3 probetas de acuerdo con lo establecido en el título 9-4. También se separa una muestra para determinar la Densidad Teórica Máxima (Método J. Rice), Norma de ensayo [VN-E27-84](#). Con el valor obtenido en el ensayo citado se calculan las relaciones volumétricas de la mezcla compactada (9-5). Ejecutadas las probetas, se realiza el ensayo de las mismas cuidando de cumplir con todas las indicaciones establecidas en el título 9-4.

9-9 CONTROL DE OBRAS TERMINADAS

9-9-1 También es de aplicación este ensayo para el contralor de bases o carpetas de mezclas en planta en caliente con cemento asfáltico recién construidas o después de larga exposición al tránsito.

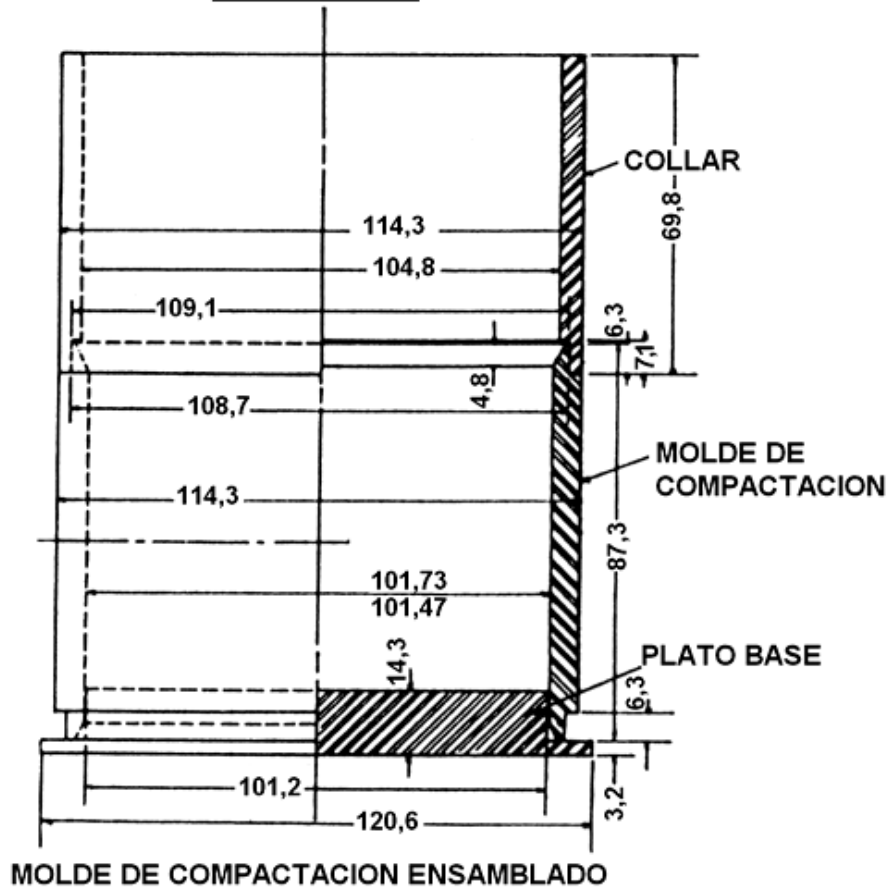
9-9-2 Para realizar este estudio se extraerán probetas del pavimento de concreto asfáltico terminado con la maquina extractora de probetas de 101,6 mm. de diámetro y del espesor del pavimento.

9-9-3 Deberá ponerse especial cuidado de que las probetas obtenidas tengan sus caras laterales bien lisas y uniformes para lo cual deberá cuidarse que la máquina esté en perfectas condiciones de funcionamiento y que la extracción se realice a temperaturas ambiente lo más bajas posibles.

9-9-4 Obtenidas las probetas se ensayan en la forma indicada en apartados 9-4-3, estableciéndose los valores de estabilidad y fluencia Marshall del pavimento en estudio. También en este caso se deberá determinar previamente el peso unitario de probeta de mezcla asfáltica compactada de acuerdo con lo establecido en Norma [VN-E12-67](#).

9-9-5 Adyacente a la zona de pavimento donde se ha extraído la probeta se retirará del mismo un bloque de concreto asfáltico, de aproximadamente 30 cm. x 30 cm. x el espesor del pavimento, para determinar el porcentaje de CA de la mezcla, la granulometría del inerte y la Densidad Teórica Máxima (Método J. Rice), tal como especifica la Norma de Ensayo [VN-E27-84](#), para calcular las relaciones de volumen de los materiales de la mezcla asfáltica compactada.

FIGURA N° 1



**MOLDE DE COMPACTACION ENSAMBLADO
CON COLLAR Y PLATO BASE
(MATERIAL: ACERO CADMIADO)**

NOTA: Todas las medidas están expresadas en mm.

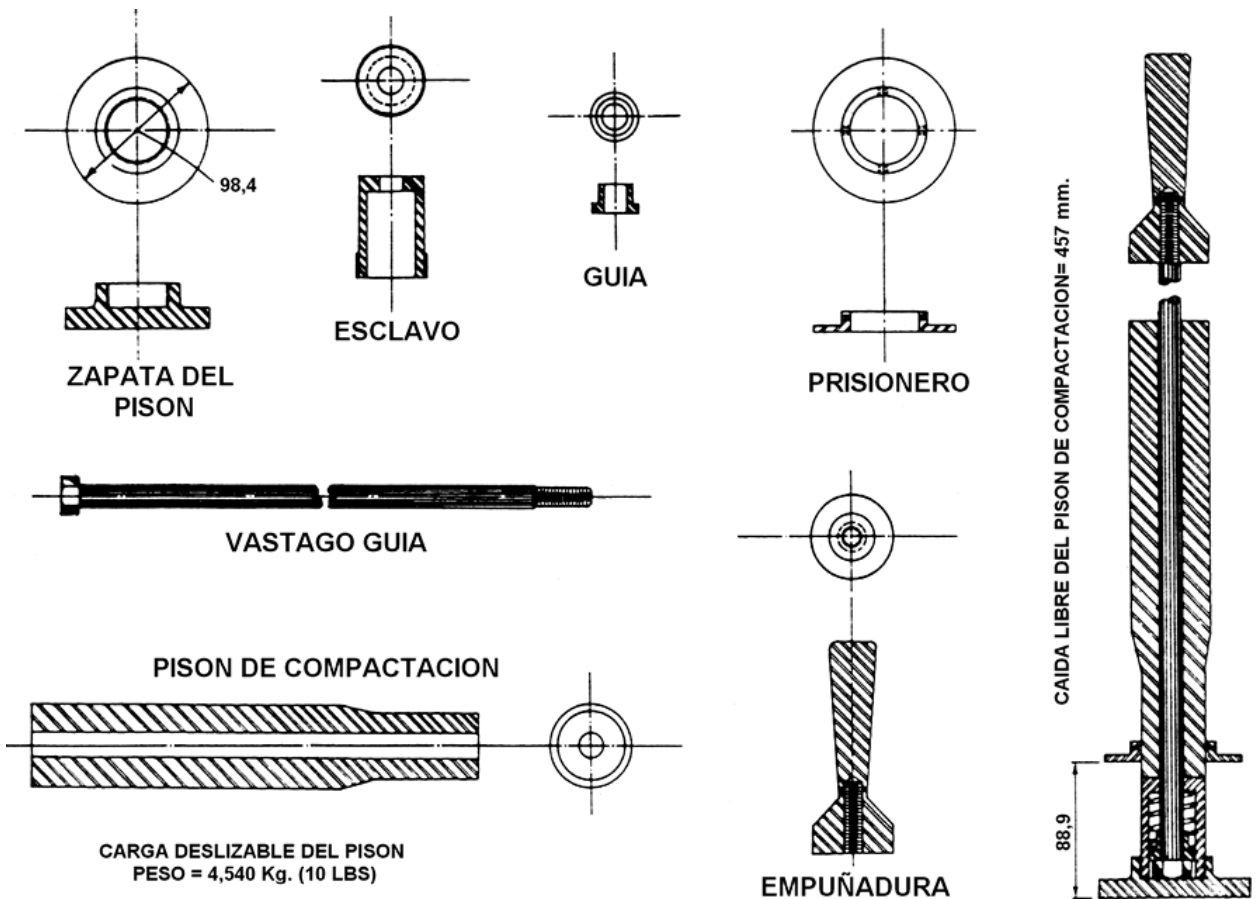
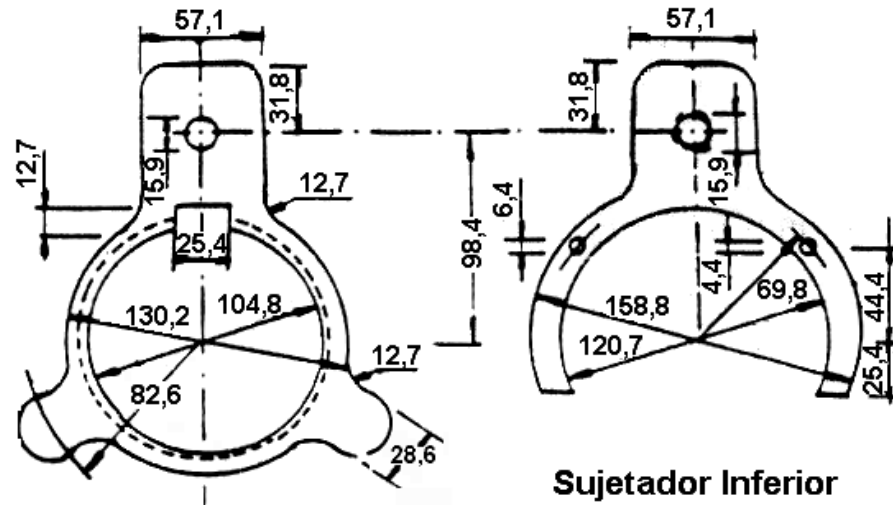


FIGURA N° 2

NOTA: Todas las medidas están expresadas en mm.

SUJETADOR DE MOLDE



F I G U R A N° 3

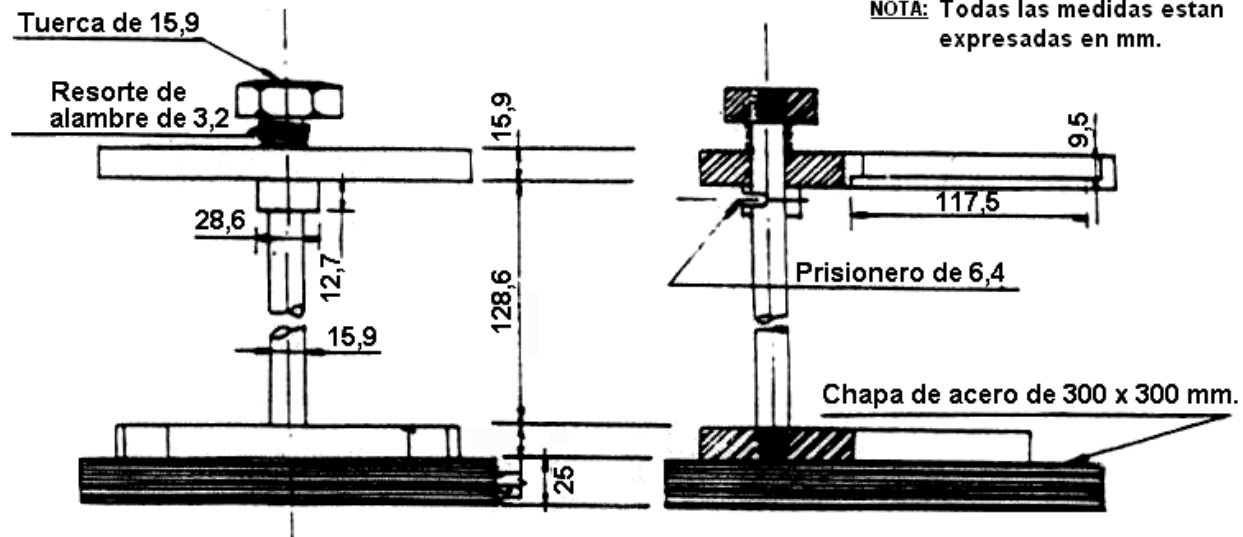
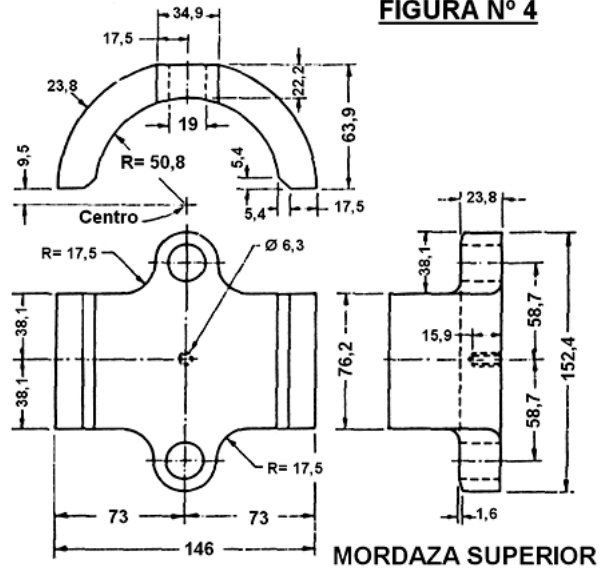
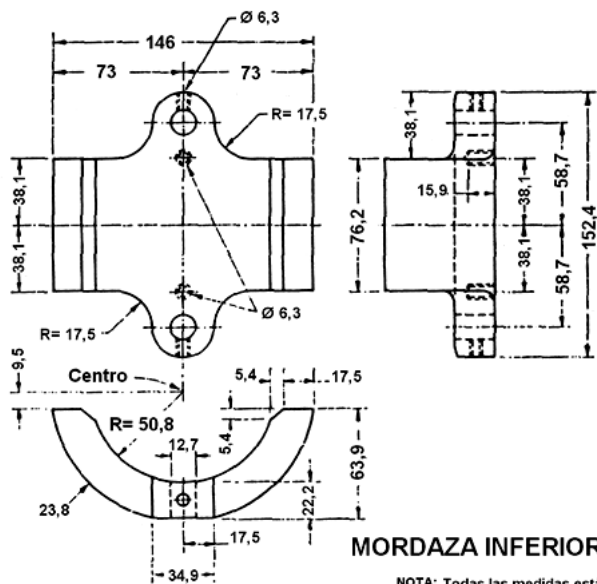


FIGURA N° 4

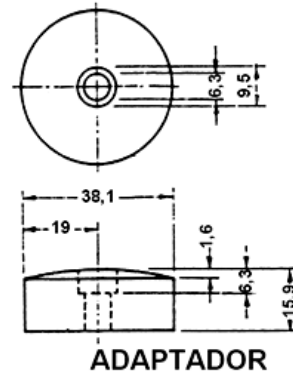


MORDAZA SUPERIOR

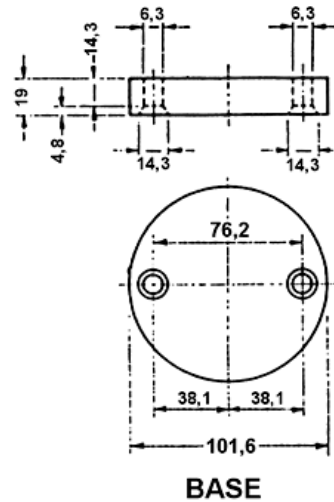


MORDAZA INFERIOR

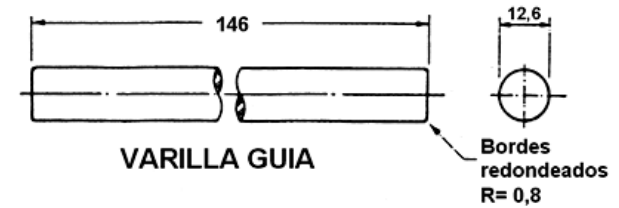
NOTA: Todas las medidas están expresadas en mm.



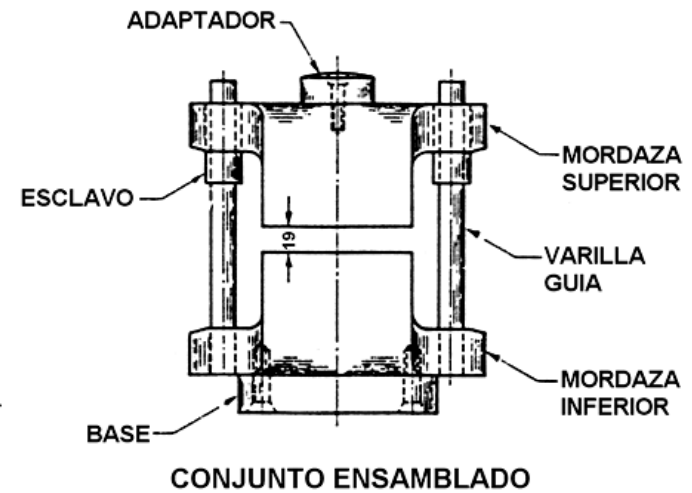
ADAPTADOR



BASE



VARILLA GUIA

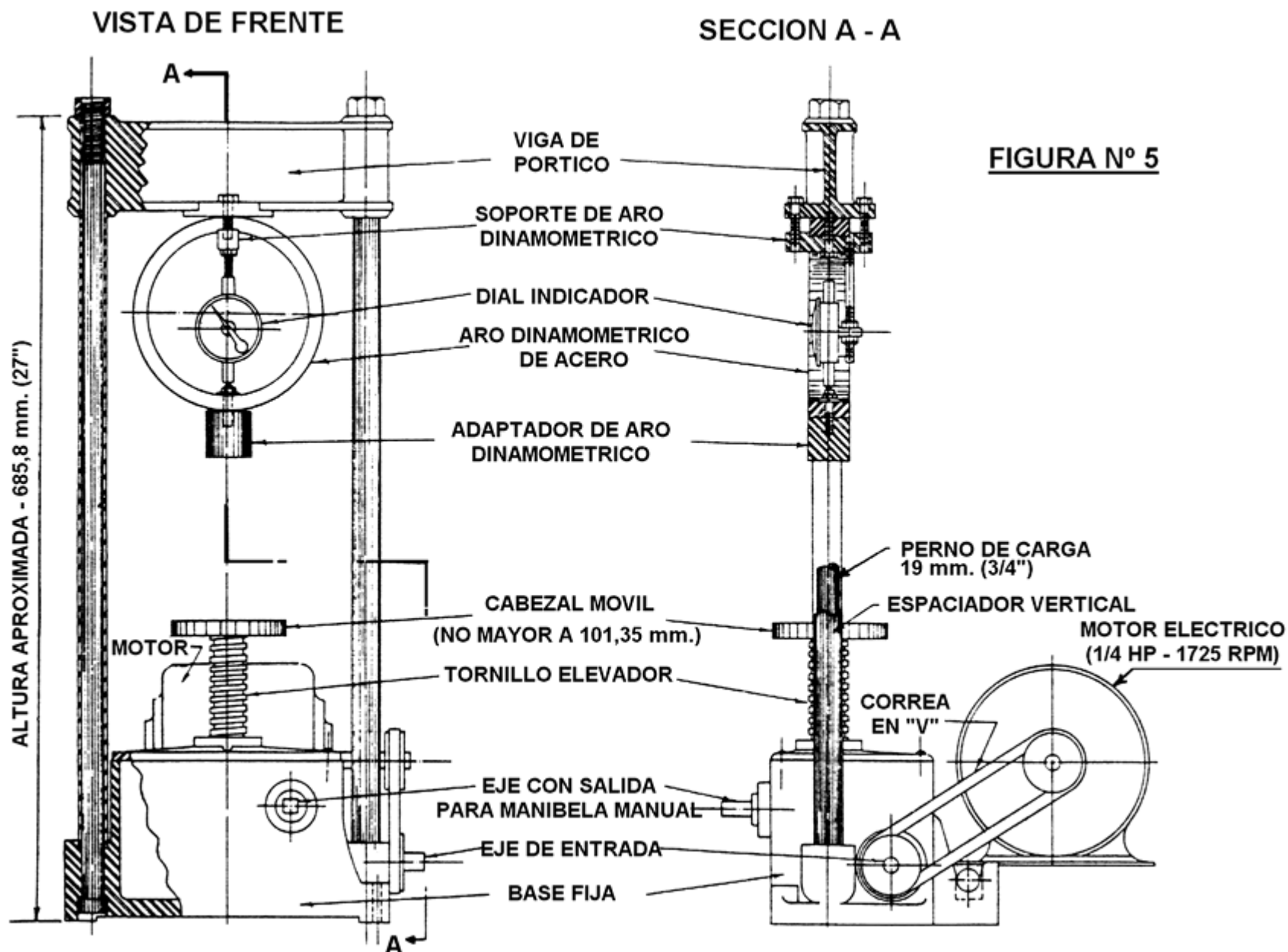


CONJUNTO ENSAMBLADO



ESCLAVO

NOTA: Todas las medidas están expresadas en mm.





M. I. y O. S. P.
DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD
CÁLCULO DE DOSAJE ENTRE CRIBAS PARA FORMACIÓN DE PROBETA Kg.

Ruta Nº: Pcia:

Tramo: Secc.:

DOSAJES	MATERIALES	CRIBAS									SUB-TOTALES	TOTALES

..... Lugar y Fecha Operador Laboratorista

M. I. y O. S. P.

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

Ruta N°: Pcia:

Tramo:

CÁLCULO DE DOSAJE

	CRIBAS									OBSERVACIONES
	100 % Granulometría									
	100 % Granulometría									
	100 % Granulometría									
	100 % Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	% Granulometría									
	GRANULOMETRÍA RESULTANTE									
	GRANULOMETRÍA SEGÚN ESPECIFICACIÓN									

.....
Lugar y Fecha

.....
Operador

.....
Laboratorista

NORMA DE ENSAYO

VN - E10 - 82

“EQUIVALENTE DE ARENA”

[índice](#)

10.1 – OBJETO

Este ensayo tiene por finalidad determinar rápidamente en campaña el contenido de finos y materiales arcillosa en suelos y agregados, en base a un criterio empírico.

10.2 - GENERALIDADES:

- a. Este ensayo propuesto por el Ing. F. N. Hveem (ver Proceeding Highway Research Board – Vol. 32 – 1953) suministra un procedimiento rápido para el control de la calidad de los suelos y agregados que se utilizan en obras viales.
- b. La expresión “equivalente de arena” se apoya en la idea de que los suelos en general son mezclas en proporciones variables, de partículas gruesas o arenas que mejoran su calidad y partículas finas o arcillosas que son responsables en mayor o menor grado de su mal comportamiento. El ensayo del equivalente de arena suministra un medio rápido para separar las partículas finas o arcillosas de los granos más gruesos y calcular las proporciones relativas, comparándolas en base a sus volúmenes, obtenidos por un simple procedimiento.
- c. El ensayo se realiza sobre la fracción de material que pasa el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) y requiere un equipo relativamente simple y su total realización demanda aproximadamente 45 minutos.

10.3 – APARATOS

- a. Una probeta cilíndrica sin pico, de material plástico transparente de 31,7 mm. de diámetro interior y de 430mm. aproximadamente de altura, graduada a partir de la base, en divisiones cada 2 mm. llegando a los 380 mm. de longitud. La graduación llevará una línea mas larga cada cinco divisiones y se numerará cada diez divisiones, comenzando desde la base (figura1). Un tapón de goma que se adapte a la boca de la probeta.
- b. Un pistón constituido por un vástago de metal de 46 cm. de largo terminado en su extremidad inferior por un ensanche, tronco cónico con base circular de 25,4 mm. de diámetro. Este ensanche está provisto de tres (3) tornillos ajustables para centrar el pistón en la probeta cilíndrica, dejándose un pequeño juego. En la extremidad superior del vástago se acopla un peso de forma cilíndrica, preferentemente, para lastrar el conjunto y darle un peso total de 1 kilogramo. Para mantenerlo centrado lleva una tapa perforada en el centro que deja pasar libremente el vástago del pistón y que se fije en la boca de la probeta (figura N° 2).
- c. Un frasco Mariotte de 4.000 cm³. El frasco se ubica a 1 M. por encima de la mesa de trabajo (figura N° 3).
- d. Un tubo de goma de 5 mm. de diámetro interior sirve de unión entre el tubo lavador y el frasco. Con una pinza de Mohr acoplada sobre el tubo de goma para detener el escurrimiento de acuerdo con las necesidades del lavado.
- e. Un tubo lavador de cobre o latón de 6,35 mm. de diámetro exterior, una de cuyas extremidades achatadas en forma de cuña, lleva dos agujeros de 1 mm. de diámetro, perforados lateralmente en las caras planas de la cuña y cerca de la punta.
- f. Un recipiente de 90 cm³. de capacidad (“Medida”).
- g. Un embudo de abertura amplia, para pasar la muestra de recipiente a la probeta.
- h. Un reloj o un contador de tiempo.

- i. Un tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4)
- j. Una máquina de agitación, manual o eléctrica, capaz de imprimir a la probeta (a) un movimiento horizontal, rectilíneo, periódico y sinusoidal de 20 cms. \pm 1 cm. de amplitud y con período de 1/3 de segundo.
- k. Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezclar el material, rociadores, probetas, espátulas, estufa para secado muestras, balanzas, etc.

10.4 - REACTIVOS

- a. Solución de reserva: Preparar una solución compuesta por: a) 454 gr. de cloruro de calcio anhidro. b) 2050 g. (1640 cm³) de glicerina pura. c) 47g. (45 cm³) de formaldehído (solución a 40 volúmenes) y agua, ejecutada como a continuación se indica: se disuelven 454 g. de cloruro de calcio 1900 cm³ de agua removiendo energéticamente. Se deja enfriar y se filtra a través de un papel de filtro Watman N° 12 o su equivalente. Se agrega 2050 g. de glicerina y 47 g. de formaldehído a la solución filtrada, se mezcla cuidadosamente y se diluye hasta 3785 cm³. El agua a utilizar será destilada o potable de buena calidad.
- b. Solución de trabajo: Se diluyen 93 cm³. de la solución de reserva con agua corriente potable en cantidad suficiente para tener un volumen total de 4 Lts. Un agua dudosa calidad se puede ensayar comparando los resultados de ensayo efectuados sobre muestras idénticas, utilizando para ello soluciones con el agua cuestionada y con agua destilada.

10.5 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a. Se obtiene una muestra representativa del material a ensayar en calidad suficiente y se reduce por cuarteo de tal modo que la porción que pasa el tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4) resulte de 500 g. aproximadamente.
- b. Si se trata de material granular la porción resultante del cuarteo previo se pasa por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) procediendo a desmenuzar los terrones por aglomeración de partículas más finas hasta que todo el material fino pase el tamiz incorporándose a la muestra. El tamizado se realiza estando el material húmedo, debiendo humedecerlo ligeramente si estuviese muy seco, con el fin de evitar que durante el proceso de zarandeo se produzca segregación o pérdida de finos. Si los granos gruesos de tamaño mayor que el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) aparecen revestidos por películas de suelo que no se desprenden, se secarán en estufa a 60° C. y luego se lo colocará en un mortero de porcelana con pilón revestido en goma, para su pulverización, incorporando el polvo así obtenido a la porción de suelo fino.
- c. El ensayo se realiza sobre la porción del material que pasa el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), descartando las partículas de mayor tamaño.
- d. La muestra así preparada se coloca en una bandeja y se seca en estufa a 60° C. hasta q el suelo se encuentre aproximadamente en el límite plástico.

10.6. – PROCEDIMIENTO

- a. Se llena el frasco de Mariotte con la solución de trabajo, manteniendo cerrada la pinza de Mohr.
- b. Se hacen pasar la solución de trabajo por medio del tubo lavador a la probeta cilíndrica hasta la división N° 50 (altura = 100mm.)
- c. Se vuelca a la probeta una “medida” (ap.10-3 f) de la muestra librada por el tamiz N° 4, previamente homogenizada por mezclado. Se golpea la base del cilindro fuertemente sobre la palma de la mano varias veces para desalojar las burbujas de aire y favorecer el mojado de la muestra. Se deja reposar 10 minutos.

- d. Al término de este período de 10 minutos se tapa el cilindro y se sacude vigorosamente de una a otro costado manteniéndolo horizontal. Se efectúan 90 ciclos en poco más o menos 30 segundos con una máquina de agitación (ap.10-3-j). Un ciclo representa un movimiento completo de ida y vuelta.
- e. Se retira el tapón, se introduce el tubo lavador. Al descender el tubo se rocían las paredes del cilindro con la solución lavándolas. Luego se sumerge el tubo hasta el fondo del cilindro. Se lava la arena haciendo ascender los materiales arcillosos manteniendo la probeta cilíndrica en posición vertical. Para ello se imprime al tubo lavador, con los dedos pulgar e índice, un suave efecto de punzonado, pequeñas oscilaciones verticales, y simultáneamente se hace girar alternativamente. Al mismo tiempo se gira la probeta cilíndrica lentamente con la otra mano.
- f. Cuando el nivel del líquido se aproxima a la división 185 (altura 370 mm.), se levanta el tubo lavador lentamente sin detener el flujo de la solución regulándolo de manera tal que el nivel del líquido, una vez retirado enteramente el tubo, alcance la división 190 (altura 380 mm.).
- g. Se deja reposar, evitando perturbaciones durante 20 minutos. Al término de esos 20 minutos se lee el nivel superior de la suspensión de fino.
- h. Se desciende suavemente al pistón lastrado ap. 10-3-b, en el cilindro hasta que repose sobre la arena. Se gira ligeramente el vástago sin presionarlo, hasta que uno de los tornillos de centrado sea visible. Se lee el nivel del centro del tornillo en la división más próxima.
- i. Cuando una lectura de la arena o de los finos se encuentre situada entre dos divisiones se deberá tomar la lectura sobre la división inmediata superior. Por ejemplo, una lectura de altura de finos entre 79 y 80 será anotada como 80. Una lectura de arena entre 32 y 33 será anotada como 33.

10.8 – CÁLCULOS

- a. El equivalente de arena se define por la siguiente expresión:

$$\text{E.A.} = \frac{\text{Lectura del Nivel superior de la Arena}}{\text{Lectura del Nivel Superior de los finos}} \times 100$$

- b. Si el resultado de la operación contiene un decimal, se toma como valor el número entero inmediatamente superior.

En el ejemplo anterior el equivalente de arena será:

$$\text{E.A.} = \frac{33}{80} \times 100 = 41,2 \quad \Rightarrow \quad 42$$

10.9. - PRECAUCIONES

- a. Con excepción de las arenas para hormigón, si el valor del Equivalente de Arena de una muestra es inferior a los límites impuestos para ese material, se deberá efectuar dos nuevos ensayos sobre la misma muestra o material de la misma bolsa y tomar el promedio de los tres resultados como valor del Equivalente de Arena.
- b. Para vaciar el cilindro se tapa y se sacude de arriba hacia abajo manteniéndolo invertido, hasta que el tapón de arena se desmenuza. Luego de vaciado, se enjuaga bien con agua.

- c. No exponer los cilindros de material plástico a la luz directa del sol más de lo necesario.
- d. El ensayo se efectuará en un local libre de vibraciones debido a que bajo la acción de las mismas, puede alterarse la velocidad de sedimentación.

10.10. – OBSERVACIONES

- a. El ensayo normal para determinar el Equivalente de Arena se efectúa con suelos o agregados secados previamente según se describe en el (ap. 10.6.d). Los ensayos efectuados sobre muestras húmedas dan generalmente valores más bajos de Equivalente de Arena. Sin embargo se puede ganar un tiempo considerable, sobre todo en campaña, no secando las muestras antes del ensayo. Los resultados así obtenidos pueden ser considerados como aceptables mientras satisfagan las exigencias de la especificación. En caso contrario, toda muestra que de un resultado de Equivalente de Arena inferior a lo especificado, se someterá a un ensayo siguiendo el método normal y observando todo los detalles del presente método de ensayo.
- b. Las muestras de material empleadas como agregado para mezclas bituminosas, si provienen de un silo y hayan pasado por el secador, no secarán.
- c. La descripción del método de ensayo de Equivalente de Arena establece que cuando se ha ensayado un material y su resultado no alcanza el valor requerido, se deben efectuar dos ensayos suplementarios sobre la misma muestra o bolsa de material. El promedio de estos tres ensayos será el valor Equivalente de Arena de esa muestra.
- d. El objeto de tomar el promedio es tender a disminuir los errores que puedan producirse debido a una variación en las muestras representativas tomadas de una masa grande de material. No deben promediarse los resultados obtenidos sobre diferentes muestras tomadas en un periodo superior a un día. Por ejemplo no se deberá emplear el método del promedio, sobre resultados obtenidos durante tres días consecutivos.



M. I. y O. S. P.
DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

ENSAYO DE ESTABILIDAD MARSHAL

Ruta N°: Pcia:
Tramo: Muestra N°:
Mezcla: Probeta N°:

Origen de los materiales:
.....
.....

Mezcla N°	Muestra N°	Material	Dosaje %	Peso específico	a/b	N° de probeta	Alturas probeta cm.	Altura promedio = cm.	Peso Probeta P = (gr)	Peso probeta en agua Pa (gr.)	Volumen probeta V = P-Pa cm³	Densid. Probeta P d = — V	Vacíos V d 100 (1 - —) D %	Vacíos agrega. Mineral v.a.m. = V+d.CA %	Relación Betún-vacíos R.B.V. 100.d.CA v.a.m.	ESTABILIDAD			FLUENCIA		RELACIÓN ESTABILIDAD FLUENCIA R=E/Fkg./cm		
			a	b	c											Lectura dial Ld.	Carga total Ct = Id.fa Kg.	Estabil. Correg. Ec=Ct.Fh Kg.	cm.	Pulg.			
Densidad Teórica = 100 / Σc = 100 / Σc																							
Densidad Teórica = 100 / Σc = 100 / Σc																							
Densidad Teórica = 100 / Σc = 100 / Σc																							

Revisado:

Experimentador:

.....
Lugar y Fecha

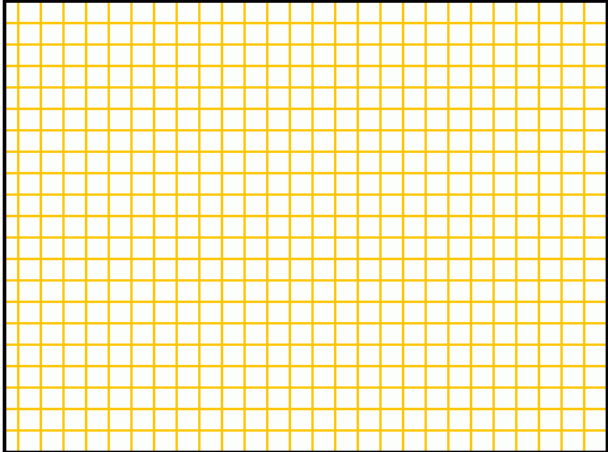
.....
Operador

.....
Laboratorista

Ensayo MARSHALL (Diagramas)

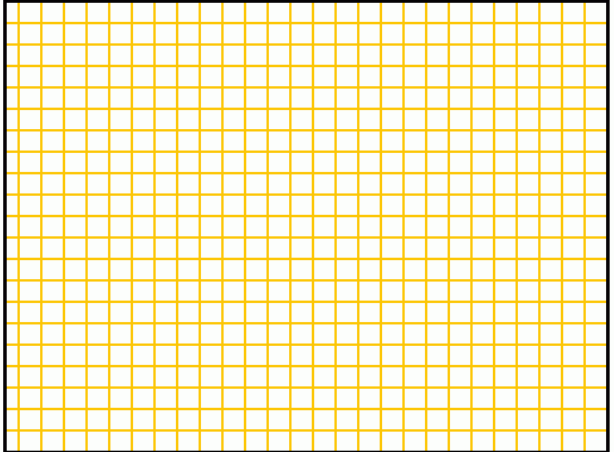
Estabilidad

Kg. Lb



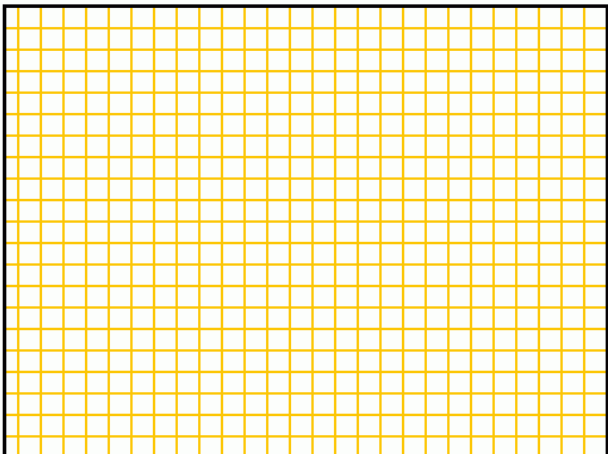
Fluencia

cm. 1/100



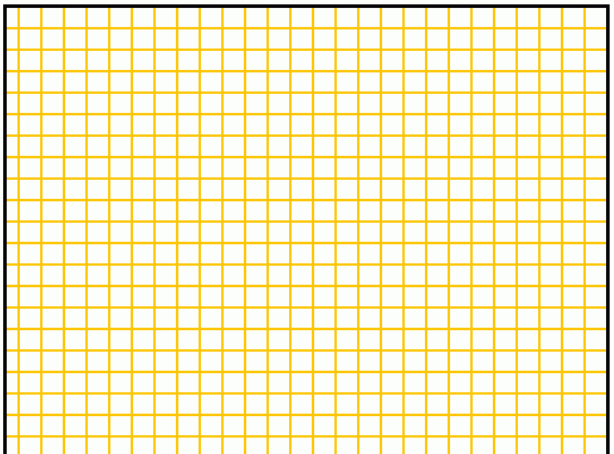
Densidad

d



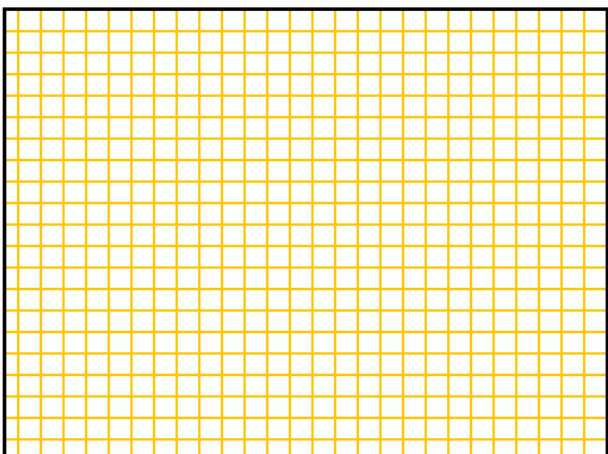
Vacíos

v



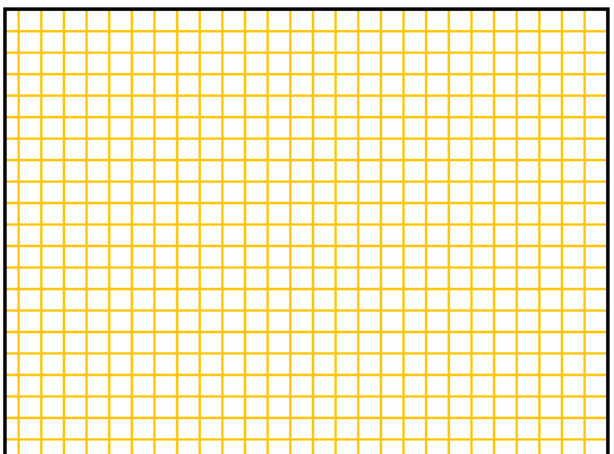
Vacíos Agr. Mineral

VAM



Relación Betún Vacíos

RBV



.....
Revisado

.....
Experimentador

Figura N° 1

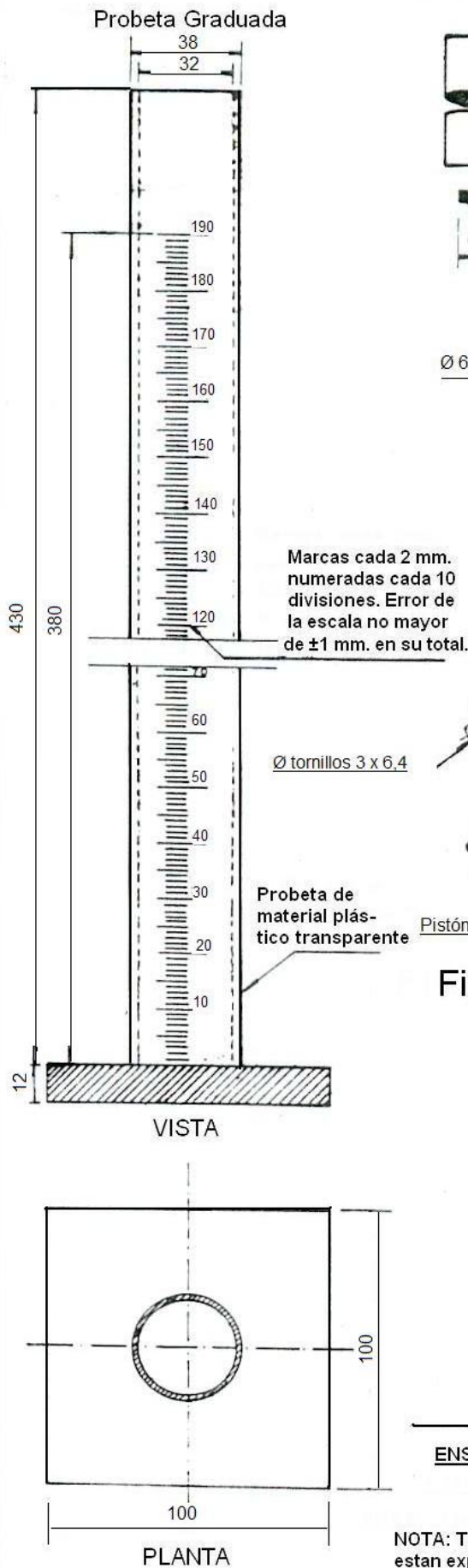


Figura N° 2

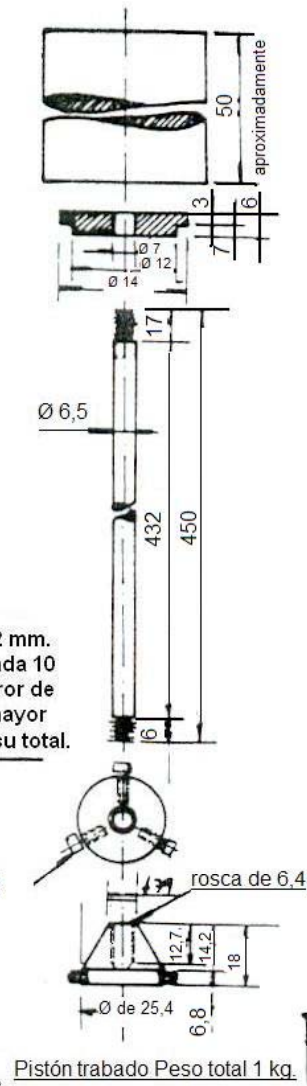


Figura N° 5



NOTA: Todas las medidas están expresadas en mm.

Figura N° 3

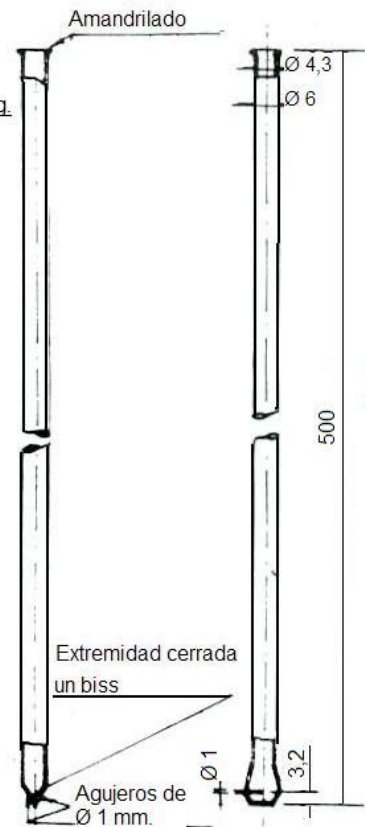


Figura N° 4

NORMA DE ENSAYO

VN - E11 - 67

“DETERMINACION DE LA CONCENTRACION CRITICA DE RELLENOS MINERALES”

[índice](#)

11.1.- OBJETO

- a. Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar la concentración crítica, Cs, de rellenos minerales, o filler.

Concentración crítica: Es el valor crítico de la concentración del relleno mineral en una mezcla de filler y betún, por encima del cual tal mezcla comienza a perder su carácter viscoso.

- b. Norma a consultar: Peso específico aparente de rellenos minerales descritos en la Norma de Ensayo [VN-E15-89](#).

11.2. - APARATOS

- a. Tubos de vidrio Pirex de 1,5 cm. de diámetro y de aproximadamente 23 cm. de longitud, graduados al 0,1 ml Hasta 20 ml.
- b. Agitadores de alambre fino aproximadamente 30 cm. de longitud.
- c. Balanza de precisión, con sensibilidad de 0,01 gramo.
- d. Recipiente de aproximadamente 2 litros de capacidad.
- e. Estufa para secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105°- 110° C.
- f. Elementos varios de uso corriente: bandejas, cucharas, espátulas, embudos de vidrio, papel de filtro, soportes, etc.

11.3. – MATERIALES

- a. Kerosene.
- b. Cloruro de calcio.

11.4. – PREPARACION DE LA MUESTRA

- a. Se obtiene una muestra representativa del material a ensayar y se lo reduce por cuarteos, hasta conseguir aproximadamente 100 gramos.
- b. Se seca en estufa a 105° - 110° C. hasta peso constante.
- c. Se pesa, con precisión de 0,01 g. una cantidad de material tal que corresponda a un volumen de sedimentación comprendido entre 8 y 12 ml. Cuando se ejecute el ensayo. De lo contrario deberá repetirse la determinación.

NOTA:

Para estimar la cantidad de material que se necesite pesar puede emplearse el peso específico aparente del relleno mineral, determinado previamente de acuerdo a la Norma de Ensayo [VN-E15-89](#).

11.5 – PROCEDIMIENTO

- a. Se deshidrata el kerosene utilizando cloruro de calcio.
- b. Se filtra el kerosene anhidro para eliminar las partículas de cloruro de calcio y las demás impurezas que pudiera contener.
- c. Se coloca alrededor de 15 ml. de kerosene en un tubo graduado, ap. 11- 2 (a), previamente secado en estufa.
- d. Se introduce en el tubo lentamente y cuidando que no se pierda material, la muestra ya pesada.
- e. Se agregan unos 5 ml. de kerosene para que arrastre el material, lo que hubiera quedado adherido a las paredes del tubo.
- f. Se separa un baño con agua llevada a ebullición utilizando el recipiente de ap. 11-2 (d).
- g. Se coloca el tubo en el baño de agua hirviendo manteniéndolo en posición vertical mediante un soporte adecuado que quede sumergido en el agua la parte que contiene líquido. Se introduce el agitador de alambre y para evitar que entre vapor de agua en el tubo, se coloca en la boca del mismo un tapón de algodón no muy ajustado.
- h. Se mantiene el tubo en el baño de agua hirviendo durante una hora como mínimo, removiendo a intervalos con el agitador de alambre, hasta eliminar totalmente el aire, se da por terminada la operación cuando no se observe más desprendimiento de burbujas.
- i. Se saca el agitador cuidando que no tenga partículas adheridas.
- j. Se retira el tubo del baño y se le deja en completo reposo en posición vertical, durante 24 horas.
- k. Al cabo de ese lapso se lee el volumen V, ocupado por el relleno mineral. Si este volumen de sedimento no está comprendido entre 8 y 12 ml, se debe repetir el ensayo con un peso distinto de relleno mineral.

11.6 – CALCULOS

- a. Se calcula la concentración crítica mediante la siguiente fórmula:

$$C_s = \frac{P}{V \cdot P.E.A.}$$

donde:

Cs: Concentración crítica.

P: Peso del relleno mineral.

V: Volumen del relleno mineral.

P. E. A: Peso específico del relleno mineral, determinado de acuerdo a la Norma de Ensayo [VN-E15-89](#).

- b. Dos determinaciones consecutivas con el mismo material no diferirán en $\pm 0,01$.

NORMA DE ENSAYO

VN - E12 - 67

“DETERMINACION DEL PESO UNITARIO DE PROBETAS ASFALTICAS COMPACTADAS”

[índice](#)

12- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el peso unitario, llamado comúnmente densidad, de probetas de mezclas asfálticas compactadas en laboratorio o extraídas de pavimentos en servicio.

