



MANUAL DE
ENSAYOS DE
SUELOS Y MATERIALES

II

MANUAL DE ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES * HORMIGONES



APAXI

MANUALES TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS

El presente documento es parte de los Manuales Técnicos para el Diseño de Carreteras en Bolivia. Estos manuales se realizaron en el marco del proyecto “Elaboración y Actualización de los Manuales Técnicos de Diseño Geométrico, Diseño de Obras de Hidrología y Drenaje, Dispositivos de Control de Tránsito y Ensayos de Suelos y Materiales, para Carreteras” para la Administradora Boliviana de Carreteras, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo y desarrollado por APIA XXI Ingenieros y Arquitectos Consultores.

En el desarrollo de los manuales trabajaron los siguientes profesionales:

Gerente del proyecto: Claudio Pérez Droguet
Coordinadora del proyecto Natalia Durán Amorocho
Especialista en Diseño Geométrico: Rodrigo Fernández Aguilera
Especialista en Diseño de Obras de Hidrología y Drenaje: Franz Monroy Barrón
Especialista en Dispositivos de Control de Tránsito: Marcos Jesús Pantaleón Prieto
Especialista en Suelos y Geotecnia: José Fernando Caballero Hoyos
Especialista en Hormigones: Pablo Eugenio Maturana Barahona
Especialista en Asfaltos: Guillermo Alfonso Thenoux Zeballos

Asesores: Eduardo Valenzuela Freraut
Francisco González Romerro
Rodrigo Toro Roa
Alex Zarate Mendizabal

Ingenieros de Apoyo: Michel Antonio Catalán Buchner
Juan Lillo Vega
Roberto Fabian Morón Moncada
Rodrigo Riveros Cruz
Richard Ulloa Guzmán

Apoyo técnico: Miguel Humberto Araya Foil
Enrique Humberto Lira Moncada
Andrea Romina Ruiz Vidal

Dibujantes: José Luis Aburto Aburto
Rodrigo Andres González Trigo
Lisbeth Alejandra Navarro Valle

Diseño: Elmer Schain Acebal

Diagramadora: Clarita Celia Lacerna Tamayo

En la revisión de los manuales por parte de la Administradora Boliviana de Carreteras participaron:

Gerencia de Planificación y Desarrollo Tecnológico:
Gerente Lic. Jorge Ávila Mirabal
Fiscal del proyecto: Waldo Aliaga Aranda
Revisor principal Diseño Geométrico: Juan Hurtado Poma – Jesús Crespo López
Revisor principal Diseño de Obras de Hidrología y Drenaje: Luís Cuenca Mendieta
Revisor principal Dispositivos de Control de Tránsito: Boris Hernani Tapia
Revisor principal Suelos y Geotecnia: Waldo Aliaga Aranda – Wilfredo Arequipa Condori
Revisor principal Hormigones: Carlos Arguedas Gonzáles – Deyanira Gonzáles Vilca
Revisor principal: Alex Arteaga Vargas – Edwin Ugarte Rodríguez
Profesionales de las:
Gerencia de Conservación Vial
Gerencia de Construcciones

VOLUMEN 4. ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES

El presente Volumen se refiere a los requisitos que deben cumplir los materiales por incorporar como parte de los diferentes elementos que integran los caminos, a los sistemas para diseñar mezclas de materiales para que cumplan con esos requisitos, a los procedimientos a que se debe ajustar la extracción de muestras representativas, a los métodos que se deben seguir para ensayarlas en el laboratorio y a los métodos para determinar in situ las propiedades y características de los materiales y de las obras ejecutadas.

El contenido de este volumen está constituido por normas y procedimientos que no deben cambiarse bajo ninguna circunstancia. En especial, los ensayos de laboratorio deben ajustarse exactamente a los procedimientos y criterios que se indican. Cualquier alteración de los mismos obliga a anular el resultado obtenido, pues imposibilita su comparación con otras especificaciones y resultados obtenidos de otros ensayos.

El contenido de este manual es una recopilación de normas ya establecidas y desarrolladas por organismos especializados. En el título de cada método se incluyó el nombre de las normas base.

Este Volumen se compone de 3 tomos donde cada uno contiene los métodos de ensayo asociados a cada tema, a decir: Suelos, Hormigones y Asfaltos.

El presente es el tomo correspondiente a **Hormigones**.

Glosario de Términos

Abrasión.- Proceso de desgaste producido en una superficie por pérdidas de material causadas por agentes externos.

Absorción de Agua.- Masa de agua necesaria para llevar un material pétreo del estado seco al estado saturado superficialmente seco. Se expresa como porcentaje referido a la masa del pétreo seco.

Aditivos (hormigón).- Materiales, además del cemento, agua y áridos, que se añaden al hormigón o mortero inmediatamente antes o durante el mezclado. Su objetivo es modificar, acentuar o conferir alguna propiedad que de por sí la mezcla no posee y hacerla temporal o permanente durante su estado fresco o endurecido.

Agregado Pétreo.- Árido compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables.

Agua de Amasado.- Agua utilizada para hidratar el cemento en la confección de un hormigón o mortero y que debe cumplir requisitos químicos básicos en cuanto a pH, sólidos en suspensión, sólidos disueltos y materias orgánicas.

Agua Libre (hormigón).- Agua utilizada para otorgar trabajabilidad a la mezcla de hormigón fresco.

Alabeo.- Deformación de curvatura de una losa de hormigón, producida por gradientes de temperatura o por la acción del agua (alabeo hídrico).

Alargamiento de una Partícula.- Es la relación entre el largo y el ancho de una partícula de suelo.

Arena.- Material resultante de la desintegración, molienda o trituración de la roca, cuyas partículas pasan por el tamiz de 5 mm y son retenidas por el de 0,08 mm.

Árido.- Material pétreo compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables.

Árido Combinado.- Árido resultante de la combinación de árido fino y árido grueso en proporciones definidas por el estudio de dosificación y que ha de emplearse en la fabricación de un hormigón.

Árido Fino.- Árido que pasa por el tamiz de abertura nominal 5 mm (hormigón) y 2,5 mm (asfalto) y es retenido en el de 0,08 mm.

Árido Grueso.- Árido retenido en el tamiz de abertura nominal 5 mm cuando se emplea en hormigón y 2,5 mm cuando se utiliza en asfalto.

Árido Integral.- Árido grueso y árido fino mezclados en proporción no definida.

Árido Natural.- Árido procedente de yacimientos pétreos y que no ha sido sometido a tratamiento alguno.

Árido Tratado.- Árido que ha sido sometido a tratamiento de trituración, clasificación por tamaños y/o lavado, en operaciones mecánicas controladas.

Arista de un Pétreo.- Línea que resulta de la intersección de dos superficies fracturadas.

Asentamiento del Hormigón.- Descenso del cono que experimenta una muestra de hormigón fresco ensayada de acuerdo con el Método H0304, y que se utiliza como indicador de la docilidad.

Bache.- Hoyos de diversos tamaños que se producen en la superficie de rodadura por desintegración local.

Barras de Amarre (pavimento).- Barras de acero redondo con resaltes que se instalan habitualmente en las juntas de construcción, tanto longitudinales como transversales, con el objetivo de impedir la separación entre pistas continuas en el primer caso y asegurar el empotramiento entre el hormigón antiguo y el nuevo, en el segundo. Se colocan de manera que ambos extremos queden empotrados. Si la junta de construcción transversal coincide con la junta de contracción, ésta debería funcionar como barra de traspaso de carga.

Barras de Traspaso de Cargas (pavimento).- Barras de acero redondo que se instalan en las juntas de contracción con el objetivo de transferir (distribuir) parte de la carga que solicita una losa a la vecina; se colocan de manera que un extremo quede empotrado y el otro pueda deslizarse.

Base Abierta Ligada.- Los materiales deberán cumplir con los requisitos del punto 2 y con la banda granulométrica TM-40a. Las partículas deben ser 100% chancadas y tener una resistencia al desgaste, medida por el ensaye de Los Ángeles, no mayor que 35%.

Base Granular.- Ver Base no Ligada.

Base no Ligada.- Base conformada exclusivamente por una mezcla de suelos, que habitualmente cumplen con ciertos requisitos en cuanto a granulometría, límites de Atterberg, capacidad de soporte y otros.

Base Tratada con Cemento. - Los materiales para BTC deberán cumplir con lo establecido en 6, a excepción de las partículas chancadas, cuyo porcentaje deberá ser mayor que 50% y de la resistencia a la compresión, que debe ser de 4,5 MPa, con una dosis mínima de 5% de cemento.

Bloque.- Fragmento de roca mayor a 300 mm.

Bolón.- Fragmento de roca entre 80 y 300 mm.

Calor de Hidratación.- Cantidad de calor liberado durante el proceso exotérmico de reacción del cemento con el agua.

Capa de Rodadura.- Capa superficial de un camino que recibe directamente la acción del tránsito. Debe ser resistente al deslizamiento, a la abrasión y a la desintegración por efectos ambientales.

Carga en Eje Doble.- Fuerza ejercida sobre un dispositivo que la distribuye en un tándem conformado por dos ejes generalmente de doble rueda.

Carga en Eje Simple.- Fuerza ejercida sobre un dispositivo que la distribuye en un eje de rueda doble o simple.

Cemento Pórtland.- Producto obtenido de la pulverización de clínquer, mezclado con sulfato de calcio (yeso) finamente molido. Tiene la propiedad de fraguar por hidratación y obtener gran dureza.

Cemento Pórtland Puzolánico.- Cemento Pórtland al que se le ha añadido puzolanas en una cantidad inferior al 30%. Estas sustancias en sí mismas no tienen propiedades conglomerantes, pero reaccionan con la cal a la temperatura ordinaria para formar compuestos estables insolubles con propiedades conglomerantes.

Cemento Pórtland Siderúrgico.- Cemento Pórtland que contiene menos de 30% de escoria granulada obtenida de la fabricación del hierro en el alto horno.

Cemento Puzolánico.- Cemento Pórtland al que se le ha añadido puzolanas entre un 30% y un 50%.

Cemento Siderúrgico.- Cemento Pórtland que contiene entre 30% y 75 % de escoria granulada obtenida de la fabricación del hierro en el alto horno.

Cepillado (pavimento).- Ranurado superficial de la superficie cuyo objetivo es reducir irregularidades. Se debe ejecutar con una máquina especialmente diseñada para suavizar y dar una textura adecuada a la superficie.

Coeficiente de Capa.- Factor para transformar el espesor de una capa estructural del pavimento en el Número Estructural (Método AASHTO de diseño de pavimentos).

Coeficiente Volumétrico de una Partícula.- Cuociente entre el volumen real de una partícula y el volumen de una esfera de diámetro igual a la mayor dimensión de esa partícula.

Coeficiente Volumétrico Medio.- Cuociente entre la suma de los volúmenes reales de las partículas que constituyen un pétreo y la suma de los volúmenes de las respectivas esferas circunscritas.

Compactación (hormigón).- Operación mecanizada para dar al hormigón la homogeneidad y densidad convenientes.

Comportamiento Estructural.- Variación de la respuesta estructural de un pavimento con el tiempo.

Cono de Abrams.- Molde tronco-cónico, recto, metálico, abierto por ambos extremos, utilizado en el método para determinar la docilidad (trabajabilidad) del hormigón. Ver Método H0304.

Cordón (En juntas de pavimentos de hormigón).- Elemento ligeramente compresible y normalmente de forma cilíndrica que se coloca al fondo de la caja y que sirve para evitar que el sello de la junta penetre hacia abajo.

Cuarteo.- Procedimiento empleado para reducir el tamaño original de una muestra de suelo o agregado pétreo, cuyo objetivo es obtener una muestra representativa del material y de un tamaño acorde a los requerimientos del ensayo a realizar.

Cuenco de Deflexiones.- Conjunto de deflexiones, que reflejan la deformada de la superficie de un pavimento, registradas por todos los sensores de un deflectómetro de impacto (FWD) en el momento del ensayo.

Chancado .- Partícula pétreo que tiene dos o más caras fracturadas y que por ello posee al menos una arista. No se consideran como chancado aquellas partículas que aún teniendo dos o más caras fracturadas, presenten cantos redondeados.

Densidad (hormigones).- Cuociente entre la masa del hormigón y su volumen, a una temperatura determinada. Se expresa normalmente en kg/m^3 .

Densidad (pétreos).- Cuociente entre la masa y el volumen de un material pétreo a una temperatura determinada. Se expresa normalmente en kg/m^3 .

Densidad Aparente (Hormigones).- Densidad que se calcula considerando el volumen aparente de mezcla (volumen real de la mezcla más el volumen de aire arrastrado o incorporado a ella). Corresponde a la capacidad de la medida que lo contiene.

Densidad Aparente (Densidad a Granel o Densidad Bruta).- Densidad que considera el volumen macizo de las partículas de un pétreo más el volumen de los poros y de los huecos. Corresponde a la capacidad de la medida que lo contiene.

Densidad Aparente Compactada.- Densidad aparente del pétreo compactado en la medida que lo contiene, según procedimientos normalizados.

Densidad Aparente Suelta.- Densidad aparente del pétreo vaciado en la medida que lo contiene, según procedimientos normalizados.

Densidad Neta.- Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material pétreo más el volumen de los poros inaccesibles.

Densidad Real.- Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material pétreo, más el volumen de los poros accesibles e inaccesibles de esas partículas.

Densidad Real Saturada Superficialmente Seca.- Densidad real en que se considera la masa del pétreo seco más la masa del agua que llena los poros accesibles.

Densidad Real Seca.- Densidad real en que se considera solamente la masa del pétreo seco.

Descimbre.- Desencofrado o desmolde. Operación destinada a retirar los moldes y demás piezas de un encofrado o de una cimbra (Encofrado: Molde formado con tableros de madera o chapas de metal, en el que se vacía el hormigón hasta que fragua, y que se desmonta después).

Destilación.- Operación destinada a separar por medio del calor, en alambiques u otros vasos, una sustancia volátil de otras menos volátiles, basada en sus diferentes temperaturas de ebullición.

Dispositivo de Transferencia de Carga.- Elemento que se coloca en una junta de contracción de un pavimento de hormigón destinado a transmitir parte de la carga desde una losa a la adyacente.

Docilidad o Trabajabilidad (hormigón fresco).- Propiedad del hormigón fresco que se manifiesta por la facilidad para ser transportado, colocado y compactado, sin producir segregación. Ver H0304.

Dosímetro.- Aparato o dispositivo que mide dosis de radiactividad, que se usa cuando se emplean métodos nucleares para determinar humedad y densidad.

Eje Equivalente (Factor de).- Razón entre el número de ejes de cierto peso que causan una determinada pérdida de serviciabilidad y el número de ejes de 80 kN que causan la misma pérdida de serviciabilidad.

Equivalente de Arena.- Porcentaje de arena propiamente tal con respecto al total de arena y de impurezas coloidales floculadas, particularmente arcillosas, húmicas y eventualmente ferruginosas, presentes en un pétreo fino (bajo tamiz 5 mm).

Esbeltez.- Cuociente entre la altura de ensaye de un testigo cilíndrico de hormigón endurecido y su diámetro.

Escalonamiento de Juntas y Grietas (pavimento).- Diferencia de nivel que se produce entre dos losas separadas por una junta o grieta. Se mide en mm y se determina a 300 y 750 mm del borde exterior del pavimento.

Esponjamiento (arenas).- Aumento aparente de un volumen dado de arena cuando aumenta su humedad libre.

Exudación (hormigón).- Fenómeno que se produce durante la colocación del hormigón por sedimentación de las partículas sólidas debido a la acción de la fuerza de gravedad y de la vibración, desplazando el agua hacia la superficie.

Factor de Carga Equivalente.- Es un número que convierte las solicitaciones de un eje o configuraciones de ejes, en la sollicitación equivalente de un eje normalizado (80 kN) (Ver Eje Equivalente).

Finisher.- Pavimentadora.

Finura de Blaine.- Finura del cemento determinada mediante el método del permeabilímetro de Blaine, con el cual se mide la superficie específica del cemento por la permeabilidad al aire de una capa de cemento de dimensiones y compacidad normalizadas. Cuanto más fino es el cemento, menos permeable es al paso del aire a través de los huecos que quedan entre los granos.

Fisura (hormigones).- Quiebre o rotura que afecta a las losas del pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es igual o menor que 3 mm.

Fisuras por Retracción o Tipo Malla (pavimento de hormigón).- Falla superficial caracterizada por una serie de fisuras conectadas entre sí que crean una especie de malla. Se originan en un exceso de acabado final durante la construcción, mala construcción o por la sal que suele esparcirse en zonas de clima muy frío.

Flexotracción.- Ensayo a que se somete una probeta de hormigón endurecido, para determinar su resistencia a la tracción por flexión.

Fraguado (Hormigón).- Proceso exotérmico en el cual la pasta acuosa de un conglomerante adquiere trabazón, consistencia y endurecimiento, merced a las modificaciones físico-químicas que tienen lugar entre el conglomerado y el agua.

Granulometría de un Árido.- Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un árido, determinada de acuerdo con el Método H0104 o A0506.

Grieta (hormigones).- Quiebre o rotura que afecta al pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es mayor que 3 mm.

Grieta de Borde.- Grieta predominantemente paralela al eje de la calzada y localizada en las inmediaciones del borde externo del pavimento. A veces presenta ramificaciones de grietas transversales hacia la berma.

Grieta Longitudinal.- Grieta predominantemente paralela al eje de la calzada, que a veces coincide con la junta longitudinal entre dos pistas pavimentadas.

Hendimiento.- Ensayo de tracción indirecta por el cual una probeta cilíndrica de hormigón se carga según la generatriz hasta provocar su ruptura.

Hidroplaneo.- Pérdida de fricción entre el neumático y el pavimento causada por una película de agua que se forma bajo el neumático, que evita que entre en contacto con el pavimento.

Hormigón de Prueba.- Hormigón preparado en laboratorio, destinado a verificar principalmente el cumplimiento de los requisitos de densidad y resistencia exigidos en la obra.

Hormigón Endurecido.- Para los efectos de muestreo debe considerarse como endurecido el hormigón que no cumple con la definición de hormigón fresco.

Hormigón Fresco.- Aquel que ha terminado su proceso de mezclado y aún no ha sido colocado, sin sobrepasar un tiempo de dos horas para los cementos de grado corriente y una hora para los cementos de alta resistencia. El tiempo señalado se mide desde el comienzo del amasado.

Hormigón Pobre.- Aquel cuyo contenido en cemento es bajo y su resistencia es, por tanto, reducida.

Huecos.- Espacios vacíos entre las partículas de un pétreo.

Humedad.- Cuociente entre la masa de agua presente en un suelo y su masa seca. Se expresa en porcentaje.

Índice de Lajas.- Porcentaje en peso de partículas que tienen un espesor (dimensión mínima) inferior a 0,6 veces la dimensión media de la fracción de agregado considerada.

Índice de Serviciabilidad.- Es un número, en una escala de 0 a 5, que indica la condición de un pavimento en un determinado momento, para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios.

Índice de Servicio Actual.- Índice que estima la serviciabilidad en un determinado momento de la vida útil de un pavimento, a partir de medidas de su condición superficial.

Junta de Construcción.- Juntas en los pavimentos de hormigón de tipo transversal, cuando la faena de hormigonado se interrumpe por fuerza mayor; o de tipo longitudinal, que son aquellas que separan las distintas fajas del camino, son paralelas al eje y tienen un perfil machihembrado especial para la transmisión de cargas verticales de una faja a otra.

Junta de Contracción.- Corte realizado en una losa para controlar la retracción del hormigón hidráulico por cambios de temperatura u otras causas.

Junta Esviada: Junta transversal que no forma un ángulo recto con el eje del camino (pavimento).

Junta Saltada (pavimento).- Falla en los bordes de una junta que se caracteriza por una serie de fracturas o astillamientos del hormigón. Esta falla es conocida también como desconche.

Laja.- Partícula pétreo en que la razón o cuociente entre las dimensiones máximas y mínima, referida a un prisma rectangular circunscrito, es mayor que 5.

Macrotextura (Pavimento).- Las microtexturas y macrotexturas son irregularidades superficiales deseables por contribuir a la resistencia al deslizamiento y a la prevención de accidentes. Las microtexturas corresponden a longitudes de onda λ entre 0 y 0,5 mm y amplitud A entre 0,01 y 0,5 mm. Las macrotexturas corresponden a longitudes de onda λ entre 0,5 y 50 mm y amplitud A entre 0,01 y 20 mm.

Microtextura.- Ver macrotextura.

Módulo de Finura.- Uno de los índices que sirven para clasificar los agregados en función de su granulometría.

Monografía.- (en caminos). Descripción esquemática gráfica de una determinada característica de la obra, indicando la ubicación (kilometraje). Se utiliza para indicar avance físico de la obra, controles realizados, etc.

Mortero.- Mezcla de cemento, arena y agua en proporciones definidas. Puede llevar incorporado un determinado aditivo.

Muestra de Laboratorio.- Cantidad mínima de material necesario para realizar los ensayos de laboratorio requeridos.

Muestra de Obra.- Muestra representativa de un pétreo que se encuentra en una obra, ya sea sobre un vehículo de transporte o almacenado.

Muestra de Producción.- Muestra representativa de un pétreo removido de su depósito natural y

sometido a cualquier tratamiento como trituración, lavado o clasificación y que se encuentra sobre cintas transportadoras o almacenado junto al lugar de extracción o tratamiento.

Muestra de Terreno.- Muestra representativa de un pétreo tomada en la obra y reducida por cuarteo hasta alcanzar un tamaño mínimo equivalente al doble de la muestra de laboratorio.

Muestra de Yacimiento.- Muestra representativa del pétreo en su sitio de depósito natural, no sometido a tratamiento alguno.

Muestras Gemelas.- Conjunto de dos o más fracciones de muestras separadas por cuarteo según Método H0102. Dichas muestras pueden emplearse para verificar el efecto de los procedimientos de ensaye en la dispersión de resultados.

Nido de Piedra.- Acumulación o concentración de agregado pétreo grueso (piedras) no rodeado por suelos finos, en zonas localizadas de extensión variable.

Nivel de Servicio.- Es el grado de comodidad y seguridad que experimentan los usuarios al circular por un pavimento a la velocidad de diseño.

Número Estructural.- Número que evalúa la calidad del paquete estructural de un pavimento. Se determina como la suma ponderada de los espesores por los coeficientes estructurales, determinados experimentalmente. Los coeficientes estructurales son correlacionables con los módulos de las capas estructurales.

Obra Básica.- La sección de una carretera comprendida entre la subrasante y el terreno natural, que se prepara como fundación del pavimento. Comprende los movimientos de tierras, las alcantarillas y las obras de drenaje que evitan que las aguas afecten las obras de tierra.

Partículas Desmenzables.- Partículas contenidas en los pétreos que pueden desmenzarse con la presión de los dedos.

Pavimento Rígido.- Estructura conformada por losas de hormigón de cemento hidráulico.

Pavimento.- Estructura formada por una o más capas de materiales seleccionados y eventualmente tratados, que se colocan sobre la subrasante con el objetivo de proveer una superficie de rodadura adecuada y segura bajo diferentes condiciones ambientales y que soporta las sollicitaciones que impone el tránsito.

Pedraplén.- Relleno conformado por suelos gruesos con alto contenido de bolones y escaso contenido de finos y que se construye en forma similar a un terraplén.

Péndulo de Fricción.- Equipo portátil de ensaye no destructivo que permite medir la resistencia al deslizamiento de un pavimento. Para ello utiliza un brazo oscilante en cuyo extremo se ubica un patín de goma con amortiguador que se deja oscilar libremente y que toma contacto con la superficie del pavimento mojado en una longitud normalizada. Se mide la pérdida de energía producto del roce, a través de la altura que alcanza después del contacto con el pavimento.

Peso Específico.- Cociente entre la masa de un material y la masa de un volumen igual de agua a 4 °C. Es adimensional.

Poros.- Espacios vacíos interiores de una partícula de pétreo.

Probeta de Hormigón.- Muestra de hormigón endurecido de dimensiones predeterminadas y conservada en condiciones preestablecidas, para posteriormente ser sometida a ensayos.

Puente de Adherencia.- Adhesivo para unir hormigón o mortero fresco con hormigón endurecido, mortero endurecido, piedra, acero, fierro, fibrocemento o madera.

Ranurado del Pavimento (Grooving).- Cortes sobre la superficie del pavimento, ejecutado mediante discos diamantados en una profundidad de 10 mm aproximadamente y un ancho de 2 mm, con un espaciado del orden de los 50 mm a 100 mm. El objetivo es mejorar la macrotextura superficial, facilitando el contacto neumático pavimento en situaciones de pavimento muy sellado que puedan provocar hidropelaje.

Rapidez del Curado.- Tiempo que demora un asfalto líquido (asfalto cortado) en coagular, el que depende de la mayor o menor volatilidad del agente fluidificante del que está compuesto.

Rasante.- Plano que define la superficie de una carretera.

Razón Agua-Cemento.- Cuociente entre la cantidad de agua de amasado y la dosis de cemento, utilizados en la confección de un hormigón.

Redondez de una Partícula.- Es la medida de la agudeza de sus vértices y se define como el cuociente entre el radio promedio de los vértices y aristas y el radio de la esfera máxima inscrita.

Refrentado (Capa de).- Capa de material, normalmente azufre, aplicado y moldeado para recubrir y nivelar una superficie de carga en una probeta de hormigón.

Rendimiento Funcional.- Variación del Nivel de Servicio con el tiempo.

Reposición de Pavimentos.- Se refiere a cualquiera de las técnicas destinadas a reforzar estructuralmente un pavimento de manera que esté en condiciones de soportar el tránsito previsto.

Resistencia al Deslizamiento (coeficiente de fricción).- La fuerza que se desarrolla en la superficie de contacto entre neumático y pavimento y que resiste el deslizamiento cuando el vehículo frena.

Resistencia Mecánica (hormigón).- Resistencia a la ruptura de probetas de hormigón endurecido.

Restauración de Pavimentos.- Técnicas destinadas al mantenimiento de los pavimentos, es decir, a devolverles su condición original. Aún cuando no están orientadas específicamente a aumentar la capacidad estructural, muchas de ellas alargan la vida útil del pavimento. Estas técnicas integran las denominadas operaciones de restauración.

Retracción (hormigón).- Variación del volumen del hormigón por efecto del fraguado, por su desecación y su humedecimiento. Esta variación se produce en parte antes de fraguar y en parte en el hormigón fraguado y ya endurecido.

Roca Ignea.- Rocas de origen profundo, resultado del enfriamiento y cristalización de la masa fundida, el magma.

Roca Metamórfica.- Tienen su origen en rocas ya existentes que, sometidas a transformaciones químicas o al calor y la presión en el interior de la corteza terrestre, han sufrido una metamorfosis química, mineralógica o física.

Roca Sedimentaria.- Rocas procedentes de productos de erosión que se han depositado en capas generalmente muy compactas (sedimentos) sobre el suelo o, más comúnmente, en el fondo del mar.

Rugosidad (pavimento).- Irregularidad superficial de una capa de rodadura. Es el parámetro de estado más característico de la condición funcional de ésta y el que incide directamente en los costos de operación de los vehículos. Se mide a través del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Secado hasta Masa constante.- Límite de secado en que dos pesadas sucesivas, separadas por 1 hora de secado al horno, difieren en un porcentaje igual o inferior al 0,1% de la menor masa determinada.

Segregación (hormigón).- Separación de la fracción gruesa del mortero durante el transporte o colocación del hormigón fresco.

Serviciabilidad.- La capacidad que tiene en un determinado momento el pavimento para servir al tránsito que lo utilizará.

Singularidades (pavimento).- Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra. Entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, vados, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino.

Sobretamaño.- Partículas de un suelo de mayor tamaño que el máximo especificado.

Subbase Granular.- Capa constituida por un material de calidad y espesor determinados y que se coloca entre la subrasante y la base.

Subrasante.- Plano superior del movimiento de tierras, que se ajusta a requerimientos específicos de geometría y que ha sido conformada para resistir los efectos del medio ambiente y las sollicitaciones que genera el tránsito. Sobre la subrasante se construye el pavimento y las bermas.

Superficie Específica.- Cuociente entre el área superficial o superficie externa de un agregado y su

volumen; se expresa en m^3 .

Surgencia de Finos (Bombeo de finos).- Fenómeno que se manifiesta por la eyección, a través de las juntas, grietas y bordes del pavimento, de material fino húmedo de la base o subbase. Se origina en la succión que provoca el movimiento vertical debido a la carga y descarga de las losas móviles de un pavimento rígido. Como consecuencia de la surgencia se produce una progresiva socavación bajo los bordes de las juntas, grietas y lados del pavimento, provocando su ruptura por falta de apoyo.

Talud.- Tangente del ángulo que forma el paramento de un corte con respecto a la vertical.

Tamaño Máximo Absoluto de un Árido.- Corresponde a la abertura del menor tamiz de la serie establecida en el Método H0104 o A 0506, que deja pasar el 100% de la masa del árido.

Tamaño Máximo Nominal de un Árido.- Corresponde a la abertura del tamiz inmediatamente menor al Tamaño Máximo Absoluto, cuando por dicho tamiz pasa el 90% o más de la masa del árido. Cuando pasa menos del 90%, el Tamaño Máximo Nominal se considera igual al Tamaño Máximo Absoluto.

Tamaño Medio (de un agregado pétreo).- Corresponde a la abertura teórica de tamiz (mm) por donde pasa el 50% del material. Se obtiene a partir de la granulometría por interpolación semilogarítmica.

Tamizado.- Operación que consiste en separar por tamaño las partículas de un agregado, mediante tamices.

Tensión Capilar.- Fuerza originada por la tensión superficial de un líquido y que hace que ascienda por un tubo capilar.

Tensión Superficial.- Si sobre la superficie de un líquido se traza una línea cualquiera, la tensión superficial es la fuerza superficial normal a dicha línea por unidad de longitud. La tensión superficial explica el fenómeno de ascensión de un líquido en tubos capilares. Se expresa en dina/cm o erg/cm^2

Terraplén.- Obra construida empleando suelos apropiados, debidamente compactados, para establecer la fundación de un pavimento.