12- 2 APARATOS

- a. Balanzas de por lo menos 2 Kg. de capacidad con sensibilidad de 0,1 g.
- b. Dispositivo para suspender las probetas que se sumergirán en agua. El mismo consiste en un gancho que colocado por debajo de uno de los platos de la balanza- si esta es del tipo Roberval- permite que el hilo, del que penderá la probeta, siga la vertical que pasa por el centro de dicho plato (ver figura N° 1). Si se emplea una balanza del tipo “de precisión” esta deberá tener el gancho en la parte superior del platillo y se deberá disponer de un soporte independiente para sostener al recipiente donde se desplazará la probeta (ver figura N° 2).
- c. Recipiente con capacidad suficiente para sumergir totalmente la probeta sin que haya rozamiento con sus paredes.
- d. Elementos varios de uso corriente en el laboratorio: bandejas para colocar las probetas durante su secado, recipiente para saturar las probetas con agua, etc.

12- 3 PROCEDIMIENTO

1- Probetas moldeadas en el laboratorio

- a. Después de 24 horas de haber sido moldeada, se determina el peso de la probeta seca, P_s , a la temperatura ambiente y con una aproximación de 0,1g.
- b. Luego se la sumerge en agua limpia, a temperatura ambiente y durante un lapso no inferior a 1 hora, a fin de saturarla.
- c. Extraída la probeta del agua se la suspende de la balanza colgándola del gancho del platillo mediante un hilo fuerte pero liviano (ver figura N° 1 y 2).
- d. Se sumerge la probeta en el recipiente con agua, ap. 12- 2 c), cuidando que no haya rozamiento con las paredes del mismo. Se determina el peso de la probeta en agua, P_i , con la aproximación 0,1g.
- e. Se retira de la probeta el agua, se le quita el hilo que la rodea dejándola escurrir durante 10 segundos.
- f. Se la lleva a la balanza, determinando su peso, P_h , con aproximación de 0,1g.
- g. Se deja secar la probeta al aire, para completar los demás ensayos que se piensa ejecutar con la probeta.

2- Probetas extraídas de pavimentos asfálticos.

- a. Extraída la probeta del pavimento se procederá a saturarla- con agua, tal como se indica en el ap. 12- 3,1 (b).
- b. Con la probeta en estas condiciones se efectúan las determinaciones señaladas en los ap. 12-3, 1 (c), (d), (e) y (f).

- c. Se coloca la probeta a secar al aire y a temperatura ambiente, hasta que se logre peso constante. Se determina dicho peso P_s , con aproximación de 0,1g.

12- 4 CALCULOS

Peso unitario de la probeta de mezcla asfáltica compactada.

Se le determina utilizando la fórmula:

$$PU = \frac{P_s}{P_h - P_i}$$

Donde:

PU = peso unitario de la probeta.

P_s = peso en aire de la probeta seca.

P_h = peso en aire de la probeta saturada con agua.

P_i = peso de la probeta, previamente saturada, sumergida en agua.

NOTA:

- Los resultados se expresan en g/cm^3 . con aproximación el centésimo.
- Dos determinaciones consecutivas, con una misma probeta, no deben diferir en más de 0.02.-

Dibujos esquemáticos

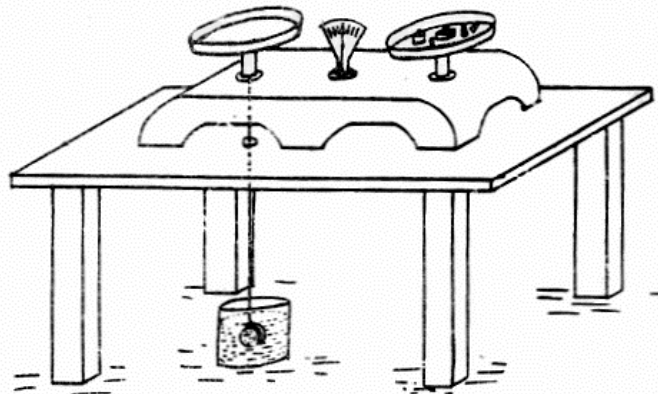


Figura N° 1

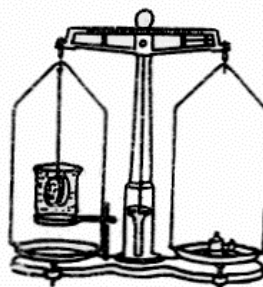


Figura N° 2

NORMA DE ENSAYO

VN - E13 - 67

“PESO ESPECIFICO APARENTE Y ABSORCION DE AGREGADOS PETREOS GRUESOS”

[índice](#)

13- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el peso específico aparente y la absorción de agregados pétreos gruesos.

- a) Peso específico aparente: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada a esa temperatura. El volumen incluye los poros impermeables del material.
- b) Peso específico del agregado seco: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada estando el material en condición de saturado a superficie seca. El volumen incluye los vacíos permeables e impermeables del material.
- c) Peso específico del agregado saturado: Es la relación entre el peso saturado a superficie seca de un volumen del material a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada. El volumen incluye los vacíos permeables o impermeables del material.
- d) Absorción: Es el volumen de los vacíos permeables del material expresada en por cientos del peso en el aire del mismo secado en estufa a 105°-110°C hasta constancia de peso.

13.2 APARATOS

- a) Tamiz IRAM 4,75 mm. N° 4).
- b) Balanza de 10 kg. de capacidad y sensibilidad al gramo.
- c) Cesto de malla de alambre IRAM 2,36 mm. (N° 8) de forma cilíndrica de 20 cm. de diámetro y 20 cm. de altura aproximadamente.
- d) Recipiente de capacidad suficiente para sumergir el cesto totalmente en agua.
- e) Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, estufa para secado de muestras, etc.

13.3 PREPARACION DE LA MUESTRA

- a) Se obtiene una muestra representativa del material a ensayar y se reduce por cuarteos sucesivos hasta un peso de 5 kg. aproximadamente.
- b) Se elimina, por zarandeo, de la muestra así obtenida todo el material que pasa el Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4).

13- 4 PROCEDIMIENTO

- a) Se lava cuidadosamente el material retenido en el Tamiz IRAM 4.75 mm. (N° 4) en una bandeja con agua hasta eliminar totalmente el polvo y las partículas adheridas a las partículas gruesas.

- b) Se sumerge la muestra lavada en agua limpia a temperatura ambiente durante 24 horas, agitando el recipiente para conseguir que se desprendan totalmente las partículas de aire adheridos al material.
- c) Transcurridas las 24 horas se retira la muestra del agua y se la seca haciéndola rodar sobre un paño absorbente preferentemente húmedo, de manera de eliminar solamente la película de agua superficial que da una apariencia brillante a las partículas. Enjuagar las partículas de mayor tamaño una por una. La superficie de las partículas debe mantenerse opaca y húmeda. Se tendrá especial cuidado de evitar la evaporación al realizar este trabajo.
- d) Se determina el peso de la muestra, saturada a superficies seca, con aproximación al gramo, designado Ph a este valor.
- e) Pesada la muestra se la coloca en el cesto de malla de alambre ap. 13-2-C, cuyo peso vacío y sumergido en agua debe haberse determinado previamente y se determina su peso sumergida en agua, con aproximación al gramo. Llamaremos: Pi = Peso del cesto con la muestra en agua- Peso del cesto vacío en agua.
- f) Se saca la muestra del cesto, se la coloca en una bandeja y se introduce en estufa a 105°- 110°C hasta peso constante se la deja enfriar y se pesa. Designado Ps este valor.

13- 5 CALCULOS

a) Peso específico aparente

Se determina mediante la fórmula:

$$P.E.A = \frac{Ps}{Ps - Pi}$$

Donde: P: E: A: S: = Peso específico aparente.

Ps= Peso de la muestra seca en estufa a peso constante.

Pi = Peso sumergida en agua de la muestra saturada a superficie seca.

b) Peso específico del agregado seco

Para calcularlo se aplica la fórmula siguiente:

$$P.E.A.S = \frac{Ps}{Ph - Pi}$$

Donde:

P.E.A.S = Peso específico del agregado seco

Ph = Peso de la muestra en condición de saturada a superficie seca.

Ps; Pi = Con igual significado que en la fórmula anterior.

c) Peso específico del agregado saturado:

Se calcula aplicando la fórmula siguiente:

$$P.E.A.Sat = \frac{Ph}{Ph - Pi}$$

Donde:

P.E.A.Sat = Peso específico del agregado saturado.

Ph = Peso de la muestra saturada a superficie seca.

Pi = Peso de la muestra saturada a superficie seca sumergida en agua.

d) Absorción:

Para su determinación se aplica la fórmula siguiente:

$$A \% = \frac{Ph - Ps}{Ps}$$

Donde:

A% = Absorción en por cientos de peso seco.

Ph = Peso de la muestra saturada a superficie seca.

Ps = Peso de la muestra seca en estufa a peso constante.

13-6 OBSERVACIONES

- a) Los resultados se expresan para los pesos específicos aparente y aparente saturado en números adimensionales y con aproximación al centésimo, para la absorción en porcentaje del peso seco del material y con aproximación al décimo.
- b) Se considerarán correctos los resultados cuando dos determinaciones no difieran en más de 0,02 % para los pesos específicos y en más de 0,05 % para la absorción.

NORMA DE ENSAYO

VN - E14 - 67

“PESO ESPECIFICO APARENTE Y ABSORCION DE AGREGADOS PETREOS FINOS”

[índice](#)

14- 1 - OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el peso específico aparente y la absorción de agregados pétreos finos.

- a) Peso específico aparente: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada a esa temperatura. El volumen incluye los poros impermeables del material.
- b) Peso específico del agregado seco: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada a esa temperatura, estando el material en condición de saturado a superficie seca. El volumen incluye los vacíos permeables o impermeables del material.
- c) Peso específico del agregado saturado: Es la relación entre el peso de un volumen del material saturado a superficie seca, a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada a esa temperatura. El volumen incluye los vacíos permeables del material.
- d) Absorción: Es el volumen de los vacíos permeables de una porción de material expresada en por cientos del peso en el aire de esa misma porción secada en estufa 105°- 110°C. hasta constancia de peso.

14- 2. APARATOS

- a) Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4)
- b) Balanza de 1 Kg. de capacidad y sensibilidad al 0,1gr.
- c) Matraz aforado de 500 ml. De capacidad con una tolerancia de 0,15 ml. A 20°C.
- d) Molde metálico tronco cónico de 39 mm. de diámetro en la base inferior, 38 mm. de diámetro en la superior y 73 mm. de altura.
- e) Pistón metálico cilíndrico de base plana de 25 mm. de diámetro y 350 gr. de peso.
- f) Baño de agua a temperatura de 20°C constante.
- g) Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, embudos de vidrio, estufa para secado de muestra, etc.

14- 3 - PREPARACION DE LA MUESTRA

- a) Se obtiene una muestra representativa del material a ensayar y se reduce por cuarteos sucesivos hasta un peso de 1 Kg. aproximadamente.
- b) Se elimina, por zarandeo, de la muestra así obtenida todas las partículas retenidas en el Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4).

14- 4 - PROCEDIMIENTO

- a) Se seca la muestra en estufa a 105°-110° C hasta peso constante, se deja enfriar y se sumerge luego en agua a temperatura ambiente, agitándola enérgicamente

hasta conseguir remover totalmente el polvo y las partículas adheridas a la superficie de las partículas.

- b) Se sumerge la muestra lavada en agua, limpia a temperatura ambiente, durante 24 horas agitando el recipiente para conseguir que se desprendan totalmente las partículas de aire adherido al material.
- c) Transcurridas las 24 horas se retira la muestra del agua y se extiende en una bandeja plana para que se seque al aire a la temperatura ambiente, removiéndola con frecuencia en su totalidad para asegurar un secado uniforme.
- d) Se continúa con esta operación hasta notar que las partículas están próximas a correr libremente, se introduce entonces el agregado en el molde cónico ap. 14-2-d sin apretarlo.
- e) Se apisona en forma suave la superficie del agregado 25 veces con el pisón metálico ap. 14-2-e y se levanta verticalmente el molde. Si queda humedad superficial el agregado retiene la forma del molde.
- f) Si así sucede se mezcla nuevamente todo el material y se continúa el secado haciendo ensayos con el molde a intervalos frecuentes hasta que el cono del agregado se desmorone al retirarlo. En este estado se considera que el material se encuentra en condición de saturado a superficie seca.
- g) Del material en condición de saturado a superficie seca se pesan 500 gr. evitando pérdidas de humedad y se colocan en el matraz ap. 14-2-c en el que se han agregado con anterioridad 200 cm³. de agua a 20 ° de temperatura.
- h) Se agrega agua a esa misma temperatura hasta casi llegar a la marca de 500 cm³. Se hace rodar el matraz sobre una superficie plana para eliminar totalmente las burbujas de aire introduciéndolo luego en el baño de agua ap. 14-2-f, a temperatura de 20°C constante.
- i) Después de transcurrida una hora aproximadamente de haber introducido el matraz en el baño de agua se le agrega agua a 20°C hasta llegar a la marca de 500 cm³ y se determina el volumen total del agua contenida en el matraz con la precisión de 0,1 ml. Designado a este volumen V_A.
- j) Se retira el agregado del matraz y se seca en estufa a 105°-110°C hasta peso constante se enfría a temperatura ambiente en un desecador y se pesa con aproximación al 0,1 g. Designando a este peso Ps.

14- 5 - CALCULOS

a) Peso Específico Aparente

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P.E.A. = \frac{Ps}{(Vm - Va) - (500 - Ps)}$$

Donde:

- Ps = Peso de la muestra seca en estufa a peso constante.
- P.E.A = Peso específico aparente.
- Vm = Volumen del matraz.
- Va = Volumen total del agua contenida en el matraz.

b) Peso específico del agregado seco:

Se determina aplicando la fórmula siguiente:

$$P.E.A.Sat = \frac{Ps}{Vm - Va}$$

En la cual intervienen términos cuyo significado ya ha sido establecido.

c) Peso específico del agregado saturado:

Para calcularlo se aplica la fórmula que a continuación se indica:

$$P.E.A.Sat = \frac{500}{Vm - Va}$$

También en esta última fórmula los términos son todos conocidos.

d) Absorción.

Se aplica la fórmula siguiente.

$$A \% = \frac{500 - Ps}{Ps} \times 100$$

En la cual todos los términos son conocidos.

14.6 ENSAYO ACELERADO PARA MEZCLAS ASFALTICAS:

- a) Para el caso que se trate de una mezcla asfáltica puede acelerarse el ensayo eliminando las operaciones que permiten llevar el material a condición de saturado a superficie seca puesto que en los cálculos de dichas mezclas interviene únicamente el peso específico aparente tal como se ha definido en ap. 14- 1- a.
- b) Si este es el caso del material a ensayar se obtiene por cuarteo una muestra representativa de 500 g. aproximadamente que pasa totalmente por el Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4).
- c) Se seca en estufa a 105° - 110°C. hasta peso constante y se determina su peso con aproximación al 0,1 g. Llamaremos a este peso Ps.
- d) Se sumerge la muestra en agua limpia a temperatura ambiente, agitando el recipiente hasta conseguir que se desprendan totalmente las partículas de aire adheridas al material y se deja en reposo durante 24 horas.
- e) Transcurrido ese lapso se lleva el material con el agua que tenía el recipiente al matraz aforado ap.14-2-c cuidando arrastrar totalmente la muestra. El matraz debe previamente haber sido tarado perfectamente seco en estufa a 105°- 110°C. hasta peso constante con precisión al 0,1 g. Para efectuar el traspaso del material se utilizará un embudo de vidrio de boca ancha.
- f) Se lavará sobre el embudo el recipiente que controla la muestra húmeda y el embudo con una picota con agua a temperatura ambiente y se agregará al matraz hasta llegar casi a la marca de 500 cm³.

- g) Terminada esta operación se procede a dar al matraz, inclinando sobre una superficie plana, en movimiento de rotación para librar al material de su contenido de aire. Debe continuarse el agitado del matraz hasta que se observe que no aparecen burbujas de aire en la superficie del agua.
- h) Se llena el matraz con agua hasta un poco más abajo de la marca de los 500 cm³. y se lo coloca durante 1 hora aproximadamente en el baño de agua ap. 14-2-f, a la temperatura de 20°C. constante.
- i) Se enrasa exactamente agregando agua, se retira del baño, se seca el matraz y se pesa con el total de su contenido con precisión al 0,1 g. Llamaremos a este peso P.

14-7 CALCULOS

Peso específico aparente:

$$P.E.A. = \frac{P_s}{V_m - (P - T - P_s)}$$

Donde:

P_s = Peso de la muestra seca en estufa a 105° - 110°C peso constante.

V_m = Volumen del matraz.

T = Tara del matraz seco.

14-8- OBSERVACIONES

- a) El método descrito en ap. 14-4, para la obtención del material en condición de saturado a superficie seca, tiene por objeto asegurar que en el primer tanteo el agregado tenga algo de humedad superficial. Si el cono se desmorona en el primer ensayo el agregado fino se ha secado más allá de su punto de saturado a superficie seca. En tal caso se agrega un poco de agua, se mezcla íntimamente y se deja la muestra en un recipiente tapado durante 30 minutos comenzando nuevamente el proceso.
- b) Los resultados se expresan para los pesos específicos aparente y aparente saturado en números adimensionales con aproximación al centésimo. Para la absorción en porcentaje del peso seco del material y con aproximación al décimo.
- c) Se consideran correctos los resultados cuando dos determinaciones sobre la misma muestra no difieran en más de 0,02 para los pesos específicos y en más de 0,05% para la absorción.

NORMA DE ENSAYO

VN - E15 - 89

“PESO ESPECIFICO APARENTE DE RELLENOS MINERALES”

[índice](#)

15- 1. OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para la determinación del peso específico aparente de rellenos minerales.

- a) Rellenos minerales o “filler”: Es un producto de origen mineral finamente subdividido; no menos del 65% que pasa Tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200). Actúa sobre la fracción coloidal del asfalto incorporado aumentando su consistencia, reduce además los vacíos existentes entre las partículas del agregado pétreo, mejorando la densidad y la estabilidad de las mezclas asfálticas.

15- 2. APARATOS:

- a) Volumenómetro “Le Chatelier” de 500 cm³. de capacidad aproximadamente.
b) Balanza de 1Kg. de capacidad sensible al 0,1g.
c) Baño de agua a temperatura de 20°C ± 0,1°C.
d) Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, embudos de vidrio, papel de filtro, estufa para secado de muestras, etc.
e) Kerosene anhidro mantenido con cloruro de calcio.

15- 3. PREPARACION DE LA MUESTRA

- a) Se obtiene una muestra representativa del material a ensayar y se reduce por cuarteo hasta obtener 500 Kg. de material aproximadamente.
b) Se seca en estufa a 105° - 110°C. hasta peso constante y del material seco se pesan 50 g. ± 0,1 g.

15- 4. PROCEDIMIENTO

- a) Se llena el volumenómetro de Le Chatelier (ap.15-2.a) previamente secado a estufa y enfriado a temperatura ambiente, con el Kerosene anhidro hasta alcanzar en el cuello un volumen entre las marcas 0 y 1 del aparato. Mediante papel del filtro se seca con todo cuidado el interior del frasco por encima del nivel de enrase.
b) Se coloca el volumenómetro en el baño de agua a temperatura de 20°C. ± 0,1°C, (ap. 15-2c), durante media hora manteniéndola en posición vertical mediante un soporte adecuado. Transcurrido este período de tiempo se lee el volumen alcanzado por el Kerosene. Volumen inicial, Vi.
c) Se introduce con todo cuidado y lentamente, para no perder material, la muestra (ap. 15-2 a), evitando caídas bruscas del material que pueden hacer que éste se

acumule en el bulbo del volumenómetro o que el polvo se adhiera a las paredes del cuello. Es conveniente utilizar para esta operación un embudo de vidrio de dimensiones adecuadas.

- d) Una vez introducido el total del material se procede a dar al volumenómetro un movimiento de rotación inclinándolo sobre una superficie plana. Esta operación tiene por objeto eliminar todo el aire adherido a las partículas del material y debe continuarse hasta conseguir su total eliminación, es decir hasta que no surjan a la superficie del líquido más burbujas de aire.
- e) Se sumerge el volumenómetro en el baño de agua a temperatura de $20^{\circ}\text{C.} \pm 0,1^{\circ}\text{C.}$ constante durante media hora, aproximadamente, para obtener que el aparato y su contenido alcancen la temperatura del baño. Transcurrido este período de tiempo se lee el volumen alcanzado por el Kerosene. Volumen final Vf.

15- 5. CALCULOS

- a) La diferencia entre la lectura inicial, Vi, y la final Vf, representa el volumen del kerosene desplazado por el material o indica su propio volumen.
- b) Peso específico aparente.

Se calcula mediante la fórmula que sigue:

$$\text{P.E.A} = \frac{\text{P}}{\text{V}}$$

Donde: P.E.A = Peso específico aparente.

P = Peso seco del material introducido en el volumenómetro.

V = Volumen del kerosene anhidro desplazado por la muestra.

15- 6. OBSERVACIONES

- a) El peso específico aparente se expresa en números adimensionales con aproximación al centésimo.
- b) Se consideran correctos los resultados cuando dos determinaciones sucesivas efectuadas sobre una misma muestra no difieran entre si en $\pm 2\%$.

NORMA DE ENSAYO

VN - E16 - 67

“DETERMINACION DEL FACTOR DE CUBICIDAD”

[índice](#)

16- 1 OBJETO

Este ensayo consiste en relacionar la dimensión mínima, con la medida de las partículas de un agregado pétreo, mediante operaciones de zarandeo a través de cribas reductoras y tiene por objeto determinar las características de forma de las partículas que constituyen el agregado, definiendo la misma por el valor que resulta para su “factor de cubicidad”. Este valor de cubicidad toma el valor de uno para agregados de cubicidad óptima y cero para los de cubicidad mínima (partículas sumamente achatadas o lajosas).

16- 2 - APARATOS

La ejecución del ensayo requiere los siguientes elementos de laboratorio:

Una balanza de sensibilidad dentro del 0,1 por ciento del peso de la muestra ensayar.

Un juego de cribas con aberturas circulares de los tamaños necesarios para el tipo de graduación a utilizar.

Un “Marco de zarandeo” para las cribas reductoras según figura 1.

Un “juego de cribas reductoras de los tamaños necesarios para el tipo de graduación a utilizar”, según figura 2.

16- 3 - PROCEDIMIENTO

La muestra a ensayar estará formada por partículas de pedregullo ó grava y deberá tener una granulometría tal, que cumpla con una de las cuatro graduaciones (A, B, C ó D), dadas más adelante. Se elegirá para el ensayo, la graduación que sea más representativa del tipo de agregado a utilizar en el trabajo. Los agregados secos serán clasificados previamente por cribado, en los diferentes tamaños exigidos para el ensayo. La muestra será de unos 12 Kg. de agregado para la graduación A; 6 Kg. para las graduaciones B y C; y 2 Kg. para la graduación D.

La muestra a ensayar cumplirá, con una de las siguientes granulometrías:

graduación “	Tamaño Directriz		Porcentaje
	Pasa criba	Retenido criba de (criba de abertura circular)	
A	3" (7,63cm.)	2 1/2" (6,36cm.)	25
	2 1/2" (6,36 cm.)	2" (5,08cm.)	25
	2" (5,08cm)	1 1/2 (3,81cm)	25
	1 1/2" (3,81cm.)	1 1/4 (3,18cm)	25
	1 1/4" (3,18cm.)	1" (2,54cm.)	33 1/3
B	1" (2,54cm.)	3/4" (1,90cm.)	33 1/3
	3/4" (1,90cm.)	5/8" (1,59cm.)	33 1/3
C	3/4" (1,90cm.)	5/8" (1,59cm.)	33 1/3
	5/8" (1,59cm.)	1/2" (1,27cm.)	33 1/3
	1/2" (1,27cm)	3/8" (0,95cm.)	33 1/3
	1/2" (1,27cm.)	3/8" (0,95cm.)	50
	3/8" (0,95cm.)	1/4" (0,64cm.)	50

Cada una de las fracciones de la muestra para el ensayo (partículas que pasa una criba y son retenidas por la criba de tamaño inmediato inferior) será tamizada a través de las cribas “Reductoras” I y II correspondiente a su “Tamaño directriz”, (tamaño de la criba por la que pasan las partículas de una fracción). Por cribas “Reductoras”, se entiende aquellas cuyas aberturas son rectangulares y cuyo lado menor tiene una dimensión igual a 1/2 diámetro de la criba circular correspondiente, para el Tipo I, y 1/3 del diámetro para el tipo II.

El cribado a través de las cribas reductoras, continuará hasta que no pese más del 1% en peso del agregado retenido, durante un minuto de zarandeo, la sumatoria de los porcentajes de los agregados retenidos por la criba Reductora I, más la mitad de la sumatoria de los porcentajes de los agregados retenidos por la criba Reductora II, divididos por 100 y por el número de “Tamaño directrices” correspondientes a la muestra analizada, definen el factor de cubicidad y expresa el resultado del ensayo.

$$F = \frac{P1 + \frac{1}{2} P2}{100n}$$

En donde:

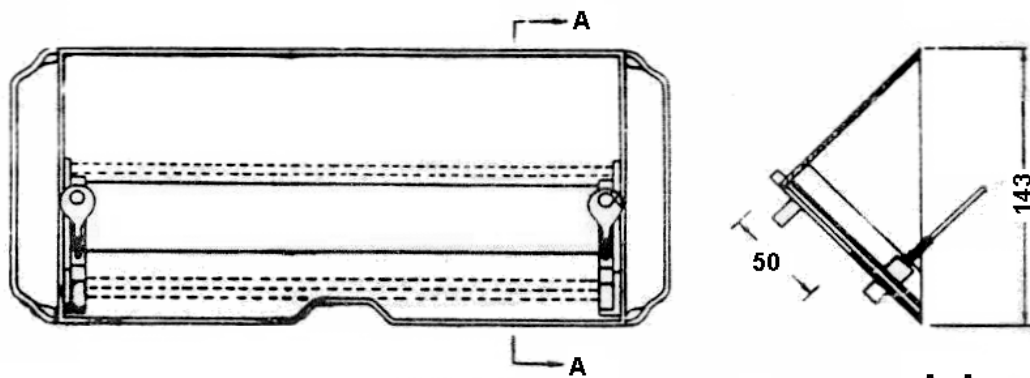
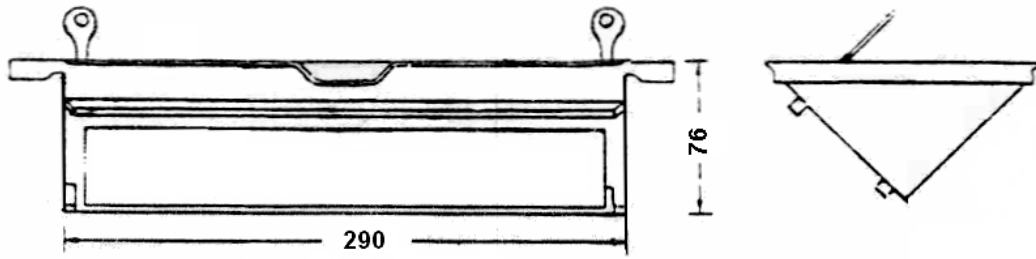
F = “Factor de cubicidad”

P1 = Porcentaje de partículas retenidas en la criba “Reductora” I.

P2 = Porcentaje de partículas retenidas en la criba “Reductora” II.

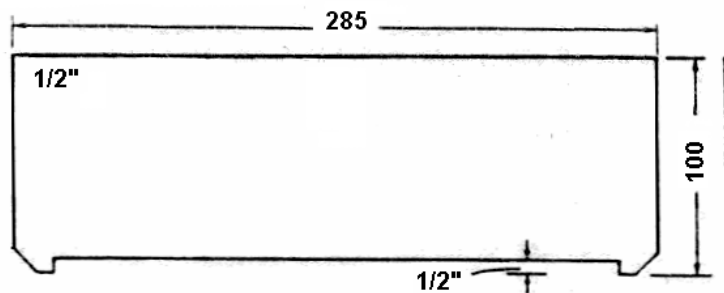
n = Número de “tamaños directrices” correspondientes a la muestra analizada.

FACTOR DE CUBICIDAD

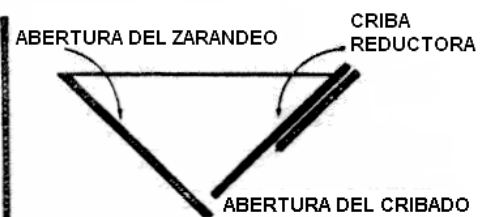


MARCO DE ZARANDEO

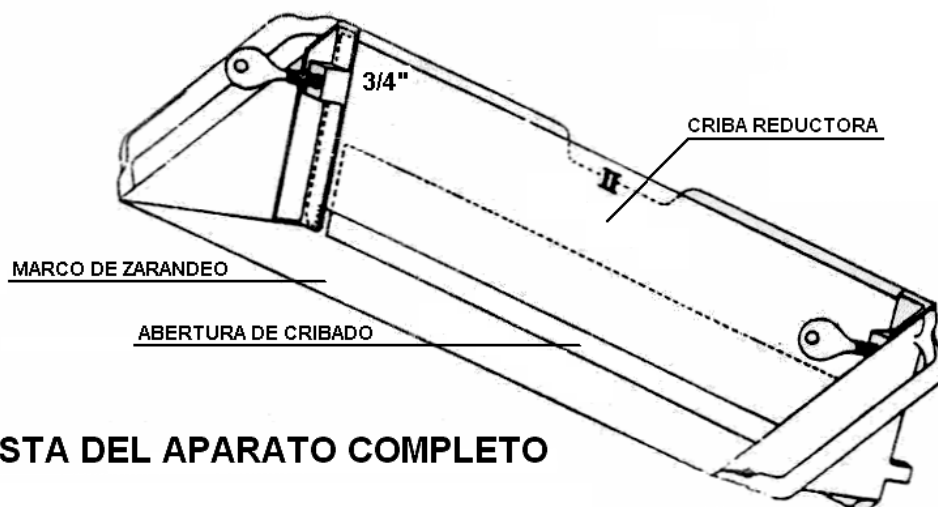
A - A



CRIBA REDUCTORA



POSICIÓN DE LA CRIBA EN EL MARCO



VISTA DEL APARATO COMPLETO

NORMA DE ENSAYO VN - E17 - 87

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ASFALTO DE MEZCLAS PREPARADAS EN CALIENTE POR EL MÉTODO DE “ABSON”

[índice](#)

17-1. OBJETO:

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para la determinación del contenido de asfalto de mezclas preparadas en caliente empleando el método de “Abson”.

17-2 APARATOS:

- a) Extractor Abson – Este aparato consiste en un cuerpo cilíndrico (ver fig. N° 1), de 50 cms. de alto y 20 cms. de diámetro, con base de fibrocemento. Consta de dos partes: la superior (comprende 2/3 del aparato) incluye el refrigerante, los cestos, el agitador y un grifo de descarga; la inferior lleva el sistema de calefacción, realizado por medio de una resistencia con potencia de 300 vatios máximos.
El refrigerante (A) está insertado por debajo de la tapa del extractor y consta de una espiral de cobre de diámetros desiguales y corrugaciones equidistantes para que el solvente al condensarse se desplace y gotee sobre el cesto en forma de lluvia.
El cesto principal del equipo (B) lleva sujeto en la base, con grapas, un cestillo cónico (D) revestido con malla de 75 micrones de abertura.
En el centro del cesto, dentro de una guía o muesca, gira un agitador a paleta (c) cuyo vástago sale fuera del aparato, terminando en un robinete desmontable a fin de facilitar su movimiento manual.
- b) Estufa regulable para secado de muestras.
- c) Centrifuga, con sus correspondientes vasos de 250 cm³ que permita trabajar a 2.500 r.p.m.
- d) Portavasos para apoyo durante las pesadas.
- e) Balanza de por lo menos 4 Kgs. de capacidad con sensibilidad de 0,1 gr.
- f) Probetas graduadas de 500 cm³.
- g) Vasos erlenmeyer de 500 cm³.
- h) Termómetro graduado de 0°C a 150°C.
- i) Plato enlozado.
- j) Tamices IRAM. Se utilizarán la serie de cribas y tamices establecidas en el Pliego de Especificaciones de la Obra, con su correspondiente tapa y fondo.
- k) Elementos varios de uso corriente en laboratorio: bandejas, espátulas, pinceles, etc.

17-3 REACTIVOS:

- a) Tricloroetileno.
- b) Alcohol desnaturalizado

17-4 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

- a) Se obtiene una muestra representativa de la mezcla a ensayar. La cantidad mínima de material que se requiere enviar al laboratorio depende del tamaño máximo nominal de las partículas del agregado pétreo utilizado. Los valores respectivos se detallan en la tabla N° 1.
- b) Se coloca la muestra obtenida en estufa a 110°C - 120°C durante 30 minutos. Al cabo de dicho tiempo se la desmenuza con una espátula y se deja 30 minutos más.
- c) Esta mezcla caliente se reduce, por cuarteos hasta lograr la porción necesaria para efectuar el ensayo. Esta cantidad también es función del tamaño máximo del agregado pétreo, debiendo estar comprendida entre los límites que se fijan en la Tabla N° 1.
- d) Por cuarteo se toma también una muestra para la determinación de agua. Ver Norma [VN-E55-86](#) para “Determinación de agua en mezclas asfálticas por destilación”.

17-5 PROCEDIMIENTO:

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ASFALTO:

- a) Se pesa en la balanza, ap. 17-2 c; el conjunto de ambos cestos, agitador y un plato enlozado (este último servirá de apoyo para evitar pérdidas de material). El peso del equipo se obtiene al 0,1 gr. llamándolo “P”.
- b) La muestra a ensayar se coloca en el cesto principal (B) estando aún tibia, para acomodar mejor sus partículas, cuidando de colocar previamente el agitador en su lugar.
- c) Una vez frío se coloca el conjunto sobre el plato enlozado, se agrega el cestillo (D) y se obtiene su peso “P1”. La diferencia de este peso con “P” será la cantidad de mezcla con el que se inicia la determinación, llamándolo “P2”. Se toma el cesto (S), se ajusta el cestillo (D) y se coloca el conjunto en el extractor (ap. 17 – 2 a).
- d) Sobre la mezcla se vuelcan 500 cm³. de tricloroetileno. Se cierra, ajustando correctamente la tapa, se conecta la calefacción y se deja circular agua por el refrigerante.
- e) Se deja funcionar el extractor durante el tiempo necesario para que la lluvia del solvente condensado al caer sobre la muestra produzca el arrastre del asfalto, hasta que, a través de la mirilla (F) pueda visualizarse el solvente totalmente limpio. Durante la extracción del asfalto se acciona el agitador mediante 10 rotaciones cada 15 minutos.
La agitación deberá realizarse con cuidado para evitar el desprendimiento parcial o total del “cestillo” de retención (D).
- f) Trascurrido el período de extracción se desconecta el calefactor dejándose circular agua por el refrigerante durante 30 minutos como mínimo, hasta que se enfríe todo el dispositivo.
- g) Se cierra el paso de agua y se levanta la tapa refrigerante.
El agregado pétreo que contiene el cesto deberá presentarse libre de betún.
Si tal cosa no ocurriera deberá proseguir la extracción.
- h) Si el agregado se halla limpio, se retira el conjunto constituido por ambos cestos (B) y (D) y el agitador. Se lo deja al aire durante 30 minutos colocándolo sobre el plato enlozado. Se seca en estufa durante 1 hora a 110°C - 120°C. Se deja enfriar y se pesa “P3”. La diferencia con “P” será la cantidad de mezcla sin asfalto “P4” (falta agregar los finos).
- i) En el recipiente del extractor ha quedado el asfalto disuelto en tricloroetileno y el agregado pétreo fino que pasa por el “cestillo” (malla de 74 micrones). Este

material se recupera por centrifugado. A tal fin se traspasó el tricloroetileno, abriendo el grifo (G), a un erlenmeyer, agitando al mismo tiempo con una espátula para mantenerlas en suspensión durante la operación.

- j) Como la cantidad de tricloroetileno con que se trabaja es de 500 cm³., con dos vasos de centrifuga de 250 cm³., de capacidad cada uno, se puede realizar la operación. Se taran estos vasos en balanza al 0,1 gr. habiéndoselos secado previamente en estufa durante 1 hora como mínimo ó a peso constante. Se distribuye el tricloroetileno con el material de suspensión, en partes iguales entre los dos vasos.
- k) Se igualan los pesos de ambos vasos, colocados en los correspondientes portavasos, en una balanza al 0,1 gr. agregando solvente limpio en el tubo más liviano.
- l) Se centrifuga ambos vasos, colocados en posiciones opuestas, durante 15 minutos a 2.500 r.p.m. Se extraen los vasos y se decanta el tricloroetileno.
- m) Se vierten 250 cm³. de tricloroetileno limpio en el recipiente del extractor, se agita y se lo trasvasa, mediante el grifo (G), al mismo erlenmeyer usado anteriormente.
- n) Se agita el erlenmeyer y se vierte el contenido, por partes aproximadamente iguales, en los vasos de la centrifuga que contiene el residuo de la centrifugación anterior. Luego se agita el contenido de cada vaso con una varilla de vidrio hasta remover todo el material depositado en el fondo. Se procede a una nueva centrifugación, siguiendo los pasos indicados anteriormente en j), k) y l).
- o) Se repite el lavado del recipiente y agitación en los vasos, tal como se indicó en los párrafos m) y n), efectuándose una última centrifugación.
- p) Los vasos con el residuo depositado por centrifugación (previa decantación del tricloroetileno) se dejan al aire 30 minutos y luego se secan durante 1 hora ó a peso constante, en estufa a 110°C – 120°C.
- q) Se dejan enfriar los vasos y se pesan. Se obtiene, sumando las diferencias entre estos pesos y los de tara de los vasos el peso “D” que corresponde a una parte del material pétreo que pasa el Tamiz N° 200. La suma de este valor con “P4” (párrafo h) nos da el total de mezcla sin asfalto, denominándolo “P5”.

17- 6 DETERMINACIÓN DE AGUA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS POR DESTILACIÓN (VN – E – 55/86) EJECUCIÓN DEL ENSAYO Y SU APLICACIÓN EN LA PRESENTE NORMA.

- a) Ejecutando el ensayo según lo indicado en 17-4-d), se procederá a determinar la cantidad de agua en la mezcla (17-5-c) aplicando la formula.

$$\frac{P2 \times \% \text{ Agua}}{100} = P6$$

- b) Con el valor anterior así obtenido, determinamos el total de mezcla sin agua, por la diferencia entre el Peso total de la mezcla y agua “P2” y Peso de la mezcla sin agua “P6”, llamando a este paso definitivo de la mezcla “P7”.

17- 7 CÁLCULOS

- a) El contenido de asfalto de la mezcla se calcula con la siguiente expresión.

$$\% \text{ C.A.} = \frac{P2 - (P6 + P5)}{100} \times 100$$

P7

Donde:

P2 = Peso total de la mezcla y agua.

P5 = Peso de los áridos sin asfalto más los finos.

P6 = Peso del agua en la mezcla.

P7 = Peso de la mezcla descontada el agua.

17- 8 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO PÉTREO

- a) Se retira el agregado contenido en el cesto (B) y en el cestillo (D) y se lo reúne en una bandeja. Además, se agrega esta bandeja el material depositado en los vasos después del centrifugado y secado.
- b) Se humedece con alcohol desnaturalizado y se lava con agua sobre el Tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200), intercalando un Tamiz IRAM 2,0 mm. (N° 10). Cuando el agua que pasa a través del tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) sale limpia, se coloca en un plato el material retenido por ambos tamices.
- c) Se seca en estufa a 105°C – 110°C, hasta peso constante.
- d) Una vez seco el material, se lo deja enfriar y se determina su granulometría siguiendo las indicaciones de la Norma VN - E7 - 65 “Análisis mecánico de materiales granulares” ap.7-4-1.

TABLA N° 1
CANTIDAD DE MUESTRA

Tamaño Máximo (nominal) de las partículas	A enviar al laboratorio	A ensayar
2,00 mm.	2 Kg.	400 a 500 Kg.
4,75 mm.	2 Kg.	400 a 500 Kg.
9,5 mm.	4 Kg.	600 a 800 Kg.
12,5 mm.	6 Kg.	800 a 1000 Kg.
19,0 mm.	8 Kg.	800 a 1000 Kg.
25,0 mm.	10 Kg.	1000 a 1200 Kg.

Determinación del Contenido de Asfalto por el Método de "ABSON" (Norma VN-E17-87)

Obra: _____ Ruta: _____
 Provincia: _____ Tramo: _____
 Sección: _____ Contratista: _____
 Prog.: _____ Ubicación: _____ Tipo de capa: _____

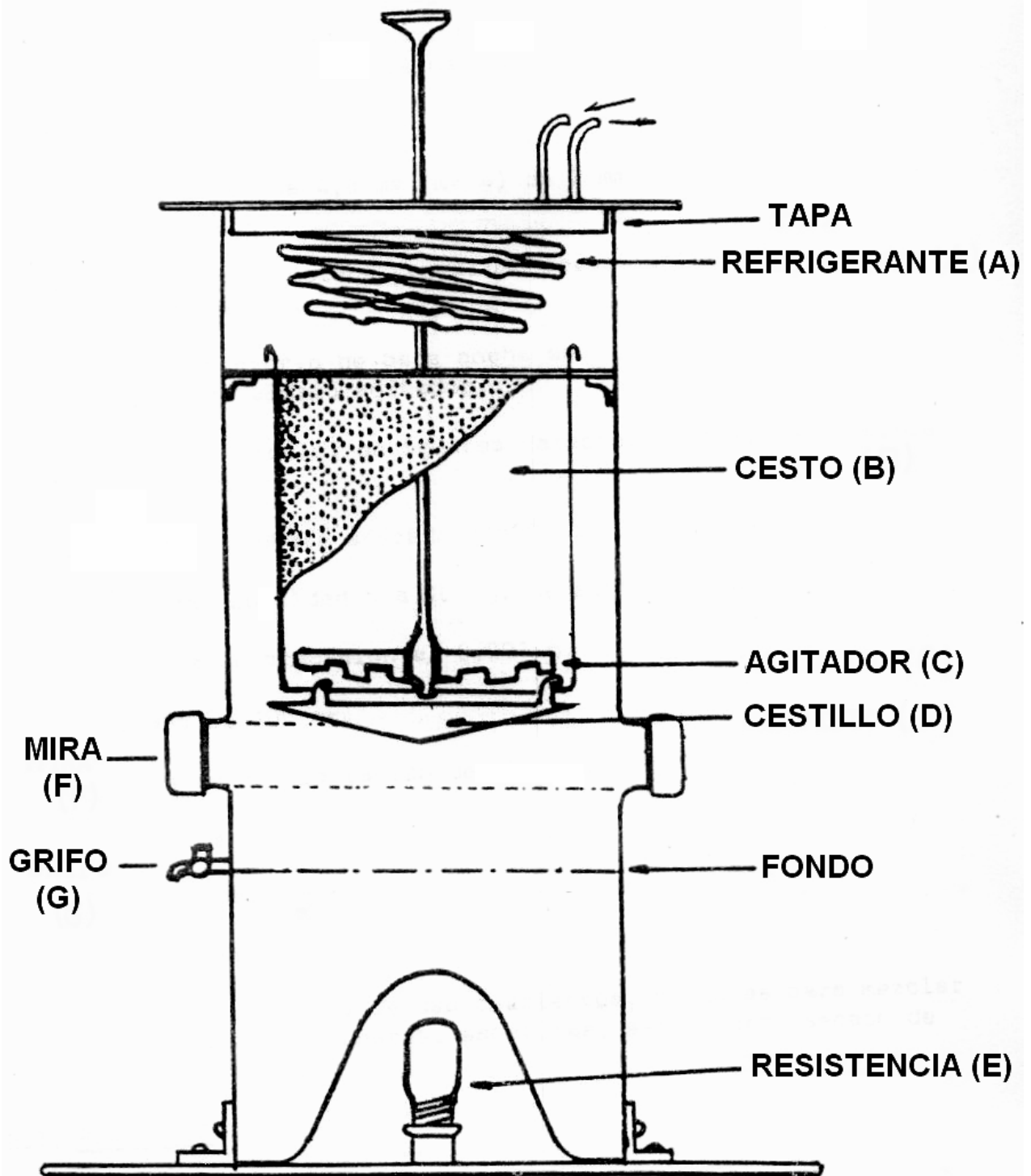
Equipo Canasto + cestillo: Bandeja N°: + _____ Equipo (P):
Mezcla Equipo + Mezcla (P1): Equipo (P): - _____ P2 Mezcla:
Material sin asfalto Eq.+ mezcla s/asf. (P3): Equipo P: - _____ P4 Mezclas/asfalto:
Recuperación de finos Vasos + finos: Tara vasos: - _____ D finos:
Total de mezcla sin asfalto P4 Mezcla s/asfalto: D Finos: + _____ P5 Total mezcla sin asfalto:

% de Agua en la Mezcla Frasco + material: Tara del frasco: <input style="width: 50px;" type="text"/> Material f: Agua en la trampa g: % de agua h 0 (g/f) x 100
Grs. de Agua en la Mezcla $P6 = P2 / 100 * h$: P6 =
Mezcla sin agua $P7 = P2 - P6$ P7 =
Gramos de asfalto en la mezcla P7 Mezcla peso seco: P5 Mezcla s/asfalto: - _____ C Gramos de asfalto:
% de Cemento Asfáltico $\% CA = C / P7 * 100$ % CA =

Tamiz #	Gramos	%	Límites s/ Pliego D.N.V.

Lugar y fecha: LABORATORISTA: V°B°:

EXTRACTOR ABSON



NORMA DE ENSAYO

VN - E18 - 89

“MÉTODO DE CAMPAÑA PARA LA DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES Y SULFATOS EN SUELOS, ESTABILIZADOS Y SUELOS GRANULARES”

[índice](#)

18- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir en laboratorios de campaña para la determinación del contenido de sales solubles y sulfatos en suelos y estabilizados o suelos granulares.

18- 2 APARATOS

- a) Tamices IRAM 4,75 mm. (N° 4), 2,00 mm. (N° 10) y 4,25 μm . (N° 40).
- b) Mortero de porcelana con pilón revestido de goma de medidas corrientes.
- c) Recipiente de vidrio o metal enlozado de boca ancha de 1lt. de capacidad con varilla de vidrio agitador.
- d) Recipiente de vidrio o metal enlozado, de iguales características, de 4lt. de capacidad.
- e) Matraz o probeta aforado de 500 cm^3 .
- f) Balanza capacidad 5 a 10 Kg. sensibilidad al 0,1 gr.
- g) Balanza de precisión al 0,001 gr.
- h) Pipeta de 100 cm^3 . y 25 cm^3 .
- i) Pipeta graduada de 10 cm^3 .
- j) Vasos de precipitación de 250 cm^3 .
- k) Papel de filtro de velocidad de filtración lenta.
- l) Crisol calcinado.
- m) Papel tornasol azul.
- n) Piseta de 500 cm^3 ., con cuello aislado con hilo de amianto.
- o) Cápsula de porcelana de 130 – 150 cm^3 .
- p) Elementos varios de uso corrientes, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, estufa para secado de muestras, etc.

18- 3 REACTIVOS

- a) Solución N° 1

50 cm^3 . de ácido clorhídrico concentrado diluido en 500 cm^3 . de agua destilada.

- b) Solución N° 2

5g. de cloruro de bario disuelto en 100 cm^3 . de agua destilada.

18- 4 SALES SOLUBLES TOTALES EN UN SUELO

Preparación de la muestra

- a) Se extrae del suelo a ensayar una muestra representativa de un peso comprendido entre 2 y 3 Kg. Se mezcla bien y se pulveriza destruyendo los grumos hasta hacerla pasar totalmente por el Tamiz IRAM 2,00 mm. (N° 10). Mediante cuarteos se la reduce hasta obtener una muestra de peso algo superior a los 100g.
- b) Se pulveriza la muestra así obtenida en el mortero hasta que pase totalmente por el Tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40). Se lleva a la estufa y se mantiene durante 2 horas con temperatura de 100°C a 110°C.

PROCEDIMIENTO

- c) Se pesan 100 gr. ($\pm 0,5$ gr.) del suelo seco y se colocan en el recipiente de 1 litro ap. 18-2-c, perfectamente seco, se agregan lentamente 500 cm³. de agua destilada medidos en un matraz aforado o en una probeta de 500 cm³., ap. 18-2-c, removiendo cuidadosamente la mezcla con una varilla de vidrio para evitar la formación de grumos.
- d) Terminada la operación de agregar los 500 cm³. de agua destilada se agita con la varilla de vidrio energéticamente todo el contenido del recipiente durante 5 minutos, se tapa y se deja en reposo hasta el día siguiente.
- e) Los suelos de zonas con afloramiento de sales aparecen floculados. Encontrándose en este caso al día siguiente, realizada la operación indicada en 18-4-d, el agua no contiene suelo en suspensión presentándose totalmente clara y limpia. Si en cambio se trata de un suelo con muy bajo contenido de sales el agua al día siguiente se presentará turbia con partículas de suelo en suspensión lo que indica que no está floculado. En este último caso no se continúa el ensayo y se informa "No flocula" lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1 %.
- f) Del líquido claro que aparece por encima del suelo sedimentado luego de mantenida la solución en reposo, para los suelos que floculan, se extraen con una pipeta ap. 18-2-h, teniendo cuidado de no agitar las partículas de suelo del fondo del recipiente, 100 cm³. y se vierten en una cápsula tarada al 0,001gr. secada previamente en estufa a 100°C - 110°C. durante media hora.
- g) Se coloca la cápsula con su contenido en baño María hasta evaporar totalmente el líquido.
- h) Terminada la evaporación del líquido la cápsula con el residuo sólido se coloca en estufa a 100°C - 110°C. secándola durante media hora, luego se deja enfriar y se pesa.

CALCULOS

- I) El porcentaje de sales totales existentes en el suelo ensayado se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$PS \% = 5 \times (P - T)$$

Donde:

PS % = Porcentaje de sal en por ciento de suelo seco.

T = Tara de la cápsula.

P = Peso de la cápsula más sal.

18- 5 SULFATOS SOLUBLES EN UN SUELO.

Preparación de la muestra.

- a) Se ejecutan las operaciones detalladas en los ap.18-4-a y 18-4- b.

PROCEDIMIENTO

- b) Una vez realizadas las operaciones indicadas en los ap.18-4-c, 18-4-d y 18-4-e; del líquido claro, así obtenido, se extraen con la pipeta, ap.18-2-h, 100 cm³. teniendo cuidado de no remover el sedimento y se vierten en un vaso de precipitación de 250 cm³. (ap.18-2-j).
- c) Se coloca en solución un pequeño trozo de papel tornasol azul y luego con una pipeta graduada de 10 cm³. se va agregando por gotas la solución N° 1, ap.18-3-a, agitando mientras tanto el líquido con una varilla de vidrio hasta que el papel tornasol cambia su color de azul a rojo. Cuando esto sucede se adicionan 2 cm³. más de la solución N° 1.
- d) Se lleva el vaso a ebullición, se le agregan 25 cm³. de solución N° 2 medida aproximadamente en una probeta aforada de 25 cm³.
La solución se va agregando por gotas agitando el contenido con la varilla de vidrio.
- e) Se mantiene el vaso sobre el medio calefactor durante 30 minutos, sin llegar a hervir, transcurrido este tiempo se dejan caer unas gotas de la solución N° 2 por las paredes del vaso. Si el líquido no se enturbia se retira el vaso del medio calefactor, en caso contrario se añaden 10 cm³. más de solución N° 2 en la forma ya indicada en ap.18-5-d, repitiendo la operación tantas veces como sea necesario hasta que desaparezca el enturbiamiento.
- f) Se filtra recogiendo el líquido que pasa en un vaso limpio. A las primeras porciones del líquido filtrado se le agregan unas gotas de la solución N° 2, no debiendo notarse por este hecho ningún enturbamiento, caso contrario se recomenzará el ensayo agregando dos veces 25 cm³. de la solución N° 2 en lugar de una como se indica en ap. 18-5-d.
- g) Se pasa totalmente el contenido del vaso al filtro lavándolo con chorros de agua destilada caliente usando la pipeta hasta que se haya arrastrado totalmente el precipitado. Se lava bien el vaso frotando las paredes con la goma de la varilla y agregando agua destilada hasta que no quede residuo alguno adherido a las paredes.
- h) Se lava el filtro 4 ó 5 veces con agua destilada usando la pipeta. Una vez que ha pasado totalmente el agua se coloca el papel del filtro con el precipitado en el retenido en un crisol calcinado y tarado, ap.18-2-l.
- i) Se seca el crisol y su contenido en estufa a 100°C - 105°C.
- j) Una vez seco se quema con llama baja el papel de filtro hasta que halla desaparecido todo el carbón y luego se calcina con llama fuerte durante 15 minutos. Se deja enfriar y se pesa.

CÁLCULOS

- k) El porcentaje de sulfatos solubles existente en el suelo ensayado, se determina con la aplicación de la fórmula siguiente:

$$S \% = (P - T) \times 0,608 \times 5$$

Donde:

S % = Porcentaje de sulfatos, expresado en sulfato de sodio, referido al peso de suelo seco.

T = Tara de crisol.

P = Peso de crisol más residuo

0,608 = Relación de los pesos moleculares.

$$\frac{\text{Peso molecular SO}_4 \text{ Na}_2}{\text{Peso molecular del SO}_4 \text{ Ba}_2} = \frac{142}{233,3} = 0,608$$

18- 6 SALES SOLUBLES TOTALES EN ESTABILIZADOS O SUELOS GRANULARES

Preparación de la muestra

- De una muestra representativa del material a ensayar obtenida en acopio, o en yacimientos con un total de 18 a 20 Kg. se obtienen por cuarteo 4 a 5 Kg. de muestra que se seca a estufa a 100°C - 110°C durante una hora.
- Se tamiza por Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) toda la muestra teniendo la precaución de deshacer los grumos que pudieran haber quedado y limpiando las partículas gruesas por cepillado o frotándolos entre los dedos para evitar que quede material fino adherido.
- Se pesan separadamente la fracción retenida en Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) y la que pasa. Realizando las pesadas con aproximación de ± 1 gr.
- Se mezcla bien la fracción retenida y se extiende en forma de cuadrado repartiendo las piedras de modo de obtener una distribución lo más uniforme posible. Se divide por sus diagonales en cuatro partes aproximadamente iguales eligiendo una de ellas, la que se pesa al ± 1 gr. de aproximación, llamando a esta fracción A.
- De la fracción que pasa el Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) mezclada cuidadosamente se pesa una cantidad -fracción B- que esté con respecto a la fracción A en la misma relación que la hallada, en el ap. 18-6-c, entre la fracción retenida y la que pasa el mencionado tamiz.

PROCEDIMIENTO

- Se coloca en un recipiente de vidrio de 4 lts. de capacidad, bien seco y limpio, las dos porciones A y B en que se dividió el material mezclándolas groseramente.
- Se incorpora lentamente 1 litro de agua destilada, medido en un matraz aforado, revolviendo el material y el agua con una espátula de metal perfectamente limpia de 4 cm. de ancho durante 15 minutos cuidando de evitar salpicaduras u otras pérdidas de material. Se tapa el recipiente y se deja en reposo hasta el día siguiente.
- Se repiten las operaciones indicadas en los ap. 18-4-c, 18-4-f, 18-4-g y 18-4-h.

CÁLCULOS

- El porcentaje de sales solubles existentes en el suelo granular ensayado se determina aplicando la fórmula siguiente:

$$PS \% = \frac{P - T}{A + B} \times 1000$$

Donde:

PS = Porcentaje de las sales solubles, en por ciento, del suelo granular seco.

T = Tara de la cápsula.

P = Peso de la cápsula más sal.

18-7 SULFATOS SOLUBLES EN ESTABILIZADOS O SUELOS GRANULARES

Preparación de la muestra

- a) Se ejecutan las operaciones indicadas en los ap. 18-6-a; ap. 18-6-b; ap. 18-6-c; ap. 18-6-d y ap. 18-6-e.

PROCEDIMIENTO

- b) Se repiten las operaciones indicadas en los ap. 18-6-f al ap. 18-6-g.
c) Se ejecutan las mismas operaciones que se indicaron para el caso de suelos desde ap. 18-5-b al ap. 18-5-j.

CALCULOS

- d) El porcentaje de sulfatos existentes en el suelo granular ensayado se determina con la aplicación de la fórmula siguiente:

$$S \% = \frac{P - T}{A + B} \times 608,4$$

Donde:

S % = Porcentaje de sulfatos solubles, en sulfato de sodio, en por ciento de suelo granular seco.

T = Tara del crisol.

P = Peso del crisol más residuo.

18-8 OBSERVACIONES

- a) La realización de este ensayo en laboratorio de estudios se ejecuta en la misma forma en que ha sido detallada en la presente norma aceptándose únicamente que se utilicen balanzas de precisión con error al 0,01gr.

NORMA DE ENSAYO

VN - E19 - 66

“COMPACTACION DE MEZCLAS DE SUELO – CEMENTO Y SUELO - CAL”

[índice](#)

19-1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para estudiar las variaciones del peso de la unidad de volumen de mezclas de suelo y cemento o cal en función de los contenidos de humedad, cuando se las somete a un determinado esfuerzo de compactación.

Permite establecer la Humedad óptima con la que se logra el mayor valor del peso de la unidad de volumen, denominado Densidad Seca máxima.

19-2. APARATOS

- a) Molde de compactación cilíndrico, de acero tratado superficialmente para que resulte inoxidable (cincado, cadmiado, etc.)
El diámetro del molde es de 101,6 mm. y su altura 116,6 mm.
Está provisto de base y un collar de extensión del mismo diámetro y 60 mm. de altura. Ver detalle en figura 1.
- b) Pisón de compactación, de acero tratado superficialmente, de 50,8 mm. de diámetro y 305 mm. de carrera siendo su peso de 2,5 kg. (ver fig. 3)
- c) Aparato mecánico de compactación que permita regular el peso y altura de caída del pisón, pudiendo tener desplazamiento angular el molde o el pisón, (opcional).
- d) Balanza del tipo “Roberval”, de por lo menos 20 kg. de capacidad, con sensibilidad mínima de 1 gramo.
- e) Balanza de precisión, de 1 kg. de capacidad, con sensibilidad de 0,01 gramo.
- f) Dispositivo para extraer el material compactado del interior del molde (opcional).
- g) Espátula de acero, de forma rectangular, con las características indicadas en la figura 2.
- h) Bandeja de hierro galvanizado de 600 mm. x 400 mm. x 100 mm.
- i) Cuchillo de acero con borde recto o espátula rígida, cuya hoja tenga por lo menos 20 cm. de longitud.
- j) Bandeja de hierro galvanizado de 150 mm. x 150 mm. x 50 mm.
- k) Tamiz IRAM 19 mm. (3/4”)
- l) Tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4)
- m) Estufa para secar muestras que asegure temperaturas de 105-110° C.
- n) Elementos de uso corriente en laboratorio: pinceles, cucharas, probetas graduadas, mortero de porcelana, pilón revestido con goma, etc.

NOTA: Las dimensiones dadas en los apartados (h), (i), (j) son aproximadas.

19-3 PROCEDIMIENTO

De acuerdo con las características granulométricas del material a ensayar se presentan dos casos: Material fino: cuando la muestra que ha sido secada al aire, pasa totalmente a través del Tamiz IRAM 4,75 (N° 4). Si una parte queda retenida, se

la desmenuza en un mortero utilizando la mano revestida de goma para evitar la destrucción de granos individuales. Si después de esta operación el porcentaje retenido es menor de 5 %, no se lo considera y se realiza el ensayo con parte fina. Si dicho porcentaje es igual o mayor de 5 % se considera a dicho suelo como material grueso.

19-3- 1 MATERIAL FINO:

- a) Se mezcla bien todo el material de la muestra a ensayar para lograr su homogeneización.
Se determina la humedad que aún retiene, expresándola en porcentaje del peso del suelo seco (H'%).
- b) Se pesa, con la precisión de 1 g. una porción de aproximadamente 3000 gramos y se calcula la cantidad exacta de suelo seco, utilizando la fórmula:

$$Ps = \frac{Ph \times 100}{100 \times H'}$$

Donde:

Ps = Peso de la muestra seca

Ph = Peso de la muestra secada al aire

H' = Humedad porcentual retenida por la muestra secada al aire.

- c) Se pesa, con la precisión de 1 g., la cantidad de cemento que se incorporará al suelo para obtener la mezcla con el porcentaje de cemento elegido para ejecutar el ensayo.
Esta cantidad de cemento, se calcula con la fórmula:

$$Pc = \frac{Ps \times C}{100 - C}$$

Donde:

Pc = Peso del cemento necesario

C = Porcentaje de cemento (con respecto a la mezcla) con que se desea ejecutar el ensayo.

- d) Se agrega al suelo, que ha sido colocado dentro de la bandeja indicada en el ap. 2 h), la cantidad de cemento previamente calculado (Párrafo anterior).
Se mezcla cuidadosamente hasta que su aspecto revele uniformidad.
- e) Se agrega el agua necesaria para que, con la existente en el suelo, se alcance una humedad que sea del 4 al 6 % inferior a la prevista como valor de la humedad óptima. Se mezcla bien hasta lograr la uniformidad.
- f) Se verifican las constantes del molde de compactación a emplear en el ensayo:
Peso del molde (Pm) sin collar con base y su volumen interior (V).
- g) Se arma el molde y se lo apoya sobre una base firme.

Con una cuchara de almacenero, o cualquier otro elemento adecuado, se coloca dentro del molde una cantidad de material suelto cuya altura sea aproximadamente la mitad de la altura del molde sin collar de extensión.

- h) Con el pisón se aplican 25 golpes uniformemente distribuidos sobre la superficie del suelo. Debe cuidarse que la camisa guía del pisón apoye siempre sobre la cara interna del molde, se mantenga bien vertical y desplazarla después de cada golpe, de manera tal que al término de los 25 golpes se haya recorrido dos o tres veces la superficie total.
- i) Se repiten dos veces más, las operaciones indicadas en los párrafos anteriores (g) y (h), poniendo en cada caso la cantidad de mezcla de suelo y cemento necesario para que al terminar de compactar la tercer capa, el molde cilíndrico quede lleno con un ligero exceso (5 a 10 mm.). En caso contrario debe repetirse la operación de compactación.
- j) Se retira con cuidado el collar de extensión. Con una regla metálica (puede utilizarse la cuchilla mencionada en el ap. 2. i) se elimina el exceso de material. Se limpia exteriormente el molde con un pincel y se pesa.
- k) Se saca la probeta del molde (se emplea el extractor indicado en el ap. 2 f). Con la cuchilla se desmenuza y se retira una porción que pese por lo menos 100 gramos y sea promedio de las tres capas. Se la coloca en una bandeja (ap.2-j), se pesa y seca en estufa a 105°-110°C, hasta peso constante para determinar la humedad (h).
- l) Se incorpora al material suficientemente desmenuzado, obtenido según el párrafo anterior, el material sobrante de la bandeja. Se agrega agua, en la proporción del 1 al 2 % y se repiten las operaciones indicadas desde el apart. (g) al (k).

NOTA: Se considera que el material está convenientemente desmenuzado, cuando se aprecie a simple vista, que pasa por el tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4).

- m) Deberá repetirse el proceso indicado en el párrafo anterior, el número de veces que sea necesario hasta obtener dos puntos en los que el peso del suelo húmedo compactado disminuya.

19-3- 2 MATERIAL GRUESO

- a) Una vez eliminado el material de mayor tamaño que el límite superior especificado, se pasa la muestra sobrante por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4) y de 4,75 mm. (N° 4).
- b) Se calculan los porcentajes correspondientes a cada una de las tres fracciones en que queda dividida la muestra: (1), material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4) (2), material que pasa por este tamiz y es retenido por el de 4,75 mm. (3), material que pasa por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4). Se toma como 100 % la suma de los pesos de dichas fracciones.
- c) Se pesan separadamente, las cantidades necesarias de las fracciones (2) y (3), con las que se realiza el ensayo, hasta obtener un total de aproximadamente 10 kg. de material.
Debe tenerse presente que, empleándose para ejecutar el ensayo solamente el material que pase el tamiz IRAM 19 MM. (3/4), Debe tomarse de la fracción (2) una cantidad proporcional a la suma de los porcentajes de las fracciones (1) y (2).
- d) Se pone en remojo, a fin de saturarlo, al material retenido por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) cuyo peso se determinó en el paso anterior.

- e) Se pesa, con la precisión de 1 g. la cantidad de cemento o de cal que debe incorporarse al total del material a ensayar. Se la calcula siguiendo las explicaciones dadas en el ap. 19-3. 1 (c).
- f) Se coloca el material que pasa el tamiz IRAM 4,75 mm (N° 4) cuyo peso se determinó en el ap. (c), en una bandeja. Se le adiciona el cemento y se mezcla cuidadosamente hasta que el aspecto resulte uniforme.
- g) Se agrega el agua necesaria para que, sumada a la existencia en esa fracción del material, se alcance una humedad que sea del 4 al 6 % inferior a la prevista como valor de la Humedad óptima y ser mezcla hasta uniformar.
- h) Se incorpora el material retenido por el tamiz IRAM 4,75 mm (N° 4) ap (d), en la condición de saturado y a superficie seca. Se mezcla minuciosamente hasta lograr uniformidad.
- i) Se realizan las operaciones indicadas en el título 19.3.1, desde el apart. (f) al (m), con la salvedad que al enrasar la superficie compactada deben rellenarse con material fino los huecos que quedan al arrancar partículas gruesas.
Además para determinar la humedad de cada punto se utilizarán por lo menos 1000 gramos de material. Por otra parte, con respecto a la NOTA incluida en el (apart. e), debe apreciarse, a simple vista, que el total del material pase por el tamiz IRAM 19 mm. y que el 90 % de las partículas originalmente de tamaño menor de 4,75 mm. pasen por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4).

19-4 CÁLCULOS y RESULTADOS

Para cada punto, determinado en la forma descripta en los párrafos anteriores, se calcula:

- a) La humedad porcentual, utilizando la fórmula:

$$H = \frac{(Ph' - Ps') 100}{Ps' - T}$$

Donde:

H = Porcentaje de humedad

Ph' = Peso de la bandeja con el material húmedo

Ps' = Peso de la bandeja con el material seco

T = Peso de la bandeja

- b) La densidad en estado húmedo del material compactado, que se obtiene aplicando la fórmula:

$$Dh = \frac{P}{V}$$

Donde

Dh = Densidad del material compactado en estado húmedo.

P = Peso del material compactado húmedo

V = Volumen interior del molde de compactación

c) La densidad, en estado seco, del material compactado mediante la expresión:

$$D_s = \frac{D_h \times 100}{100 + H}$$

Donde:

D_s = Densidad del material compactado, en estado seco.

D_h = Densidad del material compactado en estado húmedo.

H = Humedad en porcentaje.

d) En un sistema de ejes coordenados rectangulares, se llevan en abscisas, los valores de humedad porcentual y en ordenadas, los de la densidad en estado seco.

Los puntos así obtenidos se unen con un trazo continuo.

Se logra una curva que va ascendiendo con respecto a la densidad, pasa por un máximo y luego desciende. El punto más alto de la curva indica en ordenadas, la densidad máxima en estado seco (D_s) que puede lograrse con la energía de compactación empleada y en abscisas, la humedad óptima (H) que se requiere para alcanzar dicha densidad.

NOTA: Para anotar las alternativas del ensayo y para el trazado de la curva se utiliza una planilla como la adjunta.

19-5. OBSERVACIONES

- a) Antes de ser compactadas, las mezclas de suelo cal utilizadas para este ensayo deberán permanecer en cámara húmeda durante 24 horas y con una humedad de alrededor del 70 a 75 % de la probable humedad óptima.
- b) La determinación de la densidad máxima (y por consiguiente de la humedad óptima) debe completarse en menos de dos horas.
- c) Para estimar el valor aproximado de la humedad óptima, que se menciona en los ap. 19-3. 1 (c) y 19.3.2 (g) puede realizarse previamente el ensayo de compactación, según detalla la norma, pero sin la incorporación del cemento pórtland.
- d) En laboratorios importantes, donde se ejecute un gran número de ensayo, se recomienda emplear el dispositivo mecánico de compactación.
- e) Cuando se realice el ensayo con cal, se compactarán las probetas con 35 golpes.

**Detalle del molde para el
Ensayo de Compactación
Diámetro = 101,6 mm.**

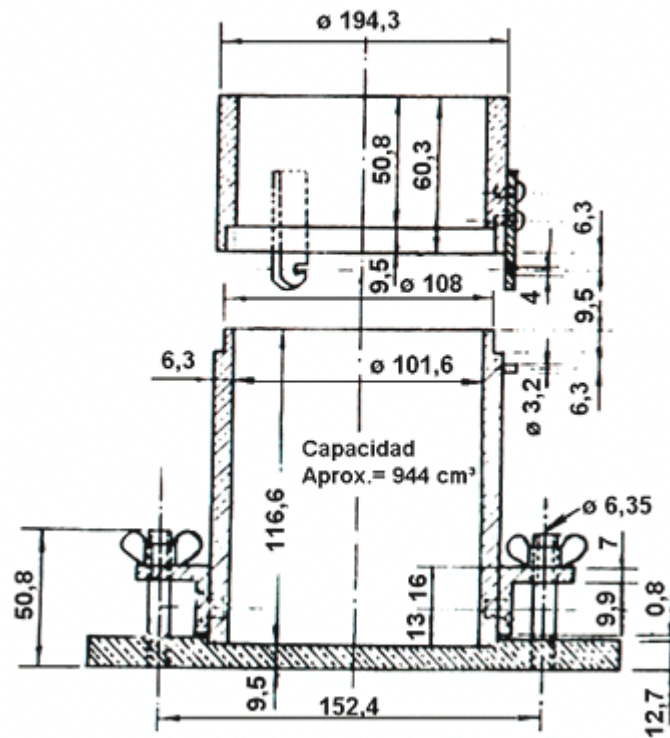


Figura N° 1

Espátula rectangular de chapa de acero de 2 mm.

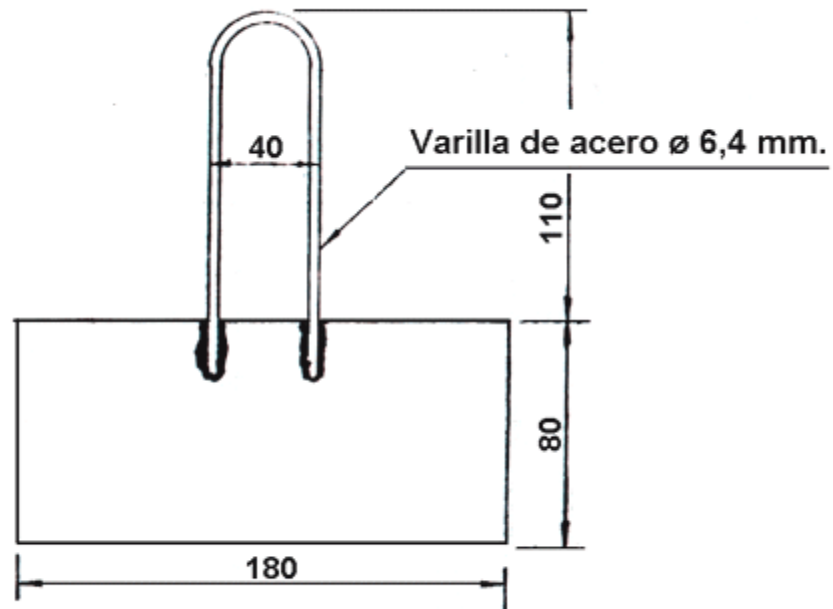


Figura N° 2

Detalle del Pisón

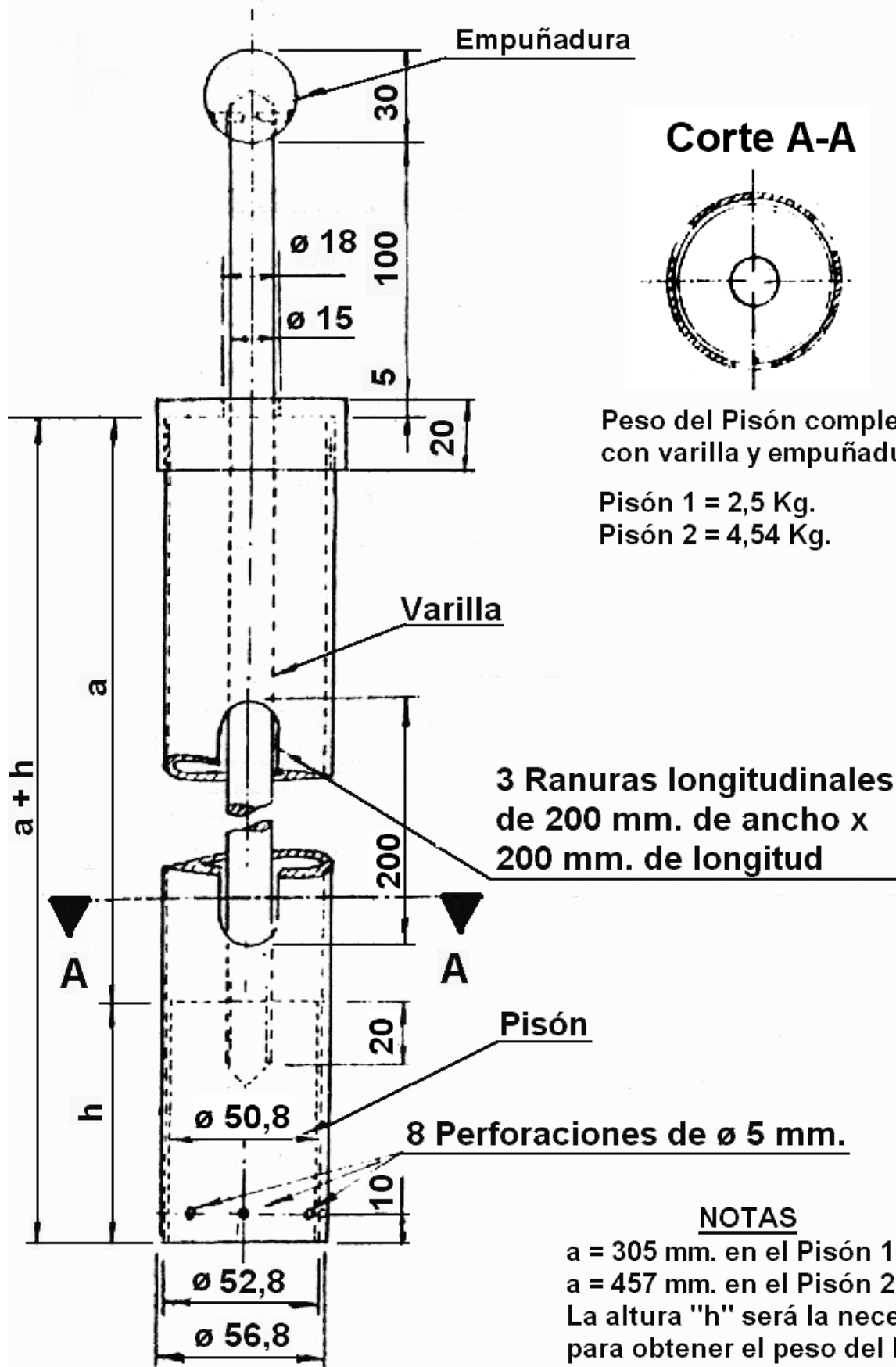


Figura N° 3

Todas las medidas estan expresadas en mm.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....Capas.....Golpes.....Pisón.....

N° de muestra.....Ruta.....

N° de análisis.....Tramo.....

N° de orden.....Progresiva.....

Punto N°	% Aproximado de Agua	Peso del Cilindro + Suelo Húmedo	Tara del Cilindro	Peso Suelo Húmedo	Volumen del Cilindro	PESO ESPECIFICO APARENTE	
						Húmedo (a)	Seco ⁽¹⁾
Punto N°	Pesa Filtro N°	Pesa Filtro + Suelo Húmedo	Pesa Filtro + Suelo Seco	Tara del Pesa Filtro	Agua	Suelo Seco	% de Humedad (b)

$$^{(1)} = \frac{100 \times (a)}{100 + (b)}$$

Material	L.L.	L.P.	Granulometria	Tamiz																																																																																																																																																																												
				Pasa%																																																																																																																																																																												
DENSIDAD	<table border="1"> <tr> <td colspan="11" style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>											CONTENIDO DE HUMEDAD																																																																																																																																																																				
												CONTENIDO DE HUMEDAD																																																																																																																																																																				

NORMA DE ENSAYO

VN - E20 - 66

“DETERMINACION DEL DOSAJE PARA ENSAYAR MEZCLAS DE SUELO – CEMENTO”

[índice](#)

20-1 OBJETO:

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar las cantidades de cemento Pórtland con que deben ensayarse las mezclas de suelo y cemento.

Estos ensayos permitirán, posteriormente, establecer el menor porcentaje de cemento que incorporado al suelo que se propone mejorar, le confiere características de estabilidad duraderas.

20-2 ENSAYOS PREVIOS NECESARIOS.

En el suelo a ensayar, se determinará previamente:

- a) Análisis Granulométrico: Por tamizado hasta el Tamiz IRAM 53 micrómetros (N° 270).
Si se trata de suelos finos (no más del 5 % retenido por el Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), se seguirán las indicaciones de la Norma de Ensayo [VN-E1-65](#).
Si se estudia un suelo con más del 5 % retenido sobre el Tamiz IRAM 4,75 mm. se ejecutará este ensayo de acuerdo a la Norma de ensayo [VN-E7-65](#). En ambos casos se toma como criba límite el tamiz IRAM 53 micrómetros (N° 270).
- b) Límite líquido: Según la Norma de Ensayo [VN-E2-65](#).
- c) Límite plástico e Índice de plasticidad: por el procedimiento descrito en la Norma de ensayo [VN-E3-65](#).
- d) Clasificación según el sistema H.R.B.: empleando la norma de Ensayo [VN-E4-84](#).
- e) Densidad máxima de la mezcla suelo-cemento. Según lo establecido en la Norma de Ensayo [VN-E19-66](#). El porcentaje de cemento con que se efectuará este ensayo se lo obtendrá de la Tabla N° 1. Para tal fin se deberá utilizar la clasificación del suelo determinada en el paso anterior.
- f)

TABLA N° 1:

Clasificación según H.R.B. del suelo a ensayar	Porcentaje de cemento (en peso) requerido para el ensayo de Compactación
A-1-a	5
A-1-b	6
A-2	7
A-3	9
A-4	10
A-5	10
A-6	12
A-7	13

20-3 – PROCEDIMIENTO:

Basándose en los resultados en el análisis granulométrico y en el ensayo de compactación, se fijan los porcentajes de cemento con los cuales se ejecutarán los ensayos de durabilidad y comprensión simple.

Se consideran dos casos: suelos granulares, cuando más del 5 % del suelo es retenido por el Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) y suelos finos, cuando hasta un 5 % es retenido por dicho Tamiz.

a) Suelos granulares:

En la Tabla N° 2 se dan los porcentajes de cemento con que deben ensayarse estos tipos de suelos, en función de la cantidad de material granular, de la densidad obtenida en el ensayo de compactación y del contenido de arcilla más limo (porcentaje que pasa por el Tamiz 53 micrómetros).

b) Suelos finos:

En el caso de los suelos finos se obtiene el porcentaje de cemento que debe incorporarse en función del Índice de grupo, de la cantidad de arcilla más limo y de la densidad lograda con el ensayo de compactación mediante la Tabla N° 3.

TABLA N° 2

Porcentaje de cemento para suelos granulares

Material grueso (% retenido por el tamiz IRAM 4,75 mm.)	Limo + arcilla (% que pasa por el tamiz IRAM 53 micrómetros)	Porcentaje de cemento a incorporar (en peso)					
		1,660 a 1,760	1,761 a 1,840	1,841 a 1,920	1,921 a 2,000	2,001 a 2,080	Más de 2,08
0 - 14	0 - 19	10	9	8	7	6	5
	20 - 39	9	8	7	7	5	5
	40- 60	11	10	9	8	6	5
15 - 29	0 - 19	10	9	8	6	5	5
	20 - 39	9	8	7	6	6	5
	40 - 50	12	10	9	8	7	6
30 - 45	0 - 19	10	8	7	6	5	5
	20 - 39	11	9	8	7	6	5
	40 - 50	12	11	10	9	8	6

TABLA N° 3

Porcentaje de cemento para ensayar suelos finos

I.G (1)	Limo + arcilla (% que pasa tamiz IRAM 53 Micrómetros (N° 270)	Porcentaje de cemento a incorporar (en peso)						
		Densidad seca máxima (Kg. / dm ³ .)						
		1,440 a 1,520	1,521 a 1,600	1,601 a 1,680	1,681 a 1,760	1,761 a 1,840	1,841 a 1,920	Más de 1,920
0 – 3	0, 19	12	11	10	9	8	7	7
	20 – 39	12	11	10	9	8	8	7
	40 – 59	13	12	11	9	9	8	8
	Más de 59	--	--	--	--	--	--	--
4 – 7	0 - 19	13	12	11	9	8	7	7
	20 – 39	13	12	11	10	9	8	8
	40 – 59	14	13	12	10	10	9	8
	Más de 59	15	14	12	11	10	9	9
8 – 11	0 - 19	14	13	11	10	9	8	8
	20 – 39	15	14	11	10	9	9	9
	40 – 59	16	14	12	11	10	10	9
	Más de 59	17	15	13	11	10	10	10
12 - 15	0 – 19	15	14	13	12	11	9	9
	20 – 39	16	15	13	12	11	10	10
	40 – 59	17	16	14	12	12	11	10
	Más de 59	18	16	14	13	12	11	11
16 - 20	0 – 19	17	16	14	13	12	11	10
	20 – 39	18	17	15	14	13	11	11
	40 – 59	19	18	15	14	14	12	12
	Más de 59	20	19	16	15	14	13	12

(1) I.G. = Índice de grupo

c) Los porcentajes consignados en las Tablas 2 y 3, son valores promedio de tres porcentajes que difieren uno del otro en 2 %. Por lo tanto, para ejecutar los ensayos de durabilidad y comprensión se deberán moldear probetas que contengan no solo el porcentaje de cemento que figura en la tabla sino también con un 2% en más y en menos, de tal valor. Los resultados que se obtengan en los mencionados ensayos con las tres series de probetas permitirán fijar el dosaje mínimo de cemento para tal suelo.

20 – 4 OBSERVACIONES

a) Como las variaciones de la densidad seca máxima y de la humedad óptima de la mezcla de un suelo con cemento son pequeñas, cuando la cantidad de cemento incorporado varía poco, solo se efectúa el ensayo de compactación, previo el moldeo de probetas, con el porcentaje promedio y los resultados se suponen iguales para los otros dos.

NORMA DE ENSAYO VN - E21 - 66

“ENSAYO DE DURABILIDAD POR HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO – CEMENTO”

[índice](#)

21-1- OBJETO:

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar la pérdida de peso, la variación de humedad y la variación de volumen que experimentan las mezclas compactadas (probetas) de suelo- cemento cuando se la someta a ciclos de humedecimiento y secado.

21- 2- ENSAYOS PREVIOS

- a) Determinación del contenido óptimo de humedad y “densidad seca máxima” de las mezclas de suelo - cemento, de acuerdo al ensayo de compactación detallado a la norma de ensayo [VN-E19-66](#).
- b) Determinación de los porcentajes de cemento a agregar al suelo que se propone mejorar, utilizando el procedimiento descrito en la norma de ensayo [VN-E20-66](#).

21- 3- APARATOS

Además del equipo necesario para moldear probetas de suelo - cemento, detallado en la Norma [VN-E19-66](#), se requiere:

- a) Estufa, para secado de probetas, que sea capaz de mantener la temperatura uniforme y constante de $71 \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- b) Baño de inmersión, de material inoxidable, que permita sumergir totalmente las probetas en agua.
- c) Cámara húmeda, preferiblemente con control de temperatura, que mantenga saturado de humedad el ambiente.
- d) Cepillo raspador, con hilos de alambre chato (N° 26) de 50 mm. de largo y 16 mm. de ancho, dispuestos en 50 grupos de 10 hilos cada uno, montados en 5 filas longitudinales y 10 transversales, sobre un bloque de madera dura de 185 x 60 mm.
- e) Calibre para mediciones, con precisión de 0,1 mm. de alcance.
- f) Portaprobetas: Dispositivo que facilite el transporte cómodo de las probetas. Puede consistir en una chapa galvanizada perforada de 15 x 15 mm. provista de una agarradera de 18 cm. de altura.

NOTA: Las dimensiones dadas en los ap. d) y f) son aproximadas.

21- 4 - PROCEDIMIENTO:

MOLDES DE LAS PROBETAS

- a) Establecidas las cantidades de cemento que se requiere mezclar con el suelo (Norma [VN-E20-66](#)), se procede al moldeo de las probetas, efectuándolo de acuerdo con la Norma [VN-E19-66](#). Se deben preparar dos probetas para cada uno de los porcentajes de cemento obtenidos con la norma primeramente mencionada.
- b) Debe tenerse la precaución, además de moldear las probetas con el contenido óptimo de humedad, de escarificar la superficie de cada capa antes de compactar la siguiente para asegurar la continuidad de la probeta.
- c) En el momento colocar la tercer capa, se toma porción de suelo no menor de 100 gramos si se trata de material fino, ó de 1000 gramos de trabajarse con material granular, para determinar la humedad porcentual (ver Norma [VN-E19-66](#)).
- d) Después de enrasar y pesar las probetas, se las extrae con un extractor adecuado. Se identifica con los números 1 y 2 a cada par de probetas preparadas con un porcentaje determinado de cemento (ver observaciones ap. a).
- e) Se calcula la humedad de moldeo y los pesos unitarios (“densidad”) en estado seco, de cada probeta. Si la humedad difiere en más de 1% con respecto a la óptima ó si la “densidad seca” se aparta en más de 30 gr/dm³ del valor obtenido en el ensayo previo de compactación, se rechazará tal probeta, debiendo moldearse una nueva.
- f) Se toman con el calibre, las dimensiones (diámetro y altura) de la probeta identificada con el N° 1, con una precisión de 0,1 mm.
- g) Se colocan las probetas en cámara húmeda (ap.21-3.c) donde se las deja durante 7 días para su curado. Si se trata de suelos friables, se las coloca en porta probetas para evitar su deterioro durante el desarrollo del ensayo.

CICLOS DE HUMEDECIMIENTO Y SECADO

- h) Retiradas las probetas de la cámara húmeda, al cabo de los 7 días, se las pesa y toman las dimensiones (diámetro y altura) de la N° 1. Es importante que las mediciones sean tomadas, todas las veces, en lo mismo puntos de cada probeta.
- i) Se colocan ambas probetas durante 5 horas en el baño de inmersión (ap. 21-3.b) a la temperatura ambiente, debiendo quedar totalmente sumergidas.
- j) Se retiran las probetas del baño y se dejan escurrir durante 2 ó 3 minutos. Se pesan y se toman las dimensiones de la N° 1.
- k) Se colocan ambas probetas durante 42 horas en la estufa a $71 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Al cabo de este período se retiran, se pesan y se toman las dimensiones de la N° 1 (ver observaciones ap. b.).
- l) La probeta N° 2 se cepilla, con el cepillo raspador (ap.21-3.d), recubriendo dos veces toda su superficie incluyendo las bases (ver observaciones ap. c.). Se pasará el cepillo en forma tal que su eje longitudinal sea, respectivamente, paralelo al eje longitudinal de la probeta (superficie lateral) y a la superficie de las bases, con una presión de aproximadamente 1,5 Kg. (ver observaciones ap. d).
- ll) Con el pincel se quita el polvo que queda adherido y se pesa la probeta.
- m) Con las operaciones detalladas en los apartados i), al m) queda completado un ciclo de humedecimiento y secado. Se repetirá este proceso hasta completar 12 ciclos.
- n) Finalizado el último ciclo, se colocan las probetas en estufa a $105 - 110^{\circ}\text{C}$, adonde permanecen hasta obtener peso constante, anotándose los pesos en estado seco.

21 – 5 CALCULOS

- a) En base a los valores obtenidos con la probeta N° 1, pueden calcularse las variaciones de humedad y volumen con respecto a los valores iniciales, ciclo por ciclo o en las condiciones finales.

- b) Se corrige el peso de la probeta N° 2 seco, obtenido según el ap. 21-4.n), en función del agua que reaccionó con el cemento Pórtland durante el ensayo y que queda retenida en la probeta a 105° - 110°C, aplicando la siguiente fórmula:

$$F = \frac{A \times 100}{B + 100}$$

Donde:

F = Peso corregido de la probeta seca.

A = Peso de la probeta secada a 105 ° - 110 ° C.-

B = Porcentaje de agua retenido por la probeta.-

El porcentaje de agua retenido por la probeta (B) puede suponerse que es igual al calculado para la probeta N° 1, en el ap. a).-

Cuando no se moldeó la probeta N° 1 (ver observaciones ap. a), se pueden usar los valores promedios que se dan en la siguiente tabla:

Clasificación H.R.B Del suelo (Norma VN-E.4)	Porcentaje promedio de agua retenida
A - 1, A - 3	1,5
A - 2	2,5
A - 4, A - 5	3,0
A - 6, A - 7	3,5

- c) La pérdida de peso de la probeta N° 1 se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso \%} = \frac{E - F}{E} \times 100$$

En la cual,

E = Peso inicial, calculado, de la probeta en estado seco, obtenido en el momento de moldeado de la misma.

F = Peso corregido, obtenido según el apartado anterior.

21 - 6 - OBSERVACIONES:

- No es indispensable moldear la probeta N° 1, generalmente se lo hace para trabajos de investigación o tratándose de suelos especiales.-
- Si el momento de sacar las probetas de la estufa coincide con un día no laborable, se mantendrán las mismas en estufa hasta que dicha operación sea factible.
- Para recorrer dos veces toda la superficie de la probeta, al cepillarla, se requieren aproximadamente 18 a 20 pasadas por su superficie lateral y 4 para cada base.
- Para tener una idea de la fuerza que debe ejercerse sobre la probeta N° 2 al cepillarla, para obtener una presión de 1,5 kg. puede procederse en la siguiente forma:

- Se coloca la probeta en el borde del plato de la balanza, se equilibra su peso y aplica sobre ella el cepillo con una fuerza tal que incremente su peso en 1,5 kg.
- e) El cálculo de la pérdida de peso por cepillado puede hacerse, si se lo desea, ciclo por ciclo. En este caso debe calcularse el peso corregido de la probeta seca (F), a partir de su peso final (A) y proporcionalmente a las pérdidas sufridas después de cada cepillado.
 - f) Tanto para anotar las alternativas del ensayo como para informar sus resultados pueden utilizarse planillas como las que se adjuntan.

**ENSAYO DE DURABILIDAD
POR HUMEDAD Y SECADO
VARIACIÓN DE PESO**

RUTA:.....PROVINCIA:.....
TRAMO:.....MUESTRA N°.....
MEZCLA:.....PROBETA N°.....

DATOS PREVIOS	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN S/PLANILLA N°	
DENSIDAD SECA MÁXIMA.....	Kg/dm
HUMEDAD ÓPTIMA (H).....	%
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN	
LÍMITE LÍQUIDO.....	
IND. DE PLASTICIDAD.....	
PASA TAMIZ DE 74 μ.....	
CLASIFICACIÓN (HRB).....	

CORRECCIÓN DEL SUELO SECO POR AGUA RETENIDA POR EL CEMENTO (B)	
CLASIFICACIÓN DEL SUELO (HRB)	VALOR DE B
A - 1; A - 3	1,5
A - 2	2,5
A - 4; A - 5	3,0
A - 6; A - 7	3,5

PERÍODO DE CURADO	INICIAL	HUMEDECIMIENTO			SECADO			CEPILLADO				
		Peso Húmedo	Variación respecto al peso seco anterior	Humedad	Peso al salir de la estufa	Agua total retenida	Humedad retenida	Peso con humedad retenida	Peso seco	Peso seco corregido	Pérdida acumulada por cepillado	
		G	G	g	g	G	g	g	g	g	g	%
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
	P.H.	.....			.....	.....	.....	.....	a	a	.....	.....
	FIN DEL DÍA				.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CICLOS DE HUMEDECIMIENTO Y SECADO	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
	8											
	9											
	10											
	11											
	12											

$$a = \frac{PH \times 100}{100 + H}$$

$$(g) = \frac{(7) \times 100}{100 + (6)}$$

$$2 = (1) - (8) \text{ del ciclo anterior}$$

$$F = \frac{100 \times A}{100 + B}$$

$$(3) = \frac{(2) \times 100}{(1)} \text{ del ciclo anterior}$$

$$9 = (g) \times \frac{F}{A}$$

$$(5) = (4) - (8) \text{ del ciclo anterior}$$

$$(10) = a - (9)$$

$$(6) = \frac{(5) \times 100}{(8)} \text{ del ciclo anterior}$$

$$(11) = (10) \times \frac{100}{a}$$

NOTA: LAS COLUMNAS INDICADAS CON LOS N° (1); (4) Y (7) CORRESPONDEN A DATOS EXPERIMENTALES.

.....
Lugar y fecha

.....
Experimentador

NORMA DE ENSAYO

VN - E22 - 66

“ENSAYO DE DURABILIDAD POR CONGELAMIENTO Y DESHIELO PARA MEZCLAS DE SUELO – CEMENTO”

[índice](#)

22 – OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar la pérdida de peso, la variación de humedad y variación de volumen que experimentan las mezclas compactadas (probetas) de suelo – cemento cuando se las somete a ciclos de congelamiento y deshielo.

22. 2. ENSAYOS PREVIOS

- a) Determinación del contenido óptimo de humedad y “densidad seca máxima” de la mezcla de suelo – cemento, de acuerdo al ensayo de compactación, que se describe en la norma [VN-E19-66](#).
- b) Determinación de los porcentajes de cemento a agregar al suelo que se propone mejorar, utilizando el procedimiento descrito en la Norma de Ensayo [VN-E20-66](#).

22 – 3 – APARATOS

Además del equipo requerido para el moldeo de probetas de suelo-cemento (Detallado en la Norma [VN-E19-66](#)), se requiere:

- a) Unidad refrigeradora de funcionamiento eléctrico, con regulador automático, que permita obtener temperaturas de hasta - 25°C.
- b) Estufa, para secado de probetas, que sea capaz de mantener la temperatura uniforme y constante de 105 a 110°C.
- c) Cámara húmeda, preferiblemente con control de temperatura, que mantenga saturado de humedad el ambiente.
- d) Calibre para mediciones, con precisión de 0,1 mm. y 250 mm. de alcance.
- e) Portaprobetas: Dispositivo que permita el transporte cómodo de probetas. Puede consistir en una chapa galvanizada perforada, de 15 x 15 cm. provista de una agarradera de 18 cm. de altura.
- f) Cepillo raspador, con hilos de alambre chato (Nº 26) de 50 mm. de largo y 1,6 mm. de ancho dispuestos en 50 grupos de 10 hilos cada uno, montados en 5 filas longitudinales y 10 transversales, sobre un bloque de madera dura de 185 x 60 mm.
- g) Filtro absorbente de 6 mm. de espesor, recortado en trozos cuadrados de 110 mm. de lado.

NOTA: Las dimensiones dadas en los ap. e), f) y g) son aproximadas.

22 – 4- PROCEDIMIENTO:

Moldeos de las probetas:

- a) Establecidas las cantidades de cemento que se requiere mezclar con el suelo (Norma [VN-E20-66](#)), se procede al moldeo de las probetas, efectuándolo de acuerdo con la técnica descrita en la Norma [VN-E19-66](#).
Se deben preparar dos probetas para cada uno de los porcentajes de cemento obtenidas con la norma primeramente mencionada.
- b) Debe tomarse la precaución, además de moldear las probetas con el contenido óptimo de humedad, de escarificar la superficie de cada capa antes de compactar la siguiente para asegurar la continuidad de la probeta.
- c) En el momento de colocar la tercera capa se toma una porción no menor de 100 gramos si se trata de material fino, o de 1000 gr. de trabajarse con material granular para determinar la humedad porcentual (Ver Norma [VN-E19-66](#)).
- d) Después de enrasar y pesar las probetas, se las extrae del molde común extractor adecuado.
Se identifica con los números 1 y 2 a cada par de probetas preparadas con un determinado porcentaje de cemento.
- e) Se calcula la humedad de moldeo y los pesos unitarios (densidad), en estado seco, de cada probeta. Si la humedad difiere en más del 1 % con respecto a la óptima o si la “densidad seca” se aparta en más de 30 gramos/dm³ del valor obtenido en el ensayo previo de compactación, se rechazará tal probeta debiendo moldearse una nueva.
- f) Se toman con el calibre, las dimensiones (diámetro y altura) de la probeta identificada con el N° 1, con una precisión de 0,1 mm (ver observaciones, ap. a).
- g) Se colocan las probetas en cámara húmeda (ap.22-3.c) donde se las deja durante 7 días para su curado. Si se trata de suelos friables, se las coloca en portaprobetas para evitar su deterioro durante el desarrollo del ensayo.

CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO

- h) Retiradas las probetas de la cámara húmeda, al cabo de los 7 días, se las pesa y toman las dimensiones (diámetro y altura) de la N° 1. Es importante que las mediciones de diámetro y altura sean tomadas, todas las veces, en lo mismos puntos de cada probeta.
- i) Se colocan ambas probetas dentro del refrigerador (ap. 22 -3 -a) regulado a - 23°C, apoyadas por una de sus bases sobre trozos de fieltro absorbente (ap. 22 - 3 -g) saturados con agua.
Allí permanecen durante 24 horas (ver observaciones ap. b)
- j) Se retiran las probetas del refrigerador, se pesan y se toman las dimensiones de la N° 1.
- k) Se colocan en la cámara húmeda a 21°C y 100 % de humedad durante 23 horas.
Se permitirá que las probetas absorban agua por capilaridad durante este período de deshielo, a tal fin se pondrán los fieltros absorbentes en contacto con agua.
- l) Se retiran las probetas de la cámara húmeda, se pesan y se toman las dimensiones de la N° 1.
- ll) Se cepilla la probeta N° 2 con el cepillo raspador (ap. 22 3 f) recorriendo dos veces toda su superficie incluyendo las bases (ver observaciones – ap. c).
Se pasará el cepillo en forma tal que su eje longitudinal sea respectivamente paralelo a su superficie lateral y a las bases, con una presión de aproximadamente 1,5 kg. (ver observaciones ap. d).
- m) Con un pincel se quita el polvo que quede adherido y se pesa la probeta.