Textura (pavimentos).- El aspecto o característica de la superficie del pavimento que depende del tamaño, forma, disposición y distribución del árido y del agente ligante. Una mezcla densa que da una superficie suave tendrá una textura fina; una superficie abierta tendrá una textura gruesa. Las irregularidades de la superficie, tales como baches, escalonamientos de juntas y otras, no definen la textura, la que se encuentra relacionada con irregularidades de longitudes de onda inferiores que 50 mm.

Textura de una Partícula de Pétreo.- Características secundarias de la superficie de la partícula, independiente de la forma y tamaño. Para su descripción se emplean los términos opaca, brillante, suave, áspera, estriada, etc.

Viga Benkelman.- Equipo de ensaye no destructivo que se posiciona sobre la superficie del pavimento y que cuenta con un brazo articulado cuyo punto de contacto con el pavimento (palpador) detecta la deformación elástica vertical ante la aproximación de una rueda doble cargada con 40 KN.

Zapata de Traspaso de Carga.- En pavimentos de hormigón. Dispositivo de transferencia de carga en las juntas de contracción.

ÍNDICE GENERAL

H01 ÁRIDOS

- H0101. MÉTODO PARA EXTRAER Y PREPARAR MUESTRAS (ASTM C 75 AASHTO T2)
- H0102. MÉTODO PARA EL CUARTEO DE MUESTRAS (ASTM C 702 AASHTO T248)
- H0103. MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE PARTÍCULAS DESMENUZABLES (ASTM C 142 AASHTO T112)
- H0104. MÉTODO PARA TAMIZAR Y DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA (ASTM C 136 AASHTO T27)
- H0105. CONTENIDO APROXIMADO DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS Y HORMIGONES (ASTM C 40 AASHTO T21)
- H0106. MÉTODO PARA DETERMINAR EL MATERIAL FINO MENOR QUE 0,075 MM (ASTM C 117 AASHTO T11)
- H0107. CONTENIDO TOTAL DE AGUA DE LOS ÁRIDOS POR SECADO (ASTM C 566)
- H0108. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (ASTM E 30 ASTM C 29)
- H0109. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD NETA Y LA ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDOS GRUESOS (ASTM C 127 AASHTO T85)
- H0110. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD NETA Y LA ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDOS FINOS (ASTM C 128 AASHTO T84)
- H0111. MÉTODO PARA DETERMINAR EL DESGASTE MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES (ASTM C 131 AASHTO T96)
- H0112. MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE TRITURACIÓN (BS-812-75)
- H0113. MÉTODO PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419)
- H0114. MÉTODO DE LOS SULFATOS PARA DETERMINAR LA DESINTEGRACIÓN (ASTM C 88 AASHTO T104)
- H0115. CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN LOS ÁRIDOS (ASTM C 123 AASHTO T113)
- H0116. HUMEDAD SUPERFICIAL EN ÁRIDOS FINOS (ASTM C 70 AASHTO T142)
- H0117. ÍNDICE DE DURABILIDAD DE ÁRIDOS (ASTM D 3744 AASHTO T210)
- H0118. PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS ÁRIDOS (D 5821 NTL 358)
- H0119. COEFICIENTE DE FRIABILIDAD DE LOS ÁRIDOS (UNE 83115)
- H0120. MÉTODO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO MEDIO DE LOS ÁRIDOS GRUESOS
- H0121. ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS ÁRIDOS PARA CARRETERAS (NTL 354)
- H0122. ÍNDICE DE FORMA Y DE TEXTURA DE LAS PARTÍCULAS DE ÁRIDO (ASTM D 3398)
- H0123. MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS (ASTM D 1411)
- H0124. DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LOS COMPUESTOS DE AZUFRE EN LOS ÁRIDOS (UNE 83211)
- H0125. DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD ÁRIDO /ALCALI (MÉTODO QUÍMICO) (ASTM C 289)
- H0126. VALORACIÓN DE ELEMENTOS ARCILLOSOS EN LOS MATERIALES FINOS POR MEDIO DEL AZUL DE METILENO (NTL 171)

H02 CEMENTOS Y MORTEROS

- H0201. MUESTREO Y ACEPTACIÓN DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 183 AASHTO T127)
- H0202. FINURA DEL CEMENTO PORTLAND MÉTODO DEL APARATO BLAINE (ASTM C 204 AASHTO T153)
- H0203. FINURA DEL CEMENTO PORTLAND MÉTODO DEL TURBIDIMETRO (ASTM C 115 AASHTO T98)
- H0204. EXPANSIÓN DEL CEMENTO EN EL AUTOCLAVE (ASTM C 151 AASHTO T107)
- H0205. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO MÉTODO DEL APARATO DE VICAT (ASTM C 191 AASHTO T131)
- H0206. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO MÉTODO DE LAS AGUJAS DE GILLMORE (ASTM C 266 AASHTO T154)
- H0207. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 188 AASHTO T133)
- H0208. FALSO FRAGUADO DEL CEMENTO PORTLAND MÉTODO DE LA PASTA (ASTM C 451 AASHTO T186)
- H0209. CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 186)
- H0210. CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO (ASTM C 187 AASHTO T129)

- H0211. MEZCLA MECÁNICA DE PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO Y MORTEROS DE CONSISTENCIA PLÁSTICA (ASTM C 305 AASHTO T162)
- H0212. EXUDACIÓN DE PASTAS Y MORTEROS DE CEMENTO (ASTM C 243)
- H0213. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 109)
- H0214. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 348)
- H0215. FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 230 AASHTO M152)
- H0216. CONTRACCIÓN POR SECADO DE MORTEROS DE CEMENTO PÓRTLAND (ASTM C 596)
- H0217. RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 190 AASHTO T132)
- H0218. CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 185 AASHTO T137)
- H0219. EXPANSIÓN POTENCIAL DE MORTEROS DE CEMENTO PÓRTLAND EXPUESTOS A LA ACCIÓN DE SULFATOS (ASTM C452)

H03 HORMIGÓN

- H0301. MÉTODO PARA EXTRAER MUESTRAS DEL HORMIGÓN FRESCO (ASTM C 172 AASHTO T141)
- H0302. ELABORACIÓN Y CURADO EN EL LABORATORIO DE MUESTRAS DE HORMIGÓN PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN (ASTM 192 AASHTO T126)
- H0303. MÉTODO PARA REFRENTAR PROBETAS (ASTM 617 AASHTO T231)
- H0304. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DOCILIDAD MEDIANTE EL CONO DE ABRAMS (ASTM C 143 AASHTO T119)
- H0305. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE, EL RENDIMIENTO Y LOS CONTENIDOS DE CEMENTO Y AIRE EN EL HORMIGÓN FRESCO (ASTM C 138 AASHTO T121)
- H0306. TIEMPO DE FLUJO DEL HORMIGÓN A TRAVÉS DEL CONO DE ASENTAMIENTO INVERTIDO (ASTM C 1611)
- H0307. MÉTODO DE ENSAYE A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CÚBICAS Y CILÍNDRICAS (ASTM C 39 AASHTO T22)
- H0308. ENSAYO ACELERADO PARA LA PREDICCIÓN DE RESISTENCIAS FUTURAS A LA COMPRESIÓN (ASTM C 1073)
- H0309. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN USANDO UNA PORCIÓN DE VIGA ROTA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN (ASTM C 116 AASHTO T40)
- H0310. MÉTODO DE ENSAYE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS (ASTM C 78 Y 293 AASHTO T97 Y T77)
- H0311. MÉTODO DE ENSAYE A LA TRACCIÓN POR HENDIMIENTO DE PROBETAS CILÍNDRICAS (ASTM C 496)
- H0312. FLUJO PLÁSTICO DEL HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN (ASTM C 512)
- H0313. CALIDAD DEL AGUA PARA HORMIGONES (AASHTO T26)
- H0314. TOMA DE NÚCLEOS Y VIGAS EN HORMIGONES ENDURECIDOS (ASTM C 42 AASHTO T24)
- H0315. MEDIDA DE LA LONGITUD DE NÚCLEOS DE HORMIGÓN (ASTM C 174 AASHTO T148)

ÍNDICE GENERAL

H01 ÁRIDOS

- H0101. MÉTODO PARA EXTRAER Y PREPARAR MUESTRAS (ASTM C 75 AASHTO T2)
- H0102. MÉTODO PARA EL CUARTEO DE MUESTRAS (ASTM C 702 AASHTO T248)
- H0103. MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE PARTÍCULAS DESMENUZABLES (ASTM C 142 AASHTO T112)
- H0104. MÉTODO PARA TAMIZAR Y DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA (ASTM C 136 AASHTO T27)
- H0105. CONTENIDO APROXIMADO DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS Y HORMIGONES (ASTM C 40 AASHTO T21)
- H0106. MÉTODO PARA DETERMINAR EL MATERIAL FINO MENOR QUE 0,075 MM (ASTM C 117 AASHTO T11)
- H0107. CONTENIDO TOTAL DE AGUA DE LOS ÁRIDOS POR SECADO (ASTM C 566)
- H0108. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (ASTM E 30 ASTM C 29)
- H0109. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD NETA Y LA ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDOS GRUESOS (ASTM C 127 AASHTO T85)
- H0110. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD NETA Y LA ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDOS FINOS (ASTM C 128 AASHTO T84)
- H0111. MÉTODO PARA DETERMINAR EL DESGASTE MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES (ASTM C 131 AASHTO T96)
- H0112. MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE TRITURACIÓN (BS-812-75)
- H0113. MÉTODO PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419)
- H0114. MÉTODO DE LOS SULFATOS PARA DETERMINAR LA DESINTEGRACIÓN (ASTM C 88 AASHTO T104)
- H0115. CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN LOS ÁRIDOS (ASTM C 123 AASHTO T113)
- H0116. HUMEDAD SUPERFICIAL EN ÁRIDOS FINOS (ASTM C 70 AASHTO T142)
- H0117. ÍNDICE DE DURABILIDAD DE ÁRIDOS (ASTM D 3744 AASHTO T210)
- H0118. PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS ÁRIDOS (D 5821 NTL 358)
- H0119. COEFICIENTE DE FRIABILIDAD DE LOS ÁRIDOS (UNE 83115)
- H0120. MÉTODO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO MEDIO DE LOS ÁRIDOS GRUESOS
- H0121. ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS ÁRIDOS PARA CARRETERAS (NTL 354)
- H0122. ÍNDICE DE FORMA Y DE TEXTURA DE LAS PARTÍCULAS DE ÁRIDO (ASTM D 3398)
- H0123. MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS (ASTM D 1411)
- H0124. DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LOS COMPUESTOS DE AZUFRE EN LOS ÁRIDOS (UNE 83211)
- H0125. DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD ÁRIDO /ALCALI (MÉTODO QUÍMICO) (ASTM C 289)
- H0126. VALORACIÓN DE ELEMENTOS ARCILLOSOS EN LOS MATERIALES FINOS POR MEDIO DEL AZUL DE METILENO (NTL 171)

ÍNDICE GENERAL

H02 CEMENTOS Y MORTEROS

- H0201. MUESTREO Y ACEPTACIÓN DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 183 AASHTO T127)
- H0202. FINURA DEL CEMENTO PORTLAND MÉTODO DEL APARATO BLAINE (ASTM C 204 AASHTO T153)
- H0203. FINURA DEL CEMENTO PÓRTLAND MÉTODO DEL TURBIDIMETRO (ASTM C 115 AASHTO T98)
- H0204. EXPANSIÓN DEL CEMENTO EN EL AUTOCLAVE (ASTM C 151 AASHTO T107)
- H0205. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO MÉTODO DEL APARATO DE VICAT (ASTM C 191 AASHTO T131)
- H0206. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO MÉTODO DE LAS AGUJAS DE GILLMORE (ASTM C 266 AASHTO T154)
- H0207. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 188 AASHTO T133)
- H0208. FALSO FRAGUADO DEL CEMENTO PORTLAND MÉTODO DE LA PASTA (ASTM C 451AASHTO T186)
- H0209. CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 186)
- H0210. CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO (ASTM C 187 AASHTO T129)
- H0211. MEZCLA MECÁNICA DE PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO Y MORTEROS DE CONSISTENCIA PLÁSTICA (ASTM C 305 AASHTO T162)
- H0212. EXUDACIÓN DE PASTAS Y MORTEROS DE CEMENTO (ASTM C 243)
- H0213. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 109)
- H0214. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 348)
- H0215. FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 230 AASHTO M152)
- H0216. CONTRACCIÓN POR SECADO DE MORTEROS DE CEMENTO PÓRTLAND (ASTM C 596)
- H0217. RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 190 AASHTO T132)
- H0218. CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 185 AASHTO T137)
- H0219. EXPANSIÓN POTENCIAL DE MORTEROS DE CEMENTO PÓRTLAND EXPUESTOS A LA ACCIÓN DE SULFATOS (ASTM C452)

ÍNDICE GENERAL

H03 HORMIGÓN

- H0301. MÉTODO PARA EXTRAER MUESTRAS DEL HORMIGÓN FRESCO (ASTM C 172 AASHTO T141)
- H0302. ELABORACIÓN Y CURADO EN EL LABORATORIO DE MUESTRAS DE HORMIGÓN PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN (ASTM 192 AASHTO T126)
- H0303. MÉTODO PARA REFRENTAR PROBETAS (ASTM 617 AASHTO T231)
- H0304. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DOCILIDAD MEDIANTE EL CONO DE ABRAMS (ASTM C 143 AASHTO T119)
- H0305. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE, EL RENDIMIENTO Y LOS CONTENIDOS DE CEMENTO Y AIRE EN EL HORMIGÓN FRESCO (ASTM C 138 AASHTO T121)
- H0306. TIEMPO DE FLUJO DEL HORMIGÓN A TRAVÉS DEL CONO DE ASENTAMIENTO INVERTIDO (ASTM C 1611)
- H0307. MÉTODO DE ENSAYE A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CÚBICAS Y CILÍNDRICAS (ASTM C 39 AASHTO T22)
- H0308. ENSAYO ACELERADO PARA LA PREDICCIÓN DE RESISTENCIAS FUTURAS A LA COMPRESIÓN (ASTM C 1073)
- H0309. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN USANDO UNA PORCIÓN DE VIGA ROTA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN (ASTM C 116 AASHTO T40)
- H0310. MÉTODO DE ENSAYE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS (ASTM C 78 Y 293 AASHTO T97 Y T77)
- H0311. MÉTODO DE ENSAYE A LA TRACCIÓN POR HENDIMIENTO DE PROBETAS CILÍNDRICAS (ASTM C 496)
- H0312. FLUJO PLÁSTICO DEL HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN (ASTM C 512)
- H0313. CALIDAD DEL AGUA PARA HORMIGONES (AASHTO T26)
- H0314. TOMA DE NÚCLEOS Y VIGAS EN HORMIGONES ENDURECIDOS (ASTM C 42 AASHTO T24)
- H0315. MEDIDA DE LA LONGITUD DE NÚCLEOS DE HORMIGÓN (ASTM C 174 AASHTO T148)

H0101. MÉTODO PARA EXTRAER Y PREPARAR MUESTRAS (ASTM C 75 AASHTO T2)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para extraer y preparar las muestras representativas de áridos finos, gruesos e integrales para fines de ensaye. Se aplicará a los áridos naturales y manufacturados.

DEFINICIONES

1. Muestra de yacimiento

Muestra representativa de áridos en su sitio de depósito natural, no sometido a tratamiento alguno.

2. Muestra de producción

Muestra representativa de un árido removido de su depósito natural y sometido a cualquier tratamiento como trituración, lavado o clasificación y que se encuentra sobre cintas transportadoras, o almacenado junto al lugar de extracción o tratamiento.

3. Muestra de obra

Muestra representativa de un árido que se encuentra en una obra, ya sea sobre vehículos o almacenado.

4. Muestra gemela

Conjunto de dos o más fracciones de muestra, separadas por cuarteo según Método H0102. Dichas muestras pueden emplearse para verificar el efecto de los procedimientos de ensaye (operador, equipo, etc.) en la dispersión de los resultados.

EQUIPOS Y MATERIALES

Las herramientas y accesorios mínimos necesarios para las operaciones de muestreo incluyen pala, bolsas o sacos, cajas o recipientes y otros que sea necesario considerar para los procedimientos que se establecen en el presente método.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

5. Aspectos generales

Dado que el muestreo es tan importante como los ensayos mismos, el muestreador debe tomar todas las precauciones necesarias para obtener muestras que sean representativas del material que se va a analizar. Para ello, personal debidamente experimentado debe inspeccionar el material por muestrear en superficie o a través de pozos de prueba o sondajes, según corresponda, a fin de determinar su homogeneidad con un adecuado nivel de confiabilidad.

6. Tamaño de la muestra

a) Muestra de terreno.

La cantidad de muestra tomada en terreno debe ser tal que represente la naturaleza y condición de los áridos. Redúzcala por cuarteo según método H0102 hasta obtener una cantidad de al menos el doble de la requerida como muestra de laboratorio, conservando el material restante de la reducción como contramuestra ante cualquier eventualidad.

Nota 1: La contramuestra se conservará en el lugar de extracción debidamente identificada y almacenada en bolsas, cajas o recipientes, de modo de evitar contaminaciones, pérdidas o alteraciones del material.

b) Muestra de laboratorio.

La cantidad de muestra necesaria para ser enviada al laboratorio depende del tipo y número de ensayos a los cuales será sometido el material. Generalmente las cantidades mínimas requeridas para los ensayos básicos de calidad son las siguientes:

- Áridos fino: 30 kg.
- Áridos gruesos: Una cantidad en Kg equivalente a 2 veces el tamaño máximo absoluto de los áridos grueso, expresado este último en mm.
- Áridos integral: En este caso se cumplirá simultáneamente con las cantidades mínimas requeridas para los distintos tipos de áridos antes mencionados.

Nota 2: Para ensayos adicionales y/o especiales se aumentarán los tamaños indicados en 6 b) en la cantidad requerida para ellos.

EXTRACCIÓN DE MUESTRAS PARA RECONOCIMIENTO DE YACIMIENTOS

7. Procedimientos de extracción

- a) Yacimiento con frente descubierto. Inspeccione la(s) cara(s) del yacimiento, para determinar variaciones importantes o existencia de estratos. Extraiga muestras por fajas verticales del frente de explotación, de acuerdo con la homogeneidad del material, la forma de explotación y la facilidad de acceso. Registre el ancho de la faja, la profundidad horizontal y las cotas verticales de extracción de muestras si ello es procedente, además registre las diferencias observables en el color y la estructura.
- b) Yacimiento sin frente descubierto. Extraiga muestras representativas de los diferentes estratos, identificados en cada pozo de prueba o sondaje, tomando tres o más porciones de cada uno de ellos. Registre la profundidad relativa de extracción de la muestra y el espesor del (de los) estrato(s).

8. Frecuencia de muestreo

- a) En yacimientos con frente descubierto, extraiga muestras de fajas verticales ubicadas a distancias inferiores a 30 m.
- b) En yacimientos sin frente descubierto, ejecute al menos un pozo de prueba o sondaje cada 5.000 m², uniformemente distribuidos y cubriendo el área de estudio.

EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE PRODUCCIÓN

De preferencia las muestras de material manufacturado se extraerán de cintas transportadoras. Si esto no es aplicable, se extraerán muestras desde silos, tolvas o depósitos, o bien desde acopios.

9. Procedimientos de extracción

- a) Cintas transportadoras. Detenga la cinta a intervalos regulares de tiempo y extraiga porciones de áridos que correspondan a todo material comprendido entre dos secciones transversales a la cinta, distanciadas en aproximadamente 1 m. Extraiga tres o más porciones de áridos hasta completar la muestra.
- b) Silos, tolvas o depósitos. Extraiga porciones de áridos en el flujo de la descarga sin incluir el primer y último 10% de ésta. Tome tres o más porciones de material hasta completar la muestra. Emplee, en lo posible, un recipiente que abarque todo el flujo del material.
- c) Acopios. Utilizando un cargador frontal, extraiga porciones de áridos en distintos niveles y ubicaciones rodeando el acopio, evitando sacar material de las zonas inferior y superior de éste. Con las porciones extraídas forme un pequeño acopio debidamente homogeneizado, aplanando su parte superior. Desde éste extraiga manualmente las porciones necesarias para conformar la muestra.

10. Frecuencia de muestreo

Adopte como frecuencia mínima de muestreo la correspondiente al menor volumen indicado en los siguientes puntos:

- a) Extraiga una muestra cada 1.000 m³ de cada tipo de áridos producido.
- b) Extraiga una muestra correspondiente al volumen de cada tipo de áridos producido en un mes.

EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE OBRA

Las muestras se extraerán desde vehículos o desde el material almacenado. Establezca un control de calidad durante la recepción del material y disponga los acopios según las diferencias que se observen.

Nota 3: El control del material almacenado tiene por objetivo cuantificar los efectos de las manipulaciones realizadas y proporcionar antecedentes para el uso de los áridos.

11. Procedimientos de extracción

- a) Vehículos. Extraiga porciones de áridos en tres o más puntos, profundizando aproximadamente hasta la mitad de la altura de la carga o a intervalos regulares de tiempo durante la descarga.
- b) Silos, tolvas o depósitos. Proceda de acuerdo con 9 b).
- c) Acopios. Proceda de acuerdo con 9 c).

12. Frecuencia de muestreo

- a) Control de recepción
 - Extraiga al menos una muestra de cada tipo de áridos por cada 500 m³ recepcionados.
 - Extraiga una muestra cada vez que se cambie de fuente de abastecimiento o se aprecien cambios de calidad del material.
 - El profesional a cargo podrá disminuir la frecuencia mínima establecida hasta en un 50%, cuando se verifique que no hay cambios significativos en las características del material.
- b) Control para el uso
 - Extraiga una o más muestras de cada tipo de pétreo por cada 250 m³ por emplear.
 - Extraiga una muestra cada vez que se aprecien cambios de calidad del material, debido a tiempo prolongado de almacenamiento en obra, contaminaciones, segregaciones, etc.
 - El profesional a cargo podrá disminuir la frecuencia mínima establecida hasta en un 50%, cuando se verifique que no hay cambios significativos en las características del material.

PREPARACIÓN DE MUESTRAS

13. Mezclado

Mezcle con pala, sobre una superficie horizontal y limpia, las porciones de áridos obtenidas del muestreo hasta obtener una muestra homogénea, asegurando la incorporación de todas las partículas más finas que la componen. Si se requiere determinar el grado de variabilidad de un acopio, las porciones extraídas de las distintas zonas de éste no deben mezclarse entre sí.

14. Reducción

Reduzca por cuarteo según Método H0102 el tamaño de la muestra extraída, para obtener el tamaño de muestra de laboratorio especificado en 6 b).

15. Transporte a laboratorio

Transporte las muestras en bolsas, cajas o recipientes confeccionados de tal manera de evitar pérdidas de material. Identifíquelas claramente, de acuerdo a lo indicado en "Registro", con marcas indelebles protegidas de cualquier eventual deterioro.

REGISTRO

Cada muestra para laboratorio llevará un registro en que se indicarán los siguientes datos:

16. Información mínima.

- a) Nombre del contrato y contratista.
- b) Identificación del muestreador (nombre, entidad y/o laboratorio).
- c) Tipo de material.
- d) Procedencia del material.
- e) Tamaño aproximado de la muestra (kg/m³).
- f) Cantidad de material que representa la muestra (m³).
- g) Procedimiento de extracción utilizado.
- h) Empleo propuesto.
- i) Ensayes requeridos.
- j) Fecha de extracción.

17. Información Optativa

- a) Ubicación y nombre del yacimiento, depósito, planta de manufacturado u obra.
- b) Capacidad de producción o consumo diario estimado.
- c) Procedimientos de explotación y/o manufacturado.
- d) Radio de alcance (zona que abastece).
- e) Cualquier información específica relativa a las características del áridos o a los requisitos de empleo.

H0102. MÉTODO PARA EL CUARTEO DE MUESTRAS (ASTM C 702 AASHTO T248)

OBJETO

Los diferentes tipos y tamaños de áridos requieren que la muestra sea representativa para los varios ensayos a los que será sometida. El material obtenido en terreno debe ser siempre mayor que la cantidad de la muestra requerida para el ensaye.

El material debe ser reducido en cantidad de acuerdo al ensaye que se le va a practicar. Este método establece dos procedimientos, uno manual y otro mecánico, para la reducción de muestras de suelos y áridos en general. Los mejores resultados se obtienen usando un cuarteador metálico de un tamaño adecuado.

PROCEDIMIENTO MANUAL

A continuación se describe un método para reducir la cantidad del material, cuarteándola manualmente, para obtener muestras menores que 100 kg.

- a) Para llevar a cabo el cuarteo, el material debe estar húmedo; si está seco, humidézcalo añadiendo agua limpia con un rociador. Mezcle bien el material hasta formar una pila en forma de cono; revuelva de nuevo hasta formar un nuevo cono; repita esta operación tres veces.
- b) Distribuya una palada llena del material tan uniformemente como sea posible sobre una lona u otra superficie lisa, plana y ancha. Una lona de 150 x 150 cm. será suficiente. Cuando la cantidad del material es pequeña, se puede usar una plana de albañil.

Continúe colocando material en capas, una sobre la otra, hasta que se haya distribuido todo el material formando un montón plano y ancho, cuyo espesor y distribución de los tamaños de áridos sea razonablemente uniforme. No permita la conicidad de áridos.

- c) Divida el montón en cuatro partes iguales, con una pala de borde recto o una plancha de metal. Cuando emplee una lona, el cuarteo puede hacerse convenientemente insertando un palo delgado o varilla por debajo de la lona y levantándola para así dividir la muestra en partes iguales, primero en dos mitades iguales y luego en cuartas partes. (Ver Figura H0102_01).
- d) Remueva dos cuartas partes opuestas y colóquelas a un lado, cuidando de retirar todo el material fino limpiando los espacios despejados con una brocha o escoba.
- e) Repita el procedimiento indicado desde a) a d) con la porción restante de áridos, hasta que obtenga una muestra de ensaye del tamaño deseado.
- f) Si lo desea, puede guardar la porción que colocó a un lado para luego hacer un posible ensaye de comprobación.

PROCEDIMIENTO CON CUARTEADOR METÁLICO O MECÁNICO

El método para reducir a muestras menores que 100 kg mediante un cuarteador metálico es el siguiente: (Ver Figura H0102_02).

- a) Coloque la muestra en uno de los recipientes del cuarteador.
- b) Vacíe la muestra en el cuarteador.
- c) Separe el material correspondiente a uno de los recipientes.
- d) Repita el procedimiento con el material del recipiente restante hasta obtener el tamaño de muestra requerido.