- n) Con las operaciones detalladas en los apartados i) al m) queda completado un ciclo de congelamiento y deshielo. Se invierte de posición la probeta colocándola nuevamente sobre el trozo de fieltro saturado para iniciar un nuevo ciclo, repitiéndose el proceso hasta completar ciclos de 48 hs, cada uno (ver observaciones ap. b) y ap e).

22 – 5 - CÁLCULOS:

- a) En base a los valores obtenidos con la probeta N° 1, pueden calcularse las variaciones de humedad y volumen con respecto a los valores iniciales, ciclo por ciclo o en las condiciones finales del ensayo.
- b) Se corrige el peso de la probeta N° 2, seca, obtenido según el ap. 22-4 n), en función del agua que reaccionó con el cemento portland durante el ensayo, y que queda retenida en la probeta a 105° - 110° C, aplicando la siguiente fórmula:

$$F = \frac{A \times 100}{B + 100}$$

Donde:

F = Peso corregido de la probeta seca.

A = Peso de la probeta secada a 105° - 110° C.-

B = Porcentaje de agua retenido por la probeta.-

El porcentaje de agua (B) retenida por la probeta puede suponerse que es igual al calculado para la probeta N° 1, en el ap. a)

Cuando no se moldeó la probeta N° 1, se pueden usar los valores promedios que se dan en la siguiente tabla:

Clasificación H.R.B Del suelo (Norma VN-E.4)	Porcentaje promedio de agua retenida
A - 1, A - 3	1,5
A - 2	2,5
A - 4, A - 5	3,0
A - 6, A - 7	3,5

- c) La pérdida de peso de la probeta N° 1 se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso \%} = \frac{E - F}{E} \times 100$$

en la que,

E = Peso inicial calculado de la probeta en estado seco, obtenido en el momento del moldeo de la misma.

F = Peso corregido, obtenido en el peso anterior.

22 – 6 – OBSERVACIONES:

- a) No es indispensable moldear la probeta N° 1, generalmente se lo hace para trabajos de investigación o tratándose de suelos especiales.-
- b) Si la ejecución de un ciclo de congelamiento y deshielo coincide con un día no laborable, se mantendrán las probetas en el refrigerador hasta que sea factible continuar con las operaciones dicho ciclo.
- c) Para recorrer dos veces toda la superficie de la probeta, al cepillarla, se requieren aproximadamente 18 a 20 pasadas para su superficie lateral y 4 para cada base.
- d) Para obtener una idea de la fuerza que debe ejercer sobre la probeta N° 2, al cepillarla, para obtener una presión de 1,5 kg. puede procederse de la siguiente forma: se coloca la probeta en el borde del plato de la balanza, se equilibra y se aplica sobre ella el cepillo con una fuerza tal que incremente su peso en 1,5 kg.
- e) Puede suspenderse el proceso con la probeta N° 1, antes de completar 12 ciclos si las mediciones se vuelven imprecisas debido a las pérdidas del suelo – cemento que experimente la probeta.
- f) El cálculo de la pérdida de peso por cepillado puede hacerse, si se lo desea, ciclo por ciclo. En este caso debe calcularse el peso corregido de la probeta seca (F), a partir del peso final (a) y proporcionalmente a las pérdidas sufridas después de cada cepillado.

**ENSAYO DE DURABILIDAD
POR CONGELAMIENTO Y DESHIELO
VARIACIÓN DE PESO**

RUTA:.....PROVINCIA:.....
TRAMO:.....MUESTRA N°.....
MEZCLA:.....PROBETA N°.....

DATOS PREVIOS	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN S/PLANILLA N°	
DENSIDAD SECA MÁXIMA.....Kg/dm	
HUMEDAD ÓPTIMA (H).....%	
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN	
LÍMITE LÍQUIDO.....	
IND. DE PLASTICIDAD.....	
PASA TAMIZ DE 74 μ.....	
CLASIFICACIÓN (HRB).....	

CORRECCIÓN DEL SUELO SECO POR AGUA RETENIDA POR EL CEMENTO (B)	
CLASIFICACIÓN DEL SUELO (HRB)	VALOR DE B
A - 1; A - 3	1,5
A - 2	2,5
A - 4; A - 5	3,0
A - 6; A - 7	3,5

PERÍODO DE CURADO	INICIAL FIN DEL DÍA	CONGELAMIENTO			DESHIELO			CEPILLADO				
		Peso Húmedo G	Variación respecto al peso seco anterior G	Humedad g	Peso al salir de la estufa g	Agua total retenida G	Humedad retenida g	Peso con humedad retenida g	Peso seco g	Peso seco corregido g	Pérdida acumulada por cepillado	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	g	%
	P.H.	.....			.....	.....	.....	.....	a	a	.....	.....
				
CICLOS DE HUMEDECIMIENTO Y SECADO	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
	8											
	9											
	10											
	11											
	12											

$$a = \frac{PH \times 100}{100 + H}$$

$$(g) = \frac{(7) \times 100}{100 + (6)}$$

$$2 = (1) - (8) \text{ del ciclo anterior}$$

$$F = \frac{100 \times A}{100 + B}$$

$$(3) = \frac{(2) \times 100}{(1)} \text{ del ciclo anterior}$$

$$9 = (g) \times \frac{F}{A}$$

$$(5) = (4) - (8) \text{ del ciclo anterior}$$

$$(10) = a - (9)$$

$$(6) = \frac{(5) \times 100}{(8)} \text{ del ciclo anterior}$$

$$(11) = (10) \times \frac{100}{a}$$

NOTA: LAS COLUMNAS INDICADAS CON LOS N° (1); (4) Y (7) CORRESPONDEN A DATOS EXPERIMENTALES.

.....
Lugar y fecha

.....
Experimentador

NORMA DE ENSAYO VN - E23 - 67

“PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO PARA HORMIGONES”

[índice](#)

23- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para la obtención del porcentaje de vacíos de un determinado agregado grueso a ser usado en un dosaje de hormigón.

23- 2 APARATOS

- a) Recipiente de metal preferentemente de duro aluminio indeformable de forma cilíndrica y con capacidad entre 5 y 6 litros. Deberá tener una relación altura diámetro lo más aproximada a 1 (h/d 1).
- b) Probeta graduada de 1.000 cc.
- c) Cuchara de base cuadrada (tipo almacenero)
- d) Nivel de albañil
- e) Bandeja de 30 cm. x 30 cm. x 10 cm.

23- 3 CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE

- a) Sobre una superficie fija perfectamente nivelada será colocado el recipiente verificado con el nivel de albañil que sus bordes se encuentran en un plano horizontal.
- b) Una vez efectuada esta operación se llenará totalmente el mismo con agua usando la probeta de 1.000 cc. la cantidad de agua utilizada se anotará como determinación de volumen total.
- c) Este procedimiento deberá ser repetido adoptándose el promedio de varias determinaciones como Volumen total (A). Este promedio deberá corresponder a un mínimo de tres determinaciones cada una de las cuales no deberá apartarse más del 1 % de promedio.

23- 4 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a) La muestra a usar en este ensayo será la suficiente para llenar el recipiente pero colmándolo o sea que el material deberá sobrepasar ligeramente (de dos (2) cm.) los bordes del mismo.
- b) Una cantidad aproximada de material necesario para el ensayo se puede determinar llenado el recipiente que se va a usar con el agregado grueso en condición natural en la forma descripta en a).
- c) Conociendo el peso del material necesario este se reconstruirá de acuerdo con los retenidos parciales de cada tamiz que indique la granulometría original.
- d) El material para esta experiencia deberá estar en condición de saturado a superficie seca, de acuerdo a la Norma IRAM 1533.

23- 5 PROCEDIMIENTO

- a) El recipiente será colocado según ap.3 (a) y con la cuchara descrita en ap 2 (c) se irá llenando por tercios con el material preparado según 4, teniendo la precaución de efectuar por cada capa de llenado una sacudida, tomando el recipiente lateralmente con ambas manos y efectuando un solo movimiento de vaivén enérgico. Luego se termina de colocar el material según ap 4 (a).
- b) Con el material dispuesto dentro del recipiente en la forma descrita en (a) se procederá a llenar este último con agua hasta alcanzar los bordes, teniendo la precaución de volcar la misma, previamente medida con la probeta de 1.000 cc., sin mojar la superficie del agregado grueso, o sea en un punto de dicha superficie, preferiblemente en el centro. La cantidad de agua para esta operación será anotada como Volumen de Vacíos (B).

23- 6 CÁLCULOS

- a) El porcentaje de vacíos correspondiente al material tratado se obtendrá mediante la fórmula:

$$\% \text{ Vacíos: } \frac{B}{A} 100$$

B = Volumen de vacíos, según 5 (b)

A = Volumen total, según 3 (c)

NORMA DE ENSAYO

VN - E24 - 68

“DENSIDAD Y HUMEDAD DE EQUILIBRIO”

[índice](#)

24- 1 OBJETO

Esta norma establece el procedimiento a seguir para obtener los valores de Densidad de Equilibrio y de Humedad de Equilibrio.

24- 2 DEFINICIONES

- e) Densidad de Equilibrio (DA) - Es el peso unitario seco, que puede alcanzar el material sometido a las condiciones normales de tránsito, sea por densificación debido a las cargas que sufre, sea por aumento de volumen, debido a la succión de agua.
- f) Humedad de Equilibrio (HA) - Es el contenido porcentual de humedad con que conviene realizar los trabajos de compactación.
- g) Densidad densa (Dd) - Es el peso unitario seco, obtenido en el Ensayo de Compactación.
- h) Densidad seca, suelta (DL) - Es el peso unitario seco, que tiene el suelo cuando las partículas están en leve contacto entre sí.

24- 3 APARATOS

- 1- Los elementos necesarios para la determinación del Límite Líquido (LL).
- 2- Los elementos necesarios para la determinación del peso específico aparente (da).
- 3- Elementos para determinar la densidad seca, suelta (DL).

- a) Recipiente cilíndrico de aproximadamente cinco litros de capacidad, construido con material indeformable.
- b) Varilla de acero, con punta roma, de aproximadamente 1,5 cm. de diámetro y 30- 40 cm. de largo.
- 4- Elementos para ensayos de Granulometría.
- 5- Elementos para el Ensayo de Compactación.

24- 4 PROCEDIMIENTO

24- 4 - 1 ENSAYOS NECESARIOS

- 1- Límite Líquido: Determinado de acuerdo a la Norma [VN-E2-65](#).
- 2- Granulometría: Se requiere conocer el porcentaje de material librado por los tamices IRAM 4,75 mm. (N° 4) y tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40).
- 3- Ensayo de compactación: Realizado siguiendo la Norma [VN-E5-93](#), aplicando energía de compactación de aproximadamente 260 Kgm/ lt.- Equivalente al ensayo efectuado con el pisón de 4,54 kg. de peso, 0,45 m. de caída, en cinco (5) capas y

aplicando 56 golpes por cada utilizando el molde de 15,24 cm. de diámetro de capacidad aproximada de 2100 cm³. ó 2,1 litro.

- 4- Peso específico aparente: Se determinarán separadamente con la porción librada por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40) siguiendo el método del picnómetro (daf), con la porción retenida por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), siguiendo el método explicado en [VN-E13-67](#) (dag) y con el material librado por el tamiz IRAM 4,75 mm. y retenido por el de 425 micrómetros siguiendo las indicaciones dadas en la Norma [VN-E14-67](#) (dai).
- 5- Densidad seca suelta: Se consideran tres casos:
- a) Si el IP es igual ó mayor de 10, se deduce en función de Límite Líquido, de la granulometría y del peso específico aparente medio (dam) en la siguiente forma:
Siendo
- a. el porcentaje retenido por el Tamiz IRAM 4,75 mm.
 - b. el porcentaje que pasa por el dicho tamiz y es retenido por el de 425 micrómetros.
 - c. El material librado por el tamiz, el valor dam se calcula con la fórmula:

$$\text{d. } \text{dam} = \frac{a \text{ dag} + b \text{ dai} + c \text{ daf}}{100}$$

Se corrige el valor del Límite Líquido en función del valor “C” librado por el tamiz IRAM 425 micrómetros. (N° 40)

$$\text{Límite Líquido corregido (LL)} = \frac{\text{LL} \times \text{C}}{100}$$

El valor de la densidad seca suelta (DL) se calcula con la fórmula:

$$\text{DL} = \frac{100}{\frac{100}{\text{dam}} + \text{LL}}$$

- b) Si el IP es menor de 5 se determina experimentalmente en la forma que se describe a continuación. Se llena el recipiente (ap. 24-3-3-a), con el material completamente seco, colocándolo en 3 capas, compactadas con 25 golpes dados con la varilla del ap. 24-3-3-b). Se enrasa y se pesa.

$$\text{DL} = \frac{\text{P}}{\text{V}}$$

Siendo P el peso del material que llena el recipiente.
V el volumen del mismo.

Se toma el promedio de tres ó cuatro determinaciones.

- c) Si el IP está comprendido entre 5 y 10, se determina la densidad suelta siguiendo las dos variantes anteriores, adoptando el valor de DL que arroja menor valor para DA.

24- 4 - 2 CÁLCULOS:

1) Se calcula la Razón de Compactación (RC) por la fórmula:

$$Rc = 1 - \frac{\text{Log. LL} - 0,64}{4,4}$$

2) La densidad de equilibrio se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$D_A = Rc (D_d - D_L) + D_L$$

3) La humedad de Equilibrio se cálculo con la fórmula:

$$H_A = \frac{100}{D_A} - \frac{100}{D_d} + H_{opt.}$$

Donde Hopt = Humedad óptima en el ensayo de compactación.

24- 5 OBSERVACIONES

1) Los valores del Peso Específico aparente obtenidos de acuerdo a ap 24-4-1.4 deben guardar la siguiente relación:

$$d_{ag} \div d_{ai} < d_{af}$$

2) Puede prescindirse de la determinación de d_{ai} , estableciendo:

$$d_{ai} = \frac{d_{ag} + d_{af}}{2}$$

El error que puede cometerse es de muy poca incidencia e influye menos en el cálculo de DL, que el error que puede cometerse en la determinación del Límite Líquido, por el método [VN-E2-65](#).

NORMA DE ENSAYO

VN - E25 - 68

“PESO ESPECÍFICO APARENTE DE SUELOS FINOS”

[índice](#)

25- 1 OBJETO

Esta norma describe el procedimiento a seguir para determinar el peso específico del suelo fino.

25- 2 DEFINICIONES

- 1- Peso específico aparente relativo. Es el resultado de dividir el peso de un volumen de partículas de suelo, por el peso de un volumen igual de agua destilada a 4°C.

25- 3 APARATOS

- 1- Picnómetro o matraz, aforado de 100 ml.
- 2- Balanza sensible al cg. capacidad mínima 500 gr.
- 3- Bañomaría
- 4- Elementos usuales en el Laboratorio: estufas, morteros, tamices, termómetros, etc.

25- 4 PROCEDIMIENTO

1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 1.1. Se requieren aproximadamente 200 gr.
- 1.2. La muestra, bien seca, debe ser pasada por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40). Si algo del material queda retenido, esta porción debe ser pasada a un mortero de porcelana, y utilizando una mano revestida con goma, debe desmenuzarse sin romper granos individuales. Se pasa nuevamente por el tamiz mencionado, repitiendo la operación hasta que no pase más material.
- 1.3. Se reúnen todas las porciones libradas por el tamiz antedicho, se mezclan minuciosamente y se ponen a secar en estufa a 100°- 105°C. hasta peso constante.

2. MARCHA DEL ENSAYO

- 2.1. Se pesa con la precisión de 1 cg. el matraz vacío, completamente seco (a)
- 2.2. Se colocan dentro de él aproximadamente 10 gr. de suelo y se pesa con la precisión de 1 cg. (b).
- 2.3. Se agrega agua destilada hervida, hasta poco más o menos la mitad de la capacidad del matraz.
- 2.4. Se calienta en bañomaria hirviendo durante una hora como mínimo.
- 2.5. Se retira del bañomaria y se deja enfriar a la temperatura ambiente. Puede acelerarse el enfriado, colocando el matraz bajo un chorro de agua fría.

- 2.6. Se completa el volumen hasta el enrase con agua destilada hervida se deja estabilizar la temperatura, se verifica el enrase, se seca exteriormente y se pesa con precisión del cg. (c) se anota la temperatura t° C.
- 2.7. Se vacía el matraz se limpia bien, se llena hasta el enrase con agua destilada hervida a la misma temperatura que en 6, se seca exteriormente y se pesa (d).
- 2.8. Como el suelo puede retener algo de humedad, simultáneamente se determina el valor de ésta (H), por medio de un pasafiltro y secado en estufa.

25 – 5 CÁLCULOS

1. La cantidad de suelo seco (P), corregido por incidencia de humedad se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{100 (b - a)}{100 + H}$$

- 2- El valor del peso específico aparente se calcula aplicando la fórmula:

$$d_{af} = \frac{P}{(P + d - c) da}$$

en la que:

d_{af} = peso específico del suelo fino.

da = peso específico del agua destilada a la temperatura t°C, obtenido de la siguiente tabla:

t°	da	t°	Da	t°	da
15	0,99913	21	0,99802	27	0,99654
16	0,99897	22	0,99779	28	0,99625
17	0,99880	23	0,99756	29	0,99597
18	0,99862	24	0,99732	30	0,99567
19	0,99843	25	0,99707	31	0,99537
20	0,99823	26	0,99681	32	0,99505

NORMA DE ENSAYO VN - E26 - 66

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS PÉTREOS”

[índice](#)

26- 1 OBJETO

Esta forma detalla el procedimiento a seguir para la determinación del contenido de humedad de agregados pétreos, que extraídos de cada silo caliente de una planta asfáltica, formarán parte de una mezcla bituminosa.

26- 2 APARATOS

- a) Estufa para secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de hasta 200°C, con dimensiones internas mínimas de 400 mm. x 400 mm. x 500mm.
- b) Bandeja de hierro galvanizado de 350 mm. x 350 mm. x 100 mm.
- c) Balanza tipo Roberval de 20 kg. de capacidad por plato, con sensibilidad de 1 gramo.
- d) Balanza de 1 kg. de capacidad y precisión de 1 decigramo.
- e) Lona de 2m. x 2 m.
- f) Equipo para cuartear muestras (opcional).
- g) Elementos varios de uso común en laboratorios: cucharas, espátulas, etc.

26- 3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a) Las cantidades de muestra a extraer (muestra primaria) y a ensayar (muestra de ensayo) son función del tamaño máximo nominal de sus partículas, como se detalla a continuación:

TABLA 1

Tamaño máximo nominal de las partículas	Muestra primaria (mínima)	Muestra de ensayo (mínima)
	(kg.)	(kg.)
IRAM 50 mm.	40	15
IRAM 37,5 mm.	35	15
IRAM 25,0 mm.	25	10
IRAM 19,0 mm.	15	5
IRAM 12,5 mm.	10	2,5
IRAM 9,5 mm.	5	1,0
IRAM 4,47 mm.	5	0,5
IRAM 2,00 mm.	5	0,1

26- 4 PROCEDIMIENTO

- a) Del silo se extrae una muestra de material con un peso total como los indicados en la tabla 1. La muestra primaria se mezcla cuidadosamente y se reduce por cuarteo, hasta obtener la muestra de ensayo (tabla1). Esta operación se debe realizar con rapidez para evitar enfriamiento del material.
- b) Obtenida la muestra de ensayo, se distribuye uniformemente en una bandeja tarada c inmediatamente se pesa (P1) y se introduce en la estufa.
- c) Si el período de tiempo transcurrido, entre la extracción de la muestra del silo y su introducción en la estufa, fuera mayor de 10 minutos, la muestra debe desecharse y se procede a extraer una nueva muestra primaria.
- d) La temperatura de la estufa debe ser de 10°C mayor que la temperatura establecida por la Inspección para el secado del material pétreo.
- e) Se emplea la balanza especificada en el ap. 2 c para muestras cuyo tamaño máximo nominal de partículas sea de 12,5 mm. y mayores, para las restantes (9,5 mm., 4,75 mm. y 2,0 mm.) se utiliza la balanza especificada en el ap 2 d.
- f) La bandeja con material se mantiene en la estufa durante 2 horas. Al cabo de este tiempo se seca y pesa rápidamente, para evitar el enfriamiento del material. Se introduce nuevamente la bandeja a la estufa. Luego de media hora se repite la pesada de la bandeja de acuerdo al párrafo anterior.
- g) Si se observara pérdida de peso con respecto a la pesada anterior, se repite el procedimiento (pesando cada media hora) hasta obtener dos pesadas consecutivas iguales (P2) (Peso constante).

26-5- CÁLCULOS

El contenido de humedad del agregado pétreo se calcula de la siguiente forma:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - t} \times 100$$

Siendo:

t : peso de bandeja

P₁: Peso de la bandeja + Peso muestra de ensayo inicial

P₂: Peso de la bandeja + Peso muestra del ensayo seca

26-6- OBSERVACIONES

En caso de no haberse especificado la frecuencia con que se realizará este ensayo, es conveniente efectuar una determinación a primera hora de la mañana (al poner la planta en funcionamiento) y otro luego de mediodía, por cada silo de material que interviene en la mezcla asfáltica. Dirección Principal de Investigaciones Técnicas, Julio de 1966.-

NORMA DE ENSAYO VN - E27 - 84

“DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE ASFALTO DE AGREGADOS PÉTREOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE”

[índice](#)

27- 1 OBJETO

Esta norma, establece el procedimiento a seguir para la determinación del Peso Especifico “efectivo” y de la absorción de asfalto del agregado pétreo a utilizar en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente (concreto asfáltico, arena- asfalto, tosca- arena- asfalto, etc.) empleando el procedimiento de J. Rice (saturación por vacío).

DEFINICIONES

a) Peso específico efectivo:

Es la relación entre el peso de un dado volumen de la porción impermeable de un agregado permeable (o sea el volumen de sólido más los poros impermeables al cemento asfáltico en este caso) y el peso de un volumen igual de agua.

b) Absorción de asfalto:

Es la relación entre el peso del cemento asfáltico que ocupa los poros permeables del agregado pétreo y el peso de dicho material, expresado en porcentaje.

27- 2 APARATOS

- a) Balanza de 4 kilos de capacidad con sensibilidad de 0,1 gr.
- b) Dos frascos “kitasato” de vidrio pyrex para vacío de 2000 y 1000 cm³ de capacidad respectivamente.
- c) Bomba de vacío para evacuar el aire contenido dentro del frasco y manómetro diferencial de mercurio.
- d) Dos tapones de goma para los frascos y tubos de goma para vacío.
- e) Baño de agua, para mantener la temperatura a 25°C ± 0,5°C.
- f) Enrasador realizado con varilla de acero de 5 mm. diámetro y 90 mm. de largo, terminado en punta cónica soldado, en forma perpendicular a una chapa del mismo material de forma rectangular de 90 mm. de largo, por 15 mm. de ancho y 4 mm. de espesor (ver figura N° 1)
- g) Pipeta aforada de 25 cm³.
- h) Elementos varios: Agua destilada, pinza de Hoffman, bandejas, espátulas, cuchara tipo almacenero, etc.

27 – 3 CALIBRACIÓN DEL FRASCO

El frasco deberá ser calibrado, determinado ($\pm 0,1$ gr.) el peso del agua destilada, a 25°C, requerida para llenarlo hasta un nivel prefijado, mediante el empleo del enrasador.

Para ello se procede de la siguiente forma: Se llena el frasco de 2000 cm³. hasta aproximadamente el nivel, determinado por el extremo de la varilla del enrasador estando este apoyado en la boca del frasco, utilizando agua destilada, a una temperatura inferior en algunos grados a 25°C.

Luego se retira el enrasador y se coloca el frasco en un baño de agua mantenido a 25°C ± 0,5°C. durante 1 hora. Debe cuidarse que el nivel del agua en el baño se encuentre por encima del nivel del agua contenida en el frasco.

Al cabo de este lapso se coloca nuevamente el enrasador en la boca del frasco y con la pipeta se retira el exceso de agua hasta que el nivel coincida exactamente con el extremo de la varilla del enrasador.

Cumplido tal requisito se seca completamente el frasco en su parte exterior y en la zona del cuello interior por sobre el nivel del enrase, para asegurar que no tenga gotas de agua adheridas a sus paredes, pesándose en tales condiciones para determinar su peso, D, en gramos (frasco + agua).

27 – 4 CANTIDAD DE MUESTRA A ENSAYAR

La cantidad de mezcla asfáltica a utilizar para realizar el ensayo, se debe adoptar de acuerdo a los valores del siguiente cuadro:

Tamaño máximo nominal de agregado pétreo de la mezcla	Cantidad de mezcla asfáltica a ensayar en peso
25 mm. (1 “)	2,500 gr.
10 mm. (3/4 “)	2,000 gr.
12,5 mm. (1/2”)	1,500 gr.
9,5 mm. (3/8”)	1000 gr.
4,75 mm. (Nº 4)	500 gr.

Si la cantidad de mezcla a ensayar supera la cantidad del frasco, la misma deberá ser ensayada en dos ó tres fracciones iguales. De acuerdo con este criterio, a fin de acelerar la extracción de burbujas de aire del interior de la mezcla asfáltica asegurando que este proceso se cumpla en su totalidad, es conveniente colocar no más de 1000 gr. de mezcla asfáltica dentro del frasco.

27- 5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Una vez fijada la cantidad de mezcla asfáltica a ensayar se efectúa su elaboración de acuerdo a la Norma [VN-E9-86](#), luego se la deja enfriar a temperatura ambiente durante 24 hs. La mezcla asfáltica debe ser elaborada con el porcentaje de asfáltico óptimo mas 1 %, a fin de reforzar el recubrimiento de los agregados pétreos porosos y no porosos con una película de asfalto de mayor espesor.

El peso específico de los agregados pétreos es independiente del porcentaje de asfalto con que fue preparada la mezcla, cuando se cumple la mencionada condición de recubrimiento.

27- 6 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

- a) Se toma la mezcla, ya enfriada a temperatura ambiente, como lo indica el párrafo anterior, de la que se desmenuzará los grumos, tomando la precaución, de no romper las partículas de la fracción fina que no sean mayores de 6,70 mm. ($\frac{1}{4}$ "). Si la mezcla no es suficientemente blanda, como para ser desmenuzada con la mano, deberá ser colocada en una bandeja y calentada ligeramente hasta que se pueda desmenuzar.
- b) Se equilibra la balanza colocando el frasco, de 2000 cm³, secado exteriormente en uno de los platillos y arena fina seca en el otro. Se introduce en el frasco la fracción de mezcla para el ensayo y se determina su peso con una aproximación de 0,1 gr. (A).
- c) Al frasco conteniendo la mezcla, se le agrega agua destilada, hasta cubrir totalmente el material – la altura mínima de agua que cubra la mezcla, debe ser de 3 cm.
- d) Se colocan a los frascos los tapones de goma, y se efectúa las conexiones, a la bomba de vacío, de acuerdo al esquema (ver fig. 2). Una vez preparado el equipo, se pone la bomba en funcionamiento hasta lograr un vacío, de 30 mm. en la columna mercurial el que deberá mantenerse todo el tiempo necesario hasta que no se observen desprendimientos de burbujas de aire del interior de las partículas de la mezcla. Cada tanto debe agitarse el frasco con su contenido, de manera tal de lograr la extracción total del aire de la mezcla.
- e) Una vez finalizada la operación indicada en el párrafo anterior se llena el frasco hasta aproximadamente el nivel determinado por el extremo de la varilla del enrasador, estando este apoyado en la boca del frasco, utilizando agua destilada a una temperatura inferior en algunos grados a 25°C, luego se retira el enrasador y se coloca el frasco en baño de agua a 25°C. durante una hora tomando las precauciones indicadas en ap. 27-3. Al cabo de este lapso se coloca nuevamente el enrasador en la boca del frasco y con la pipeta se retira el exceso de agua hasta que el nivel coincida exactamente con el extremo de la varilla del enrasador.
Se seca luego completamente el frasco en su parte exterior y en la zona del cuello interior por sobre el nivel del enrase para asegurar que no haya gotas de agua adherida a sus paredes, pesándose a continuación. Se determina en esta forma el peso E, en gramos del conjunto (es decir el peso del frasco, más el peso del material que contiene, más el peso del agua destilada colocada).

27- 7 CÁLCULOS

- a) Para la determinación de la Densidad Teórica Máxima de la mezcla, se emplea la siguiente fórmula:

$$D_T = \frac{A}{A + D - E} \quad (1)$$

Donde:

D_T = Densidad Teórica Máxima

A = Peso en gramos de la mezcla asfáltica

D = Peso en gramos del frasco lleno con agua destilada a 25°C.

E = Peso en gramos del frasco conteniendo la mezcla y el agua destilada a 25°C. complementaria para llenarlo

- b) Para determinación del “Peso específico efectivo del agregado mineral” de la mezcla, se utiliza la fórmula siguiente:

$$Pe_{ef} = \frac{100 - \% \text{ C.A.}}{(100) \frac{(\% \text{ C.A.})}{(DT)} - Pe_{CA}}$$

Donde:

Pe_{ef} = Peso específico efectivo del agregado mineral

% C.A. = Porcentaje en peso, de cemento asfáltico de la mezcla

DT = Densidad teórica máxima de la mezcla

Pe_{CA} = Peso específico del cemento asfáltico

- c) Para la determinación de la “Absorción de asfalto” por parte del agregado mineral de la mezcla, se emplea la fórmula siguiente:

$$A_b = \frac{Pe_{ef} - Pe_{as}}{Pe_{ef} \times Pe_{as}} \times Pe_{CA} \times 100$$

Donde:

A_b = Porcentaje de asfalto absorbido (por peso de agregado)

Pe_{ef} = Peso específico efectivo del agregado mineral

Pe_{as} = Peso específico aparente saturado de agregado mineral

Pe_{CA} = Peso específico del cemento asfáltico

27- 8 OBSERVACIONES

- a) Determinada la “Densidad teórica máxima” de la mezcla en la forma indicada precedentemente, debe calcularse la misma para cada porcentaje de cemento asfáltico usado en la dosificación de la mezcla en base al “Peso específico efectivo”.
- b) Para calcular la “Densidad teórica máxima” correspondiente a cada porcentaje de asfalto, debe emplearse la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad teórica} = \frac{100}{\frac{P.a}{P.e.ef} - \frac{P_{CA}}{P_{ea}}}$$

Donde:

P_a = Porcentaje en peso de la mezcla de áridos

P_{CA} = Porcentaje en peso de cemento asfáltico

P_{eef} = Peso específico efectivo de la mezcla de árido

P_{ea} = Peso específico del cemento asfáltico

c) El valor del peso específico efectivo está comprendido entre el peso específico aparente y el peso específico del agregado seco (apartado a) y b) de las normas de ensayo N° 13 y N° 14 de **VIALIDAD NACIONAL**.

Esto es debido a que el peso específico efectivo se considera la absorción de asfalto por parte del agregado pétreo, el cual no alcanza a llenar totalmente los vacíos permeables al agua del mismo.

FIGURA N° 1

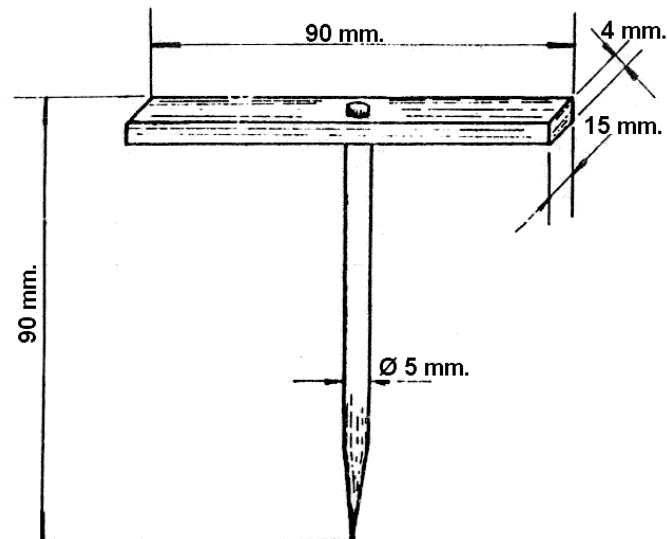
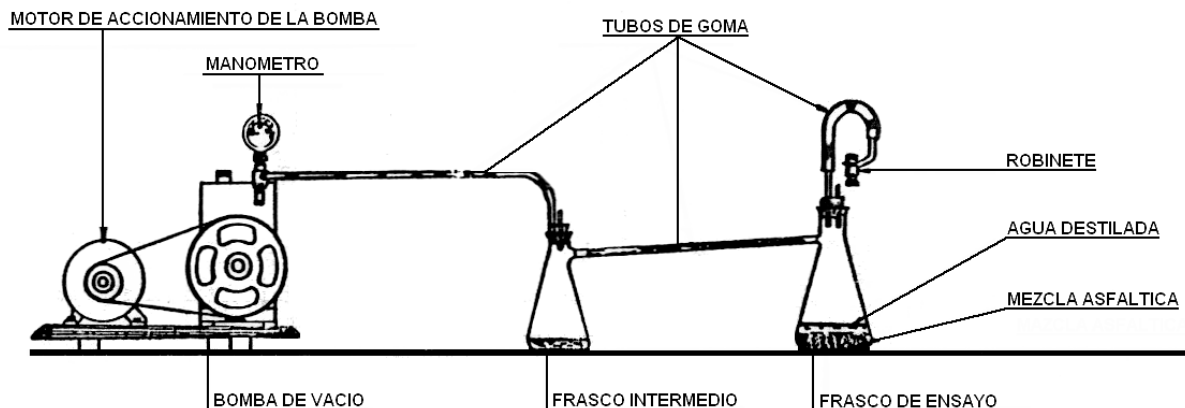


Figura N° 2



NORMA DE ENSAYO

VN - E28 - 77

“ENSAYO DE DEFLEXIÓN RECUPERABLE Y DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE RECUPERACIÓN ELASTO RETARDADA DE PAVIMENTOS CON REGLA BENKELMAN”

[índice](#)

28- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar simultáneamente con una Regla Benkelman la deflexión recuperable y la curva de recuperación elasto retardada de un pavimento flexible, producida por una carga estática.

A tal fin se utiliza un camión donde la carga, tamaño de cubiertas, espaciado entre ruedas duales, y presión de inflado, están normalizadas.

28- 2

a) Una regla Benkelman con su correspondiente flexímetro (al 0,01 mm. y recorrido 12 mm.) y las siguientes dimensiones fundamentales:

Longitud del brazo de ensayo, desde el pivote a la punta de prueba = 2,438 m.

Longitud del brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago del dial registrador = 1,219 m.

Los demás detalles de la regla se hallan en el plano adjunto.

b) Un camión para ensayo con las siguientes características:

El eje trasero pesará en la balanza, 8,175 kg. igualmente distribuidos en sus dos ruedas duales y estará equipado con cubiertas y cámaras neumáticas. Las cubiertas deberán ser 10.00" x 20"; 12 telas e infladas a 5,6 kgs. /cm² (80 lbs. por pulgada cuadrada).

La distancia entre los puntos medios de la banda de rodamiento de ambos neumáticos de cada rueda dual debe ser de 32 cm.

c) Un medidor de presión de inflado.

d) Un termómetro de 0° a 100°C. con divisiones de cada grado

e) Un barreno para ejecutar orificios en el pavimento de 4 cm. de profundidad y 10 mm. de diámetro.

f) Un cronómetro

g) Una cinta métrica de acero de 2 m. y otra de 25 m.

28- 3 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

a) El punto del pavimento a ser ensayado deberá ser marcado convenientemente con una línea transversal al camino. Sobre dicha línea será localizado el punto de ensayo a una distancia prefijada del borde, según la tabla N° 1.

TABLA N° 1

Ancho de la trocha	Distancia desde el borde del pavimento
2,70 m.	0,45 m.
3,00 m.	0,60 m.
3,30 m.	0,75 m.
3,60 m. ó más	0,90 m.

- b) La rueda dual externa deberá ser colocada sobre el punto seleccionado; para la correcta ubicación de la misma deberá colocarse en la parte trasera externa del camión una guía vertical en correspondencia con el eje de carga. Desplazando suavemente el camión se hace coincidir la guía vertical con la línea transversal indicada en 28-3-a) de modo que simultáneamente el punto quede entre ambos neumáticos de la rueda dual.
- c) Se coloca la regla sobre el pavimento, detrás del camión, perpendicularmente al eje de carga de modo que la punta de prueba coincida con el punto de ensayo y la regla no roce contra los neumáticos de la rueda dual.
- d) Se retira la traba de la regla y la base se ajusta por medio del tornillo trasero de modo tal, que el brazo de medición quede en contacto con el vástago del dial.
- e) El flexímetro se ajusta de modo que el vástago tenga un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se gira la esfera del flexímetro hasta que la aguja quede en cero y se verifica la lectura golpeando suavemente el flexímetro con un lápiz.
Girar la esfera si es necesario y repetir la operación hasta obtener la posición "0" (cero).
- f) Poner en marcha el cronómetro y cada 60 seg. leer el flexímetro golpeándolo suavemente con un lápiz. Cuando dos lecturas sucesivas no difieren en más de 0,01 mm. se da por estabilizada la deformación producida por la carga.
- g) Se gira la esfera del flexímetro, si es necesario, hasta que la aguja quede en cero (golpeando suavemente con un lápiz) ó inmediatamente se hace avanzar suave y lentamente el camión hasta una distancia de 4 metros aproximadamente.
- h) En el caso de determinación de la Deflexión recuperable exclusivamente, se pone en marcha el cronómetro cuando el camión se detiene a la distancia establecida en el párrafo anterior y se lee el flexímetro cada 60 seg. golpeándolo suavemente con un lápiz. Cuando dos lecturas sucesivas no difieran en más de 0,01 mm. se dá por finalizada la recuperación, registrándose la última lectura observada (L). En el caso de determinación de la Curva de Recuperación Elásto-Retardada, se pone en marcha el cronómetro exactamente en el instante en que comienza a avanzar el camión y se lee el flexímetro cada 5 seg. registrándose todas las lecturas hasta que dos lecturas separadas por un lapso de 60 seg. no difieran en más de 0,01 mm. Cuando se cumple esta condición se dá por finalizada la recuperación correspondiendo la última lectura a la Deflexión Recuperable.
- i) Con el fin de medir la temperatura del pavimento se practica un orificio (antes de comenzar el ensayo y simultáneamente con el trazado de la línea) cuyas dimensiones serán: 4 cm. de profundidad y 10 mm. de diámetro aproximadamente, emplazado sobre la línea paralela al eje del camino, que pasa por el punto de determinación de la deflexión y a 50 cm. Del mismo, en el sentido de avance del camión. Se llena con agua no menos de 10 minutos antes de iniciar el ensayo, se inserta el termómetro y se lee la temperatura retirando el mismo antes del desplazamiento del camión.
- j) El rango de temperatura de trabajo queda definida en la siguiente forma (Temperaturas medidas como se indica en párrafo i)
Limite inferior: 5°C.
Limite superior:
- A) Concreto asfáltico que presenta la superficie libre de deformaciones, sellados, u otros tratamientos superficiales: 30°C.
- B) Mezclas de baja estabilidad ó no convencionales ó concretos asfálticos no incluidos en A): máxima temperatura para la cual no se detecta deformación plástica entre ambos neumáticos de la rueda dual, (ver párrafo k).

- k) Para detectar deformación plástica entre los neumáticos de la rueda dual del camión se procede en la siguiente forma: se ubica un punto de ensayo de acuerdo a lo establecido en 28-3.a)
Manteniendo al camión a una distancia no menor de 4 metros se procede como se indica en 28-3.c)-d)-e).
Se hace retroceder suave y lentamente el camión hasta que la rueda dual externa quede colocada sobre el punto de ensayo procediendo como se indica en 28-3.b).
Se observa la marcha en la aguja del flexímetro: si alcanzando cierta posición la aguja se detiene y luego se observa un desplazamiento en sentido contrario, como si se produjera la recuperación del pavimento, ello indica que existe deformación plástica medible entre ambos neumáticos de la rueda dual.
Esa aparente recuperación puede ser debida también al hecho de que el radio de acción de la carga del camión afecte las patas de la regla (Ver párrafo l).
- l) No deberá efectuarse el ensayo fuera del rango de temperatura definido en el párrafo 28-3.j).
Tampoco deberá efectuarse el ensayo si, aún cuando no se detectará deformación plástica mediante el procedimiento indicado en el párrafo 28-3.k), se constará que el radio de acción de la carga del camión afecta las patas de la regla, para lo cual se procederá de la siguiente forma:
Se ubica la regla de acuerdo a los párrafos 28-3.a); 28-2.a); 28-3.d) y 28-3.e) manteniendo el camión a una distancia de 4 m. aproximadamente del punto de ensayo, en el sentido de avance del camión. Se hace retroceder lentamente el camión observando el flexímetro de la regla, cuando se observa que el flexímetro comienza a desplazarse acusando la deformación producida por la carga, se marca sobre el pavimento la posición de la guía vertical mencionada en el párrafo 28-3.b) y se detiene el retroceso del camión.
Se mide la distancia entre la punta de prueba de la regla y la marca practicada sobre el pavimento, de acuerdo con lo indicado antes. Sea d esa distancia, si d es mayor de 2,40 m. la acción de la carga del camión afecta las patas de la regla.

28- 4 CÁLCULOS

La deflexión Recuperable (D) se calcula mediante la expresión:

$$D = 2 \times L \text{ (expresada en 0,01 mm.)}$$

Donde L es la última lectura registrada según 28-3.h).

Para trazar curva de Recuperación Elasto- Retardada se calculan las deflexiones para cada uno de los tiempos registrados, mediante la expresión:

$$D_i = 2 \times l_i \text{ (expresada en 0,01 mm.)}$$

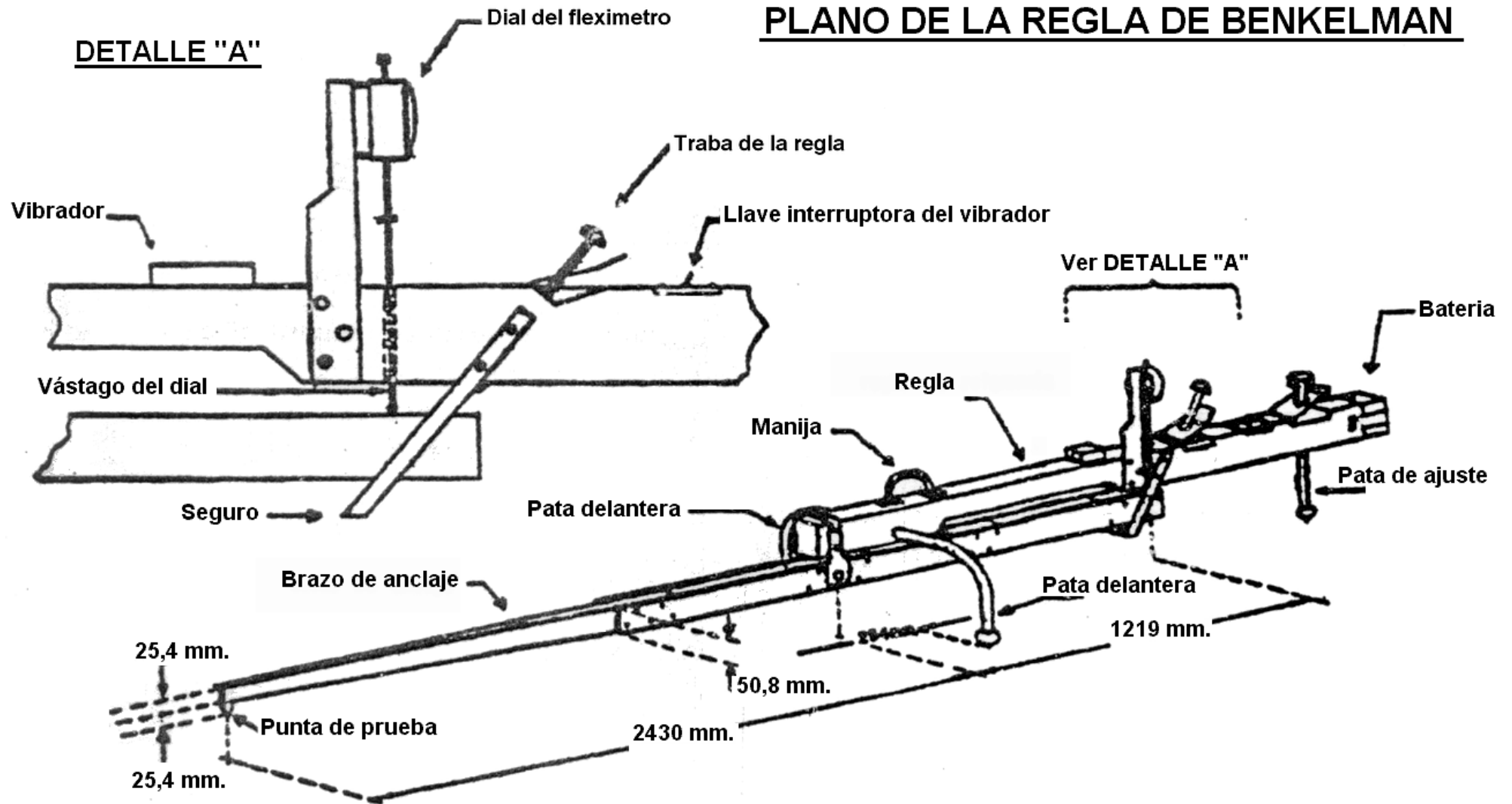
Donde l_i son las lecturas para 5, 10, 15,.....seg.

28- 5 INFORME

- Llenar todos los conceptos de la plantilla para ensayo de Deflexión Recuperable, con descripción completa del diseño de las distintas secciones y estado del pavimento.
- Anotar en la plantilla de ensayo Elasto - Retardado, indicando las deflexiones y tiempos, poniendo "estab" después de la última lectura.
- Trazar la curva de Recuperación Elasto - Retardada indicando las deflexiones en 0,01 mm. en la escala vertical y los tiempos en segundos en la escala horizontal.
Resolución Nº 08929 de fecha 1-9-77.

Adjunto: **PLANO DE LA REGLA DE BENKELMAN**

PLANO DE LA REGLA DE BENKELMAN



NORMA DE ENSAYO

VN - E29 - 68

“VERIFICACIÓN UNIFORMIDAD DE RIEGO DISTRIBUIDORES MATERIAL BITUMINOSO”

[índice](#)

29- 1 OBJETO

Este ensayo tiene por objeto verificar la uniformidad del riego bituminoso en la barra de distribución de un camión distribuidor, mediante el controlador del caudal bituminoso en toda su longitud, por grupos de dos o tres picos contiguos y comprobar la uniformidad de riego bituminoso sobre la superficie de aplicación, por grupos de 7 a 10 picos contiguos.

29- 2 APARATOS

Para cumplir con el primer propósito, se requieren tres recipientes de las dimensiones dadas en la figura 1.

Para el segundo propósito, se necesita un recipiente de las medidas dadas en la figura 2.

29- 3 PROCEDIMIENTO

- 1) Controlador de la uniformidad de riego en la barra de distribución (Se ensaya primero la barra izquierda, luego la derecha).

Se colocan los tres recipientes en la forma indicada en el esquema de figura 3. Se toma la precaución de que el mismo número de picos descarguen el material bituminoso sobre cada una de las subdivisiones de los recipientes figura 4.

Se comienza el riego con el material bituminoso, calentado si es necesario, para darle mayor fluidez. Es aconsejable hacer este ensayo con el material bituminoso más fluido de que se disponga.

Cuando la primera de las subdivisiones vaya a rebalsar, se finaliza el riego (figuras 5 y 6).

Con una regla se miden las alturas “h” alcanzadas por el material bituminoso en cada subdivisión de los recipientes. Esas alturas son proporcionales a lo volúmenes recogidos:

La altura promedio será:

$$H = \frac{\sum h}{9}$$

y para que la uniformidad de riego en la barra sea aceptable, se tendrá que verificar que:

$H + \text{tolerancia} > h = H - \text{tolerancia}$:

Si la tolerancia es $\pm 10\%$ de H se tendrá:

$$1,1 H > h > 0,9 H$$

Se repiten con la barra derecha, todas las operaciones antes mencionadas.-

2) Contralor de la uniformidad de riego sobre la superficie de aplicación:

Se coloca el recipiente con subdivisiones separadas 2,5 centímetros una de otra, debajo de la acción de la barra que se quiere ensayar (figura 7) y a altura de riego que se crea más conveniente, (es decir, que la parte superior del recipiente estaría a la altura de la superficie de la calzada a regar).-

Se efectúa el riego y se miden las alturas como se indicó más arriba.-

Si los resultados no son satisfactorios, y siempre que el funcionamiento del camión regador sea normal, se prueba con una altura de barra inferior, hasta encontrar la altura más conveniente.-

Con esta misma altura se ensayan otras secciones de la barra.