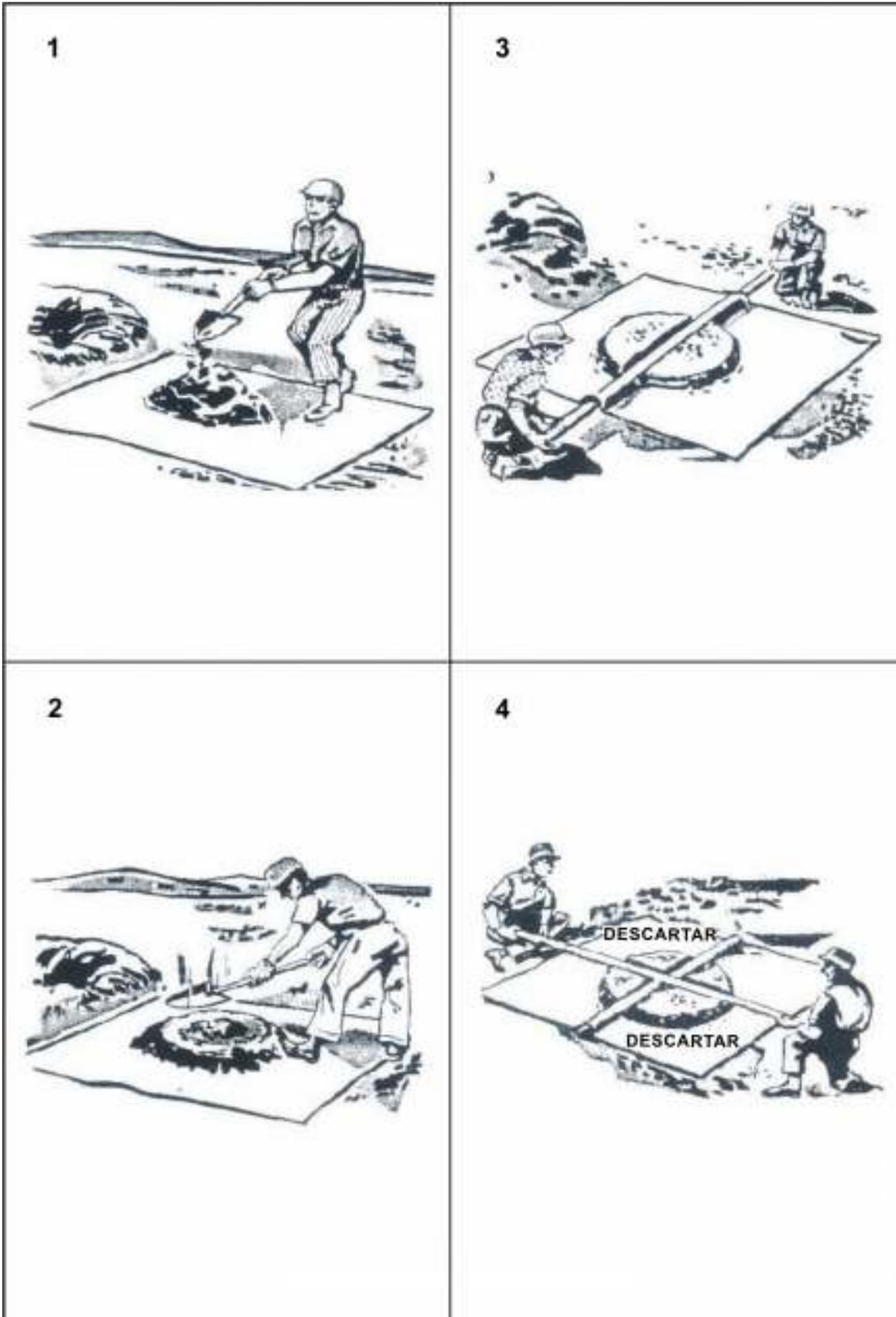


FIGURA H0102_01 CUARTEO DE MUESTRAS

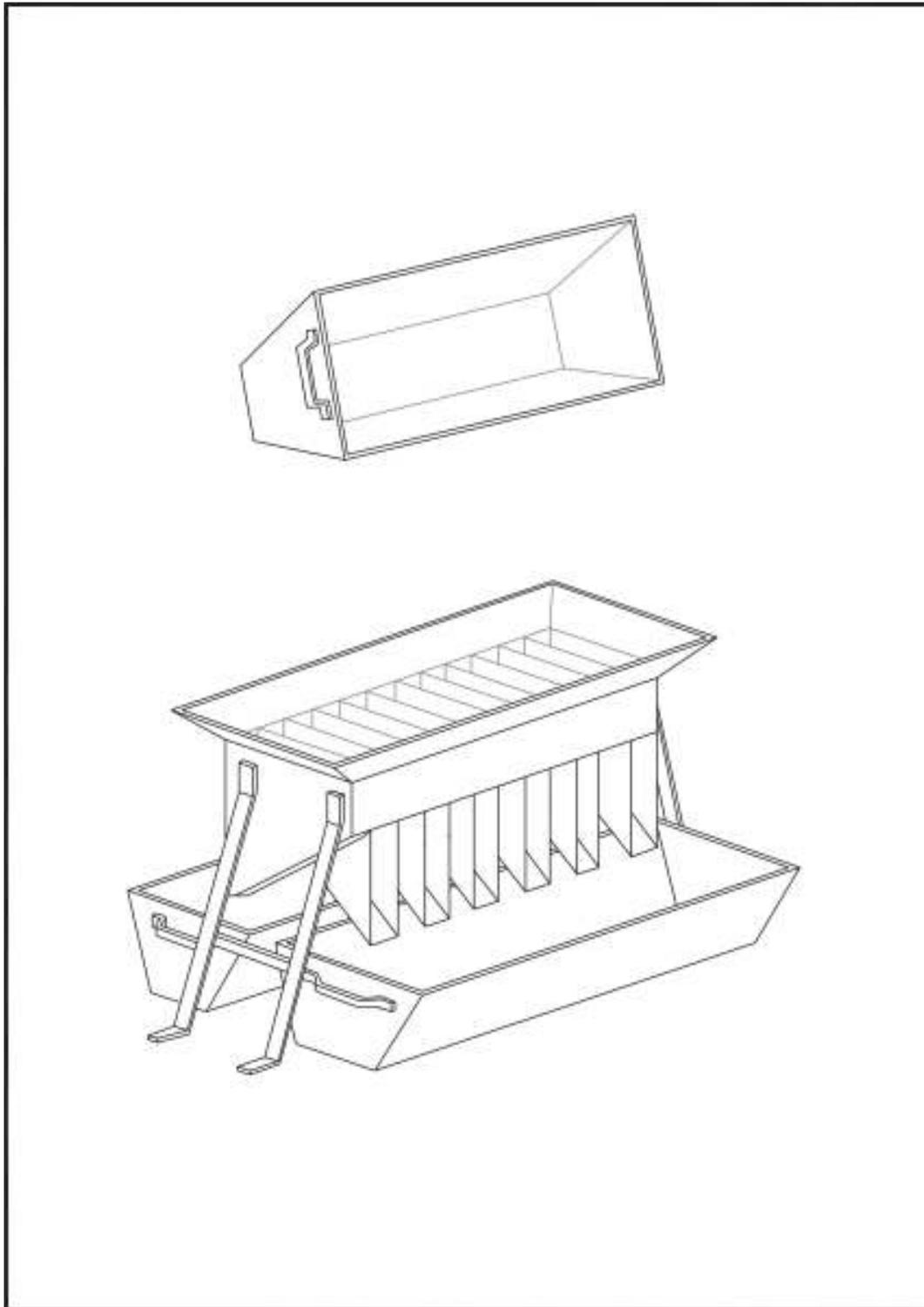


FIGURA H0102_02 CUARTEADOR

H0103. MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE PARTÍCULAS DESMENUZABLES (ASTM C 142 AASHTO T112)

OBJETO

Este método establece un procedimiento para determinar el contenido de partículas desmenuzables en los áridos. Se aplica a los áridos que se utilizan en la elaboración de morteros, hormigones, tratamientos superficiales y mezclas asfálticas.

DEFINICIONES

1. Partículas desmenuzables

Son aquellas partículas contenidas en los áridos que pueden desmenuzarse con la presión de los dedos.

EQUIPOS Y MATERIALES

2. Balanza

De capacidad superior a la masa de la muestra de ensaye y una precisión de 0,1 g.

3. Recipientes

De material resistente, no absorbente y químicamente inerte con los áridos y el agua, estancos y de capacidad tal que permitan distribuir toda la muestra de ensaye en una capa delgada.

4. Tamices

De malla de alambre y abertura cuadrada que cumplan con el Método H0104. Emplee la serie de aberturas nominales de: 37,5mm (1 1/2"), 19mm (3/4"), 9,5mm (3/8"), 4,75mm (Nº 4), 2,36mm (Nº 8), 1,18mm (Nº 16), 0,6mm (Nº 30) y 0,3mm (Nº 50).

5. Horno

Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0101 y H0102.

Acondicionamiento de la muestra de ensaye

6. Emplee material previamente lavado o bien material proveniente del ensaye de determinación de material fino inferior a 0,075mm (Nº 200), según Método H0106.

7. En el caso de materiales integrales o mal harneados, deje constancia en el informe y separe el material en áridos fino y áridos grueso mediante el tamiz de 4,75mm (Nº 4) o 2,36mm (Nº 8), según corresponda a hormigón o asfalto respectivamente. Determine y registre el porcentaje en masa de ambas fracciones.

Nota 1: Se consideran mal harneados los áridos finos que retienen más de 5% sobre el tamiz de referencia y los áridos gruesos que dejan pasar más de 5% por el mismo tamiz.

8. Seque la muestra hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 10^\circ\text{F}$).

Tamaño de la muestra de ensaye

9. Áridos fino.

Debe tener el tamaño especificado en la Tabla H0103_1

10. Áridos Grueso.

Debe tener un tamaño tal que permita obtener las fracciones de muestra especificadas en Tabla H0103_1

TABLA H0103_1 TAMAÑO MÍNIMO DE LA MUESTRA DE ENSAYE

Áridos fino

Tamaño de partículas (mm)	Masa mínima de la muestra (g)
Hormigón 1,18-4,75	100
Asfalto 0,6-2,36	100

Áridos grueso

*	Fracción Tamaño de partículas	Masa mínima de la fracción (mm) (g)
1	37,5	5.000
2	19-37,5	3.000
3	9,5-19	2.000
4	4,75-9,5	1.000
5	2,36-4,75	500

* Fracción 1, 2, 3 y 4 para hormigón.
Fracción 1, 2, 3, 4 y 5 para asfalto.

11. Los tamaños de muestra del árido grueso se deben tomar considerando el porcentaje parcial retenido (Ppr) de cada fracción, determinado mediante tamizado según Método H0104, en la forma siguiente:

- Ensaye las fracciones indicadas siempre que el Ppr sea igual o mayor que 5 %.
- No ensaye las fracciones que tengan un Ppr menor que 5% (ver 19).

PROCEDIMIENTO

12. Pese la muestra o fracción de muestra de ensaye en estado seco y registre su masa inicial (mi), aproximando a 0,1 g en el pétreo fino y a 1 g en el pétreo grueso.

13. Esparza el material de cada muestra o fracción de muestra en una capa delgada sobre el fondo de un recipiente, cúbrala con agua destilada y déjela remojando durante 24 ± 4 h.

14. Finalizado el plazo de inmersión, deshaga las partículas desmenuzables comprimiéndolas y frotándolas entre los dedos.

Nota 2: Las partículas no deben deshacerse empleando las uñas ni comprimiéndolas contra superficies duras.

15. Después de deshacer todas las partículas desmenuzables, separe el residuo mediante tamizado húmedo, empleando el tamiz que corresponda de acuerdo con la Tabla H0103_2, según el tamaño de las partículas ensayadas.

TABLA H0103_2 TAMICES PARA SEPARAR RESIDUOS

Árido fino

Tamaño de partículas (mm)	Abertura nominal del tamiz (mm)
Hormigón 1,18-4,75	0,630
Asfalto 0,6-2,36	0,315

Árido grueso

*	Fracción Tamaño de partículas (mm)	Abertura nominal del tamiz (mm)
1	37,5	4,75 (Nº 4)
2	19-37,5	4,75 (Nº 4)
3	9,5-19	4,75 (Nº 4)
4	4,75-9,5	2,36 (Nº 8)
5	2,36-4,75	1,18 (Nº 16)

*Fracción 1, 2, 3 y 4 para hormigón
Fracción 1, 2, 3, 4 y 5 para asfalto

16. Efectúe el lavado dejando caer agua corriente sobre la muestra o fracción de muestra colocada en el tamiz correspondiente, agite manualmente hasta eliminar todos los residuos de partículas desmenuzables.

17. Retire las partículas retenidas y séquelas hasta masa constante en horno a temperatura de $110 \pm 5^\circ$ C ($230 \pm 10^\circ$ F). Luego deje enfriar a temperatura ambiente.

18. Mida y registre la masa del material retenido como masa final de la fracción correspondiente (mf), aproximando a 0,1 g en el árido fino y a 1 g en el árido grueso.

CÁLCULOS

19. Árido fino

Calcule el contenido de partículas desmenuzables del árido fino como la pérdida de masa de la muestra de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando al 0,1%.

$$P(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot 100$$

Donde:

P: Pérdida de masa del árido fino (%).

m_i : Masa inicial de la muestra del árido fino (g)

m_f : Masa final de la muestra del árido fino (g).

20. Árido grueso

- a) Calcule el porcentaje ponderado de pérdida de masa de cada fracción de muestra de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando al 0,1 %:

$$P_n(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot P_{pr}$$

Donde:

P_n : Porcentaje ponderado de pérdida de masa de cada fracción de muestra de árido grueso (%).

m_i : Masa inicial de la fracción (g).

m_f : Masa final de la fracción (g).

P_{pr} : Porcentaje parcial retenido correspondiente a la fracción según el análisis granulométrico (%).

- b) Considere que las fracciones no ensayadas de acuerdo con lo especificado en el punto 10 tienen una pérdida de masa igual a la media aritmética de las pérdidas de las dos fracciones inmediatamente superior e inferior. Si se trata de una fracción extrema, considere que tiene una pérdida igual a la de la fracción más próxima.
- c) Calcule el contenido de partículas desmenuzables del árido grueso como el porcentaje de pérdida de masa de la muestra, de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando a 0,1 %:

$$P(\%) = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)$$

Nota 3: Para asfalto, considerar además P_5 .

Donde:

P: Pérdida de masa del árido grueso (%).

P_n : Porcentaje ponderado de pérdida de masa de cada fracción de muestra del árido grueso (%).

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- Nombre del contrato y contratista.
- Procedencia de la muestra.
- Resultado del ensaye.
- Fecha de ensaye.
- Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al pétreo (por ejemplo serie de tamices empleada).
- Referencia a este método.

H0104. MÉTODO PARA TAMIZAR Y DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA (ASTM C 136 AASHTO T27)

OBJETO

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

DEFINICIONES

1. Granulometría
Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un árido.
2. Porcentaje parcial retenido en un tamiz
Porcentaje en masa correspondiente a la fracción directamente retenida en un determinado tamiz.
3. Porcentaje acumulado retenido en un tamiz
Porcentaje en masa de todas las partículas de mayor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como la suma del porcentaje parcial retenido en ese tamiz más todos los porcentajes parciales retenidos en los tamices de mayor abertura.
4. Porcentaje acumulado que pasa por un tamiz
Porcentaje en masa de todas las partículas de menor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como la diferencia entre el 100% y el porcentaje acumulado retenido en ese tamiz.

EQUIPOS Y MATERIALES

5. Balanza
Debe tener una capacidad superior a la masa de la muestra más el recipiente de pesaje y una precisión de 0,1 g.
6. Tamices
 - a) Son tejidos, de alambre y abertura cuadrada, y sus tamaños nominales de abertura pertenecen a las series que se indican en la Tabla H0104-1, esta serie de tamaños numerales esta normada por IBNORCA.

TABLA H0104_1 SERIE DE TAMICES ESCOGIDOS

Tamaños nominales de abertura	
Mm	ASTM
75	(3")
63	(2 ½")
50	(2")
37,5	(1 ½")
25,0	(1")
19	(¾")
12,5	(½")
9,5	(3/8")
6,3	(¼")
4,75	(Nº 4)
25,0	(Nº 8)
2,0	(Nº 10)
1,18	(Nº 16)
0,6	(Nº 30)
0,3	(Nº 50)
0,15	(Nº 100)
0,075	(Nº 200)

Nota 1: Cuando no se cuente con tamices de aberturas nominales en mm, los tamaños nominales de los tamices podrán ser los correspondientes a ASTM.

- b) Los marcos de los tamices deben ser metálicos y suficientemente rígidos y firmes para fijar y ajustar las telas de alambre, a fin de evitar pérdidas de material durante el tamizado y alteraciones en la abertura de las mallas. Deben ser circulares, con diámetros de 200 mm y 300 mm, preferentemente para los gruesos.
- c) Cada juego de tamices debe contar con un depósito que ajuste perfectamente, para la recepción del residuo más fino.
- d) Cada juego de tamices debe contar con una tapa que ajuste perfectamente para evitar pérdidas de material.

7. Horno

Provisto de circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.

8. Herramientas y accesorios

Espátulas, brochas, recipientes para secado, recipientes para pesaje, etc.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0101 y H0102

Nota 2: Las muestras de áridos finos o áridos mezclados deben humedecerse antes de la reducción para evitar segregaciones y pérdida de polvo.

Acondicionamiento de la muestra de ensaye

- a) Homogeneice cuidadosamente el total de la muestra de laboratorio en estado húmedo y redúzcala por cuarteo, de acuerdo con el Método H0102 hasta que obtenga, cuando esté seca, un tamaño de muestra ligeramente superior a los valores que se indican en el punto "Tamaño de la muestra de ensaye".
- b) No se debe reducir la muestra de laboratorio en estado seco, ni tampoco reducirla a una masa exacta predeterminada.
- c) Seque la muestra hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.

Tamaño de la muestra de ensaye

9. Para el árido fino

- a) Cuando se emplean los tamices de 200 mm de diámetro, la muestra de ensaye en estado seco debe tener una masa ligeramente superior a los valores que se indican en Tabla H0104_2.

TABLA H0104_0 TAMAÑO DE LA MUESTRA DE ENSAYE DEL ÁRIDO FINO

Tamiz	% Retenido	Masa mínima de la muestra (g)
4,75 mm	≤ 5 %	500
2,36mm	≤ 5 %	100

- b) Los tamaños de muestra indicados en la Tabla H0104_2 podrán aumentarse proporcionalmente cuando se empleen tamices de mayor tamaño, siempre que se cumpla lo establecido en 9 c).
- c) La masa máxima de la muestra será tal que la fracción retenida en cualquiera de los tamices al terminar la operación de tamizado sea inferior a $0,6 \text{ g por cm}^3$ de superficie de tamizado. En tamices de 200 mm de diámetro dicha fracción debe ser inferior a 200 g.

10. Para los áridos gruesos.

- a) Cuando se emplean tamices de 300 mm de diámetro, la muestra de ensaye en estado seco debe tener una masa ligeramente superior a los valores que se indican en Tabla H0104_3

TABLA H0104_03 TAMAÑO DE LA MUESTRA DE ENSAYE DEL ÁRIDO GRUESO

Absoluto Tamaño máximo Da (mm)	Masa mínima de la muestra (kg)
75	32
63	25
50	20
37,5	16
25,0	10
19	8
12,5	5
9,5	4

- b) Cuando una muestra contenga una fracción de árido fino superior al 15%, el material debe separarse por el tamiz de 4,75 mm o 2,36 mm, según corresponda a hormigón o asfalto, respectivamente, debiéndose determinar y registrar el porcentaje en masa de ambas fracciones. Trate las fracciones de árido fino y árido grueso de acuerdo con 9 y 10, respectivamente.
- c) Los tamaños de muestra indicados en la Tabla H0104_3 podrán aumentarse proporcionalmente cuando se empleen tamices de mayor tamaño, siempre que se cumpla lo que establece el 10 d).
- d) La masa máxima de la muestra debe ser tal que la fracción retenida en cualquiera de los tamices al terminar la operación de tamizado pueda distribuirse en una sola capa sobre la malla de tejido de alambre.

PROCEDIMIENTO

11. Preparación de tamices

Seleccione un juego de tamices de acuerdo con la especificación correspondiente al material por ensayar. Dispóngalos según aberturas decrecientes, montados sobre el depósito receptor y provisto de su tapa. Todos estos elementos deben estar limpios y secos. Verifique los tamaños de abertura de las mallas, a lo menos una vez cada seis meses.

12. Tamizado

Efectúelo en dos etapas:

- a) Un tamizado inicial que puede ser manual o mecánico
- b) Un tamizado final que debe ser manual.

Nota 3: Se recomienda efectuar primero un tamizado húmedo por el tamiz de 0,075 mm de acuerdo con el Método H0106, y después efectuar el tamizado de acuerdo con el presente método. Para el cálculo de la granulometría tome como base 100% la pesada de la muestra de ensaye en estado seco previa al tamizado húmedo.

13. Tamizado inicial

- a) Determine la masa de la muestra de ensaye en estado seco, registre aproximando a 1 g para áridos finos y a 10 g para áridos gruesos; vacíela sobre el tamiz superior y cubra con la tapa:
- b) Agite el conjunto de tamices por un período suficiente para aproximarse a la condición que se establece en 14 g).

14. Tamizado final

- a) Retire el primer tamiz, provisto de depósito y tapa
- b) Sosténgalo de un costado con una mano, manteniéndolo ligeramente inclinado
- c) Golpee firmemente el costado libre hacia arriba con la palma de la otra mano a un ritmo de 150 golpes/min.
- d) Gire el tamiz cada 25 golpes en 1/6 de vuelta.
- e) Al completar cada ciclo de 150 golpes, pese separadamente el material retenido sobre el tamiz y el material que pasa, recogido en el depósito.
- f) Traslade el material que pasa en cada ciclo al tamiz siguiente.
- g) Repita el ciclo en el mismo tamiz con el material retenido hasta que se recoja en el depósito una masa inferior al 1% de la masa retenida, con lo cual dé por terminado el tamizado de esa fracción.
- h) Retire el tamiz siguiente provisto de depósito y tapa para efectuar con dicho tamiz los ciclos necesarios, y así sucesivamente hasta completar todos los tamices.

Nota 4: Si resulta difícil el tamizado manual de gravas con tamices de 300 mm de diámetro, se recomienda efectuar los ciclos en tamices de 200 mm de diámetro, cuidando que el material pueda distribuirse formando una sola capa.

15. Determinación de la Masa

Determine la masa final del material retenido en cada tamiz y del material que pasa por el tamiz de menor abertura, recogido en el depósito. Registre con la aproximación que sea mayor entre 1 g y 0,1% de la pesada.

CÁLCULOS

16. Sume y registre la masa total (100%) de las fracciones retenidas en todos los tamices y en el depósito receptor. Esta suma no debe diferir de la masa inicial registrada en 13 en más de 3% para los áridos finos y de 0,5% para los áridos gruesos.
17. Cuando no se cumpla con lo especificado en 16, rechace el ensaye y efectúe otro con una muestra gemela.
18. Calcule el porcentaje parcial retenido en cada tamiz, referido a la masa total de las fracciones retenidas, aproximando al 1%.
19. Expresé la granulometría como porcentaje acumulado que pasa, indicando como primer resultado el del menor tamiz en que pasa el 100% y como último resultado, el del primer tamiz en que el porcentaje sea 0%.
20. Adicionalmente la granulometría se puede expresar de acuerdo con cualquiera de las siguientes formas:
 - a) Como porcentaje acumulado retenido, indicando como primer resultado el del menor tamiz en que queda retenido un porcentaje igual a 0%, y como último resultado el del primer tamiz en que el porcentaje acumulado retenido sea 100%.
 - b) Como porcentaje parcial retenido.

EXPRESIÓN GRÁFICA

La expresión gráfica de la granulometría de un áridos se debe hacer en un sistema de coordenadas ortogonales, cuya abscisa, a escala logarítmica, indica las aberturas nominales y cuya ordenada, a escala lineal, indica los valores de la granulometría en las formas señaladas en 19 y 20.

H0105. CONTENIDO APROXIMADO DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS Y HORMIGONES (ASTM C 40 AASHTO T21)

OBJETO

Este método establece el procedimiento para determinar, por comparación de coloraciones, la presencia de impurezas orgánicas en las arenas. Las prescripciones de este método se aplican a las arenas para hormigones.

DEFINICIONES

1. Índice de Coloración

En términos de ácido tánico, superior a 500 partes por millón, es la característica de una solución que tiene una intensidad de color superior a la solución tipo preparada de acuerdo con el punto 5.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

2. Extraiga y prepare las muestras de arena en conformidad con el Método H0101 y H0102.

REACTIVOS.

3. Solución de Acido Tánico al 2%.

Se prepara disolviendo 2 g de ácido tánico en una mezcla de 10 ml de alcohol de 95% y 90 ml de agua destilada.

4. Solución de Hidróxido de Sodio al 3%.

Se prepara disolviendo 30 g de hidróxido de sodio en 970 g de agua destilada.

5. Solución Tipo de Acido Tánico, de 500 partes por millón.

Se prepara agregando 2,5 ml de la solución de ácido tánico al 2% a 97,5 ml de la solución de hidróxido de sodio al 3% . Agite y deje en reposo durante 24 h.

6. Acido Tánico

El ácido tánico empleado en la preparación de la solución tipo indicada en el punto 5, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Al adicionar un volumen igual de alcohol a una solución acuosa de ácido tánico al 20%, no deberá producirse turbidez.
- b) Al agitar una solución acuosa al 20% con la mitad de su volumen de éter, éste debe permanecer límpido.
- c) La pérdida en peso del ácido tánico, determinada por calentamiento de éste a 100° C, no debe exceder del 10%.
- d) El peso de las cenizas obtenidas por calcinación de una muestra de ácido tánico, no debe exceder del 0,2 % del peso de ésta.

PROCEDIMIENTO

- a) Coloque en un frasco, de vidrio blanco transparente, 200 g de la muestra de arena junto con 100 ml de la solución de hidróxido de sodio al 3%, o un múltiplo de esas cantidades. Agite vigorosamente el frasco y deje en reposo durante 24 h.
- b) Compare por colorimetría la solución tipo, colocada en un vaso de dimensiones y calidad igual al especificado en el párrafo anterior, con la solución indicada en el punto a). Ambas soluciones deberán prepararse simultáneamente.
- c) Como resultado de la determinación colorimétrica, informe la coloración de la solución en estudio, indicando si es más o menos intensa o de igual color que la solución tipo. Si la coloración es más intensa se considera que la muestra puede contener materia orgánica perjudicial

H0106. MÉTODO PARA DETERMINAR EL MATERIAL FINO MENOR QUE 0,075 MM (ASTM C 117 AASHTO T11)

OBJETO

El método establece el procedimiento mediante el tamizado húmedo para determinar el contenido de material fino compuesto por partículas inferiores a 0,075mm (Nº 200) en los áridos.

Este método se aplica al ensaye de áridos que se emplean en la elaboración de morteros, hormigones, mezclas asfálticas y tratamientos superficiales. Es aplicable a materiales cuyo material fino no experimente alteraciones físicas o se aglomere por efecto del secado.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Balanza

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

2. Tamices

Serán dos tamices, el superior de 1,18mm (Nº 16) y el inferior de 0,075mm (Nº 200).

3. Recipiente para lavado

Debe ser impermeable, estanco y de forma y tamaño tales que permitan contener la muestra de ensaye completamente cubierta por agua, y agitarla sin pérdida de partes de la muestra o del agua.

4. Horno

Provisto de circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.

5. Herramientas y accesorios

Espátula, brocha, recipiente para pesaje, recipiente para secado, etc.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0101 y H0102

Acondicionamiento de la muestra de ensaye

- Homogeneice cuidadosamente el total de la muestra de laboratorio en estado húmedo y redúzcala por cuarteo de acuerdo con el Método H0102, hasta obtener, cuando esté seca, el tamaño de muestra de ensaye que se indica en el punto Tamaño de la muestra de ensaye. No se debe reducir cuando la muestra esté en estado seco, ni tampoco reducir hasta una masa exacta predeterminada.
- Seque la muestra hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Tamaño de la muestra de ensaye

- La muestra de ensaye en estado seco debe tener una masa ligeramente superior a los valores indicados en Tabla H0106_1, de acuerdo al tamaño máximo nominal del áridos.

TABLA H0106_1 TAMAÑO DE LA MUESTRA DE ENSAYE

Tamaño máximo nominal del áridos (mm)	Masa mínima de la muestra seca (g)
37,5 ó más	5.000
19	2.500
9,5	2.000
4,75	500
2,36	100

PROCEDIMIENTO

- Determine y registre la masa inicial de la muestra de ensaye en estado seco (B), aproximando a 0,1 g para los áridos finos y a 1 g para los áridos gruesos o integral.
- Coloque la muestra de ensaye en el recipiente de lavado y agregue agua potable en cantidad suficiente para cubrirla.

Nota 1: Al agua no deben agregarse detergentes, agentes diluyentes o floculantes ni otras sustancias.

- Agite la muestra con agua, de modo de separar el material más fino, dejándolo en suspensión o en disolución.
- Vacíe inmediatamente el agua con el material más fino en suspensión y en disolución, a través de los tamices dispuestos de mayor a menor.
- Agregue nuevas cargas de agua y repita la operación hasta que el agua agitada con la muestra permanezca limpia y clara.
- Reúna el material retenido en ambos tamices con el material decantado en el recipiente de lavado.
- Seque el material reunido hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Pese y registre la masa de la muestra de ensaye lavado y seco (C), aproximando a 0,1 g para los áridos finos y a 1 g para los áridos gruesos e integral.

CÁLCULOS

- Calcule el contenido de material fino inferior que 0,075mm (Nº 200) aproximando a 0,1%, según la fórmula siguiente:

$$A(\%) = \frac{B - C}{B} \cdot 100$$

Donde:

A: Contenido de material fino inferior que 0,075mm (%).

B: Masa inicial de la muestra de ensaye seca (g).

C: Masa de la muestra de ensaye lavada y seca (g).

- Cuando el árido contenga sales solubles, determine previamente su contenido según el Método correspondiente y descuéntelo del resultado obtenido en 17.

INFORME

El informe incluirá lo siguiente:

- Nombre del contrato y contratista.
- Clase de áridos.
- Procedencia de la muestra.
- Resultado del ensaye.
- Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al árido.
- Referencia a este método.

H0107. CONTENIDO TOTAL DE AGUA DE LOS ÁRIDOS POR SECADO (ASTM C 566)

OBJETO

Este método se aplica para determinar, por secado, el porcentaje de humedad evaporable, en una muestra de áridos.

USO Y SIGNIFICADO

1. Este método es suficientemente exacto para propósitos normales, tales como el reajuste del peso de batchadas, durante la preparación de mezclas de hormigón. Generalmente, con él se mide la humedad en la muestra de ensayo, lo más confiablemente que puede hacerse, para representar un suministro de áridos.
2. En raras ocasiones, cuando el árido mismo es afectado por la acción del calor, o cuando se necesitan medidas más refinadas, este ensayo puede no ser aplicable, o requerir modificaciones.
3. En el caso de áridos gruesos, las partículas más grandes, especialmente las mayores de 50 mm (2"), requerirán de tiempos más prolongados para que el agua viaje del interior de la partícula hasta la superficie. El usuario del método deberá determinar por tanteos, si existen formas más rápidas y confiables para ejecutar este ensayo, con las partículas grandes.

EQUIPOS Y MATERIALES

4. Balanza
Una balanza o báscula exacta, legible y con precisión dentro del 0,1% de la carga de ensayo, en cualquier punto del intervalo de utilización. Dentro de cualquier intervalo igual al 10% de la capacidad del aparato de pesaje, la indicación del peso será exacta dentro del 0,1%, para las diferentes pesadas.
5. Horno ventilado capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra, en $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).
6. Recipientes para muestras, que no se afecten por el calor; de un tamaño suficiente para contener la muestra, sin peligro de derramamiento, y con una forma tal, que el espesor de la muestra depositada, no exceda de un quinto de la menor dimensión lateral.
Precaución: Cuando se utilice horno microondas, el recipiente no deberá ser metálico.
7. Agitador, cuchara metálica o espátula, de tamaño adecuado.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo

8. El muestreo se hará generalmente de acuerdo a lo establecido en el Método H0101 y H0102.

Características de la muestra

9. Obténgase una muestra representativa de áridos, con el contenido de agua que tiene, cuando se reciba de la fuente de suministro que está siendo ensayada, y que en el caso de áridos con peso normal, tengan el tamaño indicado en la Tabla H0107_1.

TABLA H0107_1 TAMAÑO DE MUESTRAS DE ÁRIDOS CON PESO NORMAL

Tamaño máximo nominal del agregado (A)		Peso mínimo de la muestra (B)
Normal (mm)	Alternativo (pulgadas)	(kg)
4,75	(No.4)	0,5
9,5	(3/8")	1,5
12,5	(1/2")	2
19,0	(3/4")	3
25,0	(1")	4
37,5	(1 1/2")	6
50,0	(2")	8
63,0	(2 1/2")	10
75,0	(3")	13
90,0	(3 1/2")	16
100,0	(4")	25
150,0	(6")	50

- a) Basado en tamices de malla cuadrada.
- b) Para determinar el peso mínimo de muestras de áridos livianos, multiplíquese el valor señalado, por la disminución aproximada de peso unitario seco en kg/m^3 y divídase por 1600.

PROCEDIMIENTO

10. Pésese la muestra con precisión del 0,1%, evitando pérdidas de humedad, por posibles demoras.
11. Séquese enteramente la muestra en el recipiente, utilizando el horno, cuidando mucho que no se pierdan partículas de áridos. Un calentamiento demasiado rápido, puede ocasionar la explosión de algunas partículas, con la pérdida consecuente.

La muestra estará enteramente seca, cuando un calentamiento posterior cause menos del 0,1% de pérdida de peso.