CONTROL CAUDAL DE UNIFORMIDAD DEL CAMION DISTRIBUIDOR DE MATERIAL BITUMINOSO

APARATOS

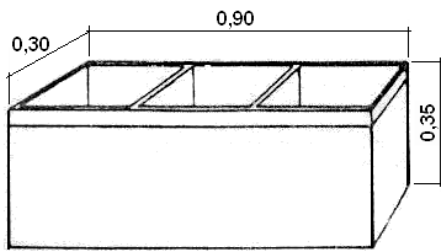


Figura N° 1

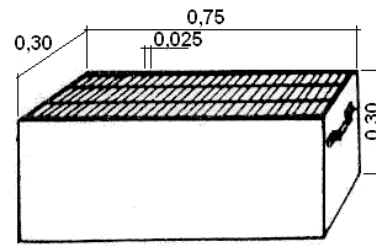


Figura N° 2

ENSAYO DE CAUDAL DE RIEGO

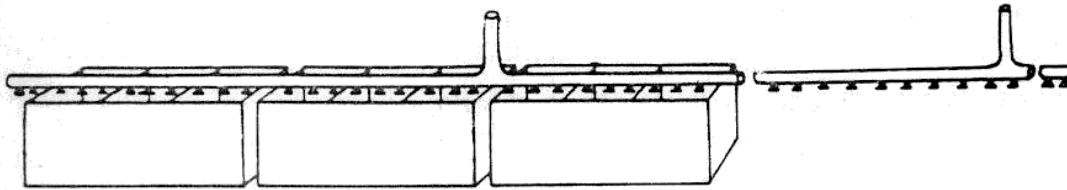


Figura N° 3 Disposición general de los recipientes para control de la barra izquierda.

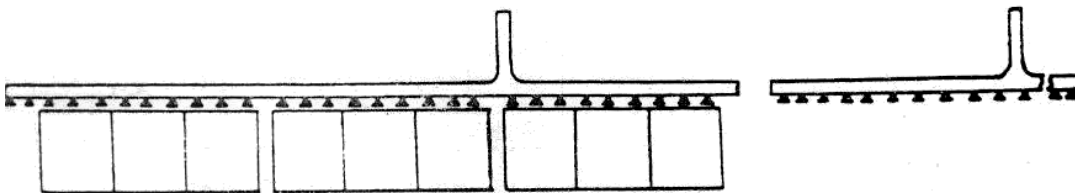


Figura N° 4 Antes del riego.

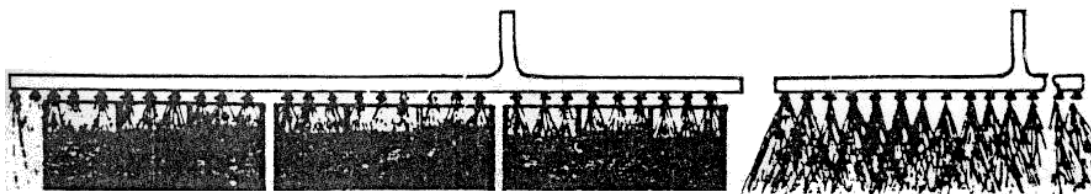


Figura N° 5 Durante el riego.

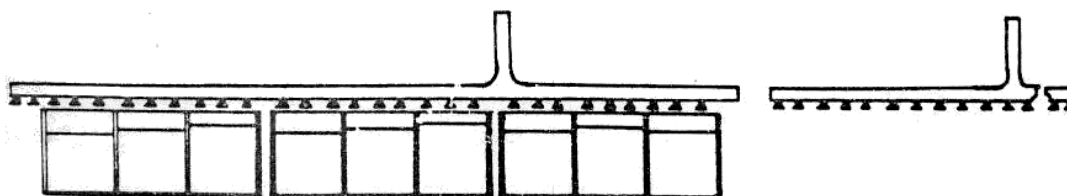


Figura N° 6 Después del riego.

ENSAYO DE UNIFORMIDAD

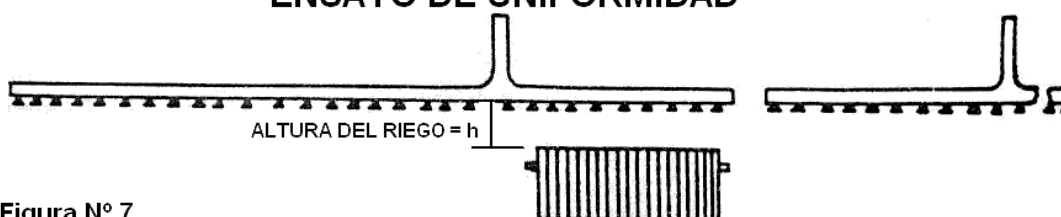


Figura N° 7

NORMA DE ENSAYO VN - E30 - 68

“ESTABILIDAD Y FLUENCIA MARSHALL DE MEZCLAS DE 10 % DE AGREGADO MAYOR DE 25.4 mm.”

[índice](#)

30-1. OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para la determinación de la estabilidad y la fluencia de mezclas asfálticas por el Método Marshall cuando el agregado pétreo posee más del 10 % de material mayor de 25,4 mm. (1 pulgada).

Cuando el retenido de la criba de 25,4 mm. (1") no sea mayor del 10 % de material mayor de 25,4 mm. (1 pulgada).

Cuando el retenido de la criba de 25,4 mm. (1") no sea mayor del 10 % se aplicará la Norma Provisoria N° 9. Salvo las indicaciones señaladas en esta norma rige lo establecido en la Norma Provisoria N° 9.-

30-2. APARATOS:

Los aparatos y demás elementos son los especificados en la Norma Provisoria N° 9.-

30-3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

Se seguirá el procedimiento indicado en el apartado 9 - 3 de la Norma Provisoria N° 9, con la salvedad que el fraccionamiento del agregado indicado en el párrafo 9-3-4 comenzará con las siguientes fracciones:

Pasa 2 " Retiene 1½"

Pasa ½" Retiene 1 "

Se calcula la cantidad de mezcla a emplear siguiendo las indicaciones señaladas en los apartados 9-3-5 y 9-3-6 pero teniendo en cuenta que si bien en la preparación de pastón se utiliza el material con la gradación total, en la compactación de la probeta solo se emplea la fracción del pastón que pasa el Tamiz IRAM 25,4 mm. (1").

30-4. PROCEDIMIENTO:

30-4-1. PREPARACIÓN DEL PASTÓN:

Seguirá el procedimiento indicado en el apartado 9-4-1 con las acotaciones siguientes:
Mezclar la gradación total de agregados (incluyendo la fracción mayor de 25,4 mm.) con el contenido de asfalto seleccionado para el ensayo.-

30-4-2 MOLDEO DE LA PROBETA:

Tamizar por el Tamiz IRAM 25,4 mm. (1") el pastón mezclado en caliente. Desechar la fracción mayor de 25,4 mm. y proceder al moldeo de la probeta con el material menor de 25,4 mm. de acuerdo a las indicaciones del apartado 9-4-2 y respetando las exigencias en cuanto a la temperatura establecidas en los párrafos 9-4-1-6 a 9-4-1-9.

30-4-3. EJECUCIÓN DEL ENSAYO:

Rige lo establecido en el apartado 9-4-3.-

30-5. CÁLCULOS

30-5-1. ESTABILIDAD Y FLUENCIA:

Se utilizarán los valores de Estabilidad y Fluencia obtenidos de las probetas compactadas según se ha indicado.

30-5-2. DENSIDAD CORREGIDA:

Se calculará la densidad corregida, utilizando el peso específico del agregado seco mayor de 25,4 mm. (1") según la Norma de Ensayo [VN-E13-67](#) y la densidad de la probeta compactada, determinada según la Norma de Ensayo [VN-E12-67](#), mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Densidad corregida } d_c = \frac{100}{\frac{A}{C} + \frac{B}{D}} + 0,995$$

Donde:

A = Material seco mayor de 25,4 mm. (1") (previamente determinado) expresado como % del peso total del pastón. El peso total del pastón incluye asfalto más agregado pétreo.

B = Fracción total del pastón que resta luego de eliminar el material seco mayor de 25,4 mm. (1") o sea, 100 % - A %.

C = Peso específico del agregado seco mayor de 25,4 mm. (1").

D = Densidad de la probeta compactada con material del cual se ha extraído la fracción mayor de 25,4 mm. (1") - 0,995 factor empírico.

30 – 5 - 3 DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA

Se calcula por la fórmula siguiente

$$DMT = \frac{100}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \frac{F}{GF} + \frac{C.A.}{GCA}}$$

Donde:

P1 = Porcentaje en peso del agregado pétreo total mayor de 4,8 mm. (Tamiz N° 4).

P2 = Porcentaje en peso del agregado pétreo total menor de 4,8 mm. (Tamiz N° 4).

F = Porcentaje en peso del relleno mineral.

C.A.= Porcentaje en peso del cemento asfáltico.

G1 G2 = Peso específico aparente de las fracciones gruesa y fina del agregado pétreo total (Tamiz N° 4)

GF = Peso específico aparente del relleno mineral.

GCA = Peso específico del cemento asfáltico.

30-5-4. VACÍOS DE LA MEZCLA COMPACTADA

Se calculará por la fórmula siguiente:

$$V = 100 \left(1 - \frac{de}{Dt}\right)$$

de = densidad corregida de la probeta compactada.

DT = densidad máxima teórica.

30- 5- 5 VACIOS DEL AGREGADO MINERAL:

Se calculará por la fórmula siguiente:

$$VAM = V + (dc \times \% CA)$$

Donde:

V = Vacíos de la mezcla compactada.

dc = Densidad corregida de la probeta compactada

% CA = Porcentaje en peso de C.A que interviene en la mezcla.

30- 5- 6 RELACION BETUN – VACIOS

Se calcula por la fórmula siguiente:

$$\text{REV} = \frac{100 \times d_c \times \%C.A}{V.A.M}$$

Todos los términos de esta ecuación son conocidos.

30- 6 OBSERVACIONES

Para la determinación de los pesos específicos aparentes de las fracciones gruesas y finas del agregado pétreo total, se mezclarán los distintos materiales en los porcentajes establecidos y luego la mezcla de áridos sin relleno mineral se tamizará por el Tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4) procediéndose luego de acuerdo a las Normas de Ensayo [VN-E13-67](#) y [VN-E14-67](#).



M. I. y O. S. P.

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

ENSAYO DE ESTABILIDAD MARSHAL

Ruta N°: Pcia:

Origen de los materiales:

Tramo: Muestra N°:

Mezcla: Probeta N°:

Mezcla N°	Muestra N°	Material	Dosaje %	Peso específico	a/b	N° de probeta	Alturas probeta cm.	Altura promedio h = cm.	Peso Probeta P = (gr)	Peso probeta en agua Pa (gr.)	Volumen probeta V = P-Pa cm³	Densid. Probeta $d = \frac{P}{V}$	Vacíos $V_d = 100 \left(1 - \frac{d}{D}\right) \%$	Vacíos agrega. Mineral v.a.m. = V+d.CA %	Relación Betún-vacíos R.B.V. $\frac{100 \cdot d \cdot CA}{v.a.m.}$	ESTABILIDAD			FLUENCIA		RELACIÓN ESTABILIDAD FLUENCIA				
			a	b	c											Lectura dial Ld.	Carga total Ct = Id.fa Kg.	Estabil. Correg. Ec=Ct.Fh Kg.	cm.	Pulg.	R=E/Fkg./cm				
Densidad Teórica = $100 / \sum c = 100 / \sum c$																									
Densidad Teórica = $100 / \sum c = 100 / \sum c$																									
Densidad Teórica = $100 / \sum c = 100 / \sum c$																									
Revisado:						Experimentador:																			

Lugar y Fecha

Operador

Laboratorista

NORMA DE ENSAYO

VN - E31 - 69

“CONTROL DE HORMIGONES ELABORADOS EN OBRAS”

[índice](#)

31- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para el control de resistencia de hormigones ya sea de pastones de prueba o durante el colocado de estructuras

31- 2 APARATOS

- a) Carretilla playa, capacidad 30 lts bandeja de metal de 0,60 x 0,60 x 0,09 m
- b) Pala ancha.
- c) Cuchara de almacenero.
- d) Moldes cilíndricos de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, con sus respectivas bases.
- e) Barreta de 16 mm. de 60 cm. de longitud con punta roma.
- f) Enrasador de aproximadamente 10 mm. de espesor por 25 cm. de largo (se puede obtener de un trozo de hoja de elástico de camión)
- g) Tamiz IRAM 1,2 mm. (A.S.T.M. N° 16)
- h) Molde tronco - cónico y placa - base (para determinación de consistencia- Norma IRAM 1536)
- i) Metro o cinta con divisiones en centímetros.
- j) Varilla de 6 mm. de diámetro y 0,80 m de longitud con forma de aro de 3,5 a 4 cm de diámetro en un extremo (para improvisar una manija) y formando ancho en el otro.

31- 3 EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA

Cuando sea necesario extraer una muestra representativa del hormigón fresco, ésta deberá efectuarse de acuerdo a la Norma IRAM 1541. Por lo tanto se realizará la toma de la muestra a partir del 2º pastón, salvo casos especiales y no deberá ser inferior a 30 lts.

31- 4 LUGAR DE EXTRACCIÓN

Cuando se trate de hormigoneras pavimentadoras, la extracción se efectuará del material ya volcado sobre la subrasante.

Cuando se trate de tomar muestra de hormigoneras transportadoras a tambor giratorio, la toma se llevará a cabo varias veces durante la descarga, en períodos regularmente espaciados.

31- 5 PREPARACIÓN DE LOS MOLDES

- a) Dentro de obrador se localizará un lugar de base firme, donde serán llenados los moldes que previamente habrán sido engrasados en toda su superficie interna, con grasa mineral pero sin exceso.
- b) Los moldes para la preparación de las probetas para ensayo a compresión, serán perfectamente estancos (Norma IRAM 1534) y una vez cerrados, su borde superior no debe presentar ningún resalto a fin de poder efectuar un enrase perfecto de la cara correspondiente, después del llenado con el hormigón fresco.
- c) Cuando los moldes, ya sea por construcción o por el uso continuado, no fueran suficientemente estancos, deberá corregirse este inconveniente por medio de una pasta selladora, que se pueda recuperar y se obtiene de la siguiente manera:
En un recipiente se colocarán 1000 gr. de cera virgen y se pondrá en estufa a 100° C. Una vez fundida se agregarán 150 cm³ de aceite de lino cocido y 50 cm³ de aguarrás, una vez bien mezclado se retirará de la estufa, dejándolo enfriar si es posible en un molde hecho de cartón o cartulina.

31- 6 MEDIDA DEL ASENTAMIENTO

- a) Toda prueba de resistencia deberá ser complementada con la medida del asentamiento (Norma IRAM 1536). Esta prueba se efectuará con el molde tronco-cónico el que una vez humedecido será colocado en un extremo de la placa base también humedecida. El molde será llenado con el material de ensayo en tres capas, punzando cada capa 25 veces con la barreta de 16 mm. de diámetro, tratando en el punzonado de la primera capa de no golpear el fondo con la barreta y en las capas sucesivas que dicho punzonado llegue hasta la capa inmediata inferior. Una vez lleno será enrasada la superficie. Inmediatamente se retirará el molde suavemente en sentido vertical colocando este al lado del material desmoldado y sobre la capa base. El valor del asentamiento estará dado por la distancia medida en el eje de dicho material, hasta la proyección sobre el mismo de la altura del molde, que se efectuará con la misma barreta usada para el punzonado o una regla convenientemente condicionada para tal fin.
- b) Una vez efectuada la medida se podrá comprobar si el hormigón tratado está bien graduado, en cuando a su relación mortero y trabajabilidad, si golpeándolo suavemente los costados con la barra de punzonado, este va aumentando el asentamiento pero sin desmoronarse.
- c) El material para el llenado de los moldes, ya sea para control del asentamiento como para el de resistencia, deberá, después de mezclado, ser distribuido ya sea en la carretilla o en la bandeja en forma pareja. Luego dicho material se extraerá comenzando desde un borde, haciendo un corte con la cuchara de llenado (de almacenero) extrayendo el material hasta el fondo en cada corte y avanzando de esta forma sobre el resto de la mesa. Este procedimiento será necesario para mecanizar la labor de llenado, a fin de no influenciar al operador a seleccionar el material durante esta operación.

31- 7 LLENADO DE LOS MOLDES CILÍNDRICOS

- a) Seguidamente se procederá al colocado en los moldes, los que serán llenados simultáneamente por tercios, en la misma forma indicada en 3-6-a) para el llenado del tronco- cono, pero completando la acción en cada capa, con 20 sacudidas por cada lado del molde, pivoteando sobre el lado opuesto de la base del mismo y dejándolo caer desde 2,5 cm, de altura aproximadamente. Esta operación se

realizará con la varilla de 6 mm. de diámetro enganchando la base del molde en un lugar del sistema de unión a la base.

- b) Si al efectuar el llenado de las probetas se observaran granos de material mayores a 51 mm. deberán ser retirados, teniendo en cuenta que esa dimensión (mayor a 1/3 del diámetro de la probeta) alterará los valores de resistencia que deben ser bienes representativos del hormigón colado en obra.
- c) Una vez llenos los moldes, se procederá al primer enrasado del material contenido en los mismos esta operación se efectuará con el enrasador.

31- 8 REPOSO DE LAS PROBETAS

Las probetas, en las condiciones dadas, serán llevadas a un lugar cubierto, de poca circulación, húmedo y de temperatura ambiente lo más aproximadamente posible a 20°C. Si hubiera que trasladar los moldes después de su llenado, a un lugar adecuado como el descrito, se lo hará inmediatamente y se verificará nuevamente en enrase de manera que no quede ninguna porción de material sobre el nivel del borde del molde, para no perturbar la superficie de la probeta al efectuar el encabezado de la misma. Este se efectuará después de reposo que se mantendrá durante 3 o 4 hs. o sea hasta el comienzo del fragüe del cemento y una vez producida la retracción del material.

31- 9 ENCABEZADO DE LAS PROBETAS

- a) Se tamizará por el Tamiz IRAM 1,2 mm. (N° 16) 500 gr. de arena (para tres probetas) la que se mezclará en seco con 250 gr. de cemento (relación 1:2 en peso) y luego se le agregará agua hasta producir un mortero de consistencia suficientemente plástica.
- b) El mortero para el encabezamiento se colocará en el centro de la cara de la probeta y se extenderá hacia los bordes con el enrasador, presionando el material y alisando con movimientos de vaiven, hasta producir un plano bien determinado y liso en toda su superficie, a fin de evitar la concentración de cargas al someter la probeta al ensayo de resistencia (ver observaciones)

31- 10 DESMOLDE DE LAS PROBETAS

- a) La identificación de las probetas deberá efectuarse una vez transcurridas las 24 hs. desde su colado. Tratando en todo el proceso de no golpearlas o dañar sus aristas.

31- 11 IDENTIFICACION DE LAS PROBETAS

- a) El curado de las probetas hasta 28 días desde el momento de colado se hará por inmersión en agua en la que se colocarán las probetas una vez efectuado el desmolde y marcación. No deberán colocarse en el curso de aguas o sea en un lugar de continua corriente. En el caso de efectuarse el curado en un tanque o pileta, deberá evitarse toda acidez en el agua agregando a esta una porción de cal, en relación de 3 % en peso.
- b) Después de los 28 días, cuando la probeta haya sido curada por inmersión en agua deberá ser retirada de ésta y mantenida en condiciones húmedas hasta el momento del ensayo.
- c) Cuando la probeta se retira del agua para ser ensayada, el ensayo se efectuará a las 2 o 3 horas de esta operación.

- d) Toda las operaciones descriptas, tanto las de ejecución de la probeta, como las de curado, deben tratar de realizarse con temperaturas lo más próximas posibles a los 21°C. Cuando las condiciones óptimas necesarias no hayan sido logradas y la temperatura no se halle entre los límites extremos de $21 \pm 3^\circ\text{C}$, deberá constar dicha temperatura en el informe correspondiente al ensayo.

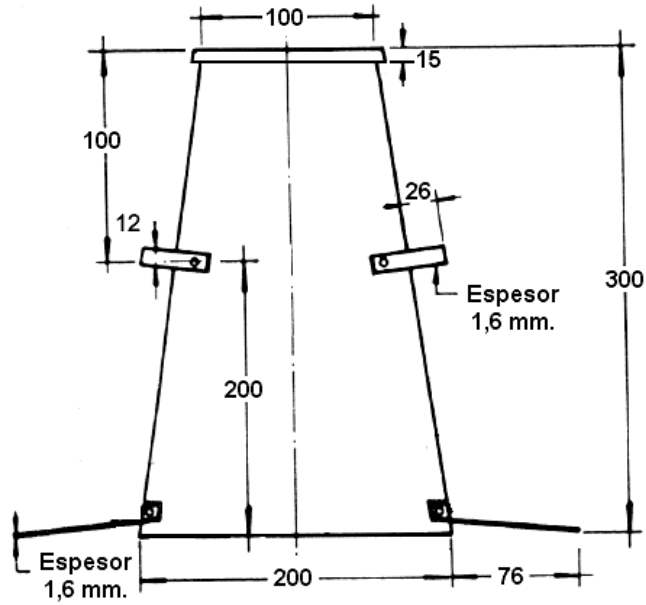
31- 12 – CURADO DE LAS PROBETAS

- a) El curado de las probetas hasta 28 días desde el momento de colado se hará por inmersión en agua en la que se colocarán las probetas una vez efectuado el desmolde y marcación. No deberán colocarse en el curso de aguas o sea en un lugar de continua corriente. En el caso de efectuarse el curado en un tanque o pileta, deberá evitarse toda acidez en el agua agregando a esta una porción de cal, en relación de 3 % en peso.
- b) Después de los 28 días, cuando la probeta haya sido curada por inmersión en agua deberá ser retirada de ésta y mantenida en condiciones húmedas hasta el momento del ensayo.
- c) Todas las operaciones descriptas, tanto las de ejecución de la probeta, como las de curado, deben tratar de realizarse con temperaturas lo más próxima posibles a los 21°C. Cuando las condiciones óptimas necesarias no hayan sido logradas y la temperatura no se halle entre los límites extremos de $21^\circ \pm 3^\circ\text{C}$, deberá constar dicha temperatura en el informe correspondiente al ensayo.

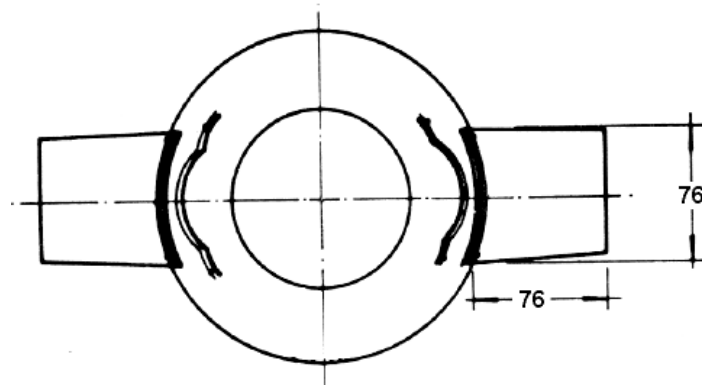
31-13 OBSERVACIONES

Para que las prevenciones tomadas en el enrase y alisado de la superficie sean efectivas, es indispensable que los bordes del molde concuerden al efectuar el armado de los mismos. Si por defecto de los moldes no se pudiera realizar esta operación, deberán ser rectificadas para que cumplan esta condición.

Deberá agotarse, por lo tanto, todas las medidas, tendientes a evitar un encabezado posterior de la probeta, porque, aunque este prevista su realización con el recurso de pastas y morteros especiales requiere técnicas más laboriosas y delicadas que la expuesta, la que asegura, sin lugar a dudas, una transmisión adecuada de esfuerzos a la estructura de la probeta durante su ensayo.



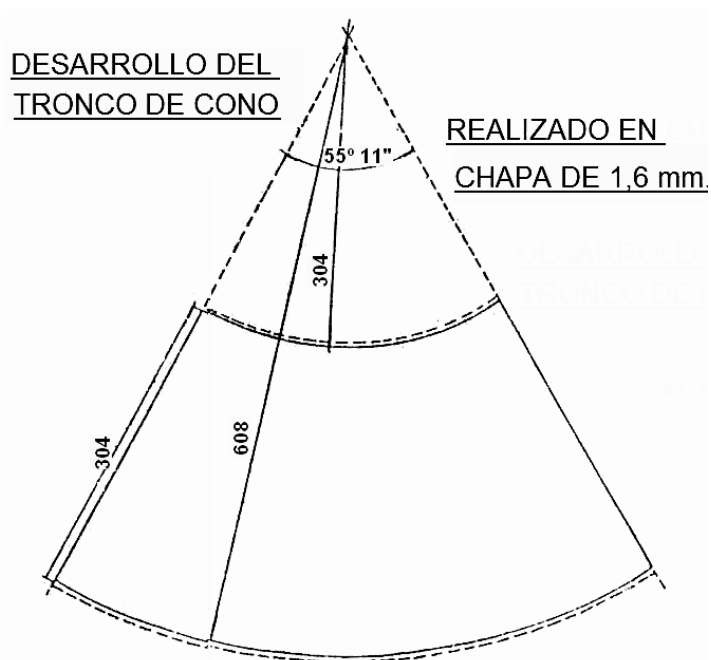
Vista Lateral



Vista Superior

Todas las medidas expresadas en mm.

CONO DE ABRAMS



NORMA DE ENSAYO

VN - 32 - 67

“PERDIDA DE LA ESTABILIDAD MARSHALL POR EL EFECTO DEL AGUA”

[índice](#)

32- 1 OBJETO

Este método de ensayo está destinado a medir la pérdida de la Estabilidad Marshall, como consecuencia de la acción del agua sobre las mezclas con cemento asfáltico, compactadas. Se obtiene un índice de estabilidad residual, comparando la estabilidad de las muestras determinadas de acuerdo con el método Marshall usual, con la estabilidad de muestras que han sido sumergidas en agua durante un período especificado.

32- 2 APARATOS: Se requieren los siguientes aparatos:

- 1- Uno o más baños de agua para sumergir las muestras, con controles automáticos de temperatura. Son apropiados para este ensayo, los baños normalmente usados para el ensayo de Marshall.
- 2- Una balanza y un baño de agua, con accesorios apropiados para pesar las probetas en el aire y en el agua, con el objeto de determinar su densidad.
- 3- Placas o soportes de vidrio o metal. Una de estas placas se colocará debajo de cada una de las probetas durante el período de inmersión y durante el manipuleo siguiente: (excepto cuando se las pese y ensaye), con el objeto de evitar que se quiebren o deformen.

32- 3 PROBETAS: Se separan por lo menos 8 probetas tipo Marshall (ver sección E.III. Ensayo Marshall).

32- 4 DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO ABSOLUTO DE LAS PROBETAS.

Se procederá de la siguiente manera:

- 1- Se obtendrá el peso de cada probeta al aire y en el agua. Esto último se hará tan rápido como sea posible para que la absorción sea mínima.
- 2- Se calculará el peso específico absoluto de cada probeta como sigue:

$$\text{Peso específico absoluto: } \frac{A}{A - B}$$

Donde A: peso de la probeta al aire, en gramos

B: peso de la probeta en el agua, en gramos.

32- 5 PROCEDIMIENTO:

Dividir cada juego en ocho probetas, en dos grupos de 4 probetas cada uno, de modo que los promedios del peso específico absoluto de cada uno de esos grupos sean similares. El ensayo de las probetas del primer grupo, se efectuará por el procedimiento especificado en la Sección E.III. Las probetas del 2° grupo se sumergen en agua durante 24 horas a las temperaturas especificadas más abajo y luego se las ensaya inmediatamente, con el mismo procedimiento.

Tipo de Asfalto	Estabilidad Marshall Temperatura de Ensayo C
Asfalto	60 ± 1
Alquitrán	37, 8 ± 1
Alquitrán y caucho	48, 6 ± 1

32- 6 CÁLCULO

El índice de estabilidad residual de las mezclas bituminosas, con respecto a los efectos nocivos del agua, se expresa como porcentaje de la estabilidad original que se mantiene después del período de inmersión. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de estabilidad residual: } \frac{S2}{S1} \times 100$$

Donde: S1: Estabilidad Marshall del grupo 1 (promedio)

S2: Estabilidad Marshall del grupo 2 (promedio)

32- 7 REQUISITOS PARA LA RECEPCIÓN

Se rechazarán las mezclas que revelen un índice de estabilidad residual menor de 75. En esos casos, se mejorarán las propiedades de los agregados del asfalto, empleando métodos aprobados, de modo que el índice de estabilidad aumente por lo menos hasta ese mínimo de 75.

NORMA DE ENSAYO

VN - E33 - 67

“ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS COMPACTADAS DE SUELO - CAL Y SUELO - CEMENTO”

[índice](#)

33- 1 OBJETO

Este ensayo tiene por objeto determinar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas preparadas con mezclas compactadas de suelo- cal y suelo- cemento. Se emplean dos métodos, según el tipo de suelo, en forma similar a lo establecido en la Sección [VN-E19-66](#). “Ensayo de compactación para la mezclas de los tipos suelo- cal y suelo- cemento”.

33- 2 EQUIPO

Se usará el equipo descrito en la Sección [VN-E19-66](#). “Ensayo de compactación para mezclas de los tipos suelo- cal y suelo- cemento”, y los siguientes elementos:

2-1 ESTUFA

Una estufa controlada termostáticamente, capaz de mantener la temperatura de 110° - 115°C, para secado de muestras húmedas.

2- 2 CAMARA HÚMEDA

Cámara húmeda o recipiente capaz de mantener la temperatura de 21° ± 1,7°C. y la humedad relativa de 100% para curado de las probetas.

2- 3 ESCARIFICADOR

Picador de hielo, con seis púas, o aparato similar, para escarificar el plano de separación entre capa y capa de las probetas durante el proceso de compactación.

2- 4 MAQUINA DE ENSAYO

Máquina de ensayo, de cualquier tipo que pueda dar y controlar la velocidad de carga que se aplica en el ensayo. Esta máquina debe estar convenientemente controlada y poseer dos cabezales de superficie dura; la dureza de dichas superficies deberá ser no menor de C- 50 en la escala Rockwell; el cabezal superior estará previsto de una rótula esférica y el otro será un bloque plano y rígido. Las superficies de los cabezales deberán ser tan grandes, o mejor, un poco mayor que las superficies de las probetas sobre las que se aplicarán la presión.

La superficie de los cabezales, cuando nuevas, no deberán desviarse de un plano tangente en más de 0,00125 cm. El diámetro de la rótula no deberá exceder el diámetro de la probeta y el centro de aquella deberá coincidir con el centro de la probeta en que se apoya el cabezal superior; la porción móvil de ese cabezal superior; la porción

movible de ese cabezal debe hallarse ajustadamente colocada pendiente de la rótula, pero tendrá que poder moverse y girar libremente pequeños ángulos en cualquier dirección.

33- 3 PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

3- 1 METODO A:

Se prepara suficiente cantidad de material para confeccionar tres probetas, siguiendo el procedimiento descrito en la Norma IRAM 10.552, Ensayo de Compactación para Mezclas de los tipos suelo- cal, suelo- cemento, apartado G- 2 a G- 15, a la porción de material que corresponde a cada probeta, se incorporará la cantidad de agua necesaria para elevar su humedad hasta el porcentaje óptimo determinado como se establece en el apartado G- 28 de la misma norma, se agrega la cal y el cemento pórtland, según corresponda y se compacta como se describe en ese último apartado, pero teniendo la precaución de revestir con grasa mineral negra la superficie interior del molde y escarificar la superficie de cada una de las dos capas inferiores de la probeta. Esta escarificación debe formar ranuras que se cruzan en ángulo recto de 3 mm. aproximadamente, tanto en ancho como en profundidad y separadas unos 6 mm. una de otra.

Durante el trabajo de compactación, tomar del pastón una muestra representativa que pese no menos de 100 gr., pesarla enseguida y secarla en estufa a 100°- 115°C, por lo menos durante 12 horas y hasta peso constante. Calcular el porcentaje de humedad a fin de controlar el contenido previsto. Mantener las probetas con sus moldes, en cámara húmeda por lo menos 12 horas, quitar las probetas de sus moldes mediante el extractor de probetas, pesarlas y calcular sus respectivos pesos secos para verificar la densidad prevista.

Identificar cada probeta con un número. Colocar las probetas sobre soportes adecuados en la cámara húmeda protegiéndolas del agua libre durante 7 días.

Pesar las probetas al cabo de los 7 días, con el fin de calcular la humedad de cada una. Encabezar las bases de cada probeta, cuando esas bases presentan depresiones o salientes mayores de 0,005 cm. con respecto a un plano tangente, el encabezado debe cumplir por lo menos esa condición y su plano debe ser perpendicular al eje de la probeta. El encabezado se hará: en yeso y tan delgado como sea posible, antes del ensayo se lo dejará endurecer suficientemente para que no fluya ni se fracture durante el ensayo (se sugiere mantenerlo en cámara húmeda 3 horas).

3- 2 METODO B:

Se prepara suficiente cantidad de material para confeccionar tres probetas siguiendo el procedimiento descrito en la Norma IRAM 10.552 "Ensayo de Compactación para Mezclas de los tipos suelo- cal y suelo- cemento", de apartado G-16 a G-27. A la porción de material que corresponde a cada probeta, se incorpora la cantidad de agua necesaria para elevar su humedad hasta el porcentaje óptimo determinado como se establece en el apartado G-28 de la misma Norma, se agregan la cal o el cemento pórtland, según corresponda y se compacta como se describe en ese apartado pero procurado antes distribuir uniformemente las partículas de material suelto, removiéndolo con un cuchillo de hoja ancha. El resto del trabajo, incluyendo el engrasado del molde y el escarificado de las dos capas inferiores de la probeta se efectúa como se ha descrito en el apartado G-13 pero la muestra para determinación de humedad durante el trabajo de compactación debe pesar por lo menos 500 gr.

33- 4 REALIZACIÓN DEL ENSAYO

Al terminar el periodo del almacenamiento de las probetas, en cámara húmeda después de encabezarla se las ensayará tan pronto como sea posible, manteniéndolas en el intervalo entre su extracción y su ensayo, envueltas en una arpillera húmeda.

El diámetro de cada probeta debe ser determinado con la aproximación de 0,025 cm. promediando diámetros medidos a ángulos rectos cerca de la mitad de la altura de la probeta, este promedio se usará para calcular el área transversal. La altura de la probeta se medirá incluyendo las encabezaduras con aproximación de 0,025 cm. Se coloca la probeta en la máquina cuidando que ese eje vertical este en una sola línea con el centro del empuje de la rótula, cuando el cabezal superior toma contacto con la probeta se inclinará su parte movable hasta que se obtenga un apoyo uniforme. Se debe aplicar la carga en forma continua y sin impactos. La velocidad de descenso del cabezal superior debe mantenerse de modo que la presión aumente a razón de $1,4 + 0,7 \text{ kg/cm}^2$ por segundo, dependiendo de la resistencia de la probeta. Tomar nota de la carga total en el momento de la rotura con la aproximación de 0,7 kg.

33- 5 CÁLCULOS E INFORMES

5- 1 CÁLCULOS

Calcular la resistencia unitaria a la comprensión dividiendo la carga máxima por el área transversal de la probeta y multiplicando el cociente por el factor de corrección establecido en la siguiente tabla (para tener en cuenta la relación entre la altura y diámetro de la probeta).

Relación Altura- Diámetro de la Probeta	Factor de Corrección
2,00	1,0
1,75	0,98
1,50	0,95
1,25	0,94
1,10	0,90
1,00	0,85
0,75	0,70
0,50	0,50

Para cualquier relación de altura a diámetro comprendido entre sucesivos del cuadro, el factor de corrección se obtiene interpolando linealmente.

5- 2 INFORME

El informe debe incluir: el número de identificación de la probeta, su diámetro y altura su área transversal, la carga total de ruptura con su aproximación de 0,7 kg., la resistencia unitaria a la comprensión calculada con aproximación de 1/100, edad de la probeta y detalles sobre forma de reparación y curado, además del contenido de humedad.

NORMA DE ENSAYO VN - E34 - 65

“ENSAYO DE HOMOGENEIDAD PARA LA MEZCLA DE LOS TIPOS SUELO - CAL Y DE SUELO - CEMENTO”

[índice](#)

34- 1 OBJETO

Este ensayo tiene por objeto determinar la homogeneidad de las mezclas de suelo- cal y suelo-cemento. Se emplea un ensayo rápido para establecer, mediante la determinación del PH en una suspensión de la mezcla, el contenido de cal agregada o de cal librada por el cemento pórtland. La comparación de los resultados de distintos ensayos permite apreciar la homogeneidad lograda en la mezcla.

34- 2 EQUIPO

- a) POTENCIOMETRO: potenciómetro portátil, para medición del PH.
Sensibilidad de la escala igual a 0,1 con apreciación de 0,05. Electrodo de vidrio.
- b) BALANZAS: Deberá tener precisión de 0,01 gr.
- c) VASOS DE PRECIPITACION: Seis vasos de precipitación de 200 cc.
- d) PROBETA: Una probeta de 100 cc.

34- 3 PREPARACIÓN DEL DISPERSANTE

A 12 gr. (11,35 cc.) de ácido acético glacial, se añaden 500 cc. de agua destilada. A esta solución se agrega otra conteniendo 40 gr. de hidróxido de sodio. En caso de enturbiarse después de cierto tiempo, debe desecharse y prepararse un nuevo dispersante.

34- 4 PREPARACIÓN DE LA CURVA DE TARADO

Se preparan, en un mortero apropiado, mezclas que contengan 2, 4, 6, 8 y 10 por ciento del ligante que se prevé usar, ya sea cal o cemento pórtland, cada una con 100 gr. de suelo seco, se mezcla rápidamente hasta obtener homogeneidad y se agrega el agua correspondiente a la humedad de compactación que se usará en obra, cada mezcla se conservará luego en un frasco hermético. Se toman 10 gr. de una de las mezclas así preparadas y se vuelcan en un vaso que contenga 100 cc. del dispersante, agitando continuamente con una varilla de vidrio, durante 10 minutos, se determina el PH mediante el potenciómetro. Se efectúa este procedimiento con cada una de las muestras. Se traza una curva de tarado, llevando en abscisas los porcentajes del ligante y en coordenadas los PH correspondientes. Se recomienda trazar la curva de tarado en

base a muestras representativas del suelo que se está buscando, y volverla a trazar cada vez que se sospeche algún cambio en el suelo o en el ligante.

34- 5 REALIZACIÓN DEL ENSAYO

Se toma una muestra de 10 gr. de la mezcla a ensayar, pesando con aproximación de 0,01 gr. Se vuelca la muestra en un vaso que contiene 100 cc del dispersante y se agita la suspensión durante 10 minutos, con una varilla de vidrio. Se mide el PH mediante el potenciómetro y por comparación con la curva de tarado, se establece el porcentaje de cal o cemento contenido en la muestra.

Se repite el procedimiento tomando muestras tan frecuentemente como sea preciso y por comparación de los porcentajes establecidos mediante el ensayo, para cada muestra, se determina la homogeneidad de la mezcla.

NORMA DE ENSAYO

VN - E35 - 89

“RESIDUO SÓLIDO Y PH DEL AGUA PARA HORMIGONES Y SUELO - CEMENTO”

[índice](#)

35- 1 OBJETO

Estos ensayos tienen como objeto determinar el residuo del sólido después de evaporación e seco y el PH del agua para hormigones y suelo- cemento

35- 2 EQUIPOS: Vaso de precipitados de 500 cc
Estufa- Balanza.

35- 2- 2 VARIOS

Vasos de precipitación, probetas graduadas y otros elementos de laboratorios.

35- 3 REALIZACION DEL ENSAYO

3- 1 RESIDUO SÓLIDO

Se colocan en un vaso de precipitación de 500 cc del agua en estudio y se evaporan a sequedad, luego se coloca el vaso en una estufa a 130° C, durante una hora. Se pesa el vaso con el residuo, se lo lava y se pesa el vaso seco, se toma la diferencia, que es el residuo sólido de los 500 cm³, del agua ensayada y se lo expresa en porcentaje con respecto al peso del agua.

El PH se determinará empleando algunas de las técnicas alternativas establecidas en la Norma IRAM 1601.

NORMA DE ENSAYO

VN - E36 - 67

“PORCENTAJE DE TERRONES EN AGREGADOS NATURALES”

[índice](#)

36- 1 OBJETO

Este método tiene por objeto determinar el porcentaje de terrones que contiene un agregado natural.

36- 2 EQUIPO

2-1- BALANZA: Balanza sensible al 0,1 % del peso de la muestra a pesar.

2-2- BANDEJA: Varias bandejas que sirven para extender en capas delgadas el material estudiado.

2-3- CRIBAS Y TAMICES: Las cribas y tamices necesarios para efectuar el trabajo como se indica en E.XV.4.

36- 3 REPARACIÓN DEL MATERIAL

La muestra para este ensayo consistirán en el material que se obtenga después de terminar el ensayo de análisis mecánico por lavado, cuando se trata de agregados finos, el material debe ser totalmente retenido por el tamiz N° 16 y pesar por lo menos 100 gr., cuando se trate de agregado grueso, debe ser dividido en fracciones por el tamiz N° 4 y las cribas de 3/8”, 3/4” y 1 1/2”, de modo que el peso de cada fracción no sea menor que el indicado en la siguiente tabla.

Tamaño de las Partículas	Peso de la Muestra (grs.)
N° 4 - 3/8”	1000
3/8” - 3/4”	2000
3/4” - 1 1/2”	3000
Mas de - 1 1/2”	5000

Si el material es una mezcla de agregados finos y gruesos se los debe separar previamente por el tamiz N° 4 y sobre cada tamaño obtener las fracciones indicadas.

36- 4 REALIZACIÓN DEL ENSAYO

Se extiende la muestra en una fina capa sobre el fondo de una bandeja y se examinan los terrones, cualquier partícula que pueda ser desmenuzada con los dedos será clasificada como terrón.

Después de romper todos los terrones observables, separar el agregado pétreo mediante los tamices indicados en la siguiente tabla:

Fracción estudiada			Tamiz
Agregado fino			Nº 20
Nº 4	-	3/8"	Nº 8
3/8"	-	3/4"	Nº 4
3/4"	-	1 1/2"	Nº 4
Mas de	-	1 1/2"	Nº 4

36- 5 CÁLCULOS

Se calcula el porcentaje de terrones con la aproximación 0,1 %, mediante la fórmula:

$$T = \frac{P - R}{P} \times 100$$

Donde:

T: porcentaje de terrones.

P: peso de la muestra y

R: peso de la muestra después de separar los terrones.

NORMA DE ENSAYO VN - E37 - 78

“HÚMEDAD SUPERFICIAL DE AGREGADOS PÉTREOS”

[índice](#)

37- 1 OBJETO

Se trata de determinar esta constante física en los agregados pétreos finos.

37- 2 APARATOS

Una balanza sensible a decigramo y un frasco de Chapman.

37- 3 PROCEDIMIENTO

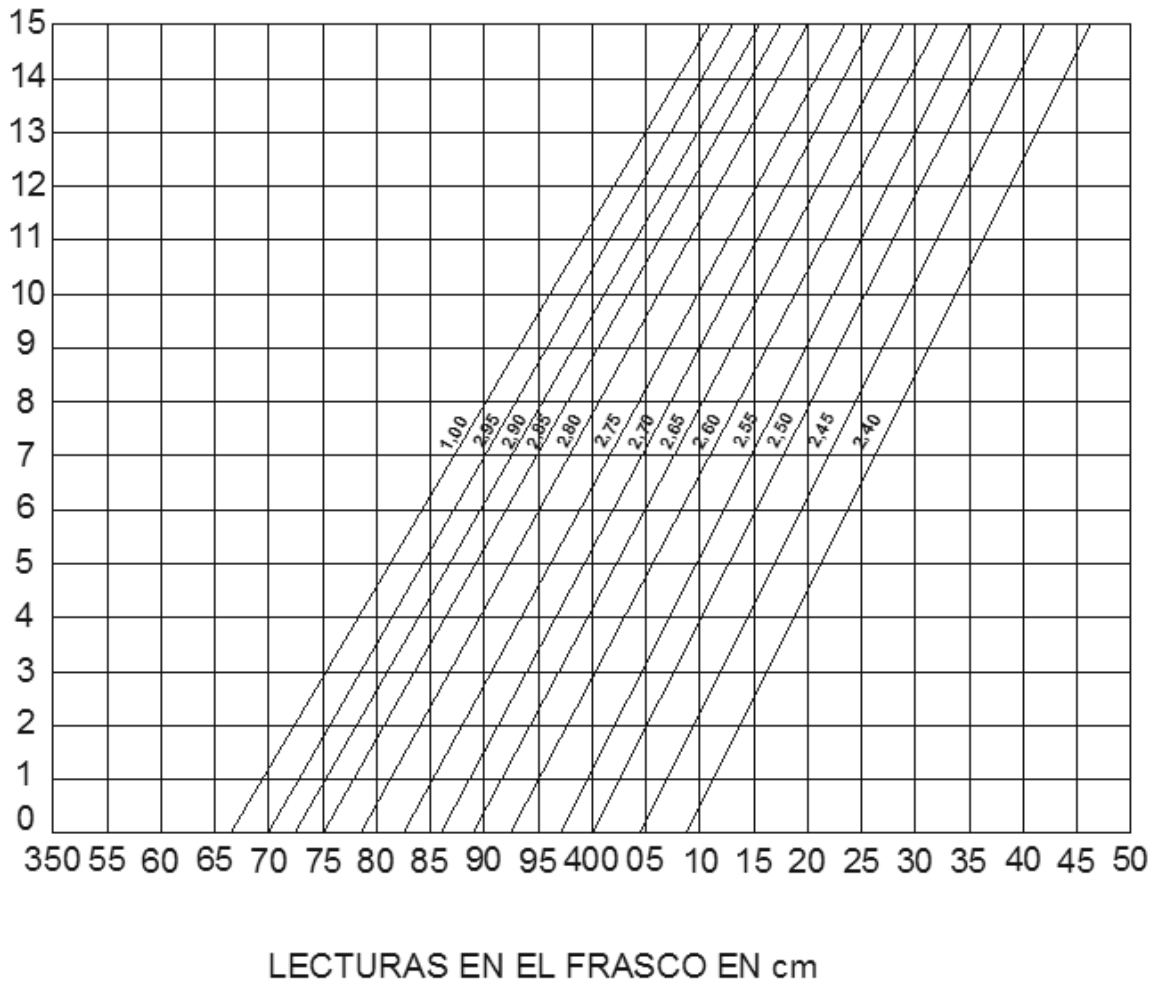
De una muestra representativa de 1 kg. de agregados se pesan 500 gr. con la mayor rapidez para evitar pérdidas de la humedad superficial. Se vierte el agua en el frasco hasta el enrase correspondiente a los 200 cm³ y se introducen lentamente los 500 gr del agregado haciendo girar suavemente el frasco con el objeto de eliminar las burbujas del aire.

37- 4 CALCULOS

En el tubo graduado del frasco se lee el volumen (V) alcanzado por el agua con este dato (V) se entra en el ábaco sobre el eje de las abscisas levantando una vertical hasta interceptar una recta del peso específico absoluto (Pe) correspondiente, previamente determinado. Este punto proyectado sobre el eje de las ordenadas da el porcentaje de humedad superficial el cual puede también calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$Hs = \frac{V - 200 - \frac{500}{Pe}}{200 + 500 - V} \times 100$$

HUMEDAD EN % DEL PESO DE AGREGADO SECO



NORMA DE ENSAYO VN - E38 - 86

“DETERMINACIÓN DE LA LAJOSIDAD Y ELONGACIÓN EN AGREGADOS”

[índice](#)

38- 1 OBJETO

- 1-1 Esta norma detalla el procedimiento que debe seguirse para la determinación del índice de lajosidad de los agregados a emplear en la construcción de capas de pavimentos.
- 1-2 Se define como Índice de Lajosidad de una fracción de agregados el porcentaje en peso de las partículas que la forman en cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a $3/5$ de la dimensión media de la fracción.
- 1-3 Se define como Índice de elongación de una fracción de áridos el porcentaje en peso de las partículas que la forman en cuya dimensión máxima (longitud) es superior a $9/5$ de la dimensión media de la reacción.
- 1-4 Este método no es aplicable a las fracciones del árido con tamaño inferior a 6,3 mm. (N° $1/4$).