12. Pésese la muestra seca con precisión del 0,1% después de que se ha enfriado suficientemente, para no dañar la balanza.

CALCULOS

13. Calcúlese el contenido total de agua como sigue:

$$wp = \frac{100(W - D)}{D}$$

Donde:

wp = Humedad de la muestra (%).
W = Peso original de la muestra, g
D = Peso de la muestra seca, g

14. La humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido total de agua y la absorción, con todos los valores basados, en el peso seco. La absorción puede determinarse a partir de los ensayos H0110, para áridos finos e H0109, para áridos gruesos.

PRECISIÓN Y EXACTITUD

15. No hay datos suficientes para establecer un planteamiento sobre precisión y exactitud. Puesto que cualquier tamaño de muestra que supere las cantidades mínimas de la Tabla H0107-1, es admitido, se cree que no es posible establecer un planteamiento prefijado.
16. Puede desarrollarse, para cada aplicación particular de este método de ensayo, un señalamiento de precisión asociado con el tamaño real de la muestra y el equipo utilizado, (1) haciendo ensayos duplicados sobre porciones iguales de la misma muestra; (2) tomando muestras duplicadas, representativas del mismo árido. También, se podrían sacar datos de precisión de los procedimientos aplicados, añadiendo una cantidad conocida de agua, al árido seco, cuidando que no se pierda agua antes del ensayo.

H0108. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (ASTM E 30 ASTM C 29)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para determinar la densidad aparente de los áridos. Es aplicable a los áridos que se emplean en la elaboración de morteros, hormigones, tratamientos superficiales y mezclas asfálticas.

DEFINICIONES

1. Huecos
Espacios vacíos entre las partículas de un árido.
2. Poros
Espacios vacíos interiores de una partícula de áridos.
 - a) Poro accesible: poro permeable o abierto.
 - b) Poro inaccesible: poro impermeable o cerrado.
3. Densidad (ρ)
Es la tasa entre la masa (m) de una sustancia y su volumen (v) a una temperatura especificada. Se expresa en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3).
 - a) Densidad aparente (densidad a granel; densidad bruta) (ρ_a). Densidad que considera el volumen macizo de las partículas de un árido más el volumen de los poros y de los huecos. Corresponde a la capacidad de la medida que lo contiene.
 - b) Densidad aparente compactada (ρ_{ac}). Densidad aparente del árido compactado en la medida que lo contiene, según los procedimientos indicados en este método.
 - c) Densidad aparente suelta (ρ_{as}). Densidad aparente de áridos vaciado en la medida que lo contiene, según el procedimiento indicado en este método.
4. Medida
Recipiente de capacidad volumétrica normal.
5. Secado hasta masa constante.
Límite de secado en que dos pesadas sucesivas, separadas por una hora de secado en horno, difieren en un porcentaje igual o inferior al 0,1 % de la menor masa determinada.

EQUIPOS Y MATERIALES

6. Balanza
De capacidad superior a la masa de la medida llena con un árido de densidad aparente de 2.000 kg/m^3 y una precisión de 0,1 g.
7. Horno
Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.
8. Varilla pisón
Barra cilíndrica de acero liso de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud, con sus extremos terminados en semiesferas de 16 mm de diámetro
9. Medidas
Metálicas, impermeables y provistas de dos asas. Su forma interior debe ser un cilindro recto abierto por una de sus caras planas y rectificado para asegurar sus dimensiones.
 - a) Dimensiones. Las dimensiones son las que se indican en la Tabla H0108_1 y podrán emplearse para áridos de tamaño máximo nominal igual o inferior a los señalados en la primera columna.

TABLA H0108_1 DIMENSIONES DE LAS MEDIDAS

Tamaño Máximo Nominal de áridos (mm)	Capacidad Volumétrica		Diámetro Interior (mm)	Altura Interior (mm)	Espesor mínimo del metal	
	m ³	l			Base (mm)	Pared (mm)
16	0,003	3	155 ± 2	160 ± 2	5	2,5
25	0,010	10	205 ± 2	305 ± 2	5	2,5
50	0,015	15	255 ± 2	295 ± 2	5	3,0
100	0,030	30	355 ± 2	305 ± 2	5	3,0

* Basado en tamices de abertura cuadrada de acuerdo con el Método H0104.

- b) Refuerzos. Además de cumplir con los espesores mínimos indicados en la Tabla H0109_1, las medidas de 15 y 30 litros serán reforzadas en sus bordes por una pletina de 3 a 5 mm de espesor y 40 mm de ancho, a fin de conservar su forma y dimensiones interiores en el trabajo brusco que requiera este ensaye.
- c) Determinación de la capacidad volumétrica de la medida. Determine el volumen de la medida con una precisión de 0,1%, pesando la masa de agua que llena la medida y dividiendo esta masa por la densidad del agua a la temperatura en que se encuentra.

10. Herramientas y accesorios

Palas, brocha, caja para secado, etc., necesarias para los procedimientos establecidos en el presente método.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0102 y H0102.

Tamaño de la muestra de ensaye

Será un volumen de áridos aproximadamente igual al doble de la capacidad volumétrica de la medida correspondiente.

Preparación de la muestra de ensaye

- a) Pueden emplearse áridos provenientes del ensaye de tamizado, debidamente homogeneizados.
- b) Seque la muestra de ensaye hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ y homogenícela cuidadosamente, asegurando la incorporación de todas las partículas más finas que la componen.

PROCEDIMIENTO

Determinación de la densidad aparente compactada

11. Procedimiento por apisonado

Se aplica a áridos de tamaño nominal igual o menor que 50mm (2").

- a) Llène la medida en tres capas de espesores aproximadamente iguales, teniendo la última capa un exceso de áridos por sobre el borde de la medida.
- b) Empareje cada capa y compacte mediante 25 golpes de pisón uniformemente repartidos.
- c) Apisone la capa inferior en todo su espesor evitando dañar el fondo de la medida.
- d) Apisone las capas superiores haciendo penetrar el pisón en la capa inmediatamente inferior.
- e) Elimine el exceso de áridos empleando la varilla pisón como regla de enrase, sin presionar (Nota 1)
- f) Determine y registre la masa (kg/m^3) de áridos compactado que llena la medida, aproximando al 0,1 %.

Nota 1: En los áridos gruesos se considera que las pequeñas salientes de algunas partículas se compensan con los huecos que quedan hacia el interior en relación al plano del borde de la medida, por lo tanto evite rellenar dichos huecos agregando partículas menores.

12. Procedimiento por percusión.

Se aplica a los áridos de tamaño máximo nominal o superior que 50mm (2") e igual o inferior que 100mm (4").

- Llene la medida en tres capas de espesores aproximadamente iguales, teniendo la última capa un exceso de áridos por sobre el borde de la medida.
- Empareje cada capa.
- Compacte cada capa levantando la medida alternativamente por sus asas opuestas, a una altura aproximada de 5 cm. y dejándola caer contra una base firme (por ejemplo un pavimento de hormigón).
- Repita hasta completar 50 percusiones dejando caer la medida 25 veces de cada asa.
- Elimine el exceso de áridos empleando la varilla pisón como regla de enrase, sin presionar (Nota 1).
- Determine y registre la masa (kg/m^3) de áridos compactado que llena la medida, aproximando al 0,1%.

Determinación de la densidad aparente suelta

13. Procedimiento por simple vaciado

Se aplica a los áridos de tamaño máximo nominal igual o inferior que 100 mm.

Nota 2: Este procedimiento es también aplicable a los áridos finos en estado húmedo.

- Llene la medida con una pala, descargándola desde una altura de aproximadamente 5 cm sobre el borde superior de la medida.
- Desplace la pala o poruña alrededor del borde, distribuyendo uniformemente el vaciado.
- Elimine el exceso de pétreo empleando la varilla pisón como regla de enrase, sin presionar (Nota 1).
- Determine y registre la masa (kg/m^3) de áridos suelta que llena la medida aproximando al 0,1%.

Determinación de huecos

14. Efectué la determinación de densidad real seca de acuerdo con el método H0109 para los áridos gruesos y con el método H0110 para los áridos finos.

15. efectúe la determinación de densidad aparente como se hizo anteriormente.

CÁLCULOS16. Densidad Aparente Compactada (ρ_{ac})

Calcule la densidad aparente compactada para cada ensaye según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m^3 :

$$\rho_{ac} (\text{kg} / \text{m}^3) = \frac{mC}{V}$$

Donde:

mC : Masa de áridos compactado que llena la medida (kg/m^3)

V : Capacidad volumétrica de la medida (m^3).

17. Densidad Aparente Suelta (ρ_{as})

Calcule la densidad aparente suelta (Nota 3) para cada ensaye según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m^3 .

$$\rho_{as} (\text{kg} / \text{m}^3) = \frac{mS}{V}$$

Donde:

mS : Masa del áridos suelta que llena la medida (kg/m^3).

V : Capacidad volumétrica de la medida (m^3).

18. Calcule la densidad aparente como el promedio aritmético de dos ensayes sobre muestras gemelas, aproximando a 10 kg/m^3 .

19. Calcule el contenido de huecos de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando al 1%

$$H(\%) = \frac{\rho_{RS} - \rho_{\alpha}}{\rho_{RS}} \cdot 1.000$$

Donde

H: contenido de huecos (%)

ρ_{RS} : Densidad real seca de áridos, determinado en el punto 15b del método H0109 (kg/m³)

ρ_{α} : Densidad aparente de áridos determinado en el punto 18 (kg/m³)

ACEPTACIÓN DE RESULTADOS

20. Acepte la determinación de cada densidad aparente cuando la diferencia entre los resultados obtenidos por un mismo operador, en ensayos sobre muestras gemelas, sea igual o inferior que 30 (kg/m³)

21. Ensaye dos nuevas muestras gemelas cuando no se cumpla con lo especificado en el párrafo anterior

Nota 3: Para el uso de los áridos finos en estado húmedo, calcule la densidad aparente suelta según la fórmula siguiente:

$$\rho_{as \text{ húmeda}} (\text{Kg} / \text{m}^3) = \frac{ms \text{ húmeda}}{V}$$

Para aceptar la determinación, la diferencia entre resultados de ensaye sobre muestras gemelas deberá ser igual o inferior que 50 Kg. / m³.

Cuando se realice este ensaye, en el Informe deberá indicarse también el contenido de humedad de áridos expresado como porcentaje de la masa de áridos seco.

INFORME

El informe incluirá lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y contratista.
- b) Clase de áridos.
- c) Procedencia de la muestra.
- d) Procedimiento del ensaye empleado.
- e) Resultado del ensaye.
- f) Fecha de ensaye.
- g) Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al áridos

H0109. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD NETA Y LA ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDOS GRUESOS (ASTM C 127 AASHTO T85)

OBJETO

- a) Este método establece los procedimientos para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en áridos gruesos.
- b) Es aplicable a los áridos gruesos que se emplean en el análisis de suelos, elaboración de hormigones y obras asfálticas.

DEFINICIONES

1. Áridos grueso

Material árido retenido en el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) en el caso de suelos y hormigones, y en el tamiz de 2,36 mm (Nº 8) cuando se utiliza en asfaltos.

2. Huecos

Espacios vacíos entre las partículas de un material áridos.

3. Poros

Espacios vacíos interiores de una partícula de material áridos.

- a) Poro accesible: poro permeable o abierto.
- b) Poro inaccesible: poro impermeable o cerrado.

4. Densidad (ρ)

Es la tasa entre la masa (M) y el volumen (V) de un material árido a una temperatura especificada. Se expresa en kg/m^3

- a) Densidad real (ρ_R). Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material áridos, más el volumen de los poros accesibles e inaccesibles de esas partículas.
 - Densidad real de áridos seco (ρ_{RS}). Densidad real en que se considera solamente la masa de áridos seco.
 - Densidad real de áridos saturado superficialmente seco (ρ_{RT}). Densidad real en que se considera la masa de áridos seco más la masa del agua que llena los poros accesibles.
- b) Densidad neta (ρ_N). Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material áridos más el volumen de los poros inaccesibles.

5. Absorción de agua (α)

Masa de agua necesaria para llevar un material árido del estado seco al estado saturado superficialmente seco. Se expresa como porcentaje referido a la masa de áridos seco.

6. Áridos seco

Material secado en horno hasta masa constante. Esta condición se obtiene cuando dos pesadas sucesivas, separadas por 1 h de secado a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 10^\circ \text{F}$), difieren en un porcentaje igual o inferior al 0,1 % de la menor masa determinada.

EQUIPOS Y MATERIALES

7. Balanza

De capacidad superior a la masa del canastillo portamuestra más la masa de la muestra de ensaye y una precisión mínima de 1 g.

8. Horno

Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.

9. Canastillo portamuestra

De alambre de acero inoxidable lo suficientemente resistente para soportar el peso de la muestra, con malla de abertura igual o inferior que 2 mm y de capacidad igual o superior a 4l. Además, debe estar provisto de un dispositivo que permita suspenderlo del platillo de la balanza.

10. Estanque

Impermeable, inoxidable, de forma y capacidad tal que permita contener totalmente y con holgura el canastillo portamuestra, de acuerdo con el procedimiento especificado en este método.

11. Recipientes

Deben estar limpios, de material resistente, estancos y de capacidad suficiente para contener la muestra de ensaye.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0102 y H0101.

Tamaño de la muestra de ensaye

La cantidad mínima de muestra para el ensaye se determina según la Tabla H0109_1, en función del tamaño máximo nominal del árido.

TABLA H0109_1 CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA SEGÚN TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL ÁRIDO

Tamaño máximo nominal (mm)	Cantidad mínima de muestra (g)
12,5 (1/2)	2.000
19 (3/4)	3.000
25,0 (1")	4.000
37,5 (1 1/2")	5.000
50 (2")	8.000

Preparación de la muestra de ensaye

- Puede emplear el material proveniente del ensaye de tamizado, debidamente homogeneizado.
- Elimine por tamizado las partículas inferiores a 4,75mm (Nº 4), en el caso de hormigones y suelos y las partículas inferiores a 2,36mm (Nº 8), en el caso de asfaltos.
- Lave la muestra hasta remover el polvo superficial o cualquier materia extraña adherida a las partículas.
- Seque la muestra hasta masa constante en un horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 10^\circ \text{F}$).
- Enfríe la muestra al aire a temperatura ambiente por un período de 24 ± 4 h.
- Sumerja la muestra en agua a temperatura ambiente por un período de 24 ± 4 h.

Nota 1: Se debe tener presente que existen áridos cuya saturación no se completa en 24 h. En ese caso es necesario continuar el control de absorción hasta que dos pesadas sucesivas, separadas por una hora de inmersión, difieran en un porcentaje igual o inferior que el 0,1 % de la menor masa determinada.

PROCEDIMIENTO

Efectúe las siguientes pesadas a la muestra de ensaye:

12. Pesada al aire ambiente del pétreo saturado superficialmente seco

- Retire la muestra del agua y seque superficialmente las partículas, haciéndolas rodar sobre un paño absorbente húmedo hasta que desaparezca la película visible de agua adherida. Seque individualmente las partículas mayores manteniendo el áridos, ya secado superficialmente, cubierto por un paño húmedo hasta el momento de pesar. Efectúe toda la operación en el menor tiempo posible.
- Determine inmediatamente la masa de áridos saturado superficialmente seco, por pesada al aire ambiente, aproximando a 1 g. Registre su valor como M_{SSS} .

13. Pesada sumergida

- Coloque la muestra inmediatamente en el canastillo porta muestra.
- Sumerja el canastillo en agua a $20 \pm 3^\circ \text{C}$ ($68 \pm 5^\circ \text{F}$), por un período de al menos 3 min.
- Determine la masa sumergida, aproximando a 1 g. Registre su valor como M_{SUM} .

Nota 2: Mantenga el canastillo y su contenido totalmente sumergidos durante la operación. Debe procurarse que el elemento de suspensión del canastillo tenga la menor dimensión posible, a fin de minimizar su efecto sobre los resultados.

14. Pesada al aire ambiente de áridos seco.

- Retire la muestra del canastillo y vacíela completamente del recipiente, cuidando de no dejar partículas atrapadas.
- Seque la muestra hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 10^\circ \text{F}$).
- Enfríe la muestra hasta temperatura ambiente, en lo posible dentro de un recipiente protegido, para evitar la absorción de humedad del aire.
- Determine la masa de la muestra seca, por pesada al aire ambiente, aproximando a 1 g. Registre su valor como M_S .

CÁLCULOS

15. Densidad Real (ρ_R).

- Densidad real del áridos saturado superficialmente seco (ρ_{RT}). Calcule la densidad real de áridos saturado superficialmente seco según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m^3 .

$$\rho_{RT} (\text{kg/m}^3) = \frac{M_{SSS}}{M_{SSS} - M_{SUM}} \cdot 1.000 (\text{kg/m}^3)$$

- Densidad real de áridos seco (ρ_{RS}). Calcule la densidad real de áridos seco según la fórmula siguiente, aproximando a 1 Kg./m^3 :

$$\rho_{RS} (\text{kg/m}^3) = \frac{M_S}{M_{SSS} - M_{SUM}} \cdot 1.000 (\text{kg/m}^3)$$

16. Densidad neta (P_N) Calcule la densidad neta según la formula siguiente, aproximado a 1 kg/m^3

$$\rho_N (\text{kg/m}^3) = \frac{M_S}{M_S - M_{SUM}} \cdot 1.000 (\text{kg/m}^3)$$

17. Absorción de Agua (α)

Calcule la absorción de agua según la fórmula siguiente, aproximando a la centésima en porcentaje.

$$\alpha (\%) = \frac{M_{SSS} - M_S}{M_S} \cdot 100$$

Donde:

ρ : Densidad (kg/m^3)

α : Absorción (%)

M_{SUM} : Masa del p áridos sumergida (g).

M_{SSS} : Masa del áridos saturado superficialmente seco (g).

M_S : Masa del áridos seco (g).

Nota 3: Para efectos prácticos se considerará la densidad del agua como 1.000 kg/m^3 en lugar del valor real a 20°C (68°F) que es $998,20 \text{ kg/m}^3$

Expresión de Resultados

- Determine la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de un áridos como el promedio aritmético de dos ensayos sobre muestras gemelas.

- b) Exprese las densidades en kg/m^3 , aproximando a 1 kg/m^3 Exprese la absorción en porcentaje, aproximando a la centésima.

PRECISIÓN

Acepte la determinación de densidad real, densidad neta y absorción de agua de los áridos gruesos, cuando la diferencia entre los valores obtenidos de los dos ensayos realizados por uno o más laboratoristas, sea:

- a) Igual o inferior que 20 kg/m^3 en la determinación de densidades.
b) Igual o inferior que 3 décimas porcentuales en la determinación de la absorción de agua.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y contratista.
b) Identificación y procedencia de la muestra.
c) Fecha de muestreo.
d) Resultado del ensaye.
e) Fecha de ensaye.
f) Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al áridos analizado.
g) Referencia a este método

H0110. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD NETA Y LA ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDOS FINOS (ASTM C 128 AASHTO T84)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de los áridos finos.

Es aplicable a los áridos finos, que se emplean en la elaboración de hormigones y obras asfálticas.

DEFINICIONES

1. Áridos Fino
Material árido que pasa el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) en el caso de hormigones, y que pasa el tamiz de 2,36 mm (Nº 8) cuando se utiliza en asfaltos.
2. Huecos
Espacios vacíos entre las partículas de un material árido.
3. Poros
Espacios vacíos interiores de una partícula de material árido.
 - a) Poro Accesible: poro permeable o abierto.
 - b) Poro Inaccesible: poro impermeable o cerrado.
4. Densidad
Es el cociente entre la masa (m) y el volumen (v) de un material árido a una temperatura especificada. Se expresa en kg/m^3 .
 - a) Densidad real (ρ_R). Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material áridos, más el volumen de los poros accesibles e inaccesibles de esas partículas.
 - Densidad real del áridos seco (ρ_{RS}). Densidad real en que se considera solamente la masa del pétreo seco.
 - Densidad real del áridos saturado superficialmente seco (ρ_{RT}).
 - Densidad real en que se considera la masa de áridos seco más la masa del agua que llena los poros accesibles.
 - b) Densidad neta (ρ_N). Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material áridos más el volumen de los poros inaccesibles.
5. Absorción de agua
Masa de agua necesaria para llevar un material árido del estado seco al estado saturado superficialmente seco. Se expresa como porcentaje referido a la masa de áridos seco.
6. Áridos seco
Material secado en horno hasta masa constante. Esta condición se obtiene cuando dos pesadas sucesivas, separadas por 1 hora de secado a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 10^\circ\text{F}$), difieren en un porcentaje igual o inferior al 0,1 % de la menor masa determinada.

EQUIPOS Y MATERIALES

7. Balanza
De capacidad superior a 1 kg y una precisión mínima de 0,1 g.
8. Horno
Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.

9. Recipientes

Limpios, de material resistente, estancos y de capacidad suficiente para contener la muestra del ensaye.

10. Matraz

Es un matraz aforado en el que se pueda introducir fácilmente la muestra de ensaye. Debe llevar una marca de calibración que indique el volumen contenido con una precisión de $\pm 0,1$ ml. Dicho volumen excederá a lo menos en un 50 % al volumen aparente de la muestra de áridos fino. Se recomienda emplear un matraz de 500 cm^3 de capacidad. También puede emplearse un picnómetro.

11. Molde

Con forma tronco - cónica, de 40 ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 ± 3 mm de altura. Confeccionado con una plancha metálica de un espesor igual o superior que 0,8 mm.

12. Pisón

Es una varilla metálica, con uno de sus extremos de sección plana y circular, de 25 ± 3 mm de diámetro. Debe tener una masa de 340 ± 15 g.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0102 y H0101.

Tamaño de la muestra de ensaye

Para cada ensaye se usará una cantidad de áridos fino superior a 50 g e inferior a 500 g.

Preparación de la muestra de ensaye

- Corte el material retenido en tamiz de referencia (4,75mm (Nº 4) para hormigón o 2,36mm (Nº 8) para asfalto).
- Si la muestra de laboratorio contiene un porcentaje superior al 15 % de material retenido sobre el tamiz de referencia, considérela como un integral y determine los porcentajes de la fracción retenida y de la fracción que pasa respecto del total de dicha muestra.

Ensaye la fracción retenida de acuerdo con el Método H0109 y la fracción que pasa de acuerdo con este Método de ensaye.

- Reduzca por cuarteo, de acuerdo con el Método H0102, la muestra de terreno o la fracción que pasa indicada en "Preparación de la muestra de ensaye" punto b), a una cantidad de áridos de aproximadamente el doble del tamaño de muestra de laboratorio requerido.

Nota 1: La muestra debe humedecerse antes de efectuar la reducción para evitar la segregación y pérdidas de polvo.

- Seque el árido en horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 10 °F).
- Cubra el árido en su totalidad con el mínimo de agua a temperatura ambiente, necesaria para asegurar su saturación en un período de 24 ± 4 h.

PROCEDIMIENTO

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

Nota 2: La eliminación del exceso de agua de la muestra no se debe realizar a fuego directo, ni tampoco utilizar para ello fuertes corrientes de aire.

- Coloque el molde cónico sujeto firmemente contra una superficie lisa, plana y no absorbente, con su diámetro mayor hacia abajo, llénelo con el árido en condición suelta en una capa y enrase.
- Compacte suavemente con 25 golpes de pisón uniformemente distribuidos sobre la superficie. En cada golpe deje caer el pisón libremente desde una altura de 5 mm sobre la superficie del áridos. Dicha altura debe conservarse, ajustándola a la nueva elevación de la muestra después de cada golpe.
- Remueva cuidadosamente todo material sobrante en la superficie. Levante el molde verticalmente. Si hay humedad libre la muestra conservará la forma del cono. En este caso elimine el exceso de humedad, repitiendo el procedimiento, a intervalos frecuentes, desde a).

Cuando, al retirar el molde, el árido caiga suavemente según su talud natural, será indicación que éste ha alcanzado la condición saturada superficialmente seca.

Nota 3: La primera verificación de humedad mediante el moldeo del cono debe hacerse cuando aún permanece un mínimo de agua libre, por lo tanto, si el cono se asienta en esta primera verificación, mezcle unos pocos cm^3 de agua con el árido y déjelo en un recipiente cubierto durante 30 min y proceda desde a).

- e) Inmediatamente que el árido alcance la condición de saturado superficialmente seco, obtenga el tamaño de muestra de ensaye requerido, pese y registre su masa.
- f) Coloque la muestra en el matraz y cúbrala con agua a una temperatura de $20 \pm 3^\circ \text{C}$ ($68 \pm 5^\circ \text{F}$), hasta alcanzar aproximadamente $2/3$ del volumen del matraz.
- g) Agite el matraz a fin de eliminar burbujas de aire golpeándolo ligeramente contra la palma de la mano. En caso de áridos muy finos, se debe utilizar una bomba de vacío.
- h) Deje reposar durante 1 h manteniendo una temperatura de $20 \pm 3^\circ \text{C}$ ($68 \pm 5^\circ \text{F}$).
- i) Llène con agua a $20 \pm 3^\circ \text{C}$ ($68 \pm 5^\circ \text{F}$) hasta la marca de calibración, agite y deje reposar un instante.
- j) Mida y registre la masa total del matraz con la muestra de ensaye y el agua (mm).
- k) Saque la muestra del matraz, evitando pérdidas de material, y séquela hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 10^\circ \text{F}$). Déjela enfriar a temperatura ambiente. Determine y registre la masa de la muestra de ensaye en condición seca (ms).
- l) Llène el matraz solamente con agua a una temperatura de $20 \pm 3^\circ \text{C}$ ($68 \pm 5^\circ \text{F}$) hasta la marca de calibración. Mida y registre la masa del matraz con agua (Ma).

CÁLCULOS

13. Densidad Real

- a) Densidad Real de áridos saturado superficialmente seco (ρ_{RT}). Calcule la densidad real de áridos saturado superficialmente seco, según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m^3 :

$$\rho_{RT} (\text{kg/m}^3) = \frac{M_{SSS}}{Ma + M_{SSS} + M_m} \cdot 1.000 (\text{kg/m}^3)$$

$$\rho_{RS} (\text{kg/m}^3) = \frac{M_S}{Ma + M_{SSS} - Mm} \cdot 1.000 (\text{kg/m}^3)$$

- b) Densidad Real de áridos Seco (ρ_{RS}). Calcule la densidad real del áridos seco, según la fórmula siguiente, aproximando a 1 Kg./m^3 :

14. Densidad Neta (ρ_N).

Calcule la densidad neta, según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m^3 :

$$\rho_N (\text{kg/m}^3) = \frac{M_S}{Ma + M_S - Mm} \cdot 1000 (\text{kg/m}^3)$$

15. Absorción de Agua (α).

Calcule la absorción de agua, según la fórmula siguiente, aproximando a la centésima, en porcentaje

$$\alpha (\%) = \frac{M_{SSS} - M_S}{M_S} \cdot 100$$

Donde:

ρ : Densidad (kg/m^3)

α : Absorción (%)

M_S : Masa de la muestra seca (g).

M_{SSS} : Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g).

M_a : Masa del matraz con agua hasta la marca de calibración (g).

M_m : Masa del matraz con la muestra más agua hasta la marca de calibración (g).

Expresión de Resultados

- La densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de un árido fino se determinan como el promedio aritmético de dos ensayos sobre muestras gemelas.
- En el caso de un integral, la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de los áridos se calculan como el promedio ponderado de la densidad real, densidad neta y la absorción de agua, respectivamente, obtenidas mediante el ensayo por separado de sus dos fracciones, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\rho(\text{kg}/\text{m}^3) = \frac{1}{100} \cdot (\rho_r \cdot P_r + \rho_p \cdot P_p)$$

$$\alpha(\%) = \frac{1}{100} \cdot (\alpha_r \times P_r + \alpha_p \times P_p)$$

Donde:

ρ : Densidad (real o neta) del integral (kg/m^3).

ρ_r : Densidad (real o neta) de la fracción retenida (kg/m^3).

ρ_p : Densidad (real o neta) de la fracción que pasa (kg/m^3).

P_r : Porcentaje en masa de la fracción retenida (%).

P_p : Porcentaje en masa de la fracción que pasa, (%).

α : Absorción de agua del integral (%).

α_r : Absorción de agua de la fracción retenida (%).

α_p : Absorción de agua de la fracción que pasa (%).

- Expresar las densidades en kg/m^3 aproximando a 1 kg/m^3 , y la absorción en porcentaje, aproximando a la centésima.

PRECISIÓN

Acepte la determinación de densidad real, densidad neta y absorción de agua de los áridos finos, cuando la diferencia entre los valores obtenidos de los dos ensayos realizados por uno o más laboratoristas sea:

- Igual o inferior que 20 kg/m^3 en la determinación de densidades.
- Igual o inferior que 4 décimas porcentuales en la determinación de la absorción de agua.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- Nombre del contrato y contratista.
- Identificación y procedencia de la muestra.
- Fecha de muestreo.
- Resultado del ensayo.
- Fecha de ensayo.
- Cualquier otra información específica relativa al ensayo o al árido analizado.
- Referencia a este método.

H0111. MÉTODO PARA DETERMINAR EL DESGASTE MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES (ASTM C 131 AASHTO T96)

OBJETO

Este método establece el procedimiento para determinar la resistencia al desgaste de los áridos mayores a 2,5 mm, mediante la máquina de Los Ángeles.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Máquina de Los Ángeles (ver Figura H0111_1)
 - a) Tambor de acero de 710 ± 6 mm de diámetro interior y de 510 ± 6 mm de longitud interior montado horizontalmente por sus vástagos axiales con una tolerancia de inclinación de 1 en 100, uno de los cuales debe tener un dispositivo de polea o similar, para acoplar un motor. En su manto cilíndrico debe tener una abertura para introducir la muestra, con una tapa provista de dispositivos para fijarla firmemente en su lugar y que asegure la estanqueidad del material sobre tamiz 0,3 mm (Nº 50).
 - b) Debe llevar en su superficie interior una aleta consistente en una plancha de acero desmontable, fijada rígida y firmemente a todo lo largo de una generatriz del cilindro, de modo que se proyecte radialmente hacia el interior en 90 ± 3 mm. La distancia entre la aleta y la abertura, medida a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro y en la dirección de rotación, debe ser igual o mayor que 1,25 m.

Nota 1: Es preferible utilizar una aleta de acero de sección rectangular montada independientemente de la tapa. Sin embargo, puede emplearse como aleta una de las alas de un perfil L de acero laminado montado en el interior de la tapa, de modo que la carga se reciba por la cara externa del ángulo. Cuando la aleta se deforma debe ser reparada o reemplazada.

- c) La rotación debe estar comprendida entre 30 y 33 rpm, ser contrapesada e impulsada de modo de mantener una velocidad periférica uniforme y tener incorporado un dispositivo contador de revoluciones con detención automática.

Nota 2: Cualquier deslizamiento o punto muerto en el mecanismo de impulsión puede alterar los resultados de ensaye, lo que los hace no comparables con resultados obtenidos en una máquina que produzca una velocidad periférica uniforme.

2. Balanza

Con una capacidad superior a 10 kg. y una precisión de 1 g.

3. Tamices

Deben cumplir con lo especificado en el Método H0104 numeral 6

4. Horno

Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.

5. Esferas (Carga Abrasiva).

Un juego de esferas de acero de aproximadamente 47 mm de diámetro y de masas diferentes, distribuidas en un rango entre 390 y 445 g.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo y preparación

6. Extraiga y prepare la muestra de acuerdo con los Métodos H0102 y H0101.
7. Determine la granulometría de la muestra de acuerdo con el Método H0104.

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra (en kg) debe ser igual o mayor que $2 D_n$, en que D_n es el tamaño máximo nominal expresado en mm, y no menor que 50 kg. para los grados 1 al 5 y 25 kg. para los grados 6 y 7.

Acondicionamiento de la muestra de ensaye

Lave la muestra y séquela hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 10 \text{ }^\circ\text{F}$).

8. Tamice la muestra obtenida, de acuerdo con el Método H0104, empleando la serie de tamices de aberturas nominales siguientes: 75mm (3"), 63mm (2½"), 50mm (2"), 37,5mm (1½"), 25,0mm (1"), 19mm (¾"), 12,5mm (½"), 9,5mm (3/8"), 6,3mm (¼"), 4,75mm (Nº 4) y 2,36mm (Nº 8). Deje el material separado en las fracciones resultantes de este tamizado.
9. Elija de la Tabla H0111_1 el grado de ensaye que mejor represente la granulometría de la muestra. Para ello, sume los porcentajes parciales retenidos en los tamices correspondientes a cada uno de los grados y elija para el ensaye el que entregue una mayor suma.

Nota 3: En caso que alguna de las fracciones del grado elegido tenga un porcentaje parcial retenido muy bajo, que requiera tamizar una cantidad de material muy alta para componerlo, se considerará como grado de ensaye aquel que entregue la suma de parciales retenidos inmediatamente inferior a la del grado elegido. En el caso del grado 4 se entenderá como porcentaje parcial retenido muy bajo un valor igual o inferior que 4%.

10. Cuando se trate de áridos sin tratamiento ni selección, debe procesar la muestra a fin de componer la banda granulométrica adecuada al uso propuesto y elegir de la tabla el grado de ensaye correspondiente a dicha banda granulométrica.

PROCEDIMIENTO

11. Pese los tamaños de las fracciones correspondientes al grado elegido, de acuerdo con la Tabla H0111_1 Registre la masa del total de material por ensayar como masa inicial de la muestra (m_i), aproximando a 1 g.
12. Coloque la masa inicial de material en la máquina de Los Ángeles y ensaye de acuerdo con el grado elegido (número y masa de esferas, y número de revoluciones), según Tabla H0111_1.

Nota 4: Seleccione las esferas de manera tal que la suma de sus masas individuales cumpla con los valores estipulados en la Tabla H0111_1.

13. Una vez completado el número de revoluciones correspondiente, saque el material de la máquina evitando pérdidas y contaminaciones.
14. Separe la carga abrasiva.
15. Efectúe un primer tamizado en un tamiz de 2,36 mm o superior, a fin de evitar dañar el tamiz de corte (1,7 mm).
16. Tamice manualmente el material bajo 2,36 mm por tamiz de 1,7 mm (Nº 12), según procedimiento de tamizado final descrito en el punto 14 del Método H0104.
17. Reúna todo el material retenido en ambos tamices, lávelo, séquelo hasta masa constante en horno a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 10 \text{ }^\circ\text{F}$) y deje enfriar a temperatura ambiente.
18. Pese y registre la masa del material retenido como masa final de la muestra (m_f), aproximando a 1 g.

CÁLCULOS

Calcule el desgaste de áridos como el porcentaje de pérdida de masa de la muestra, aproximando a un decimal, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$P(\%) = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \cdot 100$$

Donde:

P : Pérdida de masa de la muestra (%).

m_i : Masa inicial de la muestra (g).

m_f : Masa final de la muestra (g).

Nota 5: Los resultados de ensaye de los grados 1, 2 y 3 con 1.000 revoluciones no tienen relación consistente con los resultados de los grados 4, 5, 6 y 7 con 500 revoluciones y, por lo tanto, no son comparables.

INFORME

El Informe debe incluir al menos los siguientes antecedentes:

19. Nombre del contrato y empresa contratista.

- d) Identificación de la muestra (tipo de material, procedencia, lugar y fecha de muestreo).
- e) Grado de ensaye elegido.
- f) Resultado del ensaye.
- g) Fecha del ensaye.
- h) Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al pétreo analizado.
- i) La referencia a este método.

TABLA H0111_1 GRADOS DE ENSAYE (DEFINIDOS POR SUS RANGOS DE TAMAÑO, EN MM)

Tamaño de Partículas (mm)		1	2	3	4	5	6	7
		(75-37,5) (3" - 1 1/2")	(50-2,36) (2" - N°8)	(37,5-19) (1 1/2" - 3/4")	(37,5-9,5) (1 1/2" - 3/8")	(19-9,5) (3/4" - 3/8")	(9,5-4,75) (3/8" - N° 4)	(4,75-2,36) (N° 4 - N° 8)
(mm)	ASTM	Tamaño de las fracciones (g)						
75 - 63	3" - 2 1/2"	2.500 ± 50						
63- 50	2 1/2" - 2"	2.500 ± 50						
50 -37,5	2" - 1 1/2"	5.000 ± 50	5.000 ± 25					
37,5 -25,0	1 1/2" - 1"		5.000 ± 50	5.000 ± 25	1.250 ± 10			
25,0-19	1" - 3/4"			5.000 ± 25	1.250 ± 25			
19 - 12,5	3/4" - 1/2"				1.250 ± 10	2.500 ± 10		
12,5 - 9,5	1/2" - 3/8"				1.250 ± 25	2.500 ± 10		
9,5 - 6,3	3/8" - 1/4"						2.500 ± 10	
6,3 -4,75	1/4" - N° 4						2.500 ± 10	
4,75 - 2,36	N°4 - N°8							5.000 ± 10
Masa inicial de muestra (Mi)		10.000 ± 100	10.000 ± 75	10.000 ± 50	5.000 ± 10	5.000 ± 10	5.000 ± 10	5.000 ± 10
Esferas		12			12	11	8	6
numero masa (g)		5.000 ± 25			5.000 ± 25	4.584 ± 25	3.330 ± 25	2.500 ± 15
Numero de revoluciones		1.000			500			

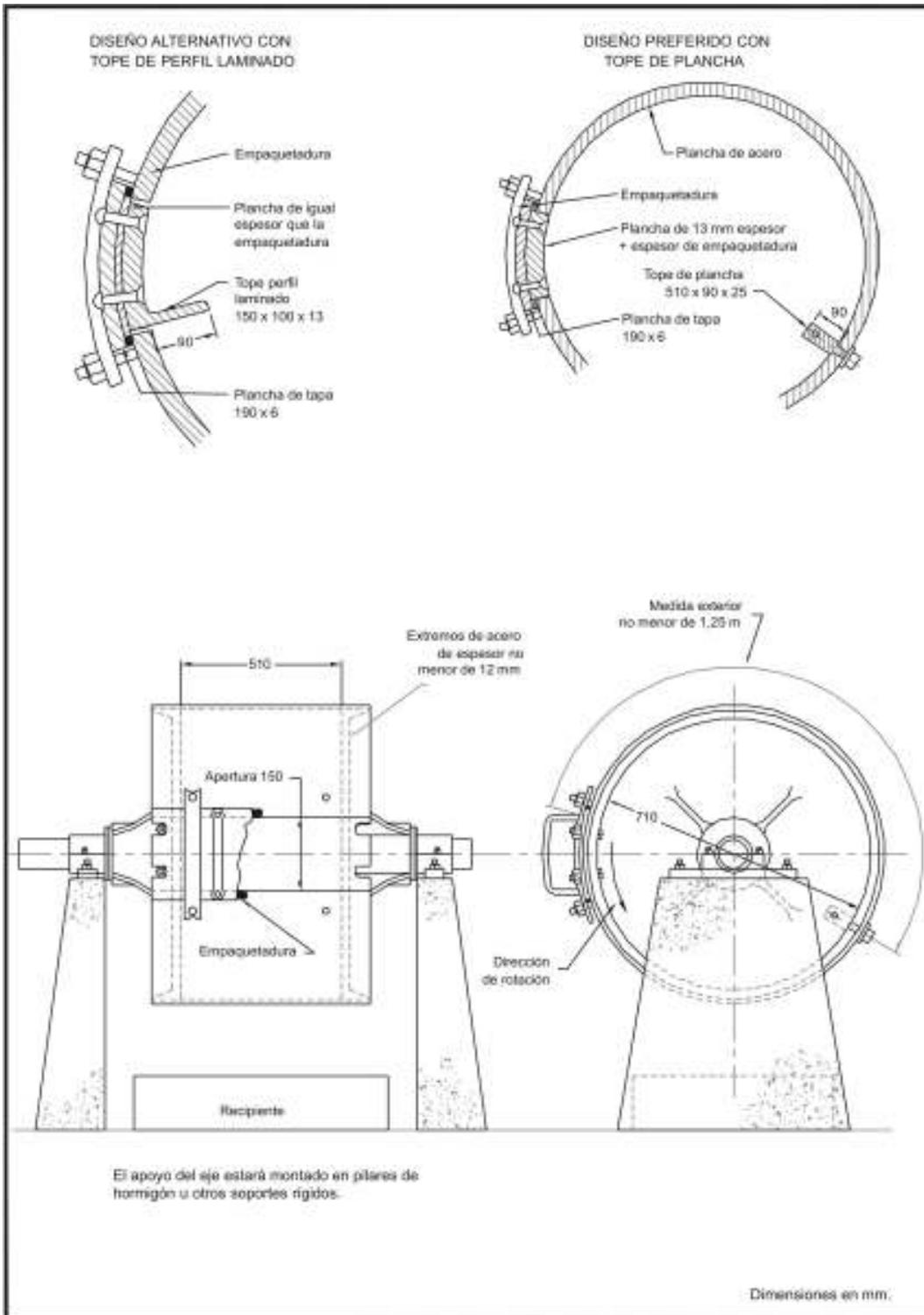


FIGURA H0111_1 MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

H0112. MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE TRITURACIÓN (BS-812-75)

INTRODUCCIÓN

El método es una adaptación parcial de los aspectos pertinentes de la norma británica BS-812-75; pretende medir la resistencia a la desintegración física de los áridos gruesos ($37,5(1\frac{1}{2})$ – $9,5(\frac{3}{8})$ mm) y finos ($9,5(\frac{3}{8})$ – $0,6(N^{\circ} 30)$ mm) de acuerdo a los cortes granulométricos y métodos que se indican en Tabla H0112_1

TABLA H0112_1 CORTES DE LAS GRANULOMETRÍAS

Métodos de Ensaye	Material		Tamices en mm para			
	Tipo	Grado	Corte		Finos producidos	
			mm	AASTM	mm	ASTM
Compresión	Grueso	37,5	37,5 – 19	$1\frac{1}{2}'' - \frac{3}{4}''$	4,75	Nº 4
		19	19 – 9,5	$\frac{3}{4}'' - \frac{3}{8}''$	2,36	Nº 8
		9,5	9,5 – 4,75	$\frac{3}{8}'' - N^{\circ} 4$	1,18	Nº 16
Impacto	Fino	4,75	4,75 – 2,36	Nº 4 – Nº 8	0,6	Nº 30
		2,36	2,36 – 1,18	Nº 8 – Nº 16	0,3	Nº 50
		1,18	1,18 – 0,6	Nº 16 – Nº 30	0,15	Nº 100

ÍNDICE DE TRITURACIÓN DE LOS ÁRIDOS GRUESOS

1. Objeto

Se define un procedimiento para determinar el valor del "Índice de Trituración" por compresión de un árido grueso, confinado en un molde y sometido a la acción de una carga gradual de compresión. Se utiliza tanto como complemento del ensaye de Desgaste de Los Ángeles (Método H011) o para sustituirlo cuando no se disponga de éste.

2. Equipos y materiales

Para el ensaye se requiere el siguiente equipo:

- Un cilindro de acero de pared gruesa, abierto en sus dos extremos, de 150 mm de diámetro interno y 100 mm de alto, con un plato de acero liso para base y un émbolo de la forma y dimensiones que se señalan en la Figura H0112_1, Fig1.
- Una varilla de acero de 16 mm de diámetro por 600 mm de largo, con un extremo redondeado.
- Una balanza de 5 kg, con precisión de 1 g.
- Tamices de 37.5 mm ($1\frac{1}{2}''$), 19mm ($\frac{3}{4}''$), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$), 4,75 mm (Nº 4), 2,36 (Nº 8)
- Una máquina de compresión, de 400 kN o más de capacidad y velocidad regulable.

3. Preparación de la muestra

El material por ensayar, aproximadamente 20 kg, deberá estar seco. Si no lo estuviera, séquelo al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}$ C hasta masa constante. Una vez seco déjelo enfriar hasta temperatura ambiente. Tamice y corte el material en los tamices indicados en la Tabla H0112_1.

4. Procedimiento

- Por cada corte de material se efectúan dos ensayes, según el procedimiento que se describe. Los resultados obtenidos se promedian.
- Llene el molde por terceras partes, compactando cada una con 25 golpes de la varilla compactadora dados desde 50 mm de altura, en caída libre. Luego enrrese y pese, determinando el peso de la muestra (A).
- Enseguida, coloque el molde con su base en la máquina de ensaye. Sobre la carga confinada coloque el pistón en posición horizontal.
- Aplique la carga de compresión en forma lenta y gradual, de modo de alcanzar el total de la carga de 400 kN en 10 min.

- e) Finalizado el ensaye, levante la carga y tamice el material ensayado para separar el fino, por los tamices indicados en la Tabla H0112_1.
- f) Pese cuidadosamente el material retenido (C) y el material fino que pasó (B).

ÍNDICE DE TRITURACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS

5. Objeto

Se define un procedimiento para determinar el valor del "Índice de Trituración" de un árido fino sometido a la acción de impactos repetidos, en situación de confinamiento, ensaye que equivaldría al de Desgaste Los Ángeles para las graduaciones menores que el grado 7.

6. Equipos y materiales

Para este ensaye se requiere del siguiente equipo:

- a) Una máquina para impacto, con un martinete de $14 \pm 0,2$ kg., como se indica en la Figura H0112_1, Fig2.
- b) Un molde de acero, con base soldada, de 102 mm de diámetro interno, 51 mm de alto y 6,5 mm de espesor de pared.
- c) Una varilla de acero de 10 mm de diámetro por 230 mm de largo, redondeada en un extremo
- d) Tamices de (9,5 mm ($3/8$), 4,75 mm (N° 4), 2,36 (N° 8), 1,18 mm (N° 16), 0,6 mm (N° 30), 0,3 mm (N° 50) y 0,15 mm (N° 100).

7. Preparación de la muestra

Para el ensaye, el material debe encontrarse seco; si no lo estuviera, séquelo a $110 \pm 5^\circ$ C hasta masa constante.

El material por ensayar, aproximadamente 12 kg., debe tamizarse y cortarse en los tamices indicados en la Tabla H0112_1 para los grados 2,36 y 1,18 mm, que son obligatorios. El ensaye para los grados 9,5 y 4,75 mm es optativo, y debe hacerse cuando los valores del Índice de Trituración obtenidos en los grados obligatorios difieran mucho entre sí.

8. Procedimiento

- a) Por cada corte de material se efectúan dos ensayes, según el procedimiento que se describe. Los resultados obtenidos se promedian.
- b) Llene el molde por terceras partes, compactando cada una con 25 golpes de la varilla compactadora dados desde 50 mm de altura, en caída libre. Luego, enrase y pese.
- c) Enseguida, asegure el molde en la base de la máquina y dé 15 golpes con el martinete, en caída libre desde 380 mm de altura, espaciados en un tiempo total de 15 s.
- d) Pese de nuevo la muestra determinando el peso de la muestra (A) y luego separe los finos por el tamiz que corresponda al grado, de acuerdo a la Tabla H0112_1.
- e) Pese cuidadosamente el material retenido (C) y el material que pasó por el tamiz correspondiente (B).

Nota 1: Se considera el peso de muestra inicial después de aplicar los golpes con el martinete, debido a las pérdidas de material que se producen producto de los golpes.

CÁLCULOS

9. Cálculo del Índice de Trituración Parcial (IT_p)

Con los datos:

A: Peso de la muestra por ensayar (g).

B: Peso del material que pasó por el tamiz de finos producidos (g)

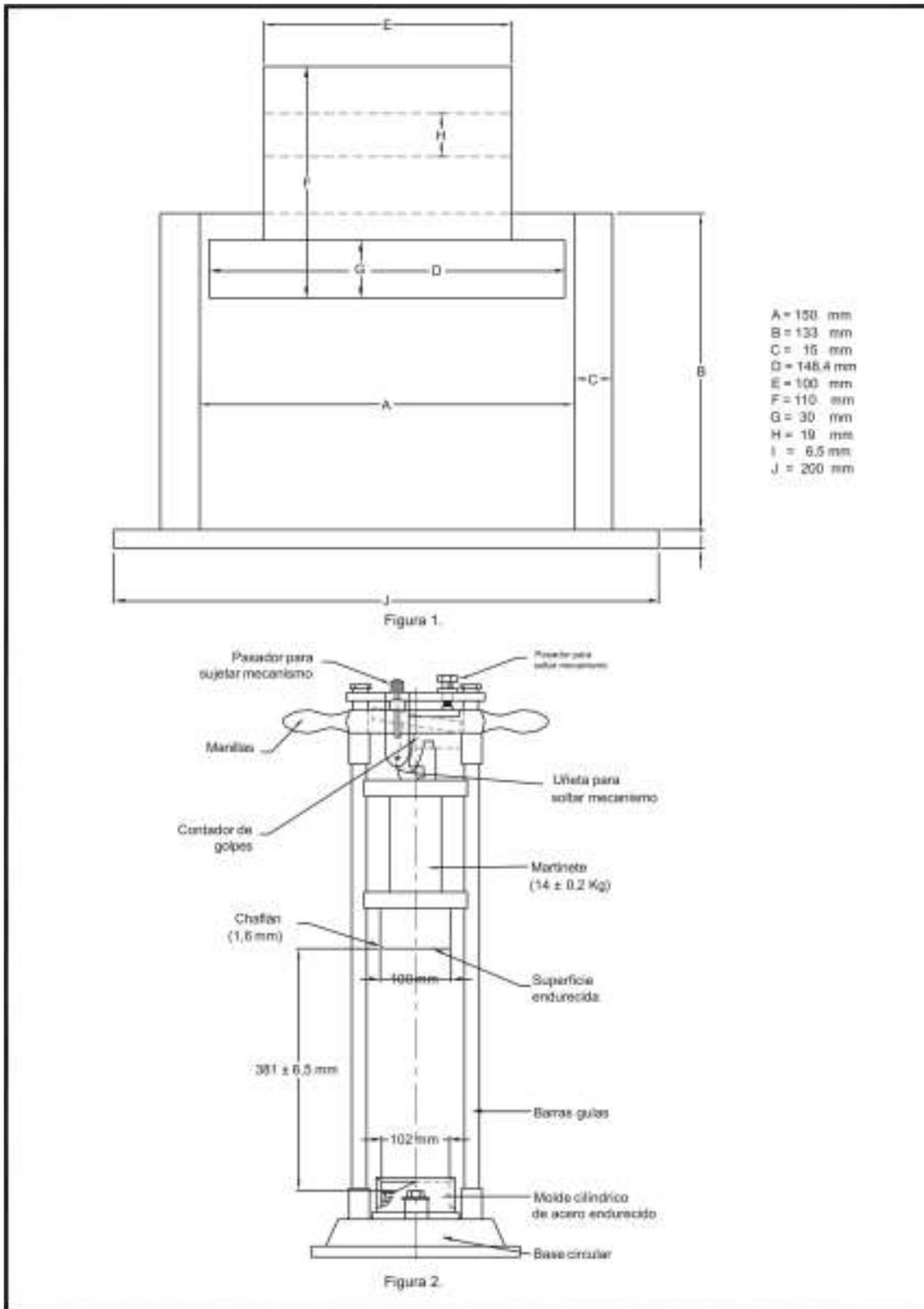
Calcule el IT_p de acuerdo a la expresión:

$$IT_p (\%) = \frac{B}{A} \cdot 100$$

10. Cálculo del Índice de Trituración Total (IT_t).

Conocidos los valores de IT_p de cada grado, calcule los IT_t del árido grueso y del árido fino, ponderando los IT_{pi} según los porcentajes que cada fracción retenida (ni) representa de la muestra ensayada.

$$IT_t (\%) = \sum IT_{pi} \cdot \frac{ni}{100}$$



- A = 150 mm
- B = 133 mm
- C = 15 mm
- D = 148,4 mm
- E = 100 mm
- F = 110 mm
- G = 30 mm
- H = 19 mm
- I = 6,5 mm
- J = 200 mm

FIGURA H0112_1 FIG1. CILINDRO DE ACERO PARA ÁRIDOS GRUESOS. FIG2. MÁQUINA PARA IMPACTO PARA ÁRIDOS FINOS

H0113. MÉTODO PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419)

OBJETO

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

DEFINICIONES

Equivalente de arena

Porcentaje de arena propiamente tal con respecto al total de arena y de impurezas coloidales floculadas, particularmente arcillosas, húmicas y eventualmente ferruginosas.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Probeta graduada

De 30 ± 1 mm de diámetro interior y aproximadamente 400 mm de alto, graduado en milímetros hasta una altura de 380 mm (o graduada en mililitros hasta una capacidad de 270 ml) y provisto de un tapón hermético de caucho (ver Figura H0113_1, Figura 1).

2. Pisón

Compuesto por los siguientes elementos (ver Figura H0113_1, Figura 2).

- a) Una varilla de bronce de 6 mm de diámetro y 450 mm de largo, con hilo en ambos extremos.
- b) Un pie de bronce troncocónico, de 25 mm de diámetro basal y 20 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarlo a la varilla.
- c) Un par de guías que mantengan centrada la varilla en el eje de la probeta.
- d) Una sobrecarga cilíndrica de acero laminado en frío de 50 mm de diámetro y 53 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarla a la varilla. Esta sobrecarga debe ser rectificadas de modo que el conjunto de varilla, pie, guías y sobrecarga tenga una masa de $1 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$.
- e) Sifón

Compuesto por los siguientes elementos (ver Figura H0113-1):

- a) Una botella de aproximadamente 4 l, provista de un tapón de caucho con dos perforaciones, a través de las cuales se dispondrán dos tuberías de metal, vidrio, caucho o plástico.
- b) Una tubería de entrada de aire que penetre al interior de la botella sin tomar contacto con la solución y cuyo tramo exterior debe estar doblado en L.
- c) Una tubería de irrigación cuyo tramo interior penetre hasta 20 mm del fondo de la botella y cuyo tramo exterior sea una manguera de caucho o plástico de una longitud igual o mayor que 1,5 m provista de un sistema que regule el flujo de la solución (por ejemplo una pinza con tornillo).
- d) Un tubo irrigador conectado al extremo exterior de la tubería de irrigación, de acero inoxidable de aproximadamente 500 mm de largo, 4 ± 1 mm de diámetro interior y con su extremo libre cerrado en forma de cuña. Debe tener dos perforaciones de $0,5 \pm 0,1$ mm de diámetro, una en cada cara plana de la cuña.

3. Medida

Un recipiente de 85 ± 5 ml de capacidad.

4. Tamiz

De tela de alambre y abertura cuadrada, de 4,75mm (Nº 4) de abertura nominal de acuerdo con el Método H0104

5. Recipiente

Estanco y de capacidad igual o mayor que 4 l para preparar el reactivo y la solución de ensaye.

6. Agitador mecánico.

Con un desplazamiento horizontal de 200 ± 2 mm y una velocidad de agitación de 175 ± 2 ciclos/min.

7. Herramientas y accesorios

Embudos, botellas para reactivos, regla de enrase, etc.

Reactivos

8. Solución base

- a) Componentes. Emplee los siguientes materiales en las cantidades que se indican:

-240 g de cloruro de calcio anhidro, grado técnico.

-1.085 g de glicerina farmacéutica.

-25 g de formaldehído (solución 40% de volumen / volumen).

- b) Preparación. Disuelva el cloruro de calcio en 1 l de agua destilada y filtre. Agregue la glicerina y el formaldehído a la solución, mezcle bien y diluya a 2 l con agua destilada.

9. Solución de ensaye

Tome 22,5 ml de la solución base y diluya a 1 l con agua destilada. Se debe mantener la temperatura de la solución a $22 \pm 3^\circ C$ durante todo el ensayo.

CONDICIONES GENERALES

10. Lugar de ensaye

Debe estar libre de golpes o vibraciones que puedan alterar el período de decantación. Cuando se empleen probetas de acrílico deben protegerse de la luz solar directa.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0101 y H0102

Tamaño de la muestra de ensaye

- a) La muestra original debe tener un tamaño igual o mayor que 2.000 g de material bajo 4,75mm.
b) La muestra para cada ensaye debe ser igual a una medida llena enrasada (85 ± 5 ml).

Preparación de la muestra de ensaye

11. Tamizado

Pase la muestra original en estado húmedo por el tamiz de 4,75 mm; disgregue manualmente los terrones de material arcilloso. Si el material retenido tiene adheridas capas de material arcilloso, remuévalas secando el material retenido y frotándolo entre las manos sobre un recipiente. El polvo resultante debe incorporarse a la muestra y el material retenido debe desecharse.

12. Reducción.

Reduzca nuevamente por cuarteo hasta obtener material suficiente para llenar cuatro medidas.

13. Secado.

Seque hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ C$; deje enfriar a temperatura ambiente.

PROCEDIMIENTO

14. Coloque la botella del sifón con la solución de ensaye a aproximadamente 1 m sobre la superficie de trabajo.

15. Sifonee la solución de ensaye en la probeta hasta que alcance un nivel de 100 ± 5 mm.

16. Obtenga por cuarteo el material suficiente para llenar una medida.

17. Llene una medida; asiente el material golpeando el fondo de la medida contra la mesa de trabajo a lo menos 4 veces, enrase y vierta en la probeta.

18. Golpee firmemente el fondo de la probeta contra la palma de la mano hasta desalojar las burbujas de aire.
19. Deje la probeta en reposo por un período de 10 min.
20. Coloque el tapón y suelte la arena del fondo inclinando y sacudiendo el tubo.
21. Agite la probeta y su contenido mediante uno de los siguientes procedimientos:
- a) Agitación manual.
Sujete la probeta en posición horizontal y agite vigorosamente en un movimiento lineal horizontal con un desplazamiento de 230 ± 25 mm. Agite 90 ciclos en aproximadamente 30 s.
- Nota 1: Un ciclo corresponde a un movimiento completo de ida y vuelta. Se recomienda agitar sólo con los antebrazos, manteniendo relajados el cuerpo y los hombros.
- Nota 2: Antes de autorizar a un operador para realizar el ensaye de equivalente de arena, debe ser capaz de obtener resultados consistentes sobre muestras representativas de cualquier material ensayadas de acuerdo con el procedimiento normal. Los resultados se consideran consistentes si los valores individuales de tres ensayos realizados por el mismo operador sobre muestras gemelas no varían en más de ± 4 puntos respecto al promedio de esos ensayos. Si un operador no es capaz de obtener resultados consistentes, no debe autorizarse a efectuar este ensaye hasta que perfeccione su técnica y obtenga resultados que cumplen con los límites especificados.
- b) Agitación mecánica
Fije la probeta en el agitador mecánico y agite durante un período de 45 ± 1 s.
22. Coloque la probeta sobre la mesa de trabajo, destápela y lave sus paredes interiores mediante el irrigador.
23. Introduzca el irrigador hasta el fondo de la probeta con un movimiento lento de penetración y torsión para remover todo el material.
24. Retire el irrigador en forma similar, regulando el flujo de la solución de modo de ajustar el nivel final a 380 mm.
25. Deje sedimentar por un periodo de $20 \text{ min} \pm 15 \text{ s}$
26. Al final del período de sedimentación lea y registre el nivel superior de la arcilla (N_t) aproximando al milímetro.
- Nota 3: Si después de 20 min no se ha formado una clara línea de sedimentación, deje reposar el tiempo necesario, registrándolo en el informe. Cuando el tiempo total exceda de 30 min, repita 3 veces el ensaye con muestras del mismo material. Registrar el (N_t). Que requiera el período de sedimentación más breve.
27. Introduzca el pisón en la probeta y hágalo descender suavemente hasta que quede apoyado en la arena. Registre el nivel superior de la arena (N_a) aproximando al milímetro.

Nota 4: Cuando el nivel superior de la arcilla o de la arena quede entre graduaciones, registre la graduación superior como N_t o N_a , según corresponda.

CÁLCULOS

28. Calcule el equivalente de arena de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando al 1%.

$$EA(\%) = (N_a / N_t) \cdot 100$$

Donde:

- EA : Equivalente de arena (%).
- N_a : Nivel superior de la arena (mm).
- N_t : Nivel superior de la arcilla (mm).

29. Calcule el equivalente de arena de cada muestra como el promedio aritmético de los resultados de dos ensayos paralelos, con aproximación al 1 % superior.