38- 2 APARATOS

- 2- 1 Calibres- un juego de los calibres metálicos, uno de ranuras (calibre de espesores) y otros de barras (calibre de elongación), cuyas dimensiones estarán de acuerdo con lo específico en las figuras N° 1 y N° 2.
- 2- 2 Un juego de cribas y tamices que cumplan con la tabla N° 1 y cumplirán la Norma IRAM 1501.
- 2- 3 Balanza de 26 kg. de capacidad con sensibilidad de 1 gramo.
- 2- 4 Material auxiliar: cuarteador de áridos, bandejas, espátulas, cuchara de albañil, etc.

38- 3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 3-1 Del material recibido en el laboratorio se separarán por cuarteo una muestra representativa en cantidad suficiente para la realización del ensayo.
- 3-2 Una vez así separada la muestra para ensayo, se procederá a determinar su análisis granulométrico de acuerdo con la Norma VN- E7-65 “Análisis mecánico de material granular” y con los tamices indicados en la tabla I.
El porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices sucesivos de la serie, se denominan “R_i”, siendo (i) la criba de abertura menor.

TABLA I

FRACCIONES DEL ÁRIDO		CALIBRE DE ESPESORES (*)	CALIBRE DE ELONGACION (**)
Pasa criba de	Retiene criba de	Abertura de la ranura (Mm.)	Separación de las Barras (Mm.)
2 ½"	2	34.29	-----
2"	1 ½"	26.67	80.00
1 ½"	1"	19.05	57.2
1"	¾"	13.34	39.9
¾"	½"	9.53	28.5
½"	3/8"	6.68	20.1
3/8"	¼"	4.76	14.2

(*) Esta dimensión es igual a 0,6 veces la medida de las aberturas de las cribas que definen la fracción.

(**) Esta dimensión es igual a 1,8 veces de la medida de las aberturas que definen la fracción.

3-3 A continuación, previo cuarteo, se separan por cribado las distintas fracciones de la muestra a ensayar, tal como se indica en la tabla I.

Las fracciones del árido cuyo porcentaje sea inferior al 5% de la muestra no se ensayan.

De cada fracción del árido cuyo porcentaje en la muestra este comprendido en el 5 % al 15 % se tomarán como mínimo 100 partículas determinando su peso pi. En la balanza con precisión del 5%.

De cada fracción el árido cuyo porcentaje en la muestra sea superior al 15%, se tomarán un mínimo de 200 partículas, determinando su Peso pi, en la balaza con precisión del 5%.

38- 4 EJECUCIÓN DEL ENSAYO

4-1 Para separar el material lajoso de cada una de las fracciones de ensayo, preparadas como se indica en el ap 38.3. Se hace pasar cada partícula en el calibre de espesores por la ranura cuya abertura corresponde a la fracción que se ensaya de acuerdo con la tabla I.

4-2 La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente, se pesa (Pi) con la precisión del 5 % del peso total de la muestra de ensayo.

4-3 Para separar el material con forma de "agujas" de cada una de las fracciones de ensayo, preparadas como se indica en el apartado 38.3. Se hace pesar cada partícula en el calibre de longitudes por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya de acuerdo con la tabla I.

4-4 La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa entre las dos barras correspondientes, se pesan (Ai) con precisión del 5 % del peso total de la muestra de ensayo.

38- 5 RESULTADOS

5-1 El índice de lajosidad de cada fracción de ensayo se calcula en porciento, mediante la relación entre los pesos de las partículas, p_i que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial P_i de dicha fracción.

$$\text{Índice de lajosidad } L_i = \frac{P_i \times 100}{P_i}$$

de la fracción

5-2 El índice de elongación de fracción de ensayo se calcula en porciento, mediante la relación entre los pesos de las partículas A_i que pasa a través de las correspondientes barras y el peso inicial E_i de dicha fracción.

$$\text{Índice de elongación } L_i = \frac{A_i \times 100}{E_i}$$

De la fracción

5-3 El valor para cada fracción ensayada, tanto del porcentaje de lajosidad como del porcentaje de elongación, se redondeará al número entero más próximo.

5-4 Los resultados obtenidos mediante esta norma pueden expresarse para cada fracción o para el total de la muestra.

5-5 La expresión de los índices de lajosidad y elongación de cada fracción serán los obtenidos directamente en el ensayo, según se indica en los apartados 5.1 y 5.2 indicando expresamente la fracción ensayada.

5-6 Para los índices de lajosidad y de elongación totales se calcula mediante ponderada de los respectivos índices de todas las fracciones ensayadas, empleando como factores de ponderación los porcentajes retenidos (R_i), e indicando la granulometría de la muestra.

Estos índices totales pueden obtenerse aplicando las siguientes expresiones:

$$\text{Índice de lajosidad } I = \frac{\sum l_i \cdot R_i}{\sum R_i} \times 100$$

$$\text{Índice de elongación } E = \frac{\sum L_i \cdot R_i}{\sum R_i} \times 10$$

Indicando (i) las fracciones ensayadas.

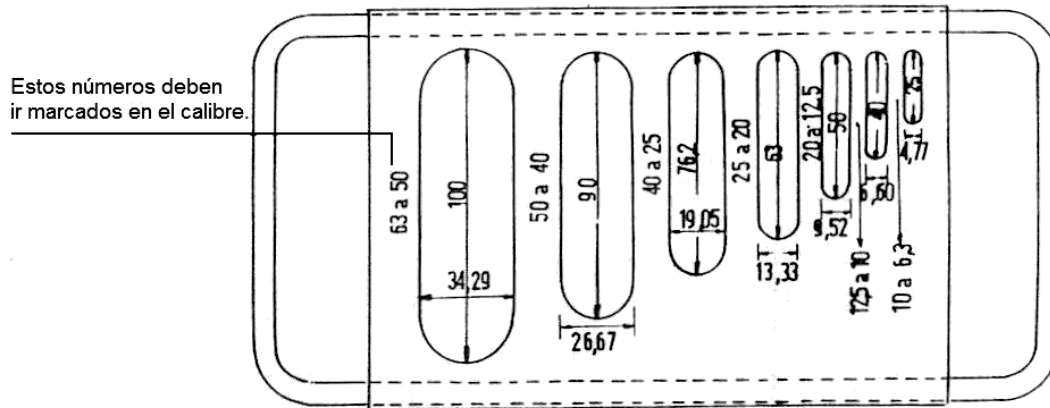


Fig. 1: Calibre de Espesores.

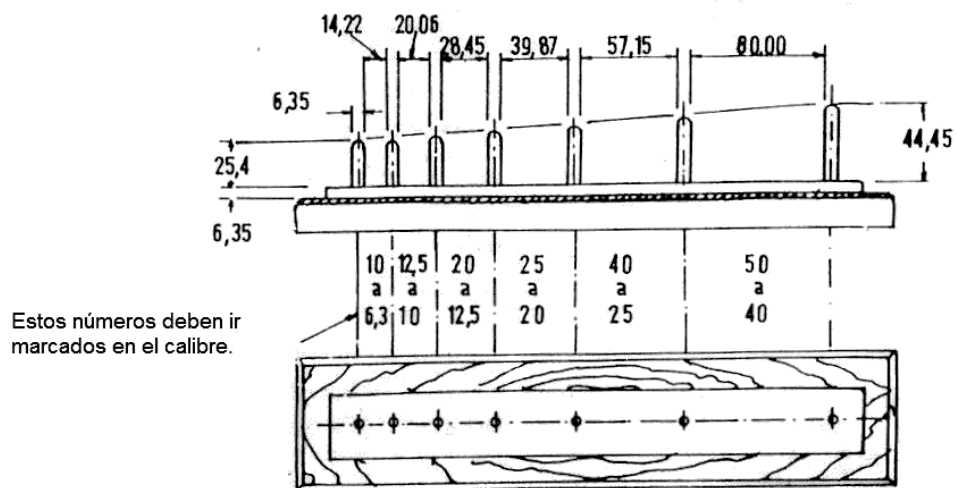


Fig. 2: Calibres de Longitudes.

NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN mm.

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

NORMA DE ENSAYO VN- E 38 - 86

Ruta: Prov.: Tramo:

Empresa:

Remite: Yacimiento: Muestra N°:

DETERMINACIÓN DE LAJOSIDAD Y ELONGACIÓN EN AGREGADOS

CLASE GRANULOMÉTRICA (1)	PORCENTAJE DE RETENIDO DE LA MUESTRA /Ri/ (2)	PESO DE LA MUESTRA A ANALIZAR (Pi) >de 100 partículas (3)	ÍNDICE DE LAJOSIDAD			ÍNDICE DE ELONGACIÓN		
			PARTÍCULAS ANALIZADAS QUE PASAN POR LA RANURA		IL = ILi Ri (6) – (5) x (2)	PARTÍCULAS ANALIZADAS QUE NO PASAN POR ENTRE LAS BARRAS		IEi – IEi Ri (9) – (8) x (2)
			Peso / gr / (PLi) (4)	% / ILi / (5)		Peso /gr / (PLi) (7)	% / IEi/ (8)	
A	63 mm – 51 mm (2½" – 2")							
B	51 mm – 38 mm (2 – 1½")							
C	38 mm – 25 mm (1½" – 1")							
D	25 mm – 19 mm (1" – ¾")							
E	19 mm – 12,7 mm (¾" – ½")							
F	12,7 mm – 9,5 mm (½" – ¾")							
G	9,5 mm – 4,8 mm (¾" – ¼")							
	Σ Ri				Σ ILi – Σ ILi Ri			Σ IEi – Σ IEi Ri
Σ ILi Ri Σ IEi Ri IL = _____ IE = _____ Σ Ri								

Pedregullo Grava

Lugar y Fecha

Firma:

NORMA DE ENSAYO VN - E39 - 78

“ANÁLISIS MECÁNICO DEL RELLENO MINERAL”

[índice](#)

La muestra se obtendrá por cuarteo de una porción representativa del material, se secará a peso constante a una temperatura no mayor de 110°C.

PROCEDIMIENTO: La muestra de aproximadamente 50 gr. del filler seco obtenido por cuarteo se pesará con la precisión del 0,1 gr. Y se colocará sobre el tamiz 200 que estará completamente limpio y seco. El tamiz con fondo y tapa se sostendrá con una mano, ligeramente inclinado de modo que el material se distribuya bien sobre el tamiz; se golpeará suavemente el marco contra la palma de la mano a razón de 150 golpes por minuto aproximadamente.

El tamiz se hará girar 1/6 de vuelta cada 25 golpes, siempre en el mismo sentido. La operación se continuará hasta que no pase más de 0,05 gr. a través del tamiz en un minuto de tamizado.

Se pesará la porción retenida en el tamiz N° 200 repitiendo la operación sobre el tamiz siguiente en el sentido de la abertura creciente hasta totalizar la serie de tamices deseados.

NORMA DE ENSAYO

VN – E40 - 89

“ANÁLISIS QUÍMICO DEL RELLENO MINERAL”

[índice](#)

A) CALES

2-1 Insoluble y sílice:

Se pesan aproximadamente 0,5 gr. de muestra (sin previo secado) y se pasan a un vaso de 250 ml. se le agregan de 5-10 ml. de HC1 concentrado, lentamente, evitando salpicaduras, se agita con varilla de vidrio y luego se lleva a sequedad en baño de maría, llegando a este punto se pone 1 hora en la estufa a 100°- 120°C. Se lo retira, una vez frío, se le agregan unos 10 ml. de HC1 (d= 1,18), se agita con la varilla, se deja unos minutos en reposo y luego se le agrega igual volumen de H₂O destilada, se calienta a baño maría durante 10 minutos y se filtra por papel de filtración media, se lava con HC1. 1: 100 y dos o tres veces con agua fría. Este residuo se coloca en un crisol o cápsula de Pt previamente tarado a constancia de peso, se coloca en la estufa durante 1 a 2 horas y entonces se calcina lentamente primero sobre tela metálica luego a mechero usando un triángulo de cuarzo y por último en la mufla a 1000°C, hasta constancia de peso.

Este residuo es el insoluble no silíceo más la sílice. Para poder hallar el valor de ambos se humedece éste con SO₄ H₂: 1: 1 luego se le agregan 5-7 ml. de HF, se evapora sobre baño de arena, luego sobre tela y por último se lleva en la mufla a 1000°C, hasta peso constante. La diferencia entre esta pesada y la anterior a la evaporación fluorhídrica nos da el peso de la sílice para la cantidad de muestra pesada, refiriéndola a 100 gr. tendremos la sílice %. El insoluble no silíceo es el residuo que queda en el crisol después de la evaporación fluorhídrica para la cantidad de muestra pesada, refiriéndolo a 100 gr. tendremos el insoluble en sílice %.

2-1 OXIDO DE CALCIO

A la solución clorhídrica de la determinación de Si O₂ se le agregan unas gotas de Br y se hierve hasta eliminar totalmente el Br; se le agrega 5 ml. del HC1 (d= 1,18) y unas gotas de rojo metilo (en este momento el volumen contenido en el vaso debe ser de alrededor de 200 ml. si no lo fuera se le agrega H₂O destilada, se calienta a ebullición y se neutraliza con NH₄ (OH) 1: 1 hasta viraje de indicador que pasa de rojo amarillo.

En este momento precipitan los hidróxidos de Fe y Ae. Se hierve 1 ó 2 minutos y luego de dejar sedimentar el precipitado se filtra por papel de filtración rápida, se lava 2 ó 3 veces con solución de NH₄ C1 (2 %) caliente.

Al filtrado que ha sido recibido en un vaso de 400 ml. se le agregan unos ml. de NH₄ OH y se hace hervir. Se le agrega entonces una solución hirviente de oxalato de amonio saturada agitando continuamente y se continúa hirviendo hasta que el precipitado de oxalato de calcio adquiera una estructura granular. Se deja entonces reposar durante media hora hasta que todo el precipitado sedimente y el líquido sobrenadante quede claro. Se filtra por papel de filtración media y se lava el precipitado unas 10 veces con H₂O caliente.

Se pasa la mayor parte del precipitado a un Erlenmeyer de 500 ml. La técnica es la siguiente: con una varilla se rompe el fondo del papel de filtro y a chorros de pipeta

se va separando el precipitado de las paredes de papel al mismo tiempo que cae al Erlenmeyer, al vaso donde se precipitó el oxalato de calcio. Se le agregan 50 ml. de $\text{SO}_4 \text{H}_2$. 1: 10 libre de reductores; se calienta y con esta solución se lavan las paredes del embudo (sacando previamente el papel de filtro que se reserva).

En el Erlenmeyer se lleva el volumen a 250 ml. Se calienta a 80°C - 90°C y se titula con solución standard de $\text{MnO}_4 \text{K}$, hasta viraje al rosado, entonces se introduce el papel de filtro y se sigue titulando hasta nuevo viraje.

Solución Standard de $\text{MnO}_4 \text{K}$.

Se prepara disolviendo 5,64 gr. de $\text{MnO}_4 \text{K}$ en 1000 ml. de $\text{H}_2 \text{O}$. Se deja durante una semana y se filtra por placa filtrante media.

Para estandarizarla se pesan alrededor de 0,5 gr. de oxalato de sodio (previamente secado a 105°C) y se coloca en un Erlenmeyer de 500 ml. Se le agregan 60 ml. H_2O destilada y 25 ml. de SO_4H_2 1: 8 (libre de reductores) se calienta a $80 - 90^\circ\text{C}$ y se titula.

3- FILLER CALCÁREO

1. a) Insoluble:

Se pesan aproximadamente 0,5 gr. de muestra sin previo secado, y se pesan a un vaso de 250 ml. Se le agregan de 5 a 10 ml. de HC1 ($d = 1,18$) lentamente, evitando salpicaduras se agita con varilla de vidrio y luego se lleva a sequedad en baño de maría.

Llegado a este punto se pone 1 hora en estufa a $110 - 120^\circ\text{C}$. Se saca de la estufa y una vez frío se le agregan unos 10 ml. de HC1 ($d = 1,18$) y se agita con la varilla. Se deja unos minutos en reposo y luego se le agrega igual volumen de H_2O destilada, se calienta a baño de maría durante 10 minutos y se filtra por papel de filtración medio, se lava con HC1 . 1: 100 y dos o tres veces con H_2O fría. Este residuo se coloca en un crisol o cápsula de Pt previamente tarado a constancia de peso, se coloca en la estufa durante 1- 2 horas y entonces se calcina lentamente primero sobre tela metálica, luego a mechero usando un triángulo de cuarzo y por último en la mufla a 1000°C hasta constancia de peso.

La diferencia entre esta pesada y la del crisol vacío nos da el insoluble para la cantidad de muestra pesada. Refiriéndolo a 100 tendremos el insoluble por ciento.

2. DETERMINACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO

Se determina por medio de la bureta de Bunte.

El aparato consta de un matracito de 30 ml. (el que tenemos posee un volumen de alrededor de 80 ml., por esa razón se deberá llenar la mitad del matracito con esferas de vidrio y unos ml. de agua) un tapón de goma, que ajuste bien el matracito, con dos tubuladuras. Una que da paso a una ampolla de decantación de 100 ml. y otra a un largo tubo capilar © que empalma por medio de un trocito de goma al tubo A de la bureta de Bunte.

TECNICA

(ver croquis)

a) Llenar la bureta con solución saturada de NaCl ligeramente acidificada con HC1 1: 2, empleando Heliantina como indicador hasta llenar el tubo A, por elevación del frasco de nivel. Inmediatamente cerrar las llaves D y E.

- b) Pesar alrededor de 0,2 gr. muestra para las sustancias ricas en CO₂; 0,4 gr. para las menos ricas en CO₂ y alrededor de 2 gr. para las sustancias más pobres en CO₂.
Tratándose de “filler” la determinación de CO₂ se efectuará sobre la muestra sin secar.
- c) Fijar un alambre fino de hierro al tapón de goma y adaptarlo al matracito.
d) Bajar el frasco de nivel conectando A con B (abrir llaves D y E).
e) Añadir desde la ampolla de decantación HC1 1: 2 lentamente y una vez que la reacción vigorosa cesa llenar hasta la 2/3 parte del volumen del recipiente con la solución del ácido.
f) Calentar una vez que cesa el desprendimiento apreciable de CO₂ hasta ataque completo.
g) Llenar casi en su totalidad el matracito dejando caer HCL y llevar a ebullición (5 minutos es suficiente).
h) Llenar el tubo capilar C con la solución HC1 e inmediatamente cerrar D y E.
i) Desconectar la bureta de Bunte del resto del sistema.
j) Retirar del soporte y enfriar la bureta bajo el agua durante unos minutos.
k) Volver a colocar la bureta en el soporte, esperar unos minutos, abrir lentamente la llave E y efectuar la lectura de los gases, previa igualación de las presiones, usando el frasco de nivel, observando al mismo tiempo la temperatura con un termómetro cuyo bulbo está adherido a la bureta.
l) Cuidar de que el extremo superior de la bureta no quede adherido líquido.
m) Repetir las mediciones de volumen y temperatura de los gases a intervalos de 5 minutos hasta verificar que no existen variaciones mayores de 0,2°C y variaciones de volumen mayores de 0,1cm.
n) Anotar los datos obtenidos.
o) Bajar el frasco de nivel y colocar en el embudo superior F unos ml. de solución de NaOH aproximadamente al 30 %.
p) Abrir D para que penetre la solución de álcali, cuidando que quede una pequeña porción para evitar que pudiera entrar aire.
q) Llenar F con agua y tapar con un corcho.
r) Retirar la bureta y agitar repetidas veces.
s) Enfriar bajo agua la bureta durante unos minutos.
t) Volver a colocar la bureta en el soporte y esperar unos minutos.
u) Abrir E, e igualar las presiones con el frasco de nivel y efectuar la lectura del volumen y de la temperatura.
v) Repetir las observaciones 1, m y n.
w) Reducir los volúmenes a 0°C y 760 mm. mediante la fórmula:

$$V_0 = \frac{(P - p) V. 273}{760 (273 + t)}$$

Siendo:

V₀: Volumen observado.

P: Presión barométrica en el instante que se llevo a cabo la determinación.

t: temperatura leída.

p: presión de vapor de la solución saturada de sal común a diversas temperaturas expresadas en mm. de Hg.

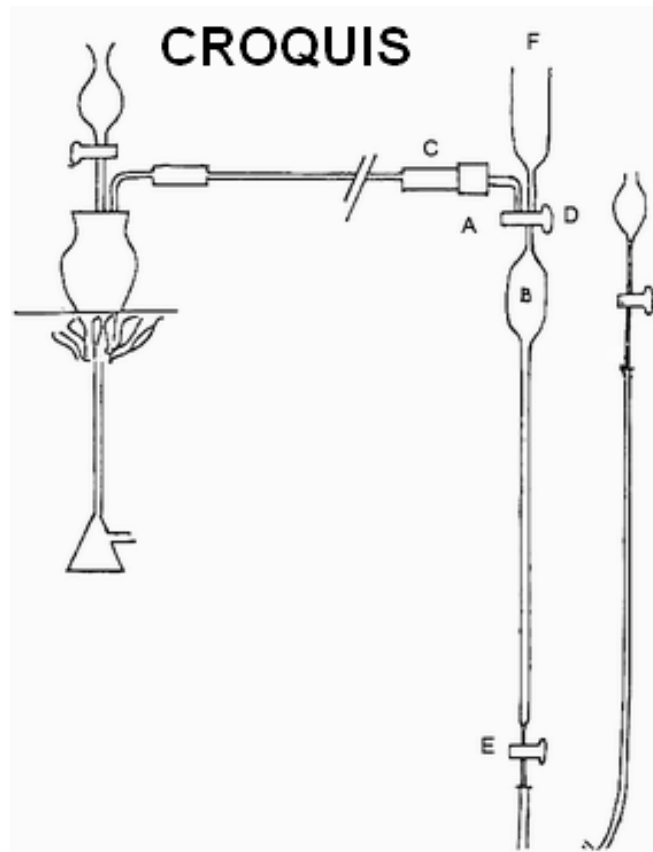
10°C.....	7, 34
11°C.....	7, 93
12°C.....	8, 38

13°C.....	8, 95
14°C.....	9, 55
15°C.....	10, 18
16°C.....	10, 86
17°C.....	11, 52
18°C.....	12, 30
19°C.....	13, 10
20°C.....	13, 96
21°C.....	14, 80
22°C.....	15, 73
23°C.....	16, 70
24°C.....	17, 74
25°C.....	18, 84
26°C.....	19, 90
27°C.....	21, 21
28°C.....	22, 48
29°C.....	23, 83
30°C.....	25, 25

Representado por Vo los volúmenes de gas reducido a condiciones normales y por n el peso de muestra empleada, el tanto por ciento de CO2 será:

$$\%CO_2 = \frac{0,19768 (V_o - V_o)}{n}$$

N.I.O 1510 Ensayo de Comprensión de rocas (ver Norma IRAM oficial).
N.I.O 1538 Ensayo de tenacidad de rocas (ver Norma IRAM oficial).



NORMA DE ENSAYO VN - E41 - 89

“DETERMINACIÓN DE SOLVENTES VOLATILES EN MEZCLAS ASFALTICAS”

[índice](#)

41- 1 OBJETO

El objeto de este método es determinar el contenido de solventes volátiles en mezclas bituminosas constituidas por un asfalto diluido de curado rápido y agregado mineral.

41- 2 APARATOS:

- a) El aparato consiste en una calderita de metal calentada por un dispositivo adecuado y provista de un refrigerante a reflujo que descarga en una trampa. La trampa sirve para recoger y medir el solvente permitido en el retorno del agua condensada a la calderita.
- b) La trampa será de vidrio bien templado. Estará graduada de 0 a 12,5 ml., en divisiones de 0,1ml. El error de cualquiera de los volúmenes indicados no será mayor de 0,05 ml. (ver figura).
- c) La caldera estará constituida por un recipiente cilíndrico de metal con un reborde en su parte superior al cual puede fijarse firmemente la tapa mediante una agarradera. La tapa será de metal provista de un tubo de 1 a 1 ½ 2” pulgada de diámetro interno y 6” de altura.
- d) El refrigerante será de vidrio del tipo de reflujo enfriado con agua. La camisa del refrigerante tendrá una longitud no menor de 40 cm con un tubo interior de 0,95 a 1,27 cm de diámetro externo. El extremo del tubo que penetra en la trampa estará cortado a bisel en un ángulo de 60°. Puede también agregarse un refrigerante de aire en el extremo superior del refrigerante de agua.
- e) Puede utilizarse cualquier dispositivo adecuado de calentamiento que permita obtener una velocidad de destilación de 85 a 95 gotas en el extremo del refrigerante.

41- 3 PROCEDIMIENTO

De la muestra cuidadosamente homogeneizada se toman 500 gr. que transfieren a la calderita. Se agregan 350 cm³ de agua destilada y 3 gr de carbonato de sodio (CO₃ Na₂). Se coloca un tapón en el orificio de salida de la caldera y se agita vigorosamente durante 1 ó 2 minutos. Se llena la trampa con agua y se arma el aparato como indica la figura N° 1. El extremo del tubo del refrigerante se colocará a la altura de la muesca de la trampa.

Se aplica el calor en forma tal que el reflujo se inicia a los 5 ó 10 minutos de iniciado el calentamiento. Anotar el tiempo que tarda en caer la primera gota del extremo del tubo del refrigerante. Se regula la destilación aumentando o disminuyendo la cantidad de calor en tal forma que por el extremo del tubo del refrigerante caigan de 85 a 95 gotas por minuto.

La velocidad de goteo debe ser conseguida antes de veinte minutos de caer la primera gota y mantenida durante un período de tres horas después de la primera gota.

Se leerá la cantidad volátil condensada en la trampa cada diez minutos durante la primera hora de ensayo y luego de cada veinte minutos. Después de transcurridas tres

horas se suprime el calentamiento efectuando la lectura final del destilado luego de un período de 15 minutos, como mínimo, para permitir la separación clara de los dos líquidos y que estos alcancen la temperatura ambiente. El contenido de solventes expresado en centímetros cúbicos por 1000 gr. de mezcla asfáltica está dada por:

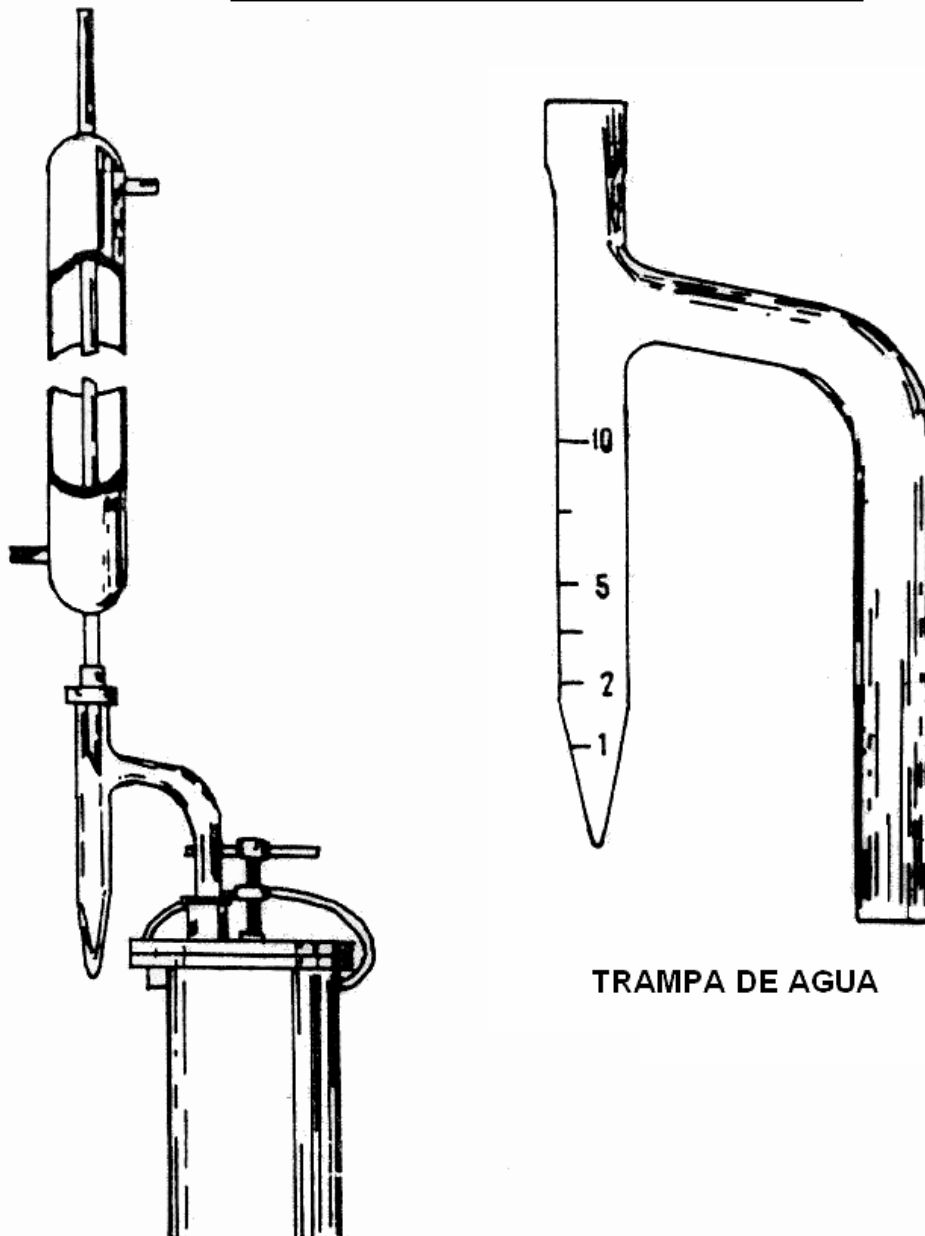
$$S = \frac{L}{P} \times 1000$$

Donde:

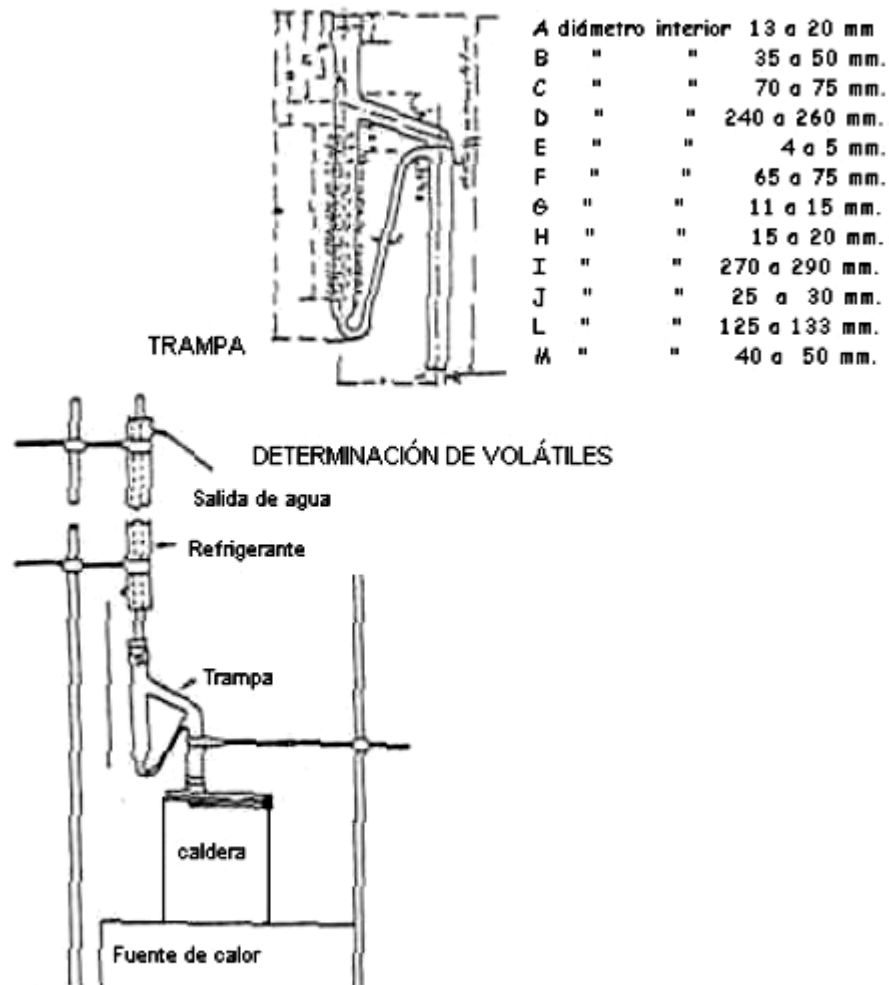
L= Lectura final en la trampa.

P= Peso de la mezcla asfáltica.

EQUIPO PARA DETERMINACION DE AGUA EN MEZCLAS ASFALTICAS



MEZCLAS BITUMINOSAS



Esquema del aparato para determinación de Solventes Volátiles en mezclas asfálticas

NORMA DE ENSAYO VN – E55 - 86

“DETERMINACIÓN DE AGUA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS POR DESTILACIÓN”

[índice](#)

55- 1 OBJETO:

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para establecer el contenido de agua en mezclas de concreto asfáltico.

El método se basa en la destilación de la muestra con un solvente volátil no miscible con el agua y que destila junto con ella.

55- 2 APARATOS:

- a) El aparato consiste (ver figura 1) en un recipiente metálico como destilador, con un sistema de calentamiento según se describe en c), conectado a una trampa provista de un condensador a reflujo. La trampa recibe el solvente y el agua del condensador, separándose el agua en la parte inferior de la trampa y el solvente retorna por rebalse al destilador.
- b) Recipiente cilíndrico metálico de aproximadamente 94 mm. de diámetro y 150 mm. de altura (volumen aproximado 1000 cm³ de capacidad) de acero inoxidable, cobre ó bronce. Estará provisto de una tapa ajustable por medio de una prensa metálica, deberá tener una turbulencia para conectar la trampa de aproximadamente 1” de diámetro.
- c) Como fuente de calentamiento se utilizará un quemador anular a gas, con agujeros en la periferia interior, que posea las medidas adecuadas para poder moverlo en forma ascendente y descendente alrededor del cilindro destilador.
- d) Refrigerante a reflujo de vidrio, enfriado con agua con una camisa de no menos de 400 mm de longitud y con un tubo interno de 10 a 12 mm. de diámetro externo. El final del tubo condensador que va inserto en la trampa deberá estar cortado en ángulo de aproximadamente 30°.
- e) Trampa de vidrio templado construida según las características de la figura 1. Deberá estar graduada de 0 a 10 ml., el error máximo de cualquiera de las mediciones de capacidad no será mayor de 0,05 ml.
- f) El recipiente destilador, la trampa y el condensador se conectan por medio de juntas a prueba de pérdidas, preferentemente esmeriladas para el material de vidrio (conexión entre trampa y condensador) y tapones de goma entre vidrio y metal (conexión entre destilador y trampa de vidrio). Ver figura 1.

55- 3 DISOLVENTE:

Xileno.

55- 4 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a) Se obtiene una muestra representativa de la mezcla a ensayar. La cantidad mínima de material que se requiere enviar al Laboratorio depende del tamaño máximo nominal de las partículas del agregado pétreo utilizado. Los valores respectivos se detallan en la tabla N° 1.
- b) Se coloca la muestra obtenida en una estufa a 110°C - 120°C durante el tiempo necesario para poder desmenuzarla fácilmente.
- c) Si la determinación a realizar no va acompañada de la determinación del contenido de asfalto, esta mezcla en caliente se reduce por cuarteos hasta unos 200 gr. La cantidad de muestras a ensayar debe ser tal que el contenido estimado de agua no exceda la capacidad de la trampa.

55- 5 PROCEDIMIENTO:

- a) Se pesa el concreto asfáltico separado por cuarteos y se carga en el destilador. Se mide con una probeta 150 a 200 ml. de xileno que se agregan al destilador, armado el aparato según indica la figura 1. En el armado del equipo completo se debe tener en cuenta que el final, en ángulo del condensador debe quedar justo por debajo de la tubuladura lateral de la trampa. (ver figura 1).
- b) En la tapa móvil del destilador se coloca una junta o un papel grueso embebido con disolvente entre el cuerpo del recipiente y la tapa.
- c) El refrigerante y la trampa deben estar perfectamente limpios para asegurar que las gotas de agua que se forman escurran libremente hasta el fondo de la trampa.
- d) Se coloca un tapón flojo de algodón en la parte superior del refrigerante a los fines de evitar la condensación de la humedad del aire en el interior del mismo. Se hace circular agua fría a través de la camisa del refrigerante.
- e) Se comienza la destilación con el quemador anular situado a 75 mm. por encima del fondo del recipiente. Se regula la intensidad del calentamiento de modo que la velocidad de destilación sea de 2 á 5 gotas por segundo, gradualmente se va bajando el quemador a fin de mantener la velocidad de destilación.
- f) Si durante la destilación se forma un anillo de agua en el refrigerante, se aumenta lentamente la velocidad de la misma ó se corta la circulación de agua por la camisa del refrigerante durante unos minutos, para eliminarlo.
- g) Se continúa la destilación durante el tiempo necesario para que restos de agua no sean visibles en ningún lugar del equipo con excepción del fondo de la trampa. Se continúa la destilación hasta que el volumen de la trampa permanezca constante como mínimo durante 5 minutos.
- h) Se deja que la trampa se enfríe a la temperatura ambiente y se lee el volumen de agua recogida en la trampa.

55- 6 CÁLCULOS:

- a) Se calcula el agua de la muestra mediante la fórmula:

$$A = \frac{V}{M} \times 100$$

Siendo:

A: el contenido de agua en la muestra en cm³.

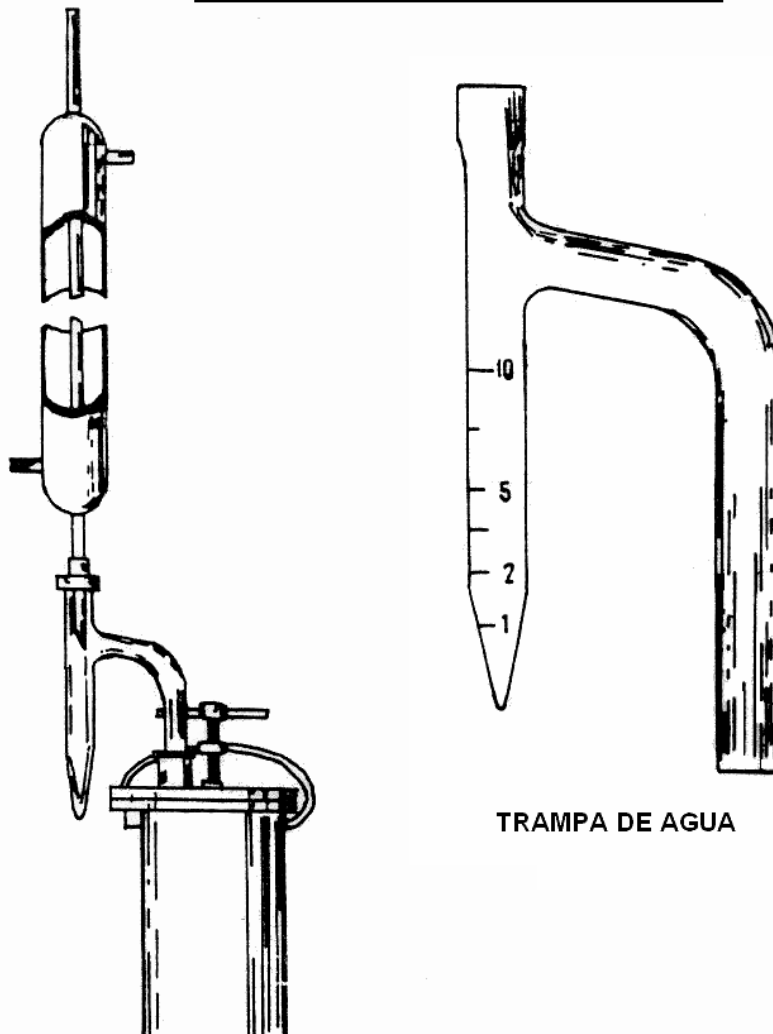
V: el volumen de agua medida en la trampa en cm³.

M: la masa de muestra empleada en gramos.

TABLA N° 1
CANTIDAD DE MUESTRA.

Tamaño máximo de las partículas (nominal)		A enviar al laboratorio	A ensayar
N° 10	2 mm.	2 kg.	En todos los casos se utilizarán 200 grs. aproximadamente para efectuar cada determinación.
N° 4	4,8 mm.	2 kg.	
3/8"	9,5 mm.	4 kg.	
1/2"	12,7 mm.	6 kg.	
3/4"	19 mm.	8 kg.	
1"	25,4 mm.	10 kg.	

EQUIPO PARA DETERMINACION DE AGUA EN MEZCLAS ASFALTICAS



NORMA DE ENSAYO VN - E64 - 78

“MÉTODO STANDARD DE ENSAYO PARA MUESTREO DE MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS”

[índice](#)

64- 1 ALCANCE

- 1) Este método cubre el procedimiento para muestreo de mezclas de materiales bituminosos con agregados minerales preparados para uso de pavimentos.

64- 2 SELECCIÓN DE MUESTRAS

- 2 a) El muestreo es tan importante como el ensayo, por lo cual se debe usar toda precaución para obtener muestras que sean verdaderamente representativas de la mezcla bituminosa.
- b) Deberá tenerse cuidado en el muestreo para evitar la segregación del agregado grueso y el mortero bituminoso, así como la contaminación con polvo u otras materias extrañas.
- c) Las muestras de materiales bituminosos en las cuales debe basarse la aceptación o el rechazo del lote deben ser seleccionadas por el ingeniero de acuerdo con el procedimiento descrito más adelante.

64- 3 TAMAÑO DE LAS MUESTRAS

- i. El tamaño de las muestras está gobernado por el tamaño máximo de las partículas minerales en la mezcla. El tamaño mínimo de las muestras deberá conformarse con los requerimientos de la Tabla N° 1.

TABLA N° 1
TAMAÑO DE LA MUESTRA

Tamaño Máximo Nominal de las Partículas que pasan en Tamiz N°	Peso Mínimo de muestra no Compactada en kilos	Área de Mínima de Mezcla Compactadas en cm ² .
N° 10	2	230
N° 4	2	230
3/8"	4	230
1/2"	6	413
3/4"	8	645
1"	10	930
1 1/2"	13	930
2"	16	1500

64-4 MUESTREO DE MEZCLAS BITUMINOSAS MEZCLADAS EN PLANTA, TOMADAS EN LA PLANTA

- a. Las muestras que se toman de los pastones de mezcla recientemente descargada desde la planta mezcladora deben obtenerse por medio de una cuchara o pala desde la parte inferior hasta la superficie del pastón, de puntos que se encuentren a 180° entre sí, siendo reducidas al tamaño deseado por medio de mezclado y cuarteo. Cada muestra no debe representar más de la producción de un día.

64- 5 MUESTREO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS TOMADAS DEL CAMINO

- b. Las muestras de mezclas de pavimento bituminoso tomadas del pavimento colocado deben tener el tamaño indicado en la Tabla N° 1 y deben extenderse en toda la profundidad de la capa que se está colocando. Por lo menos una muestra debe tomarse por cada día de colocado. La muestra debe ser cortada de tal manera que se produzca la mínima alteración de la densidad y será transportada firmemente envuelta y apoyada para mantener inalterada su forma para la determinación de la densidad.

64- 6 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

- 6- Cada muestra deberá estar acompañada de una tarjeta que contenga la siguiente información: Proyecto, Origen de la Muestra, Kilómetro en que se toma la Muestra, Cantidad Representada, y Firma del Inspector que tomó la Muestra.

NORMA DE ENSAYO

VN - E65 - 83

“ENSAYO RADIO DE CURVATURA”

[índice](#)

65- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el Radio de Curvatura con dos (2) Reglas Benkelman.

A tal fin se utiliza un camión donde la carga, tamaño de cubiertas, espaciados entre ruedas duales y presión de inflado, están normalizados, en la Norma de Ensayo [VN-E28-77](#), apartado 2-b.

65- 2 APARATOS

Dos reglas Benkelman con sus correspondientes flexímetros según lo indicado en la Norma VN - E28 - 77 apartado 28-2-a-b-c-d-e- y g.

65- 3 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

- a) El punto del pavimento a ensayar (punto A), deberá ser marcado convenientemente con una línea transversal al camino (línea N° 1) e igualmente se marcará otra línea paralela a la misma (línea N° 2), distante 25 cm hacia atrás (de acuerdo al sentido de avance del equipo). El punto A será localizado sobre la línea N° 1 a una distancia prefijada del borde, según la tabla N° 1 de Norma VN - E28 - 77. Por el punto así localizado se trazará la normal a la línea N°1 que cortará a la línea N°2 en el punto B.
- b) La rueda dual externa deberá ser colocada sobre el punto A, procediendo como se indica en la Norma VN - E28 - 77, apartado 28- 3 b.
- c) Se coloca una de las reglas (N° 1 en adelante) sobre el pavimento, detrás del camión, aproximadamente perpendicular al eje de carga y de modo que la punta de prueba coincida con el punto A y la regla no roce contra los neumáticos de la rueda dual.
- d) Se coloca la otra regla (N° 2 en adelante) sobre el pavimento, detrás del camión en posición inclinada con respecto a la regla N° 1 (sin que lleguen a tocarse entre sí) y de modo que la punta de prueba coincida con el punto B.
- e) Se retiran las tablas de las reglas y se ajustan las bases por medio de los tornillos traseros de modo tal que los brazos de medición queden en contacto con los vástagos de los diales.
- f) Los flexímetros se ajustan de modo que los vástagos tengan un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se giran las esferas de los flexímetros hasta que las agujas queden en “0” (cero) y se verifican las lecturas golpeando suavemente los flexímetros con un lápiz. Girar las esferas si fuera necesario y repetir la operación hasta obtener la posición “0” (cero). Poner en marcha el cronómetro y cada 60 segundos leer el flexímetro de la regla N° 1 golpeándolo suavemente con un lápiz. Cuando dos lecturas sucesivas no difieran en más de 0,01 mm. se da por estabilizada la deformación producida por la carga en ambos puntos.
- g) Se giran las esferas de los flexímetros, si es necesario, hasta que las agujas quedan en cero (golpeando suavemente con un lápiz) e inmediatamente se hace avanzar suave y lentamente el camión, poniendo en marcha el cronómetro. Se efectúa la

lectura del flexímetro de la regla N° 1 cada 60 segundos golpeándolo suavemente con un lápiz. Cuando dos lecturas sucesivas no difieran en más de 0,01 mm. se da por finalizada la recuperación, registrándose la última lectura observada (L1). Simultáneamente se efectúa la lectura del flexímetro de la regla N° 2 golpeándolo suavemente con un lápiz registrándose el valor leído (L 2).

Deberán tenerse en cuenta las mismas indicaciones y limitaciones de la Norma VN - E28 - 77 en los párrafos 28-3-i, j, k y l.