PRECISIÓN

30. Debe aceptarse la determinación del equivalente de arena solamente cuando la diferencia entre dos resultados obtenidos por el mismo operador, en ensayos paralelos sobre muestras gemelas, sea igual o inferior a 4 puntos.
31. Debe ensayar dos nuevas muestras gemelas cuando no se cumpla con lo especificado en 30

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y contratista.
- b) Procedencia de la muestra.
- c) Procedimiento de agitación.
- d) Resultado del ensaye.
- e) Fecha del ensaye.
- f) Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al árido.
- g) La referencia a este método.

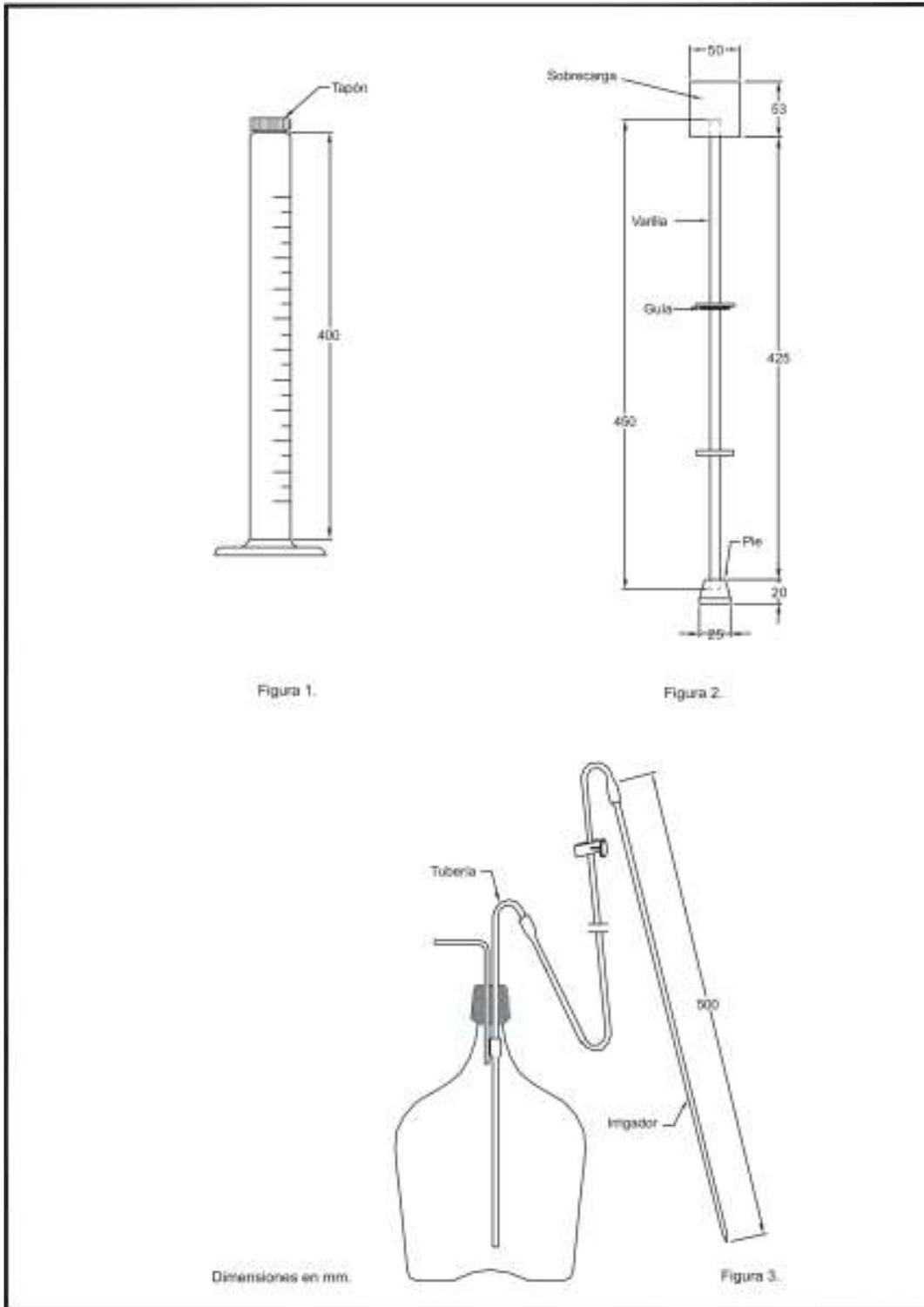


FIGURA H0113_1 FIG1. PROBETA GRADUADA, FIG2.PISÓN, FIG3. SIFÓN.

H0114. MÉTODO DE LOS SULFATOS PARA DETERMINAR LA DESINTEGRACIÓN (ASTM C 88 AASHTO T104)

OBJETO

Este método establece el procedimiento para determinar la desintegración de los áridos mediante soluciones de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. El uso de una u otra sal es alternativo, pero sus resultados no son comparables.

Este método se aplica a los áridos que se utilizan en la elaboración de morteros, hormigones y mezclas asfálticas.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Balanzas

- a) Balanza para áridos finos de capacidad superior a 500 g y una precisión de 0,1 g.
- b) Balanza para áridos gruesos de capacidad superior a 5.000 g y una precisión de 0,1 g.

2. Horno

Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.

3. Tamices

Emplee la misma serie de tamices especificados en el Método H0104.

4. Recipientes

- a) Canastillos rígidos y químicamente inertes con las soluciones de ensaye. Las perforaciones deben permitir el libre acceso y drenaje de la solución sin pérdidas de material de la muestra.

Nota 1: Se recomienda emplear canastillos fabricados con tela metálica de aberturas adecuadas a las fracciones de áridos en ensaye.

- b) Recipientes para solución, rígidos, estancos y químicamente inertes con las soluciones de ensaye. Serán de forma y tamaño tales que permitan contener los canastillos completamente sumergidos en la solución. Deben tener un dispositivo para regular la temperatura de la solución durante la inmersión.

5. Reactivos

- a) Para cada operación se debe disponer de un volumen de solución igual o mayor a 5 veces el volumen aparente de la muestra.
- b) Solución de sulfato de sodio. Disuelva aproximadamente 350g de sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4) o aproximadamente 750g de sulfato de sodio deshidratado ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) por litro de agua a una temperatura mayor a 25°C y menor a 0°C. Revuelva completamente durante la adición de la sal y a intervalos regulares hasta su uso. Enfríe y mantenga a una temperatura de $20 \pm 3^\circ C$ durante un período igual o mayor a 48 h previas al uso.

Al momento del empleo, la solución debe tener una densidad (g/ml) comprendida entre 1,151 y 1,174 a $20 \pm 3^\circ C$.

Nota 2: Es recomendable usar el producto comercial anhidro por tener mayor solubilidad que el producto hidratado.

Nota 3: El ajuste de la densidad se logra diluyendo o disolviendo más sal, según corresponda.

- c) Solución de sulfato de magnesio. Disuelva 350 g de sulfato de magnesio anhidro ($MgSO_4$) o 1.400 g de sulfato de magnesio heptahidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) por litro de agua a una temperatura mayor que 25°C y menor que 30°C. Revuelva completamente durante la adición de la sal y a intervalos regulares hasta su uso. Enfríe y mantenga a una temperatura de $20 \pm 3^\circ C$ durante un período igual o mayor a 48 h previas al uso.

Al momento de empleo la solución debe tener una densidad (g/ml) comprendida entre 1,295 y 1,308 a $20 \pm 3^\circ C$.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0102 y H0101. Deben haberse ensayado previamente según Método H0104 a fin de determinar la granulometría.

Tamaño de la muestra de ensaye

6. Áridos fino

- Pase previamente por el tamiz de 9,5mm ($3/8"$) para hormigón y 4,75mm (N° 4) para asfalto. Cuando el material retenido exceda el 5% de la muestra, ensaye de acuerdo con 7.
- Prepare la muestra con el material que pasa por el tamiz de 9,5mm ($3/8"$) para hormigón y 4,75 mm (N° 4) para asfalto; debe tener un tamaño tal que permita obtener las fracciones de muestra especificadas en la Tabla H0114_1.

7. Áridos grueso

- Pase previamente por el tamiz de 4,75mm (N° 4) para hormigón y 2,36mm (N° 8) para asfalto. Cuando el material que pasa exceda el 5 % de la muestra, ensaye de acuerdo con 6.
- Prepare la muestra con el material retenido en el tamiz de 4,75mm (N° 4) para hormigón y 2,36 mm (N° 8) para asfalto; debe tener un tamaño tal que permita obtener las fracciones de muestra especificadas en la Tabla H0114_1.

TABLA H0114_1 TAMAÑO DE LA MUESTRA DE ENSAYE ÁRIDOS FINO

Fracción	Tamaño de partículas (mm)	Masa mínima de la fracción(g)
1	4,75-9,5	100
2	2,36-4,75	100
3	1,18-2,36	100
4	0,6-1,18	100
5	0,3 - 0,6	100

Nota 4: Fracción 1, 2, 3, 4 y 5 para hormigón, Fracción 2, 3, 4 y 5 para asfalto

TABLA H0114_2 ÁRIDOS GRUESO

Fracción	Tamaño de partículas (mm)	Masa de la subfracción (g)	Masa de fracción (g)
1	50 - 63	3.000 ± 300	5.000 ± 300
	37,5 - 50	2.000 ± 200	
2	25,0-37,5	1.000 ± 50	1.500 ± 50
	19-25,0	500 ± 30	
3	12,5 -19	670 ± 10	1.000 ± 10
	9,5 - 12,5	330 ± 5	
4	4,75-9,5	300 ± 5	300 ± 5
5	2,36-4,75	100 ± 5	100 ± 5

Nota 5: - Para tamaños mayores a 63 mm constituir fracciones de 7.000 ± 1.000 g por cada incremento del tamaño en 25 mm. La fracción 5 es sólo para asfalto.

- Tome los tamaños de muestra indicados en la Tabla H0114_1 considerando el porcentaje parcial retenido (Ppr) de cada fracción, determinado mediante tamizado según Método H0104, en la forma siguiente:
 - Ensaye las fracciones indicadas siempre que el Ppr sea igual o mayor que 5%.
 - No ensaye las fracciones que tengan un Ppr menor que 5% (ver 19).
 - Si una subfracción de áridos grueso tiene un Ppr menor que 3%, componga la fracción con la subfracción que exista, siempre que ella tenga un Ppr igual o mayor a 3%.

Acondicionamiento de la muestra de ensaye

8. Áridos fino

- Lave la muestra de ensaye sobre un tamiz de 0,3mm (N°50) o 0,15mm (N°100), para hormigón o asfalto, respectivamente,
- Seque hasta masa constante en horno a una temperatura de 110 ± 5°C.
- Tamice de modo de obtener las fracciones de muestra especificadas en la Tabla H0114_1

- d) Pese los tamaños de muestra requeridos para cada fracción y registre la masa inicial (mi) de cada una de ellas, aproximando a 0,1 g.
- e) Coloque cada fracción en su canastillo.
9. Áridos grueso
- a) Lave la muestra de ensaye sobre un tamiz de 4,75mm (Nº4) o 2,36mm (Nº 8), según corresponda.
- b) Seque hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- c) Tamice de modo de obtener las subfracciones de muestra especificada en la Tabla H0114_3.
- d) Pese los tamaños de muestra requeridos para cada subfracción.
- e) Componga y pese las fracciones requeridas y registre la masa inicial (mi) de cada una de ellas, aproximando a 1 g.
- f) Cuente y registre el número inicial de partículas (ni) de tamaño mayor a 19mm ($3/4$).
- g) Coloque cada fracción en su canastillo.

CICLOS DE INMERSIÓN Y SECADO

10. Sumerja los canastillos con las fracciones de muestra en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio a una temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ por un período de 17 ± 1 h, de modo que los áridos queden cubiertos por una capa de solución superior a 1,5 cm. Cubra los recipientes para reducir la evaporación y evitar contaminaciones.
11. Retire los canastillos con las fracciones de muestra de la solución; deje escurrir durante 15 ± 5 min y seque hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Deje enfriar a temperatura ambiente.
12. Repita 5 veces el ciclo de inmersión y secado.
13. Terminado el número de ciclos y una vez enfriada la muestra, lave hasta eliminar totalmente el sulfato.
- Nota 4: Para determinar el término del lavado se recomienda comprobar el agua de lavado mediante solución de cloruro de bario al 10%. No debe formarse precipitado blanco.
14. Seque hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$; deje enfriar a temperatura ambiente. Cubra los canastillos para evitar absorciones o contaminaciones.
15. Determine la masa final de las fracciones de acuerdo con el siguiente procedimiento:
16. Áridos fino
- Tamice cada fracción de áridos fino en el tamiz en que fue retenida al iniciar el ensaye.
- Pese y registre la masa del material retenido como masa final de la fracción correspondiente (mf), aproximando a 0,1 g.
17. Áridos grueso
- Tamice cada fracción de áridos grueso por el tamiz correspondiente de acuerdo con la Tabla H0114_3.

TABLA H0114_3 SERIE DE TAMICES PARA EXAMEN CUANTITATIVO

Fracción	Tamaño de partículas de la fracción original (mm)	Tamices, tamaños nominales de abertura	
		ASTM	mm
1	37,5-68	1"	25,0
2	19-37,5	1/2"	12,5
3	9,5-19	1/4"	6,3
4	4,75-9,5	Nº 8	2,36
5	2,36-4,75	Nº 10	2,0

Nota: La fracción 5 es sólo para asfalto.

- a) Pese y registre la masa del material retenido como masa final de la fracción correspondiente (mf), aproximando a 1g.
18. Examine cualitativamente y cuantitativamente las partículas mayores que 19mm ($3/4$) como sigue:
- a) Observe y registre el efecto de la acción del sulfato (desintegración, agrietamiento, hendidura, exfoliación, desmoronamiento, etc.).
- b) Cuente y registre el número final de partículas (nf).

CÁLCULOS

19. Calcule el porcentaje ponderado de pérdida de masa de cada fracción de muestra de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando al 0,1 %.

$$P_N (\%) = \frac{mi - mf}{mi} \cdot ppr$$

P_N : Porcentaje ponderado de pérdida de masa de cada fracción de muestra (%).

mi : Masa inicial de la fracción (g).

mf : Masa final de la fracción (g).

ppr : Porcentaje parcial retenido correspondiente a la fracción según el análisis granulométrico (%).

20. Para las fracciones no ensayadas de acuerdo con lo especificado en 7 c), considere que tienen una pérdida de masa igual a la media aritmética de las pérdidas de las dos fracciones inmediatamente superior e inferior. Si se trata de una fracción extrema considere que tiene una pérdida igual a la de la fracción más próxima.
21. Calcule la desintegración del árido fino o grueso, según corresponda, como el porcentaje de pérdida de masa de la muestra de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando al 0,1%.

$$P(\%) = (P_1 + P_2 + \dots + P_n)$$

Donde:

P : Porcentaje de pérdida de masa de la muestra (%)

P_n : Porcentaje ponderado de pérdida de masa de cada fracción de muestra (%)

- 21 Calcule el porcentaje de partículas mayores que 19mm ($\frac{3}{8}$) afectadas por la acción del sulfato, según la fórmula siguiente, aproximando al 1%.

$$A(\%) = \frac{ni - nf}{ni} \cdot 100$$

Donde:

A : Porcentaje de partículas mayores que 19 mm afectadas por la acción del sulfato (%).

ni : Número inicial de partículas mayores que 19 mm.

nf : Número final de partículas mayores que 19 mm.

INFORME

El informe debe incluir los siguientes datos:

- Nombre del contrato y contratista.
- Procedencia de la muestra.
- Sal con que se efectuó el ensaye.
- Resultado del ensaye.
- Fecha de ensaye.
- Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al áridos.
- La referencia a este método.

H0115. CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN LOS ÁRIDOS (ASTM C 123 AASHTO T113)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método para determinar el porcentaje de partículas livianas en los áridos, mediante separación por suspensión, en un líquido de peso específico elevado.

EQUIPO

- Balanzas, una con capacidad de 500 g y precisión de 0,1g, para áridos finos, y otra con capacidad mínima de 5000 g y precisión de 1 g, para áridos gruesos.
- Recipientes, adecuados para secar las muestras y contener el líquido de alta densidad, durante la separación por suspensión.
- Tamices, con abertura de 4,75 mm (No.4) 300 µm (No.50) y demás según método H0104.
- Horno con regulación de aire y temperatura regulada, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$).
- Colador, dispositivo hecho de malla de alambre, de tejido cuadrado correspondiente al tamiz de 300 µm (No.50), con forma y tamaño adaptados para separar las partículas flotantes del líquido pesado.
- Reactivos.

Líquido de elevado peso específico, el cual debe consistir en una mezcla de tetracloruro de carbono y 1.1.2.2 tetrabromoetano; o bromoformo y monobromobenceno; o bromoformo y benceno, en tal proporción, que su peso específico sea de 2,00; puede usarse bromotriclorometano si su peso específico es de 2,00. El peso específico no debe variar durante el ensayo en $\pm 0,01$ del valor especificado.

Los volúmenes de los compuestos, que deben mezclarse para obtener el líquido del peso específico requerido, pueden ser calculados mediante la Tabla H0115_1.

TABLA H0115_1 PESO ESPECÍFICO DE LOS COMPUESTOS DE BASE PARA LOS REACTIVOS DEL ENSAYO

Reactivo	Peso Específico
1.1.2.2 Tetrabromoetano	2,97
Benceno	0,88
Bromoformo	2,88
Tetracloruro de Carbono	1,58
Monobromobenceno	1,49

PREPARACION DE LA MUESTRA

- Dispóngase una cantidad de muestra para ensayo, cuyo peso esté de acuerdo con la Tabla H0115_2.

TABLA H0115_2 PESO MINIMO DE LA MUESTRA DE ENSAYO

Tamaño Máximo de áridos	Peso Mínimo de la Muestra
4,75 mm (No.4) ⁽¹⁾	200 g
19,00 mm (3/4")	3.000 g
37,50 mm (1½")	5.000 g
75,00 mm (3")	10.000 g

(1) Áridos fino

- Séquese la muestra, a una temperatura entre $105 \pm 5^\circ\text{C}$, ($230 \pm 9^\circ\text{F}$), hasta peso constante.

9. Áridos fino.

Déjese enfriar la muestra a la temperatura ambiente, y pásese por el tamiz de 300 μm (No.50), hasta cuando menos del 1% del material retenido pase, después de un minuto de tamizado continuo.

Pésese el material retenido en el tamiz de 300 μm (No.50), con una precisión de 0,1 g y sométase al proceso descrito en el Método H0110, hasta cuando el áridos alcance la condición de saturado con superficie seca (S.S.S).

10. Áridos Grueso.

Déjese enfriar la muestra a la temperatura ambiente y pásese sobre el tamiz de 4,75 mm (No.4).

Pésese el material retenido en el tamiz de 4,75 mm (No.4), con una precisión de 1 g y sométase al proceso descrito en el Método H0109, hasta cuando el agregado alcance la condición de saturado con superficie seca (S.S.S).

PROCEDIMIENTO

11. Áridos fino

Colóquese la muestra dentro del recipiente con el líquido de peso específico alto, cuyo volumen mínimo debe ser tres veces el del áridos.

Viértase el líquido que rebosa en un segundo recipiente, pasándolo a través del tamiz, y teniendo el cuidado de que solamente las partículas que floten, se viertan en el tamiz. Devuélvase el líquido recogido en el segundo recipiente al primero; después de agitar la muestra vigorosamente, repítase la operación anterior, hasta cuando la muestra esté libre de partículas flotantes.

Lávense con tetracloruro de carbono, las partículas retenidas en el tamiz, hasta remover de ellas el líquido de peso específico alto, y déjense secar. Por sí solas, las partículas se secan rápidamente, pero si se desea, se pueden colocar dentro de un horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$) por unos pocos minutos. Pésese el material retenido en el colador, con una precisión de 0,1 g.

12. Áridos grueso

Colóquese la muestra dentro del recipiente con el líquido de peso específico alto, cuyo volumen mínimo debe ser tres veces el de áridos.

Retírense las partículas que suban a la superficie, usando el colador y colóquense en otro recipiente. Agítase la muestra repetidamente y retírense las partículas que flotan, hasta cuando ninguna suba a la superficie del líquido. Lávense las partículas retiradas con tetracloruro de carbono hasta remover de ellas el líquido de peso específico alto; déjense secar y pénsese con una precisión de 1 g.

CALCULOS

El porcentaje de partículas livianas en los áridos se calcula mediante las siguientes fórmulas:

13. Áridos fino

$$L = (M_1/M_2) \times 100$$

Donde:

L= Porcentaje de partículas livianas.

M_1 = Peso seco de las partículas retenidas en el colador.

M_2 = Peso de la muestra seca retenida en el tamiz de 300 μm (No.50)

14. Agregado grueso

$$L = (M_1/M_3) \times 100$$

Donde:

L= Porcentaje de partículas livianas.

M_1 = Peso seco de las partículas retenidas en el colador.

M_3 = Peso de la muestra seca retenida en el tamiz de 4,75 mm (No.4).

PRECAUCIONES

15. Los reactivos indicados en el Tabla H0115_1 son altamente tóxicos por inhalación y por absorción a través de la piel. Por lo tanto, deberá evitarse la inhalación de sus vapores o el contacto de ellos con la piel.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente

- a) Identificación de la fuente, tipo y tamaño máximo nominal del árido
- b) Tipo y peso específico del reactivo usado
- c) Porcentaje de partículas livianas aproximadas al 0,1 %

H0116. HUMEDAD SUPERFICIAL EN ÁRIDOS FINOS (ASTM C 70 AASHTO T142)

OBJETO

Este método de ensayo cubre la determinación en el terreno de la humedad superficial en áridos finos, mediante desplazamiento de agua.

USO Y SIGNIFICADO

1. Este método de ensayo no es muy usado. Sin embargo, es un procedimiento conveniente para la determinación en el terreno de la humedad superficial en áridos finos, si los valores de peso específico son conocidos y no están disponibles otros métodos de secado. Puede ser usado para ajustar los pesos de los áridos en su humedad y para determinar la contribución de la humedad superficial al agua de mezcla en hormigón de cemento Portland.
2. La exactitud de este método depende de la exactitud de la información sobre el peso específico de la muestra en una condición saturada con superficie seca.

EQUIPOS Y MATERIALES

3. Balanza, con capacidad de 2 kg o más, y precisión de 0,5 g o menos.
4. Recipiente, preferiblemente de vidrio o de metal no corrosivo, como un picnómetro, un matraz volumétrico, u otro recipiente de medida apropiado. Su volumen debe ser de dos a tres veces el volumen suelto de la muestra. Debe ser diseñado de tal manera que pueda ser llenado hasta una marca o que el volumen pueda ser leído con precisión de 0,5 ml o menos.

PREPARACION DE LA MUESTRA

Escójase una muestra representativa de árido fino para ser ensayada, que no pese menos de 200 gr. Muestras más grandes darán resultados más exactos.

PROCEDIMIENTO

5. La humedad superficial puede ser determinada tanto por peso como por volumen. En ambos casos, el ensayo deberá efectuarse a una temperatura comprendida entre 18°C y 29°C (65 a 85°F).

6. Determinación por peso

Determinese el peso en gramos del recipiente, lleno con agua hasta la marca. Antes de colocar la muestra en el recipiente, ajústese el nivel del agua de tal forma que sea suficiente para cubrir la muestra, pero sin rebasar la marca original. Introdúzcase la muestra de árido fino de peso conocido dentro del recipiente y remuévase el aire atrapado. Llénese el recipiente hasta la marca original y determinese su peso en gramos. Calcúlese la cantidad de agua desplazada por la muestra así:

$$W_w = W_c + W_s - W$$

Donde:

W_w = Peso del agua desplazada por la muestra, en gramos.

W_c = Peso del recipiente lleno únicamente con agua hasta la marca, en gramos.

W_s = Peso de la muestra, en gramos.

W = Peso del recipiente con la muestra, lleno hasta la marca, en gramos.

7. Determinación por volumen

Mídase un volumen de agua, en mililitros, suficiente para cubrir la muestra, y póngase en el recipiente. Introdúzcase la muestra de árido fino de peso conocido dentro del recipiente y

remuévase el aire atrapado. Determínese el volumen combinado de muestra y agua, leyendo directamente cuando se use un matraz graduado. Cuando se use un picnómetro o un matraz no graduado, termínese de llenar el recipiente con agua hasta la marca. El volumen del matraz o del picnómetro es igual al volumen combinado de agua y muestra. Calcúlese la cantidad de agua desplazada por la muestra como sigue:

$$V_s = V_2 - V_1$$

Donde:

V_s = Volumen del agua desplazada por la muestra, en ml.

V_2 = Volumen combinado de muestra y agua, ml.

V_1 = Volumen total de agua en el recipiente, requerida para cubrir la muestra y dar el nivel hasta la marca de volumen, ml.

CALCULOS

8. Calcúlese el porcentaje de humedad superficial en términos del árido fino saturado y con superficie seca, de la manera siguiente:

$$P = [(W_w - V_d)/(W_s - W_w)] \times 100$$

Donde:

P = Humedad superficial en términos del árido fino saturado y con superficie seca, %.

V_d = Peso de la muestra (W_s en el numeral 5.2) dividido por la gravedad específica del árido fino en su condición saturada y con superficie seca, determinado como se especifica en el Método H0110.

W_w = Peso del agua desplazada g.

W_s = peso de la muestra, g.

9. Si la absorción del árido es conocida, puede calcularse el porcentaje de humedad superficial en términos del árido seco, como sigue:

$$P_d = P [1 + (P_a/100)]$$

Donde:

P_d = Humedad superficial en términos del árido fino seco, %.

P_a = Porcentaje de absorción del árido fino, determinado según el Método H0110.

La humedad total, en términos de árido seco, es la suma de la humedad superficial, P_d , y la absorción P_a .

10. Desarrollo de las ecuaciones anteriores.-

Estas ecuaciones son derivadas de relaciones básicas. Por conveniencia, P se expresa en términos de la razón r , que es la relación entre el peso de la humedad superficial y el peso del árido fino saturado con superficie seca. Entonces:

$$r = \frac{W_s [W_s / (1 + r)]}{W_s / (1 + r)} \quad (1)$$

Si G es el peso específico aparente del árido fino saturado con superficie seca, entonces.

$$W_w = \frac{W_s}{G(1+r)} + \left(W_s - \frac{W_s}{1+r} \right) \quad (2)$$

Donde el primer término da el agua desplazada por el árido saturado con superficie seca y el segundo da la que es desplazada por la humedad superficial.

De la eq. (2)

$$\frac{W_s}{1+r} = \frac{W_w - W_s}{(1/G) - 1} \quad (3)$$

Por definición

$$W_s = V_d G \quad (4)$$

Sustituyendo en eq. (1)

$$r = \frac{(W_w - V_d)}{(W_s - W_w)} \quad (5)$$

H0117. ÍNDICE DE DURABILIDAD DE ÁRIDOS (ASTM D 3744 AASHTO T210)

OBJETO

Este método describe el procedimiento para determinar la durabilidad de áridos. El índice de durabilidad es un valor que muestra la resistencia relativa de un árido para producir finos dañinos, del tipo arcilloso, cuando se somete a los métodos de degradación mecánica que se describen.

USO Y SIGNIFICADO

1. Este ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura, y comportamiento arcilloso del material que puede ser generado en un árido cuando se somete a degradación mecánica.
2. Un índice de durabilidad mínimo ha sido especificado para prohibir el uso de un árido, en varias aplicaciones de construcción, propensas a degradación y consecuente generación de finos de comportamiento arcilloso.
3. Este método provee un ensayo rápido de evaluaciones de la calidad de una nueva fuente de áridos. Investigaciones han indicado que puede también usarse, en cambio del ensayo de sanidad frente a la acción de una solución de sulfato de sodio, para evaluar la durabilidad del árido fino de uso en el hormigón, reduciendo así el consumo de tiempo y los costos incurridos en el ensayo de sanidad.
4. Aunque la aplicación de este método se ha restringido a áridos para usos específicos de construcción, puede expandirse a otras áreas, como mezclas bituminosas de pavimento y hormigón.

EQUIPOS Y MATERIALES

5. Vaso mecánico de lavado, cilíndrico, de paredes rectas y fondo plano, conforme con las especificaciones y dimensiones de la Figura H0117-1.
6. Recipiente colector, circular, de al menos 254 mm (10") de diámetro y de aproximadamente 102 mm (4") de profundidad, para recoger el agua resultante del lavado de la muestra. Tiene paredes verticales o casi verticales y está equipado con lo necesario para acoplar un tamiz, de tal forma que la malla del tamiz quede por lo menos a 76,2 mm (3") del fondo del recipiente. Puede usarse un adaptador, que evite la pérdida de finos y de agua de lavado, anidando el tamiz y el recipiente, o puede colocarse un tamiz en blanco (sin malla) bajo el otro tamiz, que repose directamente en el fondo del recipiente.
7. Agitador portátil tipo Tyler de tamices, modificado y ajustado para operar a 285 ± 10 ciclos completos por minuto. Los dos períodos de agitación, especificados en los numerales del 32 al 52, se llevan a cabo con este agitador modificado.

Nota1: Otros tipos de agitadores de tamices pueden ser usados, siempre y cuando todos sus factores sean ajustados para obtener los mismos resultados que con el agitador de Tyler.

8. Todo el equipo utilizado en el Método H0113 (Equivalente de Arena).
9. Tamices
10. Balanza, con capacidad mínima de 500 g y precisión de 1 g.

MATERIALES Y REACTIVOS

11. Soluciones, base y de trabajo, de cloruro de calcio, con los requisitos de el Método H0113 "Equivalente de Arena".
12. Agua destilada y/o agua desmineralizada, pues los resultados del ensayo pueden ser afectados por ciertos minerales disueltos en el agua. Sin embargo, si se demuestra que el agua usualmente disponible no afecta los resultados, se puede utilizar dicha agua, excepto en aquellas partes del procedimiento en los que se ordene usar expresamente agua destilada o desmineralizada. Para ensayos con propósitos de referencia, en todos los pasos del ensayo se debe usar agua destilada o desmineralizada.

CONTROL DE TEMPERATURA

13. Este ensayo puede efectuarse normalmente sin control de temperatura; sin embargo, para propósitos de referencia, ensáyese de nuevo el material, con la temperatura del agua destilada o desmineralizada y de la solución de trabajo de cloruro de calcio a $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($72 \pm 5^{\circ}\text{F}$).

MUESTREO

14. Obténganse las muestras del árido a ser ensayado de acuerdo con el Método H0101.

PREPARACION INICIAL DE LA MUESTRA

15. Séquense suficientemente las muestras de árido, para permitir su completa separación de tamaños mediante el tamiz de 4,75 mm (No.4), y para desarrollar una condición de fluidez o libre movimiento de los áridos cuando pasan a través del tamiz.

El secado puede efectuarse por cualquier método, siempre y cuando no se excedan los 60°C (140°F) y no se degraden las partículas. Los métodos de secado más usados son el secado al sol, al horno y el uso de corrientes de aire caliente.

16. Si la muestra contiene una cantidad apreciable de arcilla, déense vueltas al árido a medida que se seca, para obtener un secado uniforme y evitar la formación de terrones duros de arcilla.
17. Rómpanse los terrones duros y remuévanse los finos que cubren los áridos gruesos, por cualquier método que no reduzca apreciablemente el tamaño natural de las partículas.
18. Determínese la gradación de la muestra por tamizado, de acuerdo con el Método H0104, con los tamices de 19,0, 12,5, 9,5, 4,75, 2,36 y 1,18 mm ($3/4"$, $1/2"$, $3/8"$, No.4, No.8, No.16). Descártese cualquier material que sea retenido en el tamiz de 19,0 mm ($3/4"$).
19. Determínense los procedimientos de ensayo que se usarán para establecer el índice de durabilidad del árido, basándose en la gradación obtenida en el numeral 18:
 - a) Si menos del 10% pasa el tamiz de 4,75 mm (No.4), ensáyese solamente el árido grueso (procedimiento A).
 - b) Si menos del 10% del árido es de tamaño mayor que el tamiz de 4,75 mm (No.4), ensáyese únicamente el árido fino (procedimiento B).
 - c) Cuando ambas fracciones del árido, grueso y fino, están presentes en cantidades iguales o mayores al 10%, y el porcentaje que pasa el tamiz de 1,18 mm (No.16) es mayor del 10%, úsense ambos procedimientos, A y B, a las fracciones correspondientes.
 - d) Si el porcentaje que pasa el tamiz de 1,18 mm (No.16) es menor o igual al 10%, úsense el procedimiento A o el procedimiento C.
 - e) Si la mayoría del árido (75 a 80%) se encuentra entre los tamices de 9,5 mm ($3/8"$) y 1,18 mm (No.16), úsense únicamente el procedimiento C.

PROCEDIMIENTO A – ÁRIDO GRUESO

Preparación de la muestra

20. Prepárese una muestra preliminar de ensayo, de 2550 ± 25 g, secada al aire, usando la siguiente gradación:

Tamaño del árido	Peso seco al aire, g
19,0 a 12,5 mm (3/4" a 1/2")	1070 \pm 10
12,5 a 9,5 mm (1/2" a 3/8")	570 \pm 10
9,5 a 4,75 mm (3/8" a No.4)	910 \pm 5
	2550 \pm 25

Séquese esta muestra preliminar, hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$); déjese enfriar y pésese. Regístrese el peso resultante W.

Nota 2. Si no se requiere un ajuste al peso del espécimen o al volumen del agua de lavado y de ensayo, o a ambos, no es necesario secar la muestra al horno antes del lavado inicial.

21. Deposítense la muestra preliminar de ensayo dentro de vaso mecánico de lavado, añádanse 1000 ± 5 ml de agua destilada o desmineralizada, ajústese la tapa del vaso y asegúrese el vaso en el agitador.

22. Debido a la baja gravedad específica o a la alta tasa de absorción de ciertos áridos, las proporciones de áridos y agua pueden no permitir la abrasión deseada entre las partículas. El ensayo de estos materiales requerirá un ajuste al peso del espécimen de ensayo o al volumen del agua, tanto de lavado como de ensayo, o a ambos:

- Lávense todos los materiales que no se inundan completamente cuando se agregan 1000 ml de agua a la muestra de ensayo, y ensáyese con ajuste a los pesos del espécimen y a los volúmenes de agua.
- Determínese el peso específico del árido secado al horno y su porcentaje de absorción, de acuerdo al Método H0109
- Ajústese el peso total de la muestra de ensayo usando la siguiente ecuación:

$$\text{Peso ajustado de la muestra} = \frac{\text{Peso específico del agregado}}{2,65} \times W$$

- Ajústese el peso del material en cada tamaño proporcionalmente a los pesos especificados en el numeral 26.
- Ajústese el volumen del agua de ensayo usando la siguiente ecuación:

$$\text{Agua ajustada} = 1000 + (A \times W) - 50$$

Donde:

A = Absorción del árido, %

W = Peso de la muestra de ensayo secada al horno, g.

23. Después de 60 ± 10 segundos de haber introducido el agua de lavado, agítense el vaso en el agitador de tamices, por un tiempo de 120 ± 5 segundos.

24. Al terminar el período de 2 min de agitación, remuévase el vaso del agitador, destápese y cuélese su contenido por el tamiz de 4,75 mm (No.4). Lávense los finos remanentes en el vaso con la ayuda de una manguera, de forma tal que el agua de lavado pase por el tamiz y caiga en el mismo recipiente de los áridos que lo atravesaron, hasta que salga limpia el agua.

25. Séquese la fracción retenida en el tamiz de 4,75 mm (No.4) hasta peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$) y pésese. Si la pérdida de peso debida al lavado efectuado según los numerales 21 a 24 es igual o menor a 75 g, una muestra para ensayos adicionales debe ser preparada y los procedimientos de los numerales 26 a 31 deben ser omitidos. Si la pérdida de peso excede los 75 g, la muestra preliminar de ensayo puede conservarse y ser usada, siempre y cuando una segunda muestra se lave mediante el mismo procedimiento y las dos muestras sean combinadas de acuerdo a los pesos especificados para proveer la muestra de ensayo deseada.

26. Determínese la gradación a ser usada en la preparación de la muestra de ensayo preliminar como sigue:

Si cada uno de los tamaños de árido listados en la siguiente tabla representa el 10% o más de la porción comprendida entre los tamices de 19,0 mm (3/4") y 4,75 mm (No.4), como se determinó

en los pesos registrados en el numeral 18, úsense los pesos del material (secado al horno) especificado enseguida, para preparar la muestra de ensayo preliminar.

Tamaño del árido	Peso seco al horno, g
19,0 a 12,5 mm (3/4" a 1/2")	1050 ± 10
12,5 a 9,5 mm (1/2" a 3/8")	550 ± 10
9,5 a 4,75 mm (3/8" a No.4)	900 ± 5
	2500 ± 25

27. Prepárense 2500 g de muestra de ensayo preliminar usando la gradación prescrita. Séquese esta muestra hasta peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).
28. Lávese mecánicamente la muestra preliminar de la misma manera como se describió en los numerales 21 a 24.
29. Repítanse las secciones 27 y 28, si es necesario, para obtener suficiente material que dé una muestra de ensayo lavada de 2500 ± 25 g, numeral 26.
30. Después de permitir que se enfríe el material secado al horno, sepárese el árido grueso lavado, en los tamices de 12,5, 9,5 y 4,75 mm (1/2", 3/8", No.4). Descártese el material que pasa el tamiz de 4,75 mm (No.4).
31. Prepárese la muestra de ensayo lavada usando los pesos especificados en el numeral 26, a partir de porciones representativas de cada tamaño del material lavado. Ocasionalmente, puede ser necesario lavar una tercera muestra preliminar de ensayo para obtener el peso requerido en un tamaño específico de material.

Procedimiento para el árido grueso

32. Colóquese el cilindro plástico (el mismo requerido en el Método H0113 para obtención del equivalente de arena) sobre una mesa de trabajo, la cual no debe estar expuesta a vibraciones durante el proceso de sedimentación del ensayo. Viértanse 7 ml (0.24 onzas) de la solución base del cloruro de calcio dentro del cilindro. Colóquense los tamices de 4,75 mm (No.4) y de 75 μm (No.200) sobre el recipiente recolector del agua de lavado con el tamiz de 4,75 mm (No.4) arriba, el cual sirve sólo para proteger el tamiz de 75 μm (No.200).
33. Colóquese la muestra de ensayo lavada (como se preparó en el punto "Preparación de la muestra" del Procedimiento A) en el vaso mecánico de lavado. Añádase luego la cantidad de agua destilada o desmineralizada, determinada en el numeral 22; ajústese la tapa y colóquese el vaso en el agitador. Comiencese la agitación después de 60 segundos de haber vertido el agua de lavado. Agítese el vaso por 600 ± 15 segundos.
34. Inmediatamente después de agitado, retírese el vaso del agitador y quítesele la tapa. Agítese el contenido del vaso sostenido verticalmente, en forma vigorosa, con movimientos horizontales - circulares, cinco o seis veces, para poner los finos en suspensión e inmediatamente viértase este contenido en el recipiente colector de agua de lavado con los tamices mencionados en el numeral 32. Descártese el material retenido en el tamiz de 4,75 mm (No.4). Recójase toda el agua de lavado y material que pasa el tamiz de 75 μm (No.200) en el recipiente colector. Para asegurar que el material de tamaño inferior al del tamiz de 75 μm (No.200) ciertamente pasa por dicho tamiz, deben seguirse los siguientes pasos:
 - a) A medida que se cuela el material por el tamiz de 75 μm (No.200), debe golpearse repetidamente el lado del tamiz con la mano.
 - b) Si aún queda una concentración retenida en el tamiz, debe reciclarse el agua de lavado. Para ello debe primero dejarse reposar el agua del colector permitiendo que asienten las partículas mayores. Luego, el agua un poco más clara de la parte superior puede depositarse en otro recipiente y volverse a verter sobre los tamices, para caer de nuevo en el recipiente colector, lavando así las partículas remanentes. Debe repetirse este reciclaje hasta que todas las partículas que deben pasar por el tamiz de 75 μm efectivamente pasen y se junten en el recipiente colector.
35. Añádase agua destilada o desmineralizada, hasta dar el volumen de 1000 ± 5 ml de agua sucia. Transfírase el agua de lavado a otro recipiente adecuado para agitar y verter su contenido.
36. Colóquese un embudo en el cilindro plástico graduado. Agítese manualmente el agua de lavado para poner los finos en suspensión. Estando aún en turbulencia, viértase el agua de lavado dentro del cilindro graduado, en cantidad tal, que llegue el nivel del agua a la marca de 380 mm (15").

37. Remuévase el embudo, colóquese el tapón en el extremo del cilindro y prepárese para mezclar el contenido inmediatamente.
38. Mézclase el contenido del cilindro mediante movimientos alternados de agitación hacia arriba y hacia abajo, o a la derecha y a la izquierda, haciendo que la burbuja atraviese completamente el cilindro 20 veces en 35 segundos aproximadamente.
39. Al terminar el proceso de mezcla, colóquese el cilindro sobre la mesa de trabajo y remuévase el tapón. Déjese reposar el contenido del cilindro por 1200 ± 15 segundos, cuidando de no perturbarlo. Exactamente al final de este tiempo léase y regístrese la altura de la columna de sedimentación, con aproximación de 2,5 mm (0.1").

Nota 3: Existen dos condiciones inusuales que pueden ser encontradas en esta fase del procedimiento de ensayo. Una es que puede no formarse una línea de demarcación claramente definida entre el sedimento y el líquido sobre él, al finalizar los 20 minutos especificados. Si esto ocurre en un ensayo donde se usó agua destilada o desmineralizada, déjese sedimentar aún más hasta que se forme la línea de demarcación, mídase la altura y regístrese el tiempo. Si en cambio el ensayo se hizo con agua común, debe discontinuarse el ensayo y repetirse usando una parte de la muestra que no esté ensayada, y usando agua desmineralizada. La segunda condición inusual es que el líquido que está sobre la línea de demarcación puede verse aún oscuro y turbio al final de los 20 minutos de sedimentación, viéndose como si la línea de demarcación estuviese dentro de la misma columna de sedimentación. Al igual que la primera condición, si se ha usado agua común, debe volver a hacerse el ensayo con una nueva muestra y con agua destilada y desmineralizada; en caso contrario, puede leerse y registrarse esta línea de demarcación al final del tiempo de sedimentación de 20 minutos.

PROCEDIMIENTO B – ÁRIDO FINO

Preparación de la muestra de ensayo

40. Cuartéese una porción representativa del material que pasa por el tamiz de 4,75 mm (No.4), suficiente para obtener un peso secado al horno de 500 ± 25 g.
41. Séquese la muestra preliminar de ensayo hasta peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$). Enfríese a la temperatura ambiente.
42. Colóquese la muestra de ensayo en el vaso mecánico de lavado, añádanse 1000 ± 5 ml de agua destilada y desmineralizada, y tápese el vaso. Asegúrese el vaso en el agitador con suficiente tiempo para comenzar la agitación después de 600 ± 30 segundos de haber introducido el agua de lavado. Agítese el vaso por un período de 120 ± 5 segundos.
43. Después de completar el período de agitación de 2 minutos, retírese el vaso del agitador, destápese y cuélese cuidadosamente su contenido a través del tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No.200), protegido con el tamiz de 4,75 mm (No.4), como se describió en el numeral 32. Enjuáguese el vaso y el tamiz con ayuda de una manguera, de manera que el agua de lavado caiga en el mismo recipiente de los áridos que pasaron el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No.200), hasta que el agua que pasa por el tamiz salga clara.
44. Puede ser necesario fluidificar aquellas muestras que sean arcillosas o limosas, antes de verterlas sobre el tamiz, para prevenir el taponamiento del tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No.200). Se fluidifica añadiendo agua al vaso después del período de agitación. Fluidificación repetida puede ser necesaria en casos extremos, antes de que el contenido del vaso sea vertido en el tamiz.
45. Después del lavado, transfírase el material retenido en el tamiz, a un recipiente de secado y séquese hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$). Es necesario lavar el material retenido en el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No.200) para transferirlo al recipiente de secado. Déjese el recipiente en una posición inclinada, hasta que el agua libre que drena por el lado más bajo sea clara. Luego desalójese esta agua clara. Usense recipientes grandes y pandos para extender la muestra y aumentar la velocidad de secado.
46. Después de permitir que el material secado al horno se enfríe, tamícese la muestra de ensayo, por 20 minutos, usando los siguientes tamices: 2,36 y 1,18 mm, 600, 300, 150 y $75 \mu\text{m}$ (Nos.8, 16, 30, 50, 100 y 200).

Nota 4: El agitador descrito en el numeral 7 no es aconsejable si se decide calcular la gradación del material. Cualquier agitador mecánico puede ser usado para la separación de tamaños en vez del agitador especificado. No es esencial efectuar el análisis granulométrico para llevar a cabo el ensayo de durabilidad para los áridos finos. Si no se desea hacer el análisis granulométrico, este paso se puede omitir.

47. Después de averiguar la granulometría de la muestra de ensayo lavada, recombínese todo el material retenido en los diferentes tamaños, con el material que pasa el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No.200) que fue colectado en el recipiente colector.
48. Cuartéese una cantidad suficiente del material lavado y tamizado, para llenar la lata de medida de 85 ml (3 oz) hasta el borde. Mientras que se llena la lata, golpéese su fondo sobre otra superficie dura

para causar la consolidación del material y permitir que quepa la mayor cantidad de material en la lata. Téngase especial cuidado en este procedimiento para lograr una muestra verdaderamente representativa.

Nota5: Es preferible el uso de un cuarteador que cumpla con los requisitos del Método H0102.

Procedimiento para el árido fino

49. Hágase un ensayo de equivalente de arena de acuerdo con el Método H0113, con la excepción de que se debe usar un agitador mecánico para agitar continuamente el cilindro y su contenido por un tiempo de 600 ± 15 segundos.

PROCEDIMIENTO C – ÁRIDOS MUY FINOS PARA SER ENSAYADOS COMO ÁRIDOS GRUESOS Y MUY GRUESOS PARA SER ENSAYADOS COMO ÁRIDOS FINOS

Preparación de la muestra

50. El procedimiento C ha sido desarrollado para ensayar áridos que están contenidos principalmente entre los tamices de 9,5 mm y 1,18 mm ($\frac{3}{8}$ " y N° 16). Estos áridos son muy finos para ser ensayados como áridos gruesos y muy gruesos para ser ensayados como arena.
51. Prepárese la muestra de ensayo de la misma forma que la especificada en el punto "Preparación de la muestra de ensayo" del Procedimiento B, exceptuando que se elimina el procedimiento de tamizado y de recombinación del material seco como se requería en los numerales 46 y 47.

Procedimiento

52. Llénese el cilindro plástico hasta el nivel de $102 \pm 2,5$ mm (4 ± 0.1 ") con agua destilada o desmineralizada. Viértase el espécimen de ensayo preparado dentro del cilindro mediante un embudo para evitar derramamiento. Golpéese súbitamente el fondo del cilindro con la palma de la mano, para liberar cualquier burbuja y ayudar al humedecimiento total del espécimen. Permítase reposar el cilindro por 10 ± 1 minutos.
53. Tápese el cilindro, aflójese el material del fondo, y colóquese el cilindro en el agitador mecánico del equivalente de arena. Enciéndase el cronómetro y permítase que la máquina agite el cilindro y su contenido por 30 ± 1 minutos.
54. Al final del período de agitación, remuévase el cilindro del agitador y transfírase el agua y el material que pasa el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (N° 200) a un segundo cilindro que contiene 7 ml (0.24 oz) de solución base de cloruro de calcio. Para ello, deben anidarse los tamices de 2,36 mm y de $75 \mu\text{m}$ (N° 8 y N° 200) con un embudo que descarga al segundo cilindro, debe golpearse el fondo del primer cilindro (aún tapado) y agitarse para aflojar su contenido, luego invertirlo sobre el embudo con los tamices, quitar el tapón y dejar que se cuele el contenido a través de los tamices y que descargue el material que pase, en el segundo cilindro. Luego añádase suficiente agua fresca destilada, hasta que el nivel del líquido en el segundo cilindro sea de 380 mm (15").

Tápese el segundo cilindro y mézclese su contenido invirtiéndolo 20 veces en 35 segundos.

55. Permítase que el cilindro repose sin disturbios, por 1200 ± 15 segundos (20 minutos) desde el momento de haber completado la operación de mezcla, luego léase la marca de la suspensión arcillosa con precisión de 2,5 mm (0.1").

CALCULOS

Procedimiento A - agregado grueso

56. Calcúlese el índice de durabilidad del árido grueso, aproximándolo al entero más cercano, usando la siguiente ecuación:

$$D_c = 30,3 + 20,8 \cot(0,29 + 0,15 H)$$

Donde:

D_c = Índice de durabilidad

H = Altura de sedimentación, en pulgadas, y la cantidad (0,29 + 0,15 H) en radianes.

Procedimiento B - árido fino

57. Calcúlese el índice de durabilidad del árido fino, aproximándolo al entero inmediatamente superior, usando la siguiente ecuación:

$$Df = \frac{\text{lectura de la arena}}{\text{lectura de la arcilla}} \times 100$$

58. Si se desea calcular el índice como el promedio de varios índices, cada índice se calcula al entero superior y el promedio de ellos también se aproxima al entero superior.

Procedimiento C - áridos muy finos para ser ensayados como áridos gruesos y muy gruesos para ser ensayados como áridos finos

59. Calcúlese el índice de durabilidad de acuerdo con el punto "Procedimiento A – árido grueso" de Cálculos.

PRECAUCIONES

60. Hágase el ensayo en un lugar libre de vibraciones, ya que las vibraciones pueden ocasionar que el material suspendido se asiente a una mayor velocidad que la normal.
61. No deben exponerse los cilindros plásticos al sol por un tiempo mayor al necesario.
62. Revísese frecuentemente el juego entre la excéntrica y la cama del agitador Tyler. Si existe tal juego, debe reemplazarse una de ellas o ambas.
63. Lubríquese el agitador al menos una vez cada tres meses.

INFORME

64. Infórmese la gradación del material a ensayar tal como fue recibido, la gradación de la muestra de árido grueso usada y la de árido fino usada. Infórmese el índice de durabilidad calculado (Dc o Df) con la indicación del procedimiento usado (A, B o C).
65. Infórmese si hubo control de temperatura y si se usó agua común, destilada o desmineralizada.

PRECISION

66. Resultados de dos (2) ensayos efectuados por el mismo operador, sobre el mismo material, no deben diferir entre sí en más de 10,1.
67. Resultados de dos (2) ensayos efectuados en laboratorios diferentes, sobre el mismo material, no deben diferir entre sí en más de 14,4.

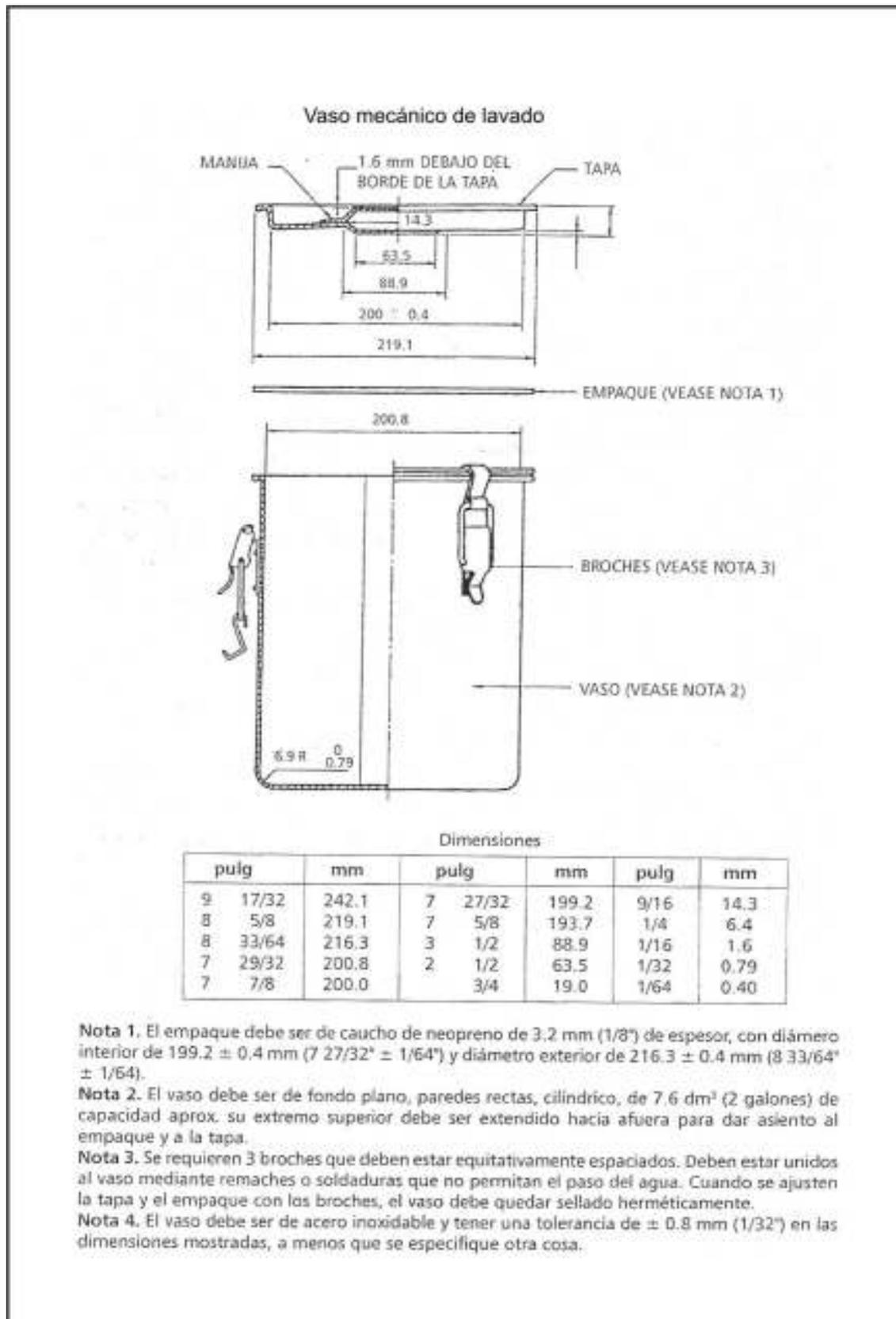


FIGURA H0117_1 VASO MECANICO DE LAVADO

H0118. PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS ÁRIDOS (D 5821 NTL 358)

OBJETO

Este método describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en peso, del material que presente una o más caras fracturadas de las muestras de áridos.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Balanza, de 5000 g de capacidad y precisión de 1 g.
2. Tamices, de 37,5, 25,0, 19,0, 12,5 y 9,5 mm ($1\frac{1}{2}$ ", 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ").
3. Espátula, para separar los áridos.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

4. La muestra para ensayo deberá ser representativa de la granulometría promedio del agregado, y se obtendrá mediante un cuidadoso cuarteo del total de la muestra recibida. Hágase el análisis granulométrico de la muestra cuarteada.
5. Sepárese por tamizado la fracción de la muestra comprendida entre los tamaños 37,5 mm y 9,5 mm ($1\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ "). Descártese el resto,
6. El peso total de la muestra dependerá del tamaño del árido así:

Tamaño del árido		Peso en g
37,5 a 25,0 mm	($1\frac{1}{2}$ " a 1")	2000
25,4 a 19,0 mm	(1" a $\frac{3}{4}$ ")	1500
19,0 a 12,5 mm	($\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ")	1200
12,5 a 9,5 mm	($\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{8}$ ")	300

PROCEDIMIENTO

7. Espárzase la muestra en un área suficientemente grande, para inspeccionar cada partícula. Si es necesario lávese el árido sucio. Esto facilitará la inspección y detección de las partículas fracturadas.
8. Sepárense con el borde de la espátula, las partículas que tengan una o más caras fracturadas. Si una partícula de árido redondeada presenta una fractura muy pequeña, no se clasificará como "partícula fracturada". Una partícula se considerará como fracturada cuando un 25% o más del área de la superficie aparece fracturada. Las fracturas deben ser únicamente las recientes, aquellas que no han sido producidas por la naturaleza, sino por procedimientos mecánicos.
9. Pése las partículas fracturadas y anótese este valor.

CALCULOS

10. Para llevar a cabo los cálculos, sigase el formato del ejemplo que se muestra en la Figura H0118-1. El procedimiento de cálculo es como se describe en los numerales siguientes.
11. Anótese en la columna A el peso exacto de las porciones de la muestra tomadas para el ensayo, comprendidas entre los tamaños especificados, y teniendo en cuenta el numeral 6.
12. En la columna B anótese el peso del material con caras fracturadas para cada tamaño.
13. La columna C representa el porcentaje de caras fracturadas para cada tamaño: $C = (B/A) \times 100$.

14. Regístrese en la columna D los valores correspondientes del análisis granulométrico de la muestra original (numeral 4).
15. Después de calcular la columna E = C x D y sumar los valores de cada columna, el porcentaje de caras fracturadas se calcula así, expresándolo con aproximación del 1%:

$$\text{Porcentaje de caras fracturadas} = \frac{\text{Suma de \% de caras fracturadas, ponderados según graduación original}}{\text{Muestra de ensayo como \% del material original}} = \frac{\text{Total E}}{\text{Total D}}$$

Ejemplo de determinación del porcentaje de caras fracturadas de un agregado.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS

Obra _____ Sitio: RÍO OCOA Muestra: Triturado
 Descripción: Grava color amarillo
 Horizonte: _____ Profundidad: _____ Fecha: IV-6-88

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	($\frac{B}{A} \times 100$)	(%)	C x D
1 1/2"	1"	2.000				
1"	3/4"	1.500	1.127	75.1	16.9	1.269.2
3/4"	1/2"	1.200	806	67.2	14.5	974.4
1/2"	3/8"	300	237	79.0	9.1	718.9
TOTAL			2.170	221.3	40.5	2.962.5
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS		=		$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 73.1\%$		

- A PESO MUESTRA, g
- B PESO MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS, g
- C PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS
- D PORCENTAJE RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL
- E PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS.

OBSERVACIONES:

 LABORATORISTA

 INGENIERO

FIGURA H0118_1 EJEMPLO DE DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS DE UN AGREGADO

H0119. COEFICIENTE DE FRIABILIDAD DE LOS ÁRIDOS (UNE 83115)

OBJETO

1. Este método describe el procedimiento que debe seguirse para determinar el coeficiente de friabilidad de los áridos, sometidos a compresión estática.
2. El ensayo proporciona una medida relativa de la resistencia de los áridos a la abrasión, cuando se someten a una carga gradualmente aplicada.
3. La utilización de cada uno de los moldes y de cada una de las cargas descritas en el ensayo, dependerá del tamaño de las partículas del árido que se pretende ensayar.

EQUIPOS Y MATERIALES

4. Moldes

Tres moldes cilíndricos de acero, abiertos por sus extremos, con sus placas de base, de la forma y dimensiones que se indican en la Figura H0119-1

Las superficies interiores de los moldes, en contacto con el árido, estarán maquinadas y tratadas de forma tal que su dureza no sea inferior a 578 HB (dureza Brinell).

5. Pistones

Tres pistones de acero, de la forma y dimensiones que se indican en la Figura H0119-1

6. Varillas para compactar

Dos varillas cilíndricas de metal, uno de cuyos extremos será de forma esférica del mismo diámetro que las varillas. La varilla a utilizar con los moldes grande y mediano será de 16 mm de diámetro y 450 mm de longitud. La varilla a utilizar con el molde pequeño será de 8 mm de diámetro y 225 mm de longitud.

7. Balanza y báscula

Una balanza de 20 kg de capacidad y precisión 2 g, y una báscula de 50 kg de capacidad y precisión 5 g.

8. Horno

El horno que se emplee estará provisto de regulador de temperatura y de circulación forzada de aire, y será capaz de mantener la temperatura a $105 \pm 5^\circ\text{C}$.

9. Tamices, indicados en la Tabla H0119_1

TABLA H0119_1 TAMICES REQUERIDOS PARA EL ENSAYO

Designación		Designación	
mm	Alterna	mm	Alterna
63	2 ½"	12,5	½"
50	2"	9,5	¾"
37,5	1 ½"	8,0	5/16"
31,5	1 ¼"	6,3	¼"
25,0	1"	4,75	Nº 4
19,0	¾"	2,36	Nº 8
16,0	5/8"	1,70	Nº 12

10. Prensa

Capaz de aplicar la carga de ensayo en forma progresiva y uniforme, de manera que se alcance la carga máxima en diez minutos.

11. Material auxiliar

Cuartheador de áridos, bandejas, pinzas metálicas, cepillo, etc.

PREPARACION DE LA MUESTRA

12. Previo cuarteo del material recibido en el laboratorio, y de acuerdo con el tamaño de partículas que predomina en la muestra o la fracción de árido específica que se desea ensayar, se prepararán por tamizado, entre los tamices de abertura correspondiente indicados en la Tabla H0119_2, las muestras para ensayo. El peso aproximado y el molde que se va a emplear son, así mismo, los indicados en dicha Tabla H0119_2.

TABLA H0119_2 MOLDES Y PESOS DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO

Fracción de ensayo(tamices, mm)	Molde de ensayo	Peso aproximado necesario (g)
50 - 63 37,5 - 31,5 31,5 - 25,0	Grande	25.000
16,0 - 19,0 2,5 - 16,0 9,5 - 12,5	Mediano	3.000
6,3 - 8,0	Pequeño	500

13. La muestra para ensayo consistirá de árido exento de polvo por lavado y desecación en horno hasta peso constante, a la temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ (Nota 1), dejándola enfriar a temperatura ambiente antes de ensayarla.

Nota1: El tiempo de secado en horno a la temperatura indicada en el numeral 13 no excederá de 4 horas.

PROCEDIMIENTO

14. Escogido el molde de ensayo que se va a utilizar, de acuerdo con la fracción de árido (Tabla H0119_2), en una de las balanzas especificadas en el numeral 7 se pesan el molde vacío y su placa de base, denominándose a este peso P_T .
15. Con el árido, preparado como se indica en los numerales 12 y 13, se llena el correspondiente molde de ensayo, montado sobre su placa de base, añadiendo la muestra de árido en tres capas de aproximadamente el mismo espesor. Se compacta cada capa con 25 golpes de la varilla adecuada para cada molde (numeral 6), aplicados con su extremo redondeado y distribuyéndolos en toda la superficie de la capa.
16. La cantidad definitiva de muestra que se va a ensayar será tal, que cuando el pistón sea colocado sobre ella, según se indica en el numeral 17, aquél quede alojado en el interior del molde, penetrando tan sólo el espesor de su disco inferior, tal como se indica en la Figura H0119-1
17. Para acomodar la muestra introducida en el molde de ensayo, se coloca el pistón adecuado y se le comunica un ligero movimiento alternativo de rotación, por medio de la barra que atraviesa su cabeza. De esta forma, se logra la nivelación de la superficie de la muestra, permitiendo que el espesor total del disco inferior del pistón entre en el molde (Nota 2).

Nota 2: Si en el primer intento el espesor del disco inferior del pistón no queda justamente introducido en el molde de ensayo, se corrige parcialmente la cantidad de árido de la última capa, en su superficie, volviendo a verificar con el pistón los movimientos de rotación como se describe en el numeral 17. Esta operación se repite las veces necesarias, hasta conseguir la altura deseada del pistón en el interior del molde.

18. Luego del ajuste del pistón, éste se retira y se pesa el conjunto de molde, base y árido, en la balanza adecuada. Descontando de este peso así determinado el peso P_T (numeral 14), se obtiene el peso inicial, P_I , de la muestra de ensayo.
19. Se vuelve a colocar el pistón en el molde, de forma tal que descansa horizontalmente sobre la superficie del árido, asegurándose de que el pistón no quede acodalado en las paredes interiores del cilindro.
20. El molde con la muestra y el pistón en su posición correcta se sitúan sobre el plato de la prensa.
- La carga de ensayo que se aplica, según el tamaño del molde, será la que se indica en la Tabla H0119_3.

TABLA H0119_3 CARGA DE ENSAYO

Molde de ensayo	Carga Total
Grande	160 ton
Mediano	40 ton
Pequeño	10 ton

Seguidamente, se pone en marcha la prensa, aplicando la carga de ensayo a una velocidad tan uniforme como sea posible, de manera que se llegue a la carga total en un tiempo máximo de 10 minutos. Esta carga es mantenida durante 2 minutos.

21. Una vez aplicada la carga de ensayo, se retira de la prensa el molde con su placa de base. A continuación, y sobre una bandeja, se quita el pistón y se vacía totalmente el molde, recogiendo con ayuda de un cepillo todo el material que quede adherido a sus paredes interiores. Luego se tamiza toda la muestra por los siguientes tamices de acuerdo con el molde empleado.

Molde grande	Tamiz de 4,75 mm	(Nº 4)
Molde mediano	Tamiz de 2,36 mm	(Nº 8)
Molde pequeño	Tamiz de 1,70 mm	(Nº 12)

Se pesa la fracción del material que pasa por el tamiz correspondiente, obteniéndose así el peso, P_F , del material fino que se ha producido durante el ensayo, teniendo el máximo cuidado para evitar pérdidas.

22. De cada muestra de árido deberán efectuarse, como mínimo, dos determinaciones.

CALCULOS

El coeficiente de friabilidad se calcula, en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso del material fino, P_F , producido en el ensayo y el peso inicial de la muestra ensayada, P_I :

$$\text{Coeficiente de friabilidad del árido} = \frac{P_F}{P_I} \times 100$$

La media de los valores obtenidos en las dos determinaciones efectuadas se redondeará al número entero más próximo.

El resultado obtenido se expresará como coeficiente de friabilidad, indicándose la fracción de árido ensayada.

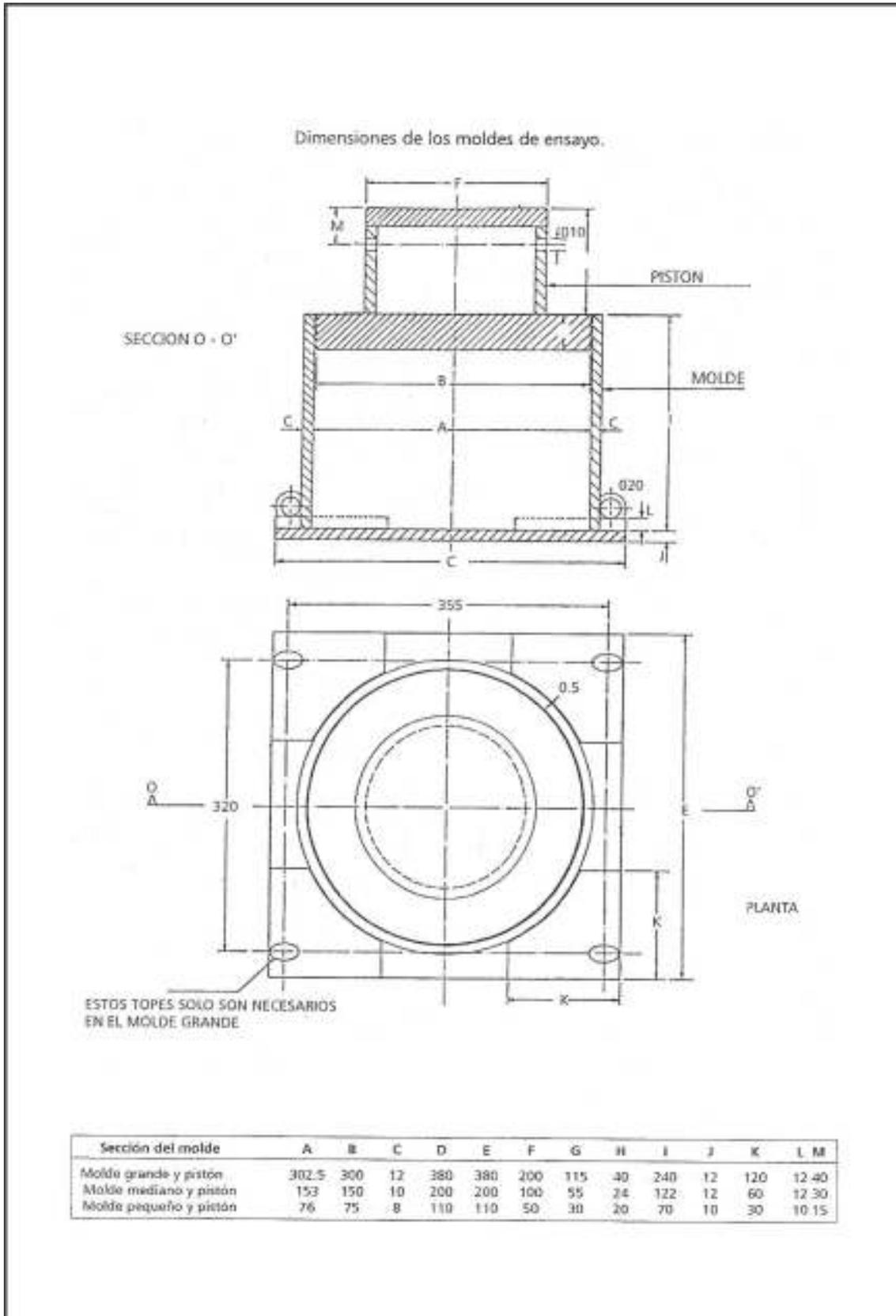


FIGURA H0119_1 DIMENSIONES DE LOS MOLDES DE ENSAYO

H0120. MÉTODO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO MEDIO DE LOS ÁRIDOS GRUESOS

OBJETO

Este método establece el procedimiento para determinar el coeficiente volumétrico medio de los áridos gruesos. Es aplicable a los áridos gruesos que se utilizan en la elaboración de hormigones y mezclas asfálticas.

El método establece dos procedimientos para determinar la suma de los volúmenes reales (V) de las partículas que constituyen un árido: un procedimiento volumétrico, aplicable a los casos corrientes, y un procedimiento gravimétrico, que se utiliza como contra ensaye en casos de controversia.

DEFINICIONES

1. Coeficiente volumétrico de una partícula

Tasa entre el volumen real (V) de una partícula y el volumen de una esfera de diámetro igual a la mayor dimensión (N) de esa partícula.

2. Coeficiente Volumétrico Medio (C).

Cuociente entre la suma de los volúmenes reales (V) de las partículas que constituyen un árido y

la suma de los volúmenes ($\sum \pi \cdot \frac{N_i^3}{6}$) de las respectivas esferas circunscritas.

EQUIPOS Y MATERIALES

3. Aparatos para determinar V .

- a) Método volumétrico. Una probeta graduada en cm^3 con una capacidad mínima de $500 cm^3$ y un diámetro interior igual o mayor que el tamaño máximo absoluto del árido.
- b) Método gravimétrico. Los aparatos indicados en el Método H0110.

4. Aparato para Determinar N_i .

Un pie de metro.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0101 y H0102.

Acondicionamiento de la muestra de ensaye

5. Previamente realice el ensaye de tamizado de acuerdo con el Método H0104, registrando el tamaño máximo absoluto (Da).
6. Reduzca por cuarteo el material mayor que $4,75mm$ ($N^\circ 4$) o $2,36mm$ ($N^\circ 8$), según sea para hormigón o asfalto respectivamente, al tamaño de la muestra de ensaye que se indica en la Tabla H0120_1.

TABLA H0120_1 TAMAÑO MÍNIMO DE LA MUESTRA DE ENSAYE

Tamaño máximo absoluto del árido, Da (mm)	Tamaño mínimo de la Muestra (g)
9,5	1.500
37,5	500
19	250

Nota 1: Para tamaños máximos intermedios, los tamaños de muestra pueden interpolarse. Por ejemplo, para $Da = 50$ mm corresponden 750 g de muestra y para $Da = 25,0$ mm corresponden 300 g.

PROCEDIMIENTO

7. Determine la suma de los volúmenes reales (V) de las partículas mediante el procedimiento volumétrico siguiente:

- Acondicione la muestra al estado saturado superficialmente seco, de acuerdo con el Método H0109.
- Coloque en la probeta graduada un volumen de agua que garantice que la muestra va a quedar completamente sumergida. Registre el volumen correspondiente como V_1 , aproximando a 1 cm^3 .
- Sumerja la muestra en el agua de la probeta. Agite el agua de modo de eliminar las burbujas de aire. Registre el volumen total del agua más la muestra sumergida como V_2 , aproximando a 1 cm^3 .
- Calcule V como el volumen de agua desplazada de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando a 1 cm^3 .

$$V(cm^3) = V_2 - V_1$$

Donde:

V : Suma de los volúmenes reales de las partículas de la muestra (cm^3).

V_1 : Volumen del agua en la probeta (cm^3).

V_2 : Volumen del agua más la muestra sumergida en la probeta (cm^3).

8. En casos de controversia efectúe contra ensayos, determinando la suma de los volúmenes reales de las partículas (V) mediante el procedimiento gravimétrico siguiente:

- Obtenga los valores de la pesada sumergida (A) y la pesada al aire ambiente en condición saturada superficialmente seca (B) del material en estudio, determinados según Método H0109.
- Calcule V como el volumen del total de partículas de la muestra, de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando a 1 (cm^3)

$$V(cm^3) = (B - A) \cdot 1.000 \frac{cm^3}{kg}$$

Donde:

V : Suma de los volúmenes reales de las partículas de la muestra (cm^3).

A : Masa del árido sumergido.

B : Masa del árido saturado superficialmente seco (kg.).

9. Determine los valores de N_i para el total de partículas de la muestra mediante el procedimiento de medición directa siguiente:

- Mida con el pie de metro la mayor dimensión de cada partícula (N_i) y regístrela en centímetros, aproximando a 0,1 cm.
- Calcule y registre el valor de la sumatoria de los ΣN_i^3

CÁLCULOS

10. Calcule el coeficiente volumétrico medio para cada ensayo de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando a 0,01:

$$C = \frac{1.91V}{\Sigma N_i^3}$$

Donde:

C: Coeficiente volumétrico medio.

1,91: Factor correspondiente al valor inverso de $\pi/6$.

V: Suma de los volúmenes reales de las partículas de la muestra (cm^3).

N_i : Mayor dimensión de cada partícula de la muestra (cm).

11. Calcule el coeficiente volumétrico medio de un árido como el promedio aritmético de dos ensayos sobre muestras gemelas.

PRECISIÓN

12. Acepte la determinación del coeficiente volumétrico medio cuando la diferencia entre los dos resultados obtenidos por un mismo operador, en ensayos sobre muestras gemelas, sea igual o inferior a 0,02.
13. Debe ensayar dos nuevas muestras gemelas cuando no se cumpla con lo especificado en el punto 12.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y contratista.
- b) Procedencia de la muestra y lugar de extracción.
- c) Tamaño máximo absoluto del árido grueso D_a .
- d) Procedimiento empleado en la determinación del volumen total de partículas (volumétrico o gravimétrico).
- e) El resultado del ensaye.
- f) Fecha de ensaye.
- g) Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al árido.
- h) Referencia a este método.

H0121. ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS ÁRIDOS PARA CARRETERAS (NTL 354)

OBJETO

1. Este método describe el procedimiento que debe seguirse, para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los árido que se van a emplear en la construcción de carreteras.
2. De acuerdo con este método, se define como índice de aplanamiento de una fracción de árido, el porcentaje en peso de las partículas que la forman cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.
3. Se define como índice de alargamiento de una fracción de árido, el porcentaje en peso de las partículas que la forman cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.
4. Este método no es aplicable a las fracciones del árido con tamaño inferior a 6,3 mm (1/4").

EQUIPO

5. Calibradores metálicos, uno de ranuras (calibrador de espesores) y otro de barras (calibrador de longitudes), cuyas dimensiones estarán de acuerdo con lo especificado en las Figuras H0121-1 y H0121-2.
6. Tamices, indicados en la Tabla H0121_1.
7. Balanza, con una precisión de 0,1% el peso de la muestra de áridos que se ensaya.
8. Equipo misceláneo: cuarteador de árido, bandejas, etc.

PREPARACION DE LA MUESTRA

9. Del material recibido en el laboratorio, se separa por cuarteo una muestra representativa, con cantidad suficiente para la realización del ensayo.
10. Una vez así separada la muestra para ensayo, se procede a determinar su análisis granulométrico, de acuerdo con el Método H0104, usando los tamices indicados en la Tabla H0121_1. El porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices sucesivos de la serie se denomina R_i , siendo i el tamiz de abertura menor.

TABLA H0121_1 DIMENSIONES DE LOS CALIBRADORES PARA ESPESOR Y LONGITUD

TAMICES		Dimensiones del calibrador, (mm)	
PASA	RETIENE	Aplanamiento	Alargamiento
mm (pulg)	mm (pulg)	(Abertura de la ranura) ⁽¹⁾	(Separación de las barras) ⁽²⁾
63 (2½")	50 (2")	33,9	--
50 (2")	37,5 (1½")	26,3	78,8
37,5 (1½")	25,0 (1")	18,8	56,3
25,0 (1")	19 (¾")	13,2	39,6
19 (¾")	12,5 (½")	9,5	28,4
12,5 (½")	9,5 (¾")	6,6	19,8
9,5 (¾")	6,3 (¼")	4,7	14,2

(1) Esta dimensión es igual a 0,6 veces el promedio de las aberturas de los tamices que definen la fracción.

(2) Esta dimensión es igual a 1,8 veces el promedio de las aberturas de los tamices que definen la fracción.

11. A continuación, previo cuarteo, se separan por tamizado las distintas fracciones de la muestra, tal como se indica en la Tabla H0121_1.

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 esté comprendido entre el 5% y el 15%, se tomará un mínimo de 100 partículas, determinando su peso, P_i , en la balanza con precisión del 0,1%

De cada fracción del árido cuyo porcentaje en la muestra sea superior al 15%, se tomará un mínimo de 200 partículas, determinando su peso, P_i , en la balanza con precisión del 0,1%

PROCEDIMIENTO

12. Para separar el material de forma aplanada de cada una de las fracciones de ensayo, preparadas como se indica en el numeral 9, se hace pasar cada partícula en el calibrador de aplanamiento por la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya, de acuerdo con la Tabla H0121-1
13. La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente, se pesa (P_{li}) con precisión del 0,1% del peso total de la muestra en ensayo.
14. Para separar el material con forma alargada de cada una de las fracciones de ensayo, preparadas como se indica en el numeral 9, se hace pasar cada partícula en el calibrador de alargamiento por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya, de acuerdo con la Tabla H0121-1.
15. La cantidad total de partículas de cada fracción retenida entre las dos barras correspondientes, se pesa (P_{ai}) con precisión del 0,1% de la masa total de la muestra de ensayo.

CALCULOS

16. El índice de aplanamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_{li} , que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial, P_i , de dicha fracción.

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción}(I_{li}) = \frac{P_{li}}{P_i} \times 100$$

17. El índice de alargamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_{ai} , retenidas entre las correspondientes barras y el peso inicial, P_i , de dicha fracción:

$$\text{Índice de alargamiento de la fracción}(I_{ai}) = \frac{P_{ai}}{P_i} \times 100$$

18. El valor obtenido para cada fracción ensayada, tanto del porcentaje de aplanamiento como del porcentaje de alargamiento, se redondeará al número entero más próximo.

INFORME

19. Los resultados obtenidos mediante este método pueden expresarse para cada fracción ensayada o para el total de la muestra.
20. La expresión de los índices de aplanamiento y alargamiento de cada fracción serán los obtenidos directamente en el ensayo, según se indica en los numerales 16 y 17, indicando expresamente la fracción ensayada.
21. Para expresar los índices de aplanamiento y alargamiento totales se calcula el promedio ponderado 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 también aplicando las siguientes expresiones:

$$\text{Índice de aplanamiento} = \frac{\sum (I_{li} \times R_i)}{\sum R_i}$$

$$\text{Índice de alargamiento} = \frac{\sum (I_{ai} \times R_i)}{\sum R_i}$$

Siendo i las fracciones ensayadas.

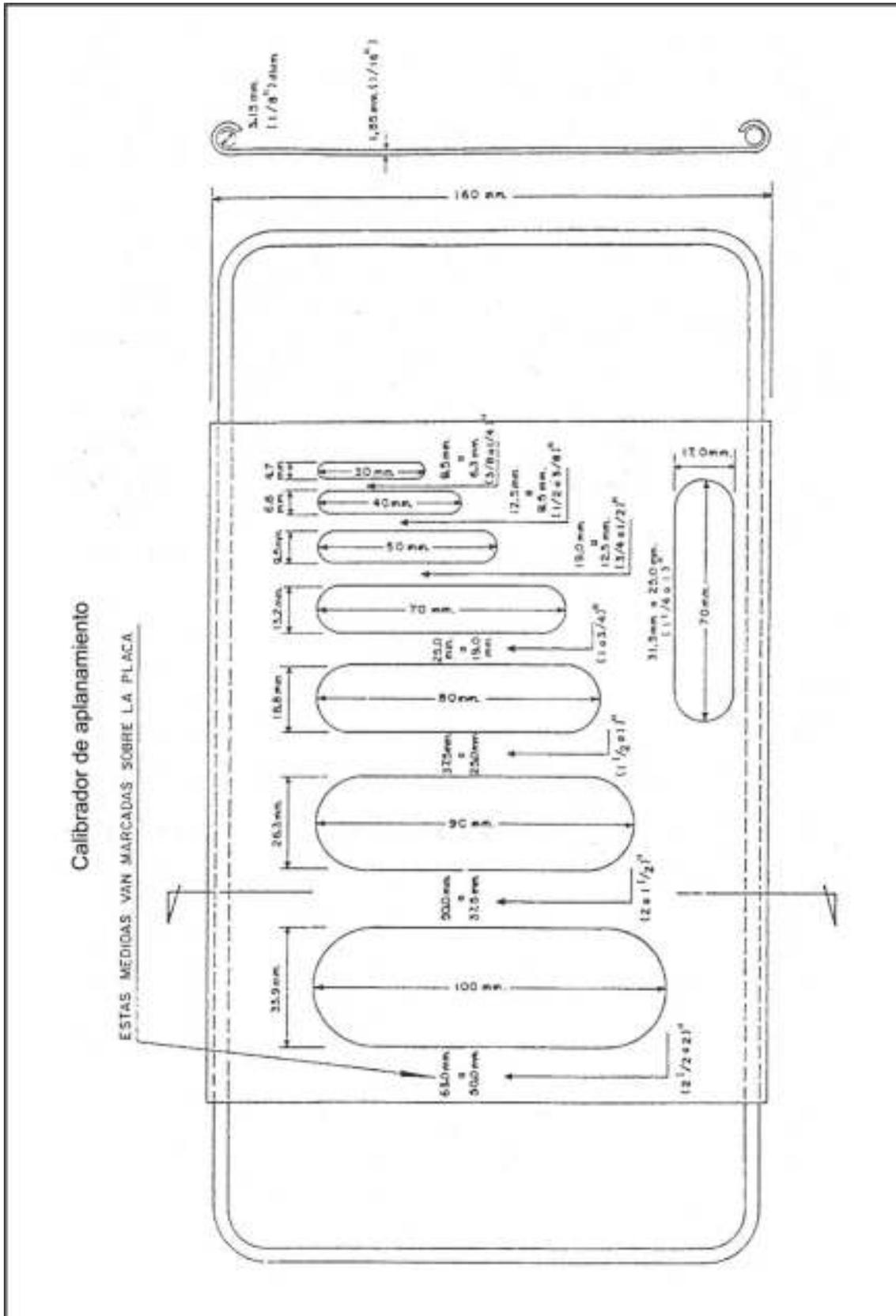


FIGURA H0121_1 CALIBRADOR DE APLANAMIENTO

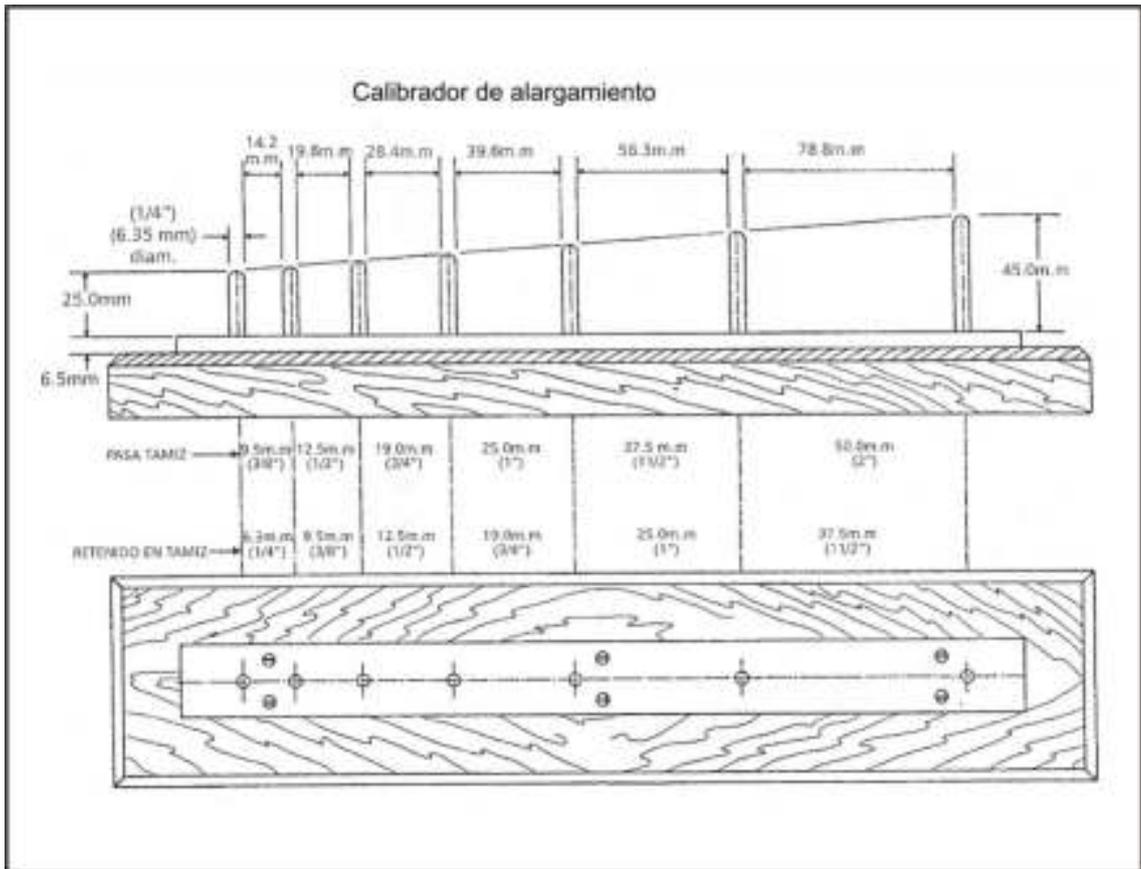


FIGURA H0121_2 CALIBRADOR DE ALARGAMIENTO

H0122. ÍNDICE DE FORMA Y DE TEXTURA DE LAS PARTÍCULAS DE ÁRIDO (ASTM D 3398)

OBJETO

Este método describe el método para determinar el Índice de Partículas de árido como una medida general de sus características de forma y textura.

Nota 1: Se sugiere este procedimiento para ensayar árido con un tamaño máximo de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ ""). Cuando se ensayen áridos con partículas superiores a este tamaño, deberá usarse un molde más grande, con la misma relación entre el diámetro y la altura y aplicarse una energía de compactación por capa apisonada aumentada proporcionalmente al incremento del área transversal del molde.

USO Y SIGNIFICADO

El método proporciona un valor índice para las características relativas de forma y textura de las partículas del árido. Este valor es una medida cuantitativa de aquellas características de forma y de textura que pueden afectar el desempeño de mezclas para vías y pavimentos. El método ha sido usado exitosamente para indicar los efectos de estas características sobre la compactación y la resistencia de las mezclas de suelo- árido y de asfalto.

EQUIPOS

1. Molde cilíndrico, con un diámetro interior de $152,40 \pm 0,13$ mm (6.0 ± 0.005 "") y una altura interior de $177,80 \pm 0,13$ mm (7.0 ± 0.005 ""), como se muestra en la Figura H0122-1. El molde debe ser metálico, con un espesor mínimo de pared de 6,1 mm (0.24") y debe tener suficiente rigidez para conservar su forma bajo trabajo pesado.

Nota 2: El molde especificado en el método D del Método S0404, (CBR de laboratorio), tiene el mismo tamaño.

Nota 3: Para el ensayo de fracciones finas del árido, por debajo del tamiz de 4,75 mm (No.4) puede, en ciertas circunstancias, ser apropiado usar un molde más pequeño, con una relación similar de diámetro-altura y una energía de compactación por capa, disminuida proporcionalmente al área transversal del molde.

2. Varilla apisonadora, de acero, recta, de sección circular con un diámetro de $15,88 \pm 0,25$ mm ($0.5/85 \pm 0.010$ "") y con una longitud de aproximadamente 610 mm (24"). Uno de sus extremos deberá ser semiesférico.
3. Dispositivo de pesaje, de al menos 15 kg de capacidad, con precisión de 2 g ó menos.

CALIBRACIÓN DEL MOLDE

4. Determinése el volumen del molde en ml, como se describe en los numerales siguientes, al menos dos veces para usar el promedio, en los cálculos del porcentaje de vacíos del numeral 12.
5. Llénese el molde con agua a la temperatura ambiente y cúbrase con una placa de vidrio, de tal manera que se eliminen las burbujas y el agua de exceso.
6. Determinése el peso neto del agua en el molde, con una precisión de 4 g o menos.
7. Mídase la temperatura del agua y determinése el volumen del molde multiplicando el peso neto del agua por el volumen específico de agua, dado en la Tabla H0122_1 para la temperatura medida.

TOMA DE MUESTRAS

Tómese la muestra de ensayo del árido de acuerdo con el Método H0101 "Muestreo de materiales"; y redúzcase hasta un tamaño apropiado según el Método H0102, "Reducción del tamaño de las muestras transportadas".

ESPECIMENES DE ENSAYO

8. Obténgase una muestra, de tamaño tal que proporcione por lo menos 6 kg (13 lb) de cada uno de los tamaños de árido, como se describe en el numeral 9, que estén presentes dentro de la gradación del árido en un porcentaje superior al 10%. No se ensayarán aquellos grupos que estén presentes en un porcentaje inferior, a menos que sea expresamente ordenado.

Nota 4: Para los tamaños pequeños