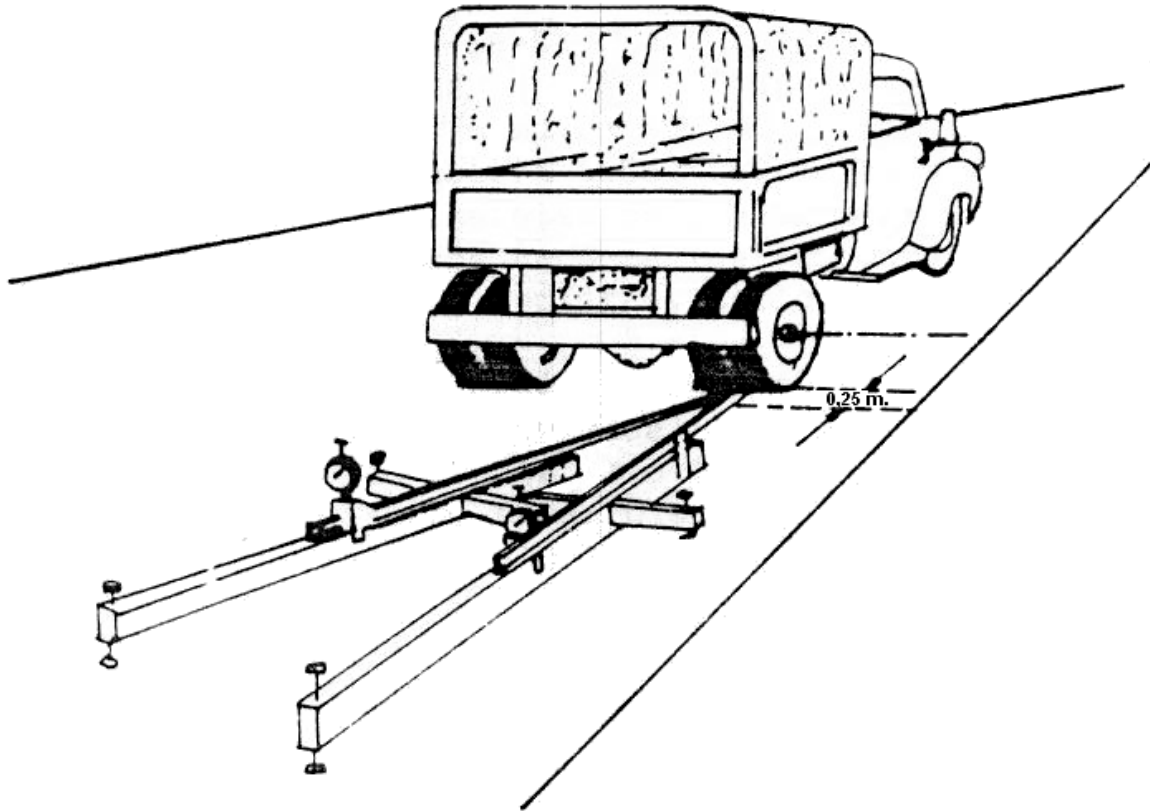
El radio de curvatura se calcula con la expresión:

$$RC = \frac{6250}{4 (L 1 - L2)}$$

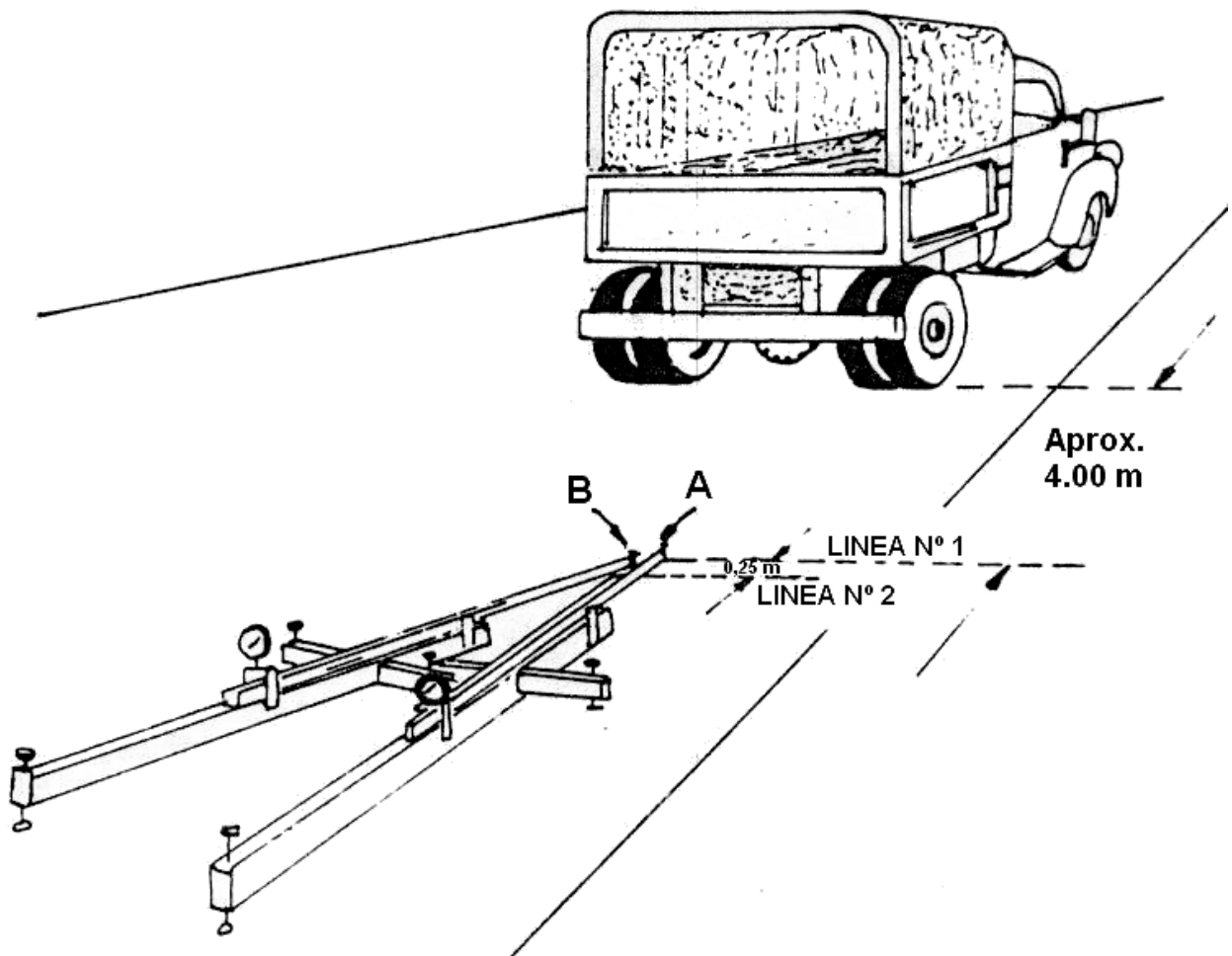
RC= Radio de curvatura en metros.

TABLA PARA EL CÁLCULO DE LOS RADIOS DE CURVATURA

Diferencia D - 25 cm. 0,01	Radio de Curvatura m	Diferencia D - 25 cm. 0,01 mm.	Radio de curvatura M	Diferencia D - 25 cm. 0,01	Radio de curvatura m
1	3125	28	112	55	57
2	1562	29	108	56	56
3	1042	30	104	57	55
4	781	31	101	58	54
5	625	32	98	59	53
6	521	33	95	60	52
7	446	34	92	61	51
8	391	35	89	62 - 63	50
9	347	36	87	64	49
10	312	37	84	65	48
11	284	38	82	66 - 67	47
12	260	39	80	68	46
13	240	40	78	69 - 70	45
14	223	41	76	71	44
15	208	42	74	72 - 73	43
16	195	43	73	74 - 75	42
17	184	44	71	76 - 77	41
18	174	45	69	78 - 79	40
19	164	46	68	80 - 81	39
20	156	47	66	82 - 83	38
21	149	48	65	84 - 85	37
22	142	49	64	86 - 88	36
23	136	50	63	89 - 90	35
24	130	51	61	91 - 93	34
25	125	52	60	94 - 96	33
26	120	53	59	97 - 99	32
27	116	54	58	100	31



Posición del equipo en momentos previos a la medición de la deflexión recuperable y el radio de curvatura.



NORMA DE ENSAYO

VN - E66 - 82

“ANÁLISIS DEL TIPO Y CALIDAD DE LA ROCA DE LOS AGREGADOS GRUESOS”

[índice](#)

MÉTODO DE ENSAYO

66- 1 NORMAS A CONSULTAR:

IRAM	TEMA
1501 (Parte II)	Tamices de Ensayo
1505	Análisis Granulometría y VN - E7- 65
1509	Extracción de Muestra

66- 2 OBJETO:

- 2-1 Establecer los métodos del análisis del estado físico de la roca que compone cada una de las partículas de la fracción gruesa de los agregados para uso vial.

66- 3 DEFINICIONES:

3- 1 AGREGADO GRUESO: A los efectos de esta Norma el material sobre el que se efectuarán los análisis de estado físico, estará constituido por partículas naturales (gravas) o provenientes de la trituración de rocas y/o gravas (pedregullo), de granulometría comprendida entre cribas y tamices IRAM de 51 mm (2”) y 4,8 mm. (N° 4). Cuando formen parte de la muestra analizada, materiales componentes de tamaños mayores a 51 mm. (2”) o menores de 4,8 mm. (N° 4) se indicará esta circunstancia en el Informe Técnico (6.4), describiendo a estos materiales por sus porcentajes en peso de la muestra total y sus características físicas especialmente las que puedan transferir su inestabilidad al medio que la rodea.

3- 2 MATERIAL DEFICIENTE: Roca que, conservando su estructura original, presenta algún defecto o imperfección, y por lo tanto no cumple en forma cabal su función de inerte resistente y durable.

Comprende:

3- 2- 1 MATERIAL BLANDO: La roca es aún coherente pero friable es decir se desmenuza (disgrega) fácilmente destruyendo así la estructura.

Incluye:

3- 2- 1- 1 ROCA DESCOMPUESTA: (alteración muy avanzada, progresiva y disgregante) en la que la estructura subsiste pero está visiblemente afectada y junto a los minerales originarios remanentes abundan los productos hidrolíticos secundarios (caolinita, illita, monmorillonita, halloysitas, zeolitas, sericita, etc.).

3- 2- 1- 2 ROCA POBREMENTE DIAGENIZADA: Debido a la interposición de ligantes físicos o por cementación (química) incipiente. En estas condiciones la roca es aún coherente pero friable, es decir se desmenuza fácilmente (areniscas, tobas blandas, ciertas calizas, toscas blandas, arcillas exquisitosas, etc.).

3- 2- 1- 3 Rocas muy micácea, se halla debilitada por la fisibilidad de la mica componente (micacita, micaesquisto, gneis muy micaceo, pegmatitas, etc.).

3- 2- 2 MATERIAL SEMIDURO: La roca posee un grado de coherencia algo disminuido, pero lo suficientemente fuerte como para no disgregarse fácilmente. Incluye:

3- 2- 2- 1 Rocas que han comenzado a descomponerse, pero todavía escasean en su masa los minerales hidrolíticos secundarios (citados en 3-2-1-1) y conservan intacta su estructura, pero el grado de alteración ya comienza a afectar el estado físico.

3- 2- 2- 2 Rocas cuya cementación, aunque acentuada, no es completa. Tienen un grado de cohesión algo disminuido, pero suficientemente fuerte como para no disgregarse fácilmente (areniscas cuarcíticas, areniscas cuarzosas, toscas semiduras, etc.).

3- 2- 2- 3 Rocas exfoliables y esquistas que por su estructura y textura tienen el grado de cohesión algo disminuido (filitas, pizarras, etc.).

66- 4 MUESTREO

4- 1 La extracción de muestras representativas estará a cargo del geólogo actuante o en su defecto, de los técnicos responsables de la obra o estudio.

4- 2 Se extraerán muestras representativas de la pila o acopio que totalizarán no menos de 40 kilogramos cada una, según Norma IRAM 1.509.

4- 3 La muestra deberá ser representativa del respectivo acopio de agregado pétreo (pedregullo o grava) acumulado en obra o en obrador. En circunstancias especiales podrá tratarse incluso del pedregullo ensilado o apilado en cantera o de la grava o del ripio (grava con material fino) todavía yacentes o ya removidos.

4- 4 Si se tratara de un yacimiento de grava natural (ripio) las muestras obtenidas serán representativas de la de todo el material del yacimiento o de zonas del yacimiento. A tal efecto se tomarán muestras del número necesario de excavaciones realizadas en diversos lugares del yacimiento.

4- 5 Si por observación de todas las muestras extraídas y análisis preliminar de muestras tomadas al azar se determina que el material de todo el acopio o yacimiento es suficientemente homogéneo, se admite la unificación de muestras para el análisis.

4- 6 Si en la obra se emplearan agregados pétreos de procedencia o naturaleza diferente, deben acopiarse y analizarse por separado, según los procedimientos establecidos en esta Norma.

66- 5 MÉTODOS DE ENSAYO

5- 1 Instrumental.**5- 1- 1 Preparación de las muestras.**

5- 1- 1- 1 Cortadora de roca, preferiblemente con disco de 355 mm. de diámetro.

5- 1- 1- 2 Portaobjetos microscópicos claros, de vidrio incoloro no corroibles, de 25 mm. por 45 mm.

5- 1- 1- 3 Bálsamo del Canadá neutro.

5- 1- 1- 4 Rueda pulidora horizontal, preferiblemente de 400 mm. de diámetro.

5- 1- 1- 5 Discos pulidos, preferiblemente de 200 mm. a 300 mm. de diámetro.

5- 1- 1- 6 Polvo fino de carburo de silicio N° 80, N° 180, F y 3F y corindon N° 303 y N° 304.

5- 1- 1- 7 Medio montante adecuado para el montaje de cortes delgados.

5- 1- 1- 8 Xileno.

5- 1- 1- 9 Estufa de laboratorio.

5- 1- 1- 10 Placas de vidrios cuadradas de 304 mm, de lado para el pulido de secciones delgadas.

5- 1- 1- 11 Partidor de Jones Riffle con bandejas.

5- 1- 1- 12 Cubre objeto microscópicos no corroibles, cuadrado, de 12 mm, 18 mm, 25 mm, etc.

5- 1- 2 Estudio de muestras.

5- 1- 2- 1 Microscopio petrográfico con platina mecánica, objetivos de aumento bajo, medio y alto, centrador de objetivos, oculares de varios aumentos; compensadores totales y de un cuarto de onda y cuña de ensayo.

5- 1- 2- 2 Lámpara de microscopio (preferentemente incluyendo lámpara de arco de sodio).

5- 1- 2- 3 Lupa binocular estereoscópica con objetivos y oculares de aumentos aproximados entre 6x y 60x.

5- 1- 2- 4 Imán, preferentemente Alnico, o un electroimán.

5- 1- 2- 5 Cajas de Petri.

5- 1- 2- 6 Papel para lentes.

5- 1- 2- 7 Juego de líquidos de índice de refracción entre $\eta = 1,410$ a $\eta = 1,785$ en pasos de 0,005. En los laboratorios donde no se efectúa un control preciso de

temperatura, es necesario recalibrar los medios de inmersión varias veces durante el curso de un día, cuando se requieren identificaciones seguras. El equipo necesario para contrastar medios de inmersión consiste en un refractómetro de Abbe, equipado para ser utilizado con primas compensadores para leer como índices de luz de sodio los correspondientes a luz blanca o usado con lámpara de arco de sodio.

5- 1- 2- 8 Cámara fotomicroscópica y accesorios.

5- 1- 2- 9 Un juego de tamices: IRAM 51 mm. (2"), IRAM 38 mm. (1 ½"), IRAM 25 mm. (1"), IRAM 19,0 mm. (3/4"), IRAM 12,7 mm. (1/2"), IRAM 9,5 mm. (3/8"), IRAM 4,8 mm. (N° 4).

5- 1- 2- 10 Balanza, con aproximación a 1 gr.

5- 2- PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

5- 2- 1 Se procede al cuarteo de cada muestra resultante del muestreo, aproximadamente 10 kg. de cada una, para la realización del análisis.

5- 2- 2 Si el retenido sobrepasa ponderablemente el tamaño de 25 mm. (1"), se tomarán por lo menos 15 kg. En lugar de 10kg. de modo que el número de partículas no sea inferior a 300.

5- 2- 3 La muestra no se debe lavar para no alterar la estructura del agregado. No obstante, si el fino adherido impidiera el correcto examen de las partículas, se puede recurrir al lavado secando la muestra. En este caso el peso del sedimento precipitado se suma al material fino que pasa el tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4).

5- 2- 2 Se debe conservar la gradación granulométrica original, sin introducirle correcciones ni modificar proporciones.

5- 3- TAMIZADO

5- 3- 1 La muestra resultante del cuarteo se analiza de acuerdo a la Norma IRAM 1.505. Debe evitarse que la operación de tamizado, por demasiado enérgica, desmenuce o desgaste las partículas más blandas.

5- 3- 2 Se pesan todas las fracciones, incluidas la retenida en la criba de 51 mm. (2") y la que pasa el tamiz de 4,8 mm. (N° 4), esta última después de secada a estufa a 110 °C a peso constante.

El ensayo se continúa con el material que pasa la criba de 51 mm. (2") y el retenido en el tamiz de 4,8 mm. (N° 4).

5- 4- SEPARACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

5- 4- 1 La operación de la separación de las partículas será realizada por un profesional especializado en geología por medio de la observación visual directa, coloración, brillo, densidad, sonido al golpe de un martillo, así como el auxilio de una fractura reciente y del ácido clorhídrico diluido, o en caso necesario

mediante instrumental óptico, lupa estereoscópica, microscopio de polarización, se determina la naturaleza pétreo de cada partícula, así como la cohesión intergranular, textura y la posible existencia de productos de alteración que afectan a la integridad física de las partículas analizadas.

- 5- 4- 2 De acuerdo a lo indicado en 5-4-1., se separan las partículas objetables o deficientes según el estado físico de las mismas de acuerdo 3-2.
- 5- 4- 3 Si defeciona una porción importante de la partícula se la considera a toda ella como objetable.
- 5- 4- 4 En segunda fase se determina la especie petrográfica y la proporción que le corresponden a las partículas del material separado de acuerdo a la nomenclatura de la Tabla I.
- 5- 4- 5 La discriminación contemplada en 5-4-4, tiene suma importancia cuando la muestra estuviera integrada por rocas de características netamente diferentes, caso frecuente en las gravas y especialmente cuando las especificaciones de la obra exigieran determinado tipo de especie petrográfica.
Si las rocas presentes son muy semejantes entre sí se las considera como una sola especie petrográfica.
- 5- 4- 6 Para considerar que la muestra responde a una única especie petrográfica, esta debe constituir más del 90 % del total, siendo en caso contrario una “mezcla” de rocas distintas.
- 5- 4- 7 Se pesa cada porción separada.
- 5- 4- 8 Se anotan en la planilla tipo N° 1 las pesadas correspondientes a la separación efectuada según 5-4-2.
- 5- 4- 9 Se lleva cada pesada a porcentaje sobre el total analizado, es decir no computado lo que pasó el tamiz IRAM 48 mm. (N° 4) con aproximación al décimo.
- 5- 4- 10 Se anotan los porcentajes en los respectivos casilleros de la planilla propuesta en 5-4-8.
- 5- 4- 11 Se efectuarán las sumatorias de comprobación para obtener los totales y se anotan en la planilla N° 1.

66- 6 INFORME

- 6- 1 El informe Técnico-geológico estará a cargo de un profesional en geología.
- 6- 2 En la información registrada en la planilla N° 1 se deben incluir los siguientes datos:
 - 6- 2- 1 La identificación de la muestra por medio de numeración correlativa.
 - 6- 2- 2 La clase de material (pedregullo o grava).

- 6- 2- 3 El yacimiento de origen.
- 6- 2- 4 La obra en que se emplearía.
- 6- 2- 5 El lugar de acopios.
- 6- 2- 6 La cantidad acopiada en proceso de análisis.
- 6- 2- 7 El uso previsto del material.
- 6- 2- 8 El resultado de las pesadas (en el caso del tamiz IRAM 48 mm. (N° 4) se consignará tanto el peso del retenido como el material que pasa, aún cuando este último no se analiza).
- 6- 3 Es obligatorio informar todo resultado que difiera sensiblemente de los valores medios, conjuntamente con el volumen estimativo del material que representan.
- 6- 4 La planilla debe estar acompañada de un "Informe Técnico" que incluya los siguientes aspectos:
 - Textura.
 - Estructura.
 - Naturaleza de la película o polvo adherido.
 - Formación de las partículas.
 - Existencia de alvéolos, amígdalas o porosidad.
 - Homogeneidad o heterogeneidad de la muestra.
 - Opinión sobre posible evolución (degradación), físico-química del material en servicio.
 - Naturaleza del material que pasa el tamiz de 4,8 mm. (N° 4) en la muestra total. Comentario sobre el material retenido en la criba de 51 mm. (2").
 - Toda otra característica destacable que permita establecer una determinación de calidad más ajustada.

TABLA I - CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA

<u>ROCAS</u> <u>ÍGNEAS</u>	Familia de los granitos	Plutónicas	Granito - Granodiorita - Sienita Pegmatitas y Aplitas (filónicas)
		Efusivas	Riolita -Traquitas
	Familias de las dioritas	Plutónicas	Dioritas - Dacitas
		Efusivas	Andesitas - Traquiandesitas Lámprofiros
	Familia de los gabros	Plutónicas	Gabro - Peridotitas
		Efusivas	Basaltos
<u>ROCAS</u> <u>METAMÓRFICAS</u>	MASIVAS	Gneises laminares, bandados y ojerosos - Anfibolitas Cuarцитas - Corneas - Calizas cristalinas	
	ESQUISTOSAS	Micacitas - Micaesquistos - Esquistos micáceos Filitas - Pizarras	
<u>ROCAS</u> <u>SEDIMENTÁRIAS</u>	CARBONATICAS	Calizas - Travertino - Dolomita - Conchillas - Conglomerados - Brechas	
	SILICIAS	Areniscas cuarzosas - Grauvacas - Arcosa - Pedernal (Calcedonia ágata - ópalo- cuarzo - micro-cristalino) Cuarcita - Cuarzo - Limolita - Lutita - Arcilla - Conglomerados y brechas	
	CARBONATADAS SILICEAS	Toscas - Areniscas calcáreas	
	PIROCLASTICAS	Tobas - Pumitas - Ignimbritas	

NOTA: A los efectos de facilitar la clasificación petrográfica desde un punto de vista utilitario (práctico), se puede englobar con el término de roca “tipo granítico”, a las rocas plutónicas de la clase ácida desde el granito propiamente dicho, granodiorita, diorita hasta los ortogneis ácidos y aún las migmatitas, gneis laminar a condición de que dichos gneises no presentan gneisicidad acentuado o exceso de mica.

NORMA DE ENSAYO

VN - E67 - 75

ANÁLISIS DEL TIPO Y CALIDAD DE LA ROCA DE LOS AGREGADOS GRUESOS EXIGENCIAS

[índice](#)

67- 1 OBJETO:

Establecer los requisitos a los que deberá responder la roca integrante de los agregados gruesos para uso vial, en función del tipo de obra, en cuanto a los procesos de alteración, diagénesis o metamorfismo experimentados.

67- 2 DEFINICIONES:

2-1 Agregados gruesos: a los efectos de esta norma, se considera agregado grueso al material pétreo granular constituido por partículas ya sea en estado natural (grava) o bien proveniente de la trituración de rocas (pedregullo) de granulometría comprendida entre tamices de 38,1 mm. (1 ½”) y 4,76 mm (N° 4).

2- 2 Grava: En el agregado constituido por partículas naturalmente redondeadas, debido a procesos de desintegración y posterior acarreo por corrientes de agua, en granulometría comprendida entre 50 mm y 2 mm (a los efectos de esta norma restringidas a 38,1 mm y 4,76 mm). Las partículas, según las condiciones del transporte acuoso pueden responder a una única granulometría, pero más frecuentemente son de diversos tamaños. Si ellas están además mezcladas con arena y/o material fino, el agregado toma entonces el nombre “ripio”. La denominación “canto rodado” se aplica especialmente a las partículas naturales comprendidas entre 300 mm y 50 mm de grosor.

2- 3 Pedregullo: También llamadas “piedra partida”, es el agregado constituido por partículas producidas por trituración de roca masiva, las que en consecuencia son ásperas y de forma irregular.

2- 4 Material Perjudicial: Es el que transfiere al medio que lo rodea su inestabilidad física. Puede estar constituido:

- a) Por una concentración de los productos hidrolíticos finales de la alteración química con destrucción de la estructura originaria y aparición de propiedades variantes según el contenido de humedad (montmorillonitas, halloysita, illita, caolinita, nontronita, palagonita, serpentina, zeolitas, etc.)
- b) Por la existencia de minerales visibles como único componente de la partícula (biotita, muscovita, clorita, sericita, etc.).
- c) Por la presencia de sales solubles y de muy baja dureza (halita, alumbre, boratos, yeso, etc.).
- d) Por extensión, se computaran como materiales perjudiciales las sustancias extrañas al agregado pétreo (trozos de madera, raíces, carbón y otras materias orgánicas).

2- 5 Materiales deficientes: En la roca que conservando su estructura originaria presenta algún defecto o imperfección y por lo tanto no cumple en forma cabal su función de inerte resistente y durable. Esta a su vez comprende:

a) **Material Blando:** la roca que lo constituye es aún coherente pero friable, es decir se desmenuza fácilmente, destruyéndose así la estructura.

Puede estar constituida por:

a.1) **Roca descompuesta:** Con alteración química muy avanzada, progresiva y disgregante, roca en que la estructura subsiste pero está profundamente afectada y junto a los minerales originarios remanentes, abundan los productos hidrolíticos secundarios.

a.2) **Roca pobremente diagenizada:** en cuya aglutinación actuaron ligantes físicos (arcillas) o sólo se produjo una cementación (química) incipiente (arenisca).

a.3) **Roca muy micacea:** debilitada por la fisibilidad de la mica abundante como componente (micacita, gneis micaesquistoso, pognatita).

b **Material semi duro:** De un grado de coherencia algo disminuido pero suficientemente fuerte como para no disgregarse. Puede estar constituido por:

b.1) **Roca semicompuesta:** Grado de alteración química en el que todavía escasean los minerales hidrolíticos secundarios y por lo tanto se conserva casi intacta la estructura aunque comenzando a declinar el estado físico.

b.2) **Roca de cementación acentuada pero incompleta:** (Areniscas cuarcíticas).

b.3) **Roca oxfoliable o esquistosa** (pizarra, filita).

67- 3 REQUISITOS:

3-1 El agregado grueso debe estar formado por partículas de roca fresca (sana) y durable, de forma y tamaño estable y no deberá contener sustancias extrañas, perjudiciales o deficientes para lo cual habrá de cumplir los requisitos especificados en la tabla I, para cada tipo de obra ó incluso no motivar objeciones importantes en el complementario informe sintético.

3- 2 En el informe sintético se considerará la textura, estructura, existencia de alvéolos, amígdalas o porosidad notable, películas o polvo adherido y su naturaleza, forma predominante de las partículas, homogeneidad y heterogeneidad de la muestra o cualquier otra característica destacable o definitoria.

3- 3 Para unificar la nomenclatura o la subdivisión de los tipos de rocas principales se utilizará como guía la tabla II.

3- 4 En el supuesto caso de presentarse en el análisis rocas que por su heterogeneidad (por ejemplo tosca) o su rareza (por ejemplo peridotita) no se mencionan específicamente en la tabla II, ellas se equiparán a las consideradas según su similitud petrográfica y física, incluyéndolas por su propia denominación si ello no fuera posible.

3- 5 Desde el punto de vista de la calidad intrínseca, la roca desintegrada no es objetable si está exenta de descomposición y no es disgregable. Ello no obsta que pudiera ser rechazada por la inspección si debido a la prosecución del proceso de desintegración no mantuviera la granulometría provista.

3- 6 Las gravas sin triturar, en las superficies de rodamiento, aun en las calzadas de hormigón, se desprenden del pavimento por defecto de adhesión de los cantos rodados, a medida que el desgaste los deja al descubierto.

3- 7 La caliza, el mármol y la dolomita no son objetables en su empleo para obras de arte, bases y sub-bases. En cambio no es muy conveniente su uso en:

a) Superficies de rodamiento (tratamientos, carpetas, calzadas de hormigón) por ser relativamente blandas (dureza 3 a 4 en la escala Mohs) y algo solubles, lo que facilita el desgaste superficial y le confiere propiedades deslizantes a la calzada.

b) Estructuras sumergidas o que están en contacto semipermanente con el agua freática o superficial, en razón de la solubilidad citada.

3- 8 Se consideran comprendidas en el grupo de rocas de tipo granítico, a las instituidas desde el granito hasta la diorita, a las filónicas granitoides incluso la aplita, a los ortogneises ácidos y aún a las migmatitas gneis ojo de buey y gneis laminar, a condición de que dichos gneis no presentan gneisicidad demasiado acentuada o exceso de mica.

3- 9 La presencia de ópalo, calcedonia, vidrio volcánico y algunos otros minerales puede producir reacciones con los álcalis de ciertos cementos originando geles deletéreos en los hormigones.

67- 4 ANTECEDENTES

4- 1 Desde 1969 en que la división de geología descubre la falencia de los ensayos físicos-mecánicos, Vialidad Nacional para controlar la calidad real del material pétreo acopiado en obra, aplica la Norma IRAM 1649 modificada, estableciendo tentativamente el porcentaje límite de tolerancia en 3% para el material deficiente "blando" y en un 6% el material deficiente "semiduro" y/o la suma total objetable.

4- 2 Monteverde y Salvador, análisis crítico de los métodos de control de calidad de los agregados gruesos como inerte, Certamen público de Trabajos Viales, Facultad de Ciencias de Ingeniería y Arquitectura, Univ. Nac. de Rosario 1970 (en Prosa).

4- 3 LA IV Región de Vialidad Nacional por nota N° 8063/73 solicita se incluya explícitamente en los pliegos de especificaciones la exigencia del análisis petrográfico, redactando al efecto en el orden interno una norma especial, a someter subsiguientemente al IRAM y se fije asimismo por escrito el porcentaje límite.

4- 4 El 10 de enero de 1974 la División Geología evacua de conformidad ese pedido redactando un proyecto de norma que, distribuido en la Repartición, incluso ese mismo se presenta en el IRAM. En cuanto al porcentaje límite opina que si bien los valores 3 % y 6 % en uso en la práctica demostraron que en líneas generales se ajustan bastante a la realidad, permitiendo un control efectivo de la calidad, no obstante no es lógico aplicarlos indiscriminadamente tanto a las secciones del diseño de mayores exigencias, como a las superficies de rodamiento, como a otras tales, las sub-bases, en las que incide mucho menos la calidad del agregado incorporado. Con ese motivo la División Geología propicia una serie de valores límite algo por encima o por debajo de lo antes establecido, en proporción con la función a cumplir con el agregado, hasta tanto el comportamiento en servicio aconseje un ajuste y además se contemple la influencia decisiva del material netamente perjudicial.

TABLA I

Porcentaje en peso máximo admisible de material inepto

Tipo de Obra		Tipo de material		
		Perjudicial	Deficiente	
			Blando	Semiduro y/o total Inepto
1	1) Tratamiento bituminoso 2) Carpetas asfálticas 3) Basos estabilizados granulares bajo tratamiento bituminoso	1	2	4
2	1) Bases estabilizadas granulares bajo carpetas asfálticas. 2) Base concreto asfáltico bajo tratamiento bituminoso o carpetas asfálticas 3) Hormigón de calzadas y obras de arte	1	3	6
3	1) Bases diversas bajo hormigones	2	4	8
4	1) Sub-base	2	5	10

TABLA II

Tipo	MATERIAL		Clasificación
	CARACTERÍSTICAS		Petrográfica
I	Duro, algo soluble en agua (no se descompone)		a) Calizas (sedimentarias y metamórficas) b) Dolomitas
II	Muy duro Insoluble en agua	Descomponible muy lentamente, en estado fresco o con descomposición solo incipiente en grado mas avanzado (ver Tabla I)	a) Grauvaca b) Anfibolita y gneis anfibólico c) Basalto y gabro d) Vulcanitas no básicas e) Rocas de tipo granítico
III	Inalterables		a) Cuarzo filónico o de vetas b) Cuarcita

NORMA DE ENSAYO

VN - E68 - 75

DETERMINACIÓN DEL POLVO ADHERIDO

[índice](#)

68- 1 OBJETO:

El objeto fundamental es establecer el método de laboratorio para medir una de las características superficiales de los agregados pétreos, en los que la adherencia se ve perjudicada por la presencia del polvo adherido.

68- 2 DEFINICIONES:

2.1 Polvo adherido: Es la cantidad de polvo adherido a la superficie de los agregados pétreos que no se desprende totalmente por simple tamizado, referido a un área superficial total, contenida en un peso de 200 gr. de los agregados comprendidos dentro del rango de los tamices 3/8" N° 4 y expresado volumetricamente en ml. de polvo adherido por 100 gr. de agregado.

2.2 Grava: Es el agregado naturalmente redondeado, procedente de la desintegración de las rocas y que ha sufrido un posterior desgaste por arrastre de las corrientes de agua, cuyo tamaño de las partículas utilizadas en el ensayo están comprendidas entre los tamices 3/8", retiene N° 4. Cuando está mezclado con arena o material más fino la grava toma la denominación de ripio.

2.3 Piedra partida: También llamada "pedregullo" es el agregado proveniente de la trituración de la roca masiva, de superficie áspera, de forma irregular y angulosa y cuyos tamaños de las partículas utilizadas en el ensayo están comprendidas entre los tamices 3/8"; Retiene N° 4.

68- 3 MUESTREO:

3.1 La toma de muestra representativa estará a cargo de personas idóneas o Técnicos destinados a la obra.

3.2 Previamente debe realizarse un entremezclado del material extraído de diferentes lugares de la pila o acopio hasta obtener una cantidad representativa, no menos de 30 kg.

3.3 Por operación de cuarteos se separarán aproximadamente 10 kg. que serán enviados para su análisis.

3.4 Si se emplearan en obra materiales procedentes de yacimientos diferentes, deberán analizarse por separado.

68- 4 POLVO ADHERIDO:

4.1 Método de la determinación:

4.2 Instrumental:

a) Estufa 100°C – 105°C.

- b) Cronómetro al 1/5".
- c) Balanza sensible al grano.
- d) Tamiz 3/8" y N° 4.
- e) Espátula largo 22 cm., ancho de la hoja 3 cm.
- f) Vaso de ppdo de 1000 ml.
- g) Tubo cónico de asentamiento de 50 ml de capacidad (graduado al 0,1 ml. en la escala de 0 - 5 ml. y enrase en 25 y 50 ml.) (se adjunta esquema del tubo).
- h) Agitador en espiral, de alambre galvanizado diámetro 1 mm, diámetro del espiral 0,1 ml.
- i) Pipeta de 10 ml graduada al 0,1ml.
- j) Solución de sulfato de aluminio (floculante) al 2 %.

4.2.1 Preparación de la muestra:

4.2.2. A partir de (3.3) y por operación de cuarteo se separan aproximadamente 2 kg. de muestra.

4.2.3 Tamizado: Se procede a tamizar aproximadamente 2 kg. del material obtenido por cuarteo sobre tamiz 3/8" - N° 4 en forma suave, evitando desmenuzamiento o desgaste del material eventualmente blando.

68- 5 TÉCNICA

De la muestra obtenida según (4.2.2) aproximadamente 500 gr. se lleva a estufa a 100°C - 105°C hasta constancia de peso, se deja enfriar a temperatura ambiente. Se coloca el vaso de ppdo. de 1000 ml limpio y seco sobre el plato de la balanza.

Se equilibra con pesas y se pesan 200 gr. (\pm 1gr) de la fracción 3/8"- N° 4.

Se le agrega 100 ml. de agua destilada y se anota la hora, se deja en reposo sin agitación durante dos horas en contacto, agregado-agua.

Finalizado el tiempo de mojado y con cronómetro en marcha, se comienza la agitación con la espátula a razón de 60 vueltas por minuto, durante cinco minutos, o sea, un golpe de agitación por segundo durante cinco minutos. Mientras dura el agitado, el vaso debe mantenerse inclinado aproximadamente 30° respecto a la vertical.

Al finalizar el tiempo mencionado y con el último golpe de agitación se vierte inmediatamente el contenido del vaso dentro del tubo de asentamiento graduado al 0,1 ml. hasta alcanzar el enrase de 50 ml., evitando con la espátula, la caída de las partículas del agregado dentro del mismo.

Se le agrega con pipeta de 10 ml., 1 ml. de una solución de sulfato de aluminio al 2 %, se agita con el agitador de alambre en espiral haciéndola girar entre los dedos para asegurar un mezclado perfecto con el floculante y se deja en reposo durante veinticuatro horas.

5- 1 Expresión de resultados:

El volumen del asentamiento leído a las 24 horas, indica directamente la cantidad de polvo adherido correspondiente a 100 gr. del agregado en cuestión.

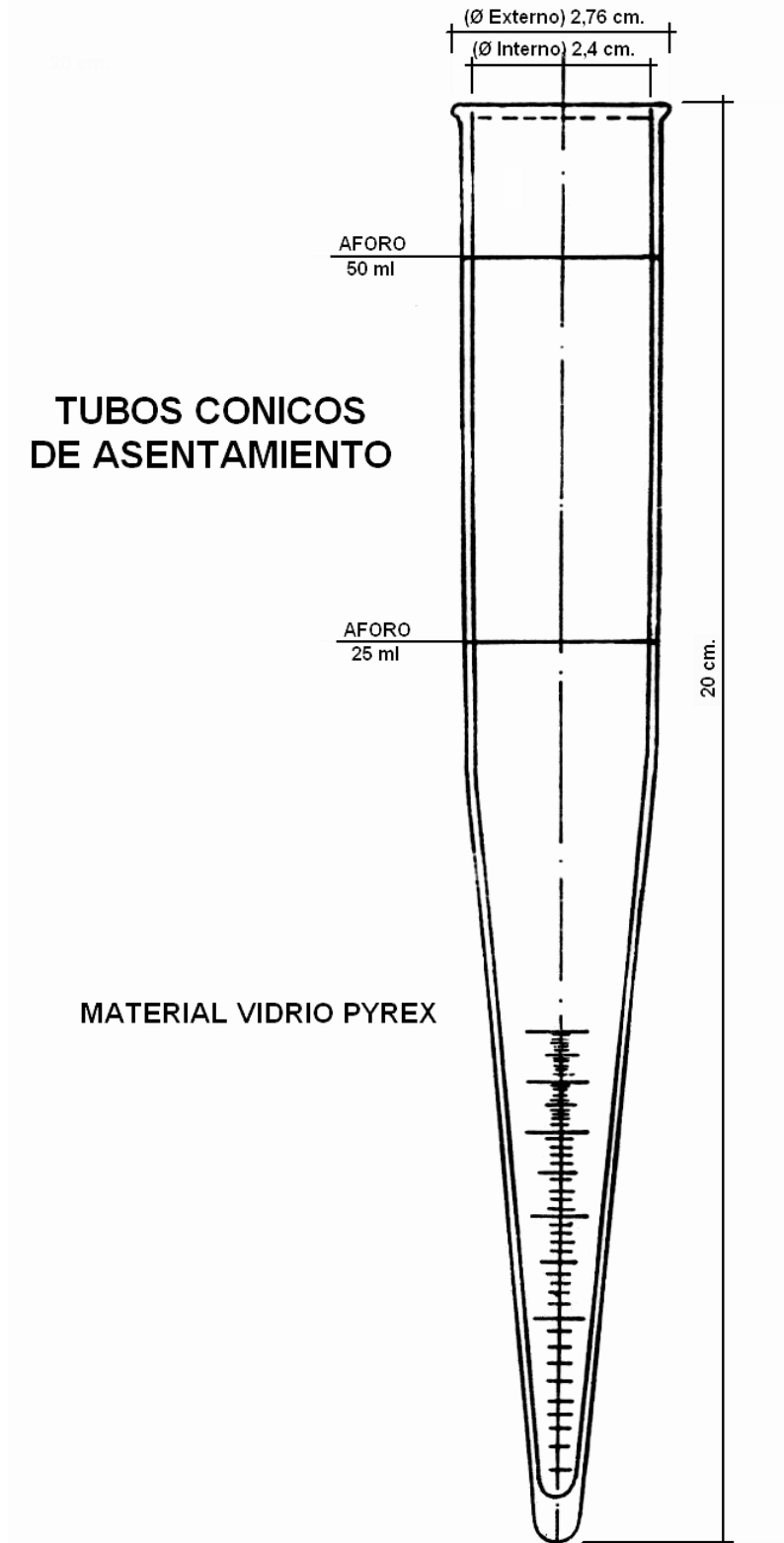
Lectura a las 24 hs = ml. %

5.2 En base a resultados se han fijado como límite superior de polvo adherido (en la construcción de tratamientos simples, dobles y triples) los siguientes valores:

Máximo admisible en grava (ml. %)	1,5 ml.
Máximo admisible en agregado triturado	2,0 ml.

Antecedentes:

- 1- Materiales Manual (Vol. 1) Status of California - Tost Mothad N° 227- B.
California (May 1960) - Mothad of Tost for evaluating Cleaness of Coarse Aggregate.
- 2- Eberto PETRONI - Antonio Cortes Aparicio. Las características superficiales de los agregados y la adherencia con emulsiones cationicas. (Décimo sexta reunión Anual de la Comisión Permanente del Asfalto).
- 3- Dirección Nacional de Vialidad "Pliego de Condiciones y Especificaciones" año 1961.



NORMA DE ENSAYO

VN - E69 - 78

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ASFÁLTO EN MEZCLAS EN CALIENTE POR EL MÉTODO DE CENTRIFUGA”

[índice](#)

69-1 OBJETO:

El presente método se refiere al procedimiento a seguir para la determinación del contenido de asfalto y control granulométrico del agregado en mezclas en caliente.

69- 2 RESUMEN DEL MÉTODO:

2-1 La mezcla es extraída con benceno u otro solvente, usando el equipo de extracción por centrifugado.

2-2 El contenido de asfalto se calcula por diferencia entre el peso original de la mezcla desecada y el peso del agregado una vez extraído el asfalto por el solvente.

69- 3 EQUIPO NECESARIO:

- a) Estufa, capaz de mantener la temperatura de 110°C a 120°C.
- b) Balanza capaz de pesar 4000 gr. con una exactitud de $\pm 0,1$ gr.
- c) Probetas graduadas de 500 cc. de capacidad.
- d) Tres erlenmeyers de 500 cc. de capacidad.
- e) Tamices IRAM de abertura cuadrada de 0,074 mm. (N° 200), 0,149 mm. (N° 100), 0,420 mm (N° 40), 2,00 mm. (N° 10), 4,8 mm. (N° 4), 9,50 mm. (3/8”), 19,00 mm. (3/4”), 25,40 mm. (1”).
- f) Centrifuga, tipo Dublín-Rotarex o similar. El plato deberá tener una capacidad para contener 1000 gr. de muestra, su velocidad de giro alcanzará 3.600 r.p.m. El aparato deberá estar instalado en un lugar de buena ventilación especialmente cuando se emplea benceno.
- g) Papel de filtro. En forma de corona circular, cuyo diámetro máximo será igual al de la tapa del plato, un espesor del orden de 0,7 mm. y un peso por m² de 230 gr. (del tipo igual o similar al Schleicher Schull n- 23).

69- 4 REACTIVOS:

- a) Benceno, tetracloruro de carbono o triclorotileno, de acuerdo a la especificación para uso industrial.
- b) Alcohol desnaturalizado, empleado como humectante en el lavado del agregado.

69- 5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

5-1 Se obtiene una muestra representativa de la mezcla a ensayar. La calidad mínima de material que se requiere enviar al laboratorio depende del tamaño máximo nominal de las partículas del agregado pétreo utilizado como se indica en 5-4.

5-2 Previamente se coloca la muestra obtenida, en estufa 110°C – 120°C durante 30 minutos. Al cabo, de dicho tiempo se desmenuza con una espátula cuidando de no fracturar el agregado.

5-3 La muestra caliente se reduce por cuarteos, hasta obtener la cantidad necesaria para efectuar el ensayo. Esta cantidad también es función del tamaño máximo de las partículas del agregado, debiendo estar comprendidas entre los límites que se fijan en 5.4.

5.4 En la tabla que se indica a continuación se señala la cantidad de muestra a enviar al laboratorio como así también la cantidad necesaria para efectuar los ensayos.

Tamaño máximo nominal de las partículas	A remitir al Laboratorio	A ensayar
2 mm. (N° 10)	2 kg.	400 - 500 gr.
4,8 mm. (N° 4)	2 kg.	400 - 500 gr.
9,5 mm. (3/8")	4 kg.	600 - 800 gr.
12,7 mm. (1/2")	6 kg.	800 - 1000 gr.
19,0 mm. (3/4")	8 kg.	800 - 1000 gr.
25,0 mm. (1")	10 kg.	1000 - 1200 gr.

69- 6 PROCEDIMIENTO:

6.1 Se pesa el conjunto del plato y el papel de filtro con la precisión de $\pm 0,1$ gr. y se coloca durante 1 hora en estufa a 110°C - 120°C.

Al cabo de este tiempo se deja enfriar a la temperatura ambiente y de inmediato se pesa nuevamente; si el peso obtenido difiere en más de 0,1 gr. con respecto al peso anterior, se volverá a secar en las mismas condiciones por períodos de ½ hora hasta que el peso obtenido no difiera en más de 0,1 gr. (constancia de peso).

Sea:

P1= Peso Plato sin la tapa) + peso papel de filtro.

6- 2 Se coloca la mezcla para el ensayo dentro del plato, se distribuye uniformemente y se lleva a estufa 110°C - 120°C, juntamente con el papel de filtro, hasta constancia de peso, siguiendo la técnica indicada en 6.1.

Sea:

P2 = peso plato (sin tapa) + peso papel de filtro + mezcla asfáltica.

- 6- 3 Se cierra el plato colocando entre éste y su tapa el panel de filtro secado y se acopla al plato con su tapa a la centrífuga.
El ajuste se realiza por intermedio de una tuerca con forma de embudo, perforada longitudinalmente y que permite introducir dentro del plato y sin quitar la tapa el solvente necesario para cada lavado .
- 6-4 Una vez acoplado el plato a la centrífuga se agregan 200 cc. de solvente y de inmediato se cierra la centrífuga con la tapa correspondiente colocando un erlenmeyer de 500 cc. en el caño de descarga.
Se deja embeber la mezcla asfáltica durante 45 minutos y no más de 1 hora, antes de poner en marcha la centrífuga para efectuar el primer lavado.
La velocidad de la centrífuga estará entre dos mil y tres mil revoluciones por minuto.
- 6-5 Cuando cesa la salida del solvente con el asfalto disuelto por el caño de descarga, se detiene la centrífuga, se coloca un erlenmeyer limpio en el caño de descarga, se agrega una nueva porción de 200 cm³ de solvente, se pone en marcha la centrífuga y se repite la operación indicada en este párrafo.
- 6-6 El solvente proveniente de cada uno de los lavados recogido en los erlenmeyer deberá estar libre de agregado fino.
- 6-7 Se considera finalizada la extracción del asfalto cuando luego de sucesivos lavados el solvente aparece de color claro (pajizo débil) cuando es visto a trasluz en un tubo de ensayo. En este punto se seca la tapa de la centrífuga, se desconecta el plato, se le retira la tapa y se deja al aire durante 1 hora para eliminar el exceso de solvente. Luego se seca en la estufa a 110°C - 120°C hasta constancia de peso siguiendo la técnica indicada en 6.1.

Sea:

$P3 = \text{peso del plato (sin tapa) + peso papel de filtro + agregado pétreo.}$

69- 7 CÁLCULOS:

7.1 El contenido de asfalto en la mezcla se calcula como se indica a continuación:

$$A = \frac{(P2 - P3)}{(P2 - P1)} \cdot 100$$

Donde A = contenido de asfalto referido a la mezcla asfáltica, en %.

69- 8 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO PÉTREO:

- 8-1 Se retira el agregado contenido en el plato y el adherido en el papel de filtro y se los coloca en una bandeja.
- 8-2 Se humedece el agregado con alcohol desnaturalizado y se lava sobre el Tamiz IRAM de 0,074 mm. (Nº 200), intercalando un Tamiz IRAM de 2 mm. (Nº 10), para evitar el deterioro del primer tamiz; cuando el agua que pasa a través del tamiz de

0,074 mm. (Nº 200), salga limpia, se coloca en un plato el material retenido por ambos tamices.

- 8-3 Se seca en estufa a 110°C hasta peso constante, se deja enfriar, se pesa y se determina su granulometría siguiendo las indicaciones en la Norma [VN-E7-65](#) “Análisis mecánico de materiales granulares”. Cada fracción deberá referirse al peso inicial del agregado (P3 – P1).

69- 9 OBSERVACIÓN:

- 9-1 El equipo y el procedimiento de ensayo deberá controlarse de la siguiente manera. Se prepara en una cápsula enlozada una mezcla de agregado, desecado a 150°C, mezclándose vigorosamente con la ayuda de una espátula. La cantidad de mezcla a preparar será de 1000 gr. incluido el asfalto. Deberá tenerse especial cuidado en pesar exactamente ($\pm 0,1$ gr.), el asfalto incorporado a la mezcla mediante diferencia de peso del recipiente que contiene el asfalto calentado a 150°C, con cemento asfáltico mezclándose vigorosamente en caliente a 150°C, con la ayuda de una espátula. Deberá verificarse no perder material (asfalto, agregado o mezcla) durante toda la operación.
- 9-2 Se determina el contenido de asfalto de esta muestra, incorporado a la centrifuga el líquido de lavado utilizado para la limpieza de la cápsula y espátula, siguiendo el método de ensayo descrito anteriormente. Se compara el resultado obtenido, con el contenido de asfalto incorporado a la muestra.

Diferencia entre % asfalto colocado y % hallado: Menor o igual a $\pm 0,2$.

Si la diferencia % es mayor de $\pm 0,2$; puede ser:

Tapa no ajusta bien.

Papel inadecuado.

Agregado con absorción mayor que la normal (en este caso no se pueda usar este ensayo).

SECCIÓN R4 - 83**“LABORATORIO DE OBRA Y OFICINAS PARA EL
PERSONAL DE LA INSPECCIÓN”
ESPECIFICACIÓN GENERAL**[Índice](#)

- 1) EL CONTRATISTA deberá actualizar un laboratorio de obra y oficinas para el personal de la INSPECCIÓN, que tendrán como mínimo las dimensiones y características indicadas en los planos que se encuentran al final de especificación.
- 2) EL CONTRATISTA Proveerá al laboratorio de todos los equipos y elementos que se indican en la planilla adjunta y todo lo que sea necesario para efectuar los ensayos que se citan en las especificaciones del proyecto, aun cuando no figuren en dicha planilla. Estos elementos y equipos serán provistos según las necesidades de la obra y cuando lo disponga la INSPECCIÓN, reponiendo los que se rompan o estén inutilizados. Corren por cuenta del CONTRATISTA, el suministro de todas las planillas, papelería y elementos que se utilizan en el laboratorio y en las oficinas de la INSPECCIÓN de obra.
- 3) EL CONTRATISTA proveerá en todas las oficinas, los muebles necesarios y los elementos que se indican en las planillas adjuntas.
- 4) Tanto el laboratorio como las oficinas para el personal de INSPECCIÓN, contarán con agua corriente, luz eléctrica, acondicionadores de aire, instalaciones de gas y de los elementos que se indican en los planos citados.
- 5) EL CONTRATISTA podrá como alternativa suministrar un edificio de condiciones habitables superiores.
- 6) En todos los casos el local y su ubicación, para el laboratorio y las oficinas, deberá contar con la aprobación de la INSPECCIÓN.
- 7) El laboratorio de obra y las oficinas para el personal de la INSPECCIÓN, deberá estar totalmente instalado al iniciarse el replanteo de la obra y estarán en funciones hasta la recepción definitiva de la misma.
- 8) EL CONTRATISTA deberá tener en su laboratorio de obra un laboratorista y un ayudante. Estos estarán en funciones hasta la terminación de las obras (inspección provisional) y efectuarán todos los ensayos necesarios y los que ordena la INSPECCIÓN, para la aprobación de los trabajos ejecutados. Además se deberá proveer dos ayudantes para laboratorio de la INSPECCIÓN. El pago de sueldos y jornales a dicho personal correrá por cuenta exclusiva del CONTRATISTA.
- 9) EL CONTRATISTA suministrará para uso exclusivo una movilidad tipo rural o doble cabina 0 km., con chofer, además de las que puedan solicitarse en la documentación.
- 10) Cuando se trata de obras en que se utilizan mezclas asfálticas en caliente, el CONTRATISTA deberá proveer una máquina caladora para la extracción de

probetas del pavimento. La máquina será del tipo rotativa, con alimentación de agua y provista de una corona con dientes de diamante, que permita extraer probetas de 10 cm. de diámetro. El laboratorio deberá estar ubicado a una distancia no mayor de 100 m, de la planta asfáltica. Podrá aceptarse como variante la instalación de un laboratorio dentro del radio indicado, destinado al moldeo de probetas Marshall o incluido o no el ensayo de las mismas, con una superficie no menor de 26 m² y equipado con instalación eléctrica, agua, gas, base para moldear las probetas y demás instalaciones y elementos necesarios.

- 11) Cuando se trata de hormigonado de obras de arte, el laboratorio adicional deberá contar con instalación de luz, agua, gas, una mesada y demás muebles, al frente una base de hormigón de 1 m x 1 m x 0,20 m. Además contará con el equipo necesario para la ejecución de los ensayos de verificación de los trabajos realizados.
- 12) El suministro del laboratorio principal y laboratorios adicionales, totalmente instalados y equipados para realizar todos los ensayos que requiere la ejecución de las obras, como así también el suministro de oficinas instaladas y equipadas para el personal de INSPECCIÓN o provisión de un edificio de condiciones habitables superiores y todos los elementos necesarios para su perfecto funcionamiento, no recibirán pago directo alguno, considerándose su gasto incluido en el precio unitario establecido para los diferentes ítems del contrato.
- 13) El número de personal y elementos que se indican en esta especificación, están dados para un tramo de obra de 30 kilómetros y Plazo de Obra de 20 meses. Si la longitud de la obra aumentase en más del 50% o el plazo de la obra disminuyese en más del 20%, la INSPECCIÓN si lo considera conveniente, dispondrá el número de personal y elementos a suministrar por el CONTRATISTA para el normal desarrollo del laboratorio de obra.
- 14) Cuando se deba construir un laboratorio adicional, el mismo, se ejecutará siguiendo los lineamientos del laboratorio principal. El laboratorio mínimo estará compuesto por un módulo "Sanitario - Cocina" y un módulo para laboratorio.
LA INSPECCIÓN determinará, en todos los casos, el número de módulos laboratorio u oficinas a construir en base a la importancia de la obra, como así también, la ejecución del laboratorio principal y oficinas de la INSPECCIÓN. En todos los casos el equipamiento del laboratorio adicional se hará siguiendo los lineamientos que se soliciten para el laboratorio principal y oficinas de la INSPECCIÓN.
- 15) EL CONTRATISTA deberá presentar un plano del laboratorio, en escala 1:50, con indicación de los materiales a utilizar, el que será aprobado por la INSPECCIÓN antes de ser construido.
- 16) En la zona sur se deberá contar con un aerómetro para la medición de la velocidad del viento.

NO SE PERMITIRA INICIAR NINGÚN TRABAJO, SI NO SE ENCUENTRAN EN EL LABORATORIO O EN LA OFICINA DE LA INSPECCIÓN, LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL ADECUADO CONTROL DEL MISMO.

EQUIPO MÍNIMO DE INGENIERÍA

EL CONTRATISTA deberá proveer para uso de la INSPECCION, el siguiente listado de los elementos

- 1- Distanciómetro electrónico de corta distancia (hasta 1000 m.), equipo completo
- 2- Nivel automático
- 2- Teodolito topográfico, automático con trípode
- 6- Miras Alemanas (de enchufe) de lectura directa o inversa, dependiendo esto del instrumental que se use.
- 4- Pentaprisma
- 4- Cintas de agrimensor de 100 m.
- 4- Cintas de agrimensor de 50 m.
- 5- Cintas de 25 m.
- 10- Cintas de 3 m.
- 5- Juegos de fichas.
- 4- Docenas de jalones metálicos.
- 2- Prismático.
- 2- Escuadras ópticas 90°- 180°.
- 2- Mesas de dibujo tablero 1.40 m x 0,90 m.
- 2- Escalimetro.
- 2- Reglas T ó reglas paralelas.
- 4- Escuadras de 45°.
- 4- Escuadras de 30°.
- 1- Juego de compás.
- 1- Juego de tipo Rapidograf.
- 1- Máquina de escribir de 238 espacios (eléctrica)
- 2- Máquinas de calcular de once (11) dígitos (electrónica y con memoria)

MOBLAGE. A PROVEER POR EL CONTRATISTA

- 3- Escritorios
- 4- Mesas – Escritorios.
- 1- Mesa cocina.
- 2- Mesas para máquina de escribir.
- 3- Sillones para escritorio.
- 10- Sillas.
- 2- Banquetas para mesa de dibujo.
- 3- Banquitos para cocina.
- 1- Percha de pie.
- 1- Pizarrón de 1,50 m x 1,00 m.
- 2- Placares porta planos.

EQUIPO CON QUE DEBERA CONTAR EL LABORATORIO DE LA INSPECCION EN TODOS LOS CASOS.

- 1) 1 Balanza tipo “ROVERBAL” o similar de 25 kg. de capacidad, sensibilidad al gramo con juego de pesas.
- 2) 1 Balanza con capacidad máxima de 2 kg. y sensibilidad al 0, 1 gr. con juego de pesas.

- 3) 1 Balanza de precisión, capacidad 200 gr. sensibilidad 0,1 mgr., con juego de pesas.
- 4) 1 Balanza electrónica sensibilidad 0,1gr. capacidad 2.000 gr. a 5000 gr.
- 5) 1 Juego de cribas de abertura cuadrada de malla indeformable de 0,35 m. x 0,35 m. de lado que exija el pliego.
- 6) 1 Juego de tamices "IRAM" de abertura cuadrada de malla indeformable, en caja circular de metal con tapa y fondo, que exija el pliego.
- 7) 1 Termómetro de máxima y mínima.
- 8) 1 Pluviómetro.
- 9) 4 Termómetros de vidrio, sensibilidad al grado centígrado, escala de 0° a 200°C.
- 10) 10 Bandejas de 0,70 m. x 0,45 x 0,10 m.
- 11) Bandejas de 0,4 m. x 0,5 m. x 0,10 m.
- 12) 10 Bandejas de 0,25 m. x 0,25 m. x 0,10m.
- 13) 10 Bandejas de 0,15 m. x 0,15 m. x 0,06m.
- 14) 3 Pinceles de cerda N° 14.
- 15) 2 Cucharas de albañil.
- 16) 2 Cucharines de albañil.
- 17) 2 Cucharas de almacenero (grande).
- 18) 2 Cucharas de almacenero (chica).
- 19) 20 Bolsas de lona de 0,4 m. x 0,6 m. con cordón para cerrar.
- 20) 100 Bolsas de polietileno de 200 μ para 5 kg.
- 21) 1 Lona de 2 m. x 2 m. para cuarteo.
- 22) 1 Nivel de albañil.
- 23) 1 Martillo (250 gr.).
- 24) 1 Cortafierros.
- 25) 1 Pinza.
- 26) 1 Juego de llaves fijas.
- 27) 1 Destornillador (20 cm.).
- 28) 1 Aparato para tamizar, eléctrico.
- 29) 1 Masa de albañil (3 kg.).
- 30) 1 Pico de punta y pala.
- 31) 1 Pico de punta y hacha.
- 32) 1 Hachuela.
- 33) 1 Pala ancha y 1 pala de punta corazón.
- 34) 3 Pares de guantes de amianto.
- 35) 3 Pares de guantes de goma (industrial).
- 36) 2 Cepillos de cerda y cobre para limpiar tamices.
- 37) 1 Máquina de calcular electrónica de once (11) dígitos.
- 38) 1 Máquina de escribir de 200 espacios (eléctrica)
- 39) 1 Estufa eléctrica de 0,50 m. x 0,70 m. x 0,50 m. de alto, con termostato capacidad 200°C. sensibilidad $\pm 3^\circ\text{C}$. con termómetro hasta 200°C al 1°C.
- 40) 100 Pesafiltros de aluminio con tapa de 5 cm. de diámetro x 4 cm. de altura.
- 41) 10 Cápsulas semiesféricas de hierro enlozado de 11 cm. de diámetro.
- 42) 2 Bandejas para lavar según modelo D.N.V.
- 43) 1 Mortero de porcelana de 0,30 m. de diámetro con pilón revestido de goma.
- 44) Una estufa eléctrica de 0,40 m. x 0,40 m. x 0,50 m. de alto con termostato, capacidad 150°C., sensibilidad $\pm 1^\circ\text{C}$., con termómetro hasta 150°C. al 1°C.
- 45) 4 Probetas graduadas de 1.000 cm³.
- 46) 4 Probetas graduadas de 500 cm³.
- 47) 4 Probetas graduadas 100 cm³.
- 48) 3 Morteros de gas tipo Bunsen con tubo de goma para su conexión.
- 49) 3 Trípodes de hierro.
- 50) 2 Pinzas para retirar pesafiltros de la estufa.
- 51) Trípode de baño de arena.

- 52) Mangueras para agua.
- 53) 1 Metro doble plegable de madera o metálico.
- 54) Cinta metálica de 25 m.
- 55) Equipo mecánico para cuartear muestras.
- 56) Equipos mecánicos para tamizar (tipo Rop-tap).

TAMIZADO DE SUELO POR VIA HÚMEDA SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN- E1- 65](#)

Veinte (20) recipientes de un litro de capacidad, estancos de material inoxidable (hierro enlozado, vidrio, etc.).

ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E2-65](#).

- 1- un (1) apartado para la determinación semi-mecánica del límite del líquido de las dimensiones y desde características indicadas en la fig. 1 de la Norma de Ensayo VN- E2- 65.
- 2- Dos (2) acanaladotas de bronce o acero inoxidable de las dimensiones y características indicadas en la fig. 2 Norma de Ensayo VN- E2- 65.
- 3- Tres (3) buretas de vidrio con robinete, de 50 cm³ y trípode.
- 4- Cinco (5) espátula de acero flexible con hoja de acero de 75 mm. y 80 mm. de largo y de 15 mm. a 20 mm. de ancho, con mango de madera.
- 5- Cincuenta (50) frascos de vidrio, boca ancha, tapa metálica a rosca, capacidad mínima 250 cm³.

LÍMITE PLÁSTICO SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E3-65](#)

- 1- Vidrio plano de 30 cm. x 30 cm. x 6 mm. o un mármol o una chapa de acero inoxidable de las mismas dimensiones.
- 2- Dos (2) trozo de alambre galvanizado redondo de 3 mm. de diámetro para ser utilizado como elemento de comparación.

COMPACTACIÓN DE SUELOS SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E5-93](#)

- 1- Dos (2) de cada uno de los moldes cilíndricos de acero para compactación, con tratamiento superficial para que resulten inoxidables (cincado cadmiado, de las características y dimensiones indicadas en la figura 1 y 2.
- 2- Uno (1) de cada uno de los pisones de compactación, de acero tratado superficialmente, con las características y dimensiones que se dan en la figura 3.
- 3- Un (1) aparato mecánico de compactación que permita regular el peso, la altura de caída del piso y el desplazamiento angular del molde o pisón (apto para los dos tipos de moldes).
- 4- Un (1) dispositivo para extraer el material compactado del interior del molde.
- 5- Una (1) cuchilla de acero o espátula rígida, cuya hoja tenga por lo menos 20 cm. de longitud.
- 6- Dos (2) dispositivos para pulverizar agua.
- 7- Dos (2) espátulas de acero, de forma rectangular, con las características indicadas en la figura 4.

DETERMINACIÓN DE VALOR SOPORTE E HINCHAMIENTO DE LOS SUELOS SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E6-84](#).

- 1- Plato perforado con vástago de altura regulable y peso adicional, todo de material inoxidable y peso total de 4, 540 kg. de características y dimensiones indicadas en las figuras 2 y 3. Se requiere uno por cada molde disponible para el ensayo.
- 2- Pesas adicionales para el hinchamiento. Para cada molde se necesitan seis pesas de 2,27 kg. cada una. Serán de material inoxidable y de las características y dimensiones indicadas en la fig. 4.
- 3- Pesas para penetración- Deberá proveerse un juego y consiste en una pasa anular de 4,54 kg. y seis pesas de 2,27 kg. cada una de acuerdo a las características y dimensiones indicadas en la fig. 5.
- 4- Un (1) trípode de material inoxidable con dial extensoemétrico (precisión 0,01 mm.) para medir variaciones de altura. Características y dimensiones indicadas en la fig. 7.
- 5- Pileta o recipiente adecuado de dimensiones tales que permitan la inmersión total del molde dentro del agua y del número totales de ellos.
- 6- Prensa de ensayo de accionamiento mecánico o hidráulico con comando manual capaz de aplicar esfuerzos de hasta 10.000 kg. y que permita lograr sin dificultad una velocidad de avance de 1.25 mm./minuto. Provista de cuatros aros dinamométricos de 500, 1.000, 3.000 y 5.000 kg. respectivamente, calibrados con sus diales extensométricos de 0,01 mm. de precisión mínima.
- 7- Prensa hidráulica de compactación para Valor Soporte Estático capaz de producir esfuerzos totales de hasta 60 toneladas, con velocidad regulable permitiendo lograr sin dificultades una velocidad de avance de 1,25 mm./minuto, si el pliego exige Valor Soporte Estático.
- 8- Un (1) pistón de penetración de 49,53 mm. de diámetro con las características y dimensiones indicadas en la fig. 8.
- 9- Un (1) dial extensométrico de 25 mm. de carrera con precisión de 0,01 mm. montado sobre un soporte similar al indicado en la fig. 9, que puede ser fijado al pistón de penetración.
- 10- Veinte (20) moldes para Valor Soporte Estático, cilíndricos, de acero tratado superficialmente para hacerlo inoxidable (cincado, cadmiado, etc.) de las características y dimensiones indicadas en la fig. 11, provisto de una base desmontable sin perforaciones, si el pliego exige Valor Soporte Estático.
- 11- Pistón de compactación para moldeo de probetas, de las características y dimensiones indicadas en la fig. 6, si el pliego exige valor Soporte Estático.
- 12- Veintiún (21) moldes para Valor Soporte Dinámico, cilíndricos de acero tratado superficialmente para hacerlos inoxidables (cincado, cadmiado, etc.) de las características y dimensiones indicadas en la fig. 11, provistos de base desmontable con perforaciones según fig. 11, si el pliego exige Valor Soporte Dinámico.
- 13- Disco espaciado de acero tratado superficialmente para hacerlo inoxidable, de las características y dimensiones indicadas en la fig. 12, si el pliego exige Valor Soporte Dinámico.
- 14- Cronómetro para medir el tiempo, al 1/5 de segundo, totalizador a 30 minutos.

ANÁLISIS MECÁNICO DE MATERIALES GRANULARES SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E7-65](#)

Una (1) pileta con plataforma lateral, para sostener la bandeja de lavado, con canilla levada. Debe ser provista con dos tubos de goma de por lo menos 1 m. de longitud.

CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E8-66](#)

- 1- Dos (2) dispositivos que permitan el escurrimiento uniforme del material utilizado para la medición de volumen, según fig. N° 1.

- 2- Dos (2) cilindros de hierro de las características y dimensiones indicadas en la fig. N° 2.
- 3- Dos (2) bandejas de hierro, con orificio central de las dimensiones y características indicadas en la fig. N° 3.
- 4- Treinta (30) frascos o latas con cierre hermético (para recoger el material retirado del hoyo).

ENSAYO DE ESATABLIDAD Y FLUENCIA POR EL MÉTODO DE MARSHALL SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E9-86](#)

- 1- Doce (12) moldes de compactación de acero cilíndrico de 101,6 mm. de diámetro interno y 76,2 mm. de altura, provisto de base ajustable y collar de prolongación adaptable a ambos extremos del molde de las características y dimensiones indicadas en la fig. N° 1.
- 2- Un (1) pisón de compactación de acero que consiste esencialmente de una zapata circular de 98,4mm. de diámetro en la que golpee un pilón de 4,540 kg. que se desliza por una guía que limita su carrera a 457 mm. de las características y dimensiones indicadas en la fig. N° 2
- 3- Un (1) pedestal de compactación para apoyo del molde durante el proceso de compactación, constituido por un taco de madera dura de 20 cm. x 45 cm. firmemente anclado mediante cuatro hierros ángulos a una base de hormigón apoyada sobre suelo firme o sobre una columna de la estructura del edificio si se trata de un piso alto. El extremo libre del taco lleva una plancha de acero de 30 cm. x 30 cm. x 2,5 cm. asegurada con tornillo a la cabeza del taco a la que se adapta el dispositivo que sujeta el molde de las características y dimensiones indicadas en la fig. N° 3.
- 4- Tres (3) recipientes de cobre o chapa galvanizada sin soldaduras, de aproximadamente 500 cm³ de capacidad de altos bordes con pico vertedero para calentar el cemento asfáltico.
- 5- Tres (3) recipientes de cobre o hierro enlozado de fondo semi- esférico de 4 ó 5 litros de capacidad para mezclar los agregados con el cemento asfáltico.
- 6- Baño termóstático capaz de mantener la temperatura del agua a 60°C. ± 0,5°C. para el calentamiento de las probetas antes del ensayo (capacidad 12 ó 15 probetas).
- 7- Un (1) extractor de probetas para retirarlas del molde de compactación.
- 8- Una (1) mordaza de acero para la aplicación de las cargas durante el ensayo de las características y dimensiones indicadas en la fig. N° 4.
- 9- Un (1) dial para la medición de fluencia que permite analizar las lecturas con precisión de 0,01 cm.
- 10- Tres (3) termómetros con escalas de 57° a 65°C. y sensibilidad al 0,1°C.
- 11- Prensa de ensayo de accionamiento eléctrico que permite aplicar cargas de hasta 3.000 kg. con velocidad de avance constante o igual a 50,8 mm. /minuto provista de aro dinamométrico de 3.000 kg. de capacidad, con dial extensométrico de 0,01 mm. de precisión como mínimo. Ver figura N° 5 (puede ser la misma “combinada” que se exige para la norma de Ensayo V.N.E 6-68 bajo la denominación “prensa de penetración N° 6).
- 12- Un (1) calibre para mediciones, con precisión 0,1 mm. y 280 mm. de alcance.
- 13- Un (1) compactador mecánico.

EQUIVALENTE DE ARENA SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E10-82](#)

- 1- Tres (3) probetas cilíndricas sin pico, de material plástico transparente de 31,7 mm. de diámetro y 430 mm. aproximadamente de altura, graduado a partir de la base, en divisiones cada 2 mm. llegando a los 380 mm. de su longitud. La graduación llevará

- una línea más larga cada cinco divisiones y se enumerará cada diez divisiones, comenzando desde la base (fig. N° 1). Un tapón de goma que se adapta a la boca de probeta.
- 2- Un pistón constituido por un vástago de metal de 46 cm. de largo terminando en su extremidad inferior por un ensanche, tronco cónico con base circular de 25,4 mm. de diámetro. Este ensanche está provisto de tres (3) tornillos ajustables para centrar el pistón en la probeta cilíndrica, dejándose un pequeño juego. En la extremidad superior del vástago se acopla un peso de forma cilíndrica, preferentemente para lastrar el conjunto y darle un peso total de 1 kg. para mantenerlo centrado lleva una tapa, perforada en el centro que deja pasar libremente el vástago del pistón y que se fija en la boca de la probeta (fig. N° 2).
 - 3- Un frasco MARIOTTE de 4000 cm³. El frasco se ubica a un metro por encima de la mesa de trabajo (fig. N° 3).
 - 4- Un tubo de goma de 5mm de diámetro interior sirve de unión entre el tubo lavador y el frasco. Con una pinza de MOHR acoplada sobre el tubo de goma para detener el escurrimiento de acuerdo con las necesidades del lavado.
 - 5- Un tubo lavador de cobre o latón de 6,35 mm. de diámetro exterior una de cuyas extremidades achatadas en forma de cuña, lleva dos agujeros de 1 mm. de diámetro perforados lateralmente en las caras planas de las cuñas y cerca de la punta.
 - 6- Un recipiente de 90 cm³ de capacidad ("MEDIDA").
 - 7- Un embudo de abertura amplia, para pasar la muestra del recipiente a la probeta.
 - 8- Un reloj o contador de tiempo (puede ser el mismo que se solicita en la V.N.E6-68, bajo el N° 14).
 - 9- Un agitador mecánico que asegure un desplazamiento horizontal de 0,20 m. y 90 ciclos cada 30 segundos.

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN CRÍTICA DE RELLENOS MINERALES SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E11-67](#)

- 1- Cuatro (4) tubos de vidrio PYREX de 1,5 cm. de diámetro y de aproximadamente 23 cm. de longitud, graduadas al 0,1 ml. hasta 20 ml.
- 2- Cuatro (4) agitadores de alambre fino de aproximadamente 30 cm. de longitud.
- 3- Un (1) recipiente de aproximadamente de 2 litros de capacidad.

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE PROBETAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS - SEGÚN NORMAS DE ENSAYO [VN-E12-67](#)

- 1- Un dispositivo para suspender las probetas que se sumerjan en agua. El mismo consiste en un gancho que colocado por debajo de una de los platos de la balanza, si este es del tipo ROBERVAL, permite que el hilo del que penderá la probeta, siga la vertical que pasa por el centro de dicho plato (ver fig. N° 1). Si se emplea una balanza del tipo del "precisión", ésta deberá tener el gancho en la parte superior del platillo y se deberá disponer de un soporte independiente para sostener el recipiente donde se desplazará la probeta (ver fig. N° 2).
- 2- Un (1) recipiente con capacidad suficiente para sumergir totalmente la probeta sin que haya rozamiento con sus paredes.

PESO ESPECÍFICO APARENTE Y ABSORCIÓN AGREGADOS PÉTREOS GRUESOS SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E13-67](#)

- 1- Un (1) cesto de malla de alambre IRAM de 2,4 mm. de forma cilíndrica de 20 cm. de diámetro y 20 cm. de altura aproximadamente.
- 2- Un (1) recipiente de capacidad suficiente para sumergir el cesto totalmente en agua.

- 3- Un (1) dispositivo para suspender las probetas que se sumergen en el agua. El mismo consiste en un gancho que colocado por debajo de uno de los platos de la balanza, si ésta es del tipo ROBERVAL, permite que el hilo del que penden las probetas siga la vertical que se pase por el centro de dicho plato. Si se emplea una balanza del tipo de "precisión", ésta deberá tener el gancho en la parte superior del platillo y se deberá disponer de un soporte independiente para sostener el recipiente donde se desplazará la probeta. En la misma que se exige la norma de ensayo V.N.E.12-67.

PESO ESPECÍFICO APARENTE Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS FINOS SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E14-67](#)

- 1- Dos (2) matraces aforados de 500 ml. de capacidad con una tolerancia de 0,15 ml. a 20°C.
- 2- Un (1) molde metálico tronco cónico de 89 mm. de diámetro en la base inferior, 38 mm. en la superior y 73 mm. de altura.
- 3- Un (1) pisón metálico cilíndrico de base plana de 25 mm. de diámetro y 359 gr. de peso.
- 4- Un baño de agua a temperatura a 20°C. constante (puede ser el mismo que se exige en la Norma VN.-E9-67).
- 5- Un (1) termómetro de 19° a 27°C precisión 0,1°C.

PESO ESPECÍFICO APARENTE DE RELLENOS MINERALES SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E15-89](#)

- 1- Un (1) volumenómetro "LE CHATELIER" de 200 ml. de capacidad.
- 2- Baño de agua a temperatura de 20°C ± 0,1 (es el mismo que se exige en la Norma de Ensayo VN-E14-67).
- 3- Un (1) termómetro de 19°C al 0,1°C (es el mismo que se exige en la Norma de Ensayo VN-E14-67)

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CUBICIDAD SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E16-67](#)

- 1- Un (1) juego de cribas con aberturas circulares de los siguientes diámetros en milímetros :76,2; 63,5; 50,8; 38,1;31,8; 25,4; 19,0"; 15,9"; 12,7"; 9,5"; 6,4"; 3"; 2 1/2"; 2"; 1 1/2"; 1"; 3/4"; 5/8"; 1/2"; 3/8"; 1/4").
- 2- Un (1) "Marco de zarandeo" para la sujeción de las cribas reductoras con las dimensiones y además características indicadas en la figura 1.
- 3- Un (1) juego de "cribas reductoras" con las dimensiones y demás características indicadas en la fig. 2. El juego comprende un par de cribas, criba reductora I y criba reductora II, para cada abertura circular en el párrafo 1°, salvo la abertura de 6,4 mm. (1/4").

MÉTODO DE CAMPAÑA PARA LA DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES Y SULFATOS EN SUELO, ESTABILIZADORES Y SUELOS GRANULARES SEGÚN NORMA [VN-E18-89](#)

- 1- Diez (10) frascos de vidrio de boca ancha de 1.l de capacidad con varilla de vidrio (agitador).
- 2- Diez (10) frascos de vidrio, de iguales características, de 4.l de capacidad.
- 3- Tres (3) pipetas de 100 ml.
- 4- Diez (10) vasos de precipitación de 250 ml. de vidrio PYREX.
- 5- Papel de filtro Nº 15 (caja).

- 6- Diez (10) crisoles de porcelana para calcinación
- 7- Papel tornasol azul (2 litros).
- 8- Diez (10) embudos de vidrio PYREX de filtración rápida de 5 cm. de diámetro.

COMPACTACIÓN DE MEZCLAS SUELO- CEMENTO SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN- E19-66](#)

- 1- Un (1) molde de compactación cilíndrico, de acero tratado superficialmente para que resulte inoxidable (cincado, cadmiado, etc.). El diámetro del molde es de 101,6 mm. Está previsto de base y un collar de extensión del mismo diámetro y 60 mm. de altura. Ver fig. N° 1 (es el mismo que se exige en la Norma VN.E5-67).
- 2- Pisón de compactación, de acero tratado superficialmente de 50,8 mm. de diámetro y 305 mm. de carrera, siendo su peso de 2,5 kg. ver figura N° 3 (es el mismo que se exige en la Norma VN.E5-67).
- 3- Aparato mecánico de compactación que permita regular el peso y altura de caída del pisón, pudiendo tener desplazamiento angular el molde o el pisón (es el mismo que se exige en la Norma de Ensayo VN.E5-67).
- 4- Un (1) dispositivo para extraer el Material compactado del interior del molde.
- 5- Una (1) espátula de acero de forma rectangular (es la misma que se exige en la Norma de Ensayo VN.E5-67).
- 6- Una (1) cuchilla de acero con borde recto o espátula rígida, cuya hoja tenga al menos 20 cm. de longitud (es la misma que se exige en la Norma de Ensayo VN.E5-67).

ENSAYO DE DURABILIDAD POR HUMEDECIMIENTO Y SECADO, DE MEZCLAS DE SUELO- CEMENTO SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E21-66](#)

Además del equipo mencionado en la Norma VN- E19- 66 se requiere:

- 1- Un baño de inmersión, de material inoxidable, que permita sumergir totalmente las probetas en agua.
- 2- Cámara húmeda, con control de temperatura, que mantenga saturado de humedad al ambiente.
- 3- Un (1) cepillo raspador, con hilos de alambre chato (N° 26) de 50 mm. de largo y 1,6 mm. de ancho, dispuesto en 50 grupos de 10 hilos cada uno, montado en 5 filas longitudinales y 10 transversales, sobre un bloque de madera dura de 185 mm. x 60 mm. Este cepillo raspador, es muy difícil de conseguir en plaza. Puede sustituirse por uno de alambre, de 0,4 mm. de espesor por 30 mm. de largo.
- 4- Un (1) calibre para mediciones, con precisión de 0,1 mm. y 280 mm. de alcance (es el mismo que se exige en la Norma VN.E9-82)
- 5- Dos (2) portaprobetas.

ENSAYO DE DURABILIDAD POR CONGELAMIENTO Y DESHIELO DE MEZCLAS DE SUELO- CEMENTO SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E22-66](#)

Además del equipo requerido para el moldeo de probetas de suelo- cemento (detallado en la Norma VN-E19-66) se requiere:

- 1- Una (1) unidad refrigeradora de funcionamiento eléctrico, con regulador automático, que permita obtener temperaturas hasta 25°C.
- 2- Una (1) cámara húmeda, con control de temperatura, que mantenga saturado de humedad el ambiente. (es la misma que se exige en la Norma VN.E21-66)

- 3- Calibre para mediciones, con precisión de 0,1 mm. y 250 mm. de alcance (es el mismo que se exige en la Norma VN-E9-82).
- 4- Dos (2) portaprobetas (Es la misma que exige en la Norma VN-E21-66).
- 5- Cepillo raspador, con hilo de alambre chato (Nº 26) de 50 mm. de largo y 1,6mm de ancho dispuesto en 50 grupos de 10 hilos cada uno, montados en 5 filas longitudinales y 10 transversales, sobre un bloque de madera dura de 185 mm. x 60 mm. (es el mismo que se exige en la Norma VN-E21_66)
- 6- Tres (3) filtros absorbentes de 6 mm. de espesor recortado en trozos cuadrados de 100 mm. de lado.

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO EFECTIVO Y ABSORCIÓN DE ASFÁLTO DE AGREGADOS PÉTREOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E27-84](#)

- 1- Dos (2) frascos “Kitasato” de vidrio PYREX para vacío de 2.000 y 1.000 cm³ de capacidad respectivamente.
- 2- Una (1) bomba de vacío para evacuar el aire contenido dentro del frasco y manómetro diferencial de mercurio.
- 3- Dos (2) tapones de goma para los frascos y tubos de goma para vacío.
- 4- Un (1) baño de agua, para mantener la temperatura a 25° ± 0,5°C Puede ser el mismo que se exige en Norma VN-E9-82.
- 5- Un (1) enrasador realizado con varilla de acero de 5 mm. de diámetro y 90 mm. de largo, terminado en punta cónica soldado, en forma perpendicular a una chapa del mismo material de forma rectangular de 90 mm. de largo, por 15 mm. de ancho (ver fig. 1).
- 6- Dos (2) pipetas aforadas de 25 cm³.

UNIFORMIDAD DE RIEGO SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E29-68](#).

Recipientes de las formas y características de las figuras 1 y 2.

ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA POR EL MÉTODO DE MARSHALL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN LAS CUALES MÁS DE UN 10 % DE AGREGADO PÉTREO EXCEDE UN TAMAÑO MÁXIMO DE 25,4 mm. SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E30-68](#).

Los aparatos y demás elementos son los especificados en la Norma de Ensayo VN-E9-86.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN – INMERSIÓN PARA MEDIR LA PÉRDIDA DE LA ESTABILIDAD MARSHALL DEBIDO A EFECTOS DEL AGUA SOBRE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

Los aparatos y demás elementos son los especificados en la [Norma VN-E9-86](#).

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARA PROBETAS COMPACTADAS DE SUELO- CAL Y SUELO- CEMENTO SEGÚN NORMA [VN-E33-67](#).

Se usará el equipo descrito en la Norma VN-E19-67. “Ensayo de Compactación para mezclar de los tipos de suelo- cal y suelo- cemento” y los siguientes elementos:

- 1- Una (1) cámara húmeda o recipiente capaz de mantener la temperatura de $21^{\circ} \pm 1,70^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa de 100 % para curado de las probetas (puede ser la misma de Norma VN-E9-82).
- 2- Escarificador picador de hielo, con seis púas, o aparato similar para escarificar el plano de separación entre capa y capa de las probetas durante el proceso de compactación.
- 3- Prensa de penetración (es la misma de Norma VN-E6-68).
- 4- Cabezal con rótula esférica. La superficie de los cabezales deberán ser un poco mayores que la superficie de la probeta sobre la que se aplicará la presión. Las superficies de los cabezales, cuando nuevas, no deberán desviarse de un plano tangente en más de 0,0025 cm. en cualquier punto y se mantendrán siempre de una máxima desviación de 0,025 cm. El diámetro de la rótula no deberá exceder mucho al diámetro de la probeta y el centro de aquella deberá coincidir con el centro de la carga de la probeta en el que se apoya el cabezal superior, la porción móvil de ese cabezal debe hallarse ajustadamente colocada, pendiente de la rótula, pero tendrá que poder moverse y girar libremente pequeños ángulos en cualquier dirección. Además deberá contar con un dispositivo que sirva de unión con el aro dinamométrico.

ENSAYO DE HOMOGENEIDAD PARA MEZCLAS DE LOS TIPOS DE SUELO - CAL Y SUELO- CEMENTO SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E34-65](#).

- 1- Potenciómetro portátil, para medición del ph. Sensibilidad de la escala igual a 0,1 con apreciación de 0,05. Electrodo de vidrio.
- 2- Un (1) vaso de precipitación de 250 cc. (Frasco de Chapman).

DETERMINACIÓN DE LAJOSIDAD Y ELONGACIÓN EN LOS AGREGADOS SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E38-86](#).

- 1- Calibres: Un juego de los calibres metálicos, uno de ranuras (calibre de espesores) y otro de barras (calibre de elongación) cuyas dimensiones estarán de acuerdo con lo especificado en las figuras N° 1 y N° 2.

DETERMINACIÓN DE POLVOS ADHERIDOS SEGÚN NORMA DE ENSAYO [VN-E68-75](#).

- 1- Tubo cónico de asentamiento de 50 ml. de capacidad (graduado al 0,1ml. en la escala de 0- 5ml. y enrase en 25 y 50 ml.) según figura N° 1.

DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES FÍSICAS DE LA ARENA.

- 1- Un (1) frasco de Chapman, con base, para determinación de porcentaje en vacío y peso específico.
- 2- Un (1) molde tronco cónico de hierro, abierto en los dos extremos, con barras paralelas de diámetro 89 mm. y 38 mm. y altura 73 mm. (es el mismo que se exige en la Norma de Ensayo [VN-E14-67](#)).
- 3- Un (1) pisón cilíndrico de acero o bronce de 25,4 mm. de diámetro inferior, 15 mm. de diámetro superior y 165 mm. de altura con un peso de 350 gr. (es el mismo que se exige en la Norma de Ensayo VN-E14-67).
- 4- Un (1) vidrio plano de 30 cm. x 50 cm. x 7 cm. de espesor.
- 5- Una (1) cuchara de 200 gr. de capacidad.
- 6- Un (1) embudo de vidrio de 20 cm. de diámetro superior y 1,5 cm. de diámetro inferior.

- 7- Un (1) soporte de embudo, de 70 cm. de altura.
- 8- Una (1) pipeta de 100 cc., con pera de goma adosada.
- 9- Tres (3) frascos de vidrio con tapa a rosca de 5 lt. de capacidad.
- 10-Una (1) bandeja de chapa de 70 cm. x 70 cm. c 10 cm.
- 11-Dos (2) frascos de vidrio de 250 cc., boca ancha, con tapón esmerilado, para calorimetría de la arena.

DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES FÍSICAS DE AGREGADOS GRUESOS.

- 1- Un (1) recipiente cilíndrico, de hierro de 5 lt. de capacidad mínima, cuyas medidas serán 185 mm. de diámetro, 185 mm. de altura y 2 mm. de espesor.
- 2- Un (1) canasto cilíndrico de malla de abertura cuadrada IRAM de 48 mm. (Nº 49 de 20 cm. diámetro y 20 cm. de altura, para peso específico de material pétreo, capacidad mínima 5 litros.
- 3- Un (1) recipiente cilíndrico de 20 lt. de capacidad con dos asas cuyas medias serán 30 cm. de altura, 36 cm. de diámetro y 4 mm. de espesor, de hierro (esta se usará para sumergir el cemento). Es el mismo que se exige en la VN.E13-67.
- 4- Un (1) dispositivo para suspender el canasto que se sumerge en el agua. El mismo consiste en un gancho que colocado por debajo de uno de los platos de la balanza, si este es del tipo REBERBAL, permite que el hilo del que penderá el cesto, siga la vertical que pasa por el centro de dicho plato. Si se emplea una balanza del tipo de precisión, esta deberá tener el gancho en la parte superior del platillo y se deberá disponer de un soporte independientemente para sostener el recipiente donde se desplazará el cesto. Es el mismo que se exige en la Norma de Ensayo VN.E12-67.

ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL HORMIGON CON EL TRONCO DE CONO

- 1- Un (1) molde tronco cónico, de hierro (espesor 2 mm.), abierto en los dos extremos, con base paralelas de 10 cm. y 20 cm. de diámetro y 30 cm. de altura (según plano adjunto).
- 2- Una chapa (1) metálica lisa, plana y resistente, para apoyar la base del tronco de cono, de 30 cm. x 70 cm. como mínimo, con asa en un lado.
- 3- Una (1) barra metálica de 16 mm. de diámetro y 60 cm. de largo, terminada en punta redondeada.
- 4- Una (1) regla dividida en centímetros, con el cero en un extremo.
- 5- Un (1) molde cilíndrico de chapa galvanizada (Nº 17) con agarraderas, borde reforzado 261 mm. de diámetro y 280 mm. de altura para densidad del hormigón.

ENSAYO DE LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGON.

- 1- Treinta (30) moldes cilíndricos metálicos, base cuadrada, bien rígidos (espesor de la chapa 3,5 mm.) de bases paralelas y perpendiculares al eje, de 15 cm. de diámetro interior al cerrarse y 30 cm. de altura, para probetas de hormigón con sus bases correspondientes de ajuste estanco.
- 2- Una (1) pileta de hormigón de 0,85 m. x 2,00 m. y 0,40 m. de profundidad.
- 3- Un (1) trozo de fleje para enrazar, de aproximadamente 60 mm. de ancho por 250 mm. de largo y 8 mm. de espesor.
- 4- Una (1) carretilla playa, capacidad aproximada 30 lt.
- 5- Un (1) equipo capeador de probetas de hormigón endurecido compuesto de: crisol con calefactor eléctrico para fusión de la mezcla con temperatura controlada termósticamente, soporte guía para encabezado vertical, cucharón y material de capeado a base de azufre, grafito y arena cuarsosa.
- 6- Una (1) máquina caladora, saca testigos, para el caso de calzadas de hormigón.

- 7- Una (1) prensa transportable, para comprensión de probetas normalizadas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura y para las extraídas del pavimento con alcance de 150 tn.
- 8- Varilla (según VN.E 31-69) de hierro de 6 mm. de diámetro y 0,80 de longitud con forma de aro de 35 mm. a 40 mm. de diámetro en un extremo (para improvisar una manija) y formando gancho con el otro.

ENSAYO DE FLEXIÓN DE PROBETAS DE HORMIGÓN.

- 1- Cuatro (4) moldes de madera de 0,15 m. de base 0,15 m. de alto y 0,55 m. de largo.
- 2- Un (1) taco de madera de 0,10 m. x 0,14 m. de base.
- 3- Una (1) máquina para el ensayo de las probetas.

MÉTODO DE ANILLO Y ESFERA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE ABLANDAMIENTO.

Equipo completo según NORMA IRAM 115

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE LA PENETRACIÓN UTILIZANDO UN PENETROMETRO DE AGUJA.

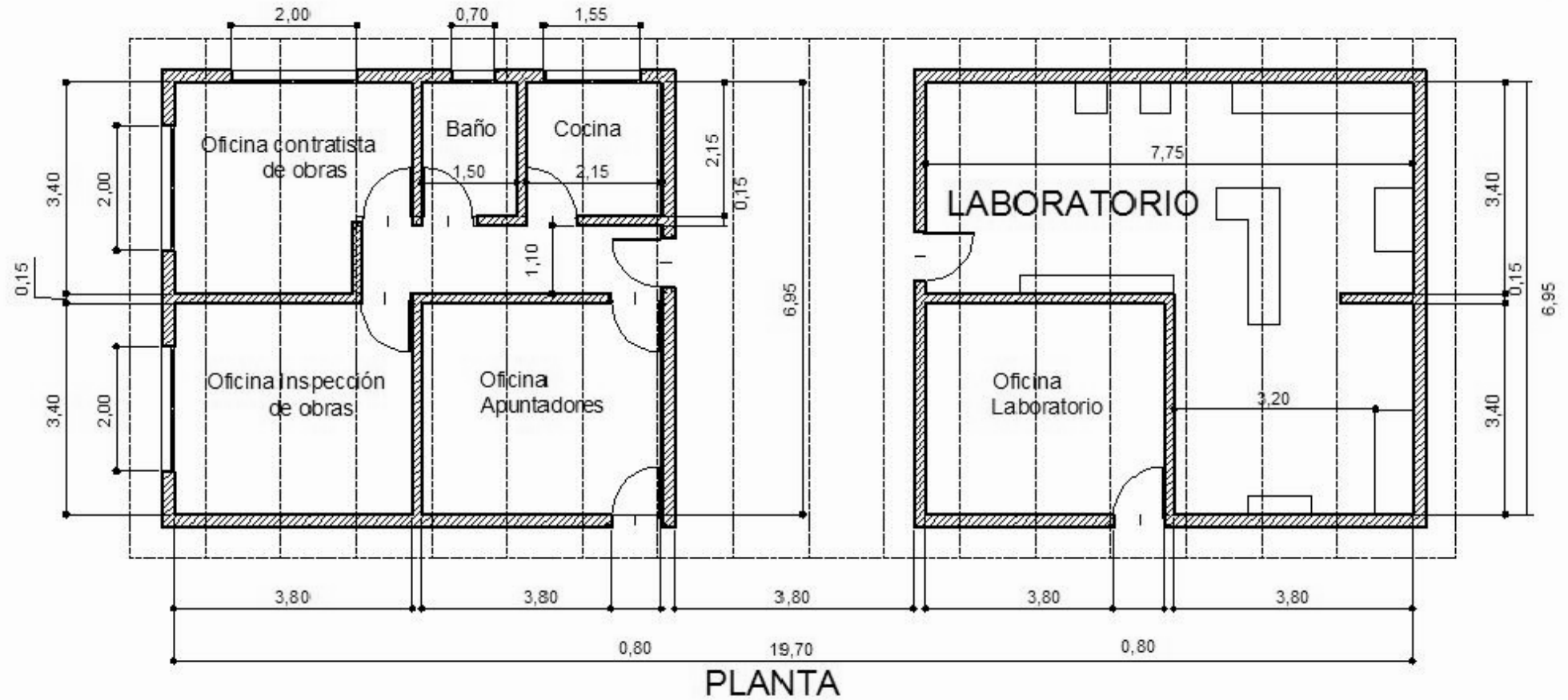
Equipo completo según NORMA IRAM 6576

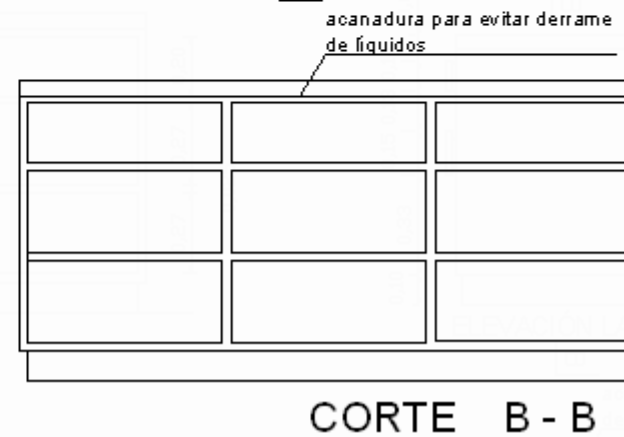
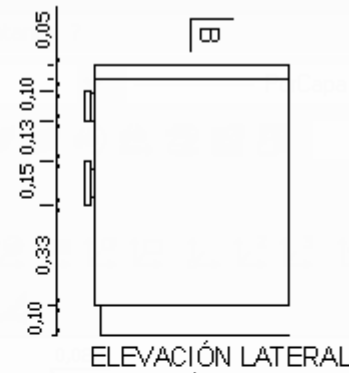
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ASFALTO DE MEZCLAS EN CALIENTE POR EL MÉTODO DE ABSON.

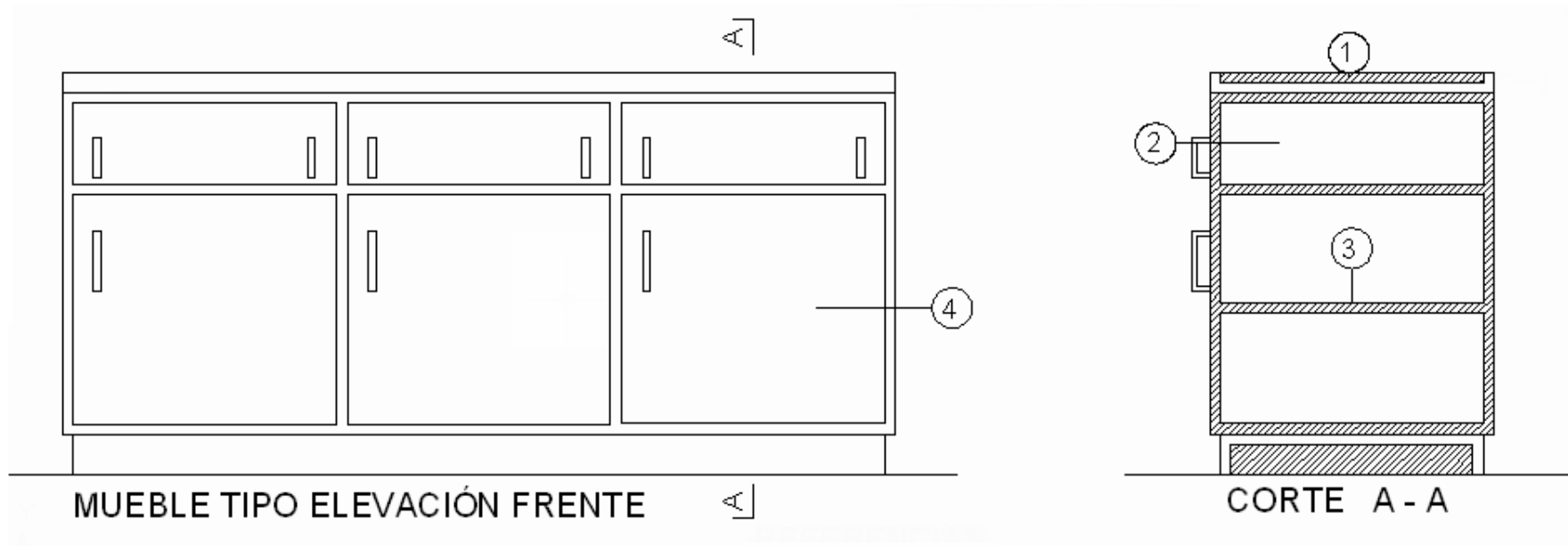
Equipo completo según Norma de Ensayo [VN-E17-87](#).

Determinación de viscosidad de asfaltos y emulsiones viscosímetro Saybolt Furol.

Determinación del contenido de aire en hormigón fresco equipo completo según Norma IRAM 1602.







REFERENCIAS

Materiales: Estructura en madera de pino Paraná de 2,5 x 2,5 cm.

Puertas en madera conglomerada enchapada en terciada para pintar.

Cajones en madera conglomerada frentes enchapados en terciada para pintar.

Laterales en madera conglomerada enchapada en terciada para pintar.

Mesada en madera conglomerada recubierta de chapa de aluminio en parte de su superficie se practicará una depresión de 1,5 cm. De profundidad.

Estantes en madera conglomerada.

Guías de estantes en madera de pino Paraná.

- ① Mesada de madera cubierta con chapa de aluminio.
- ② Cajones para guardar instrumental adicional.
- ③ Estantes para guardar instrumentos.
- ④ Puertas , placa con alma de madera conglomerada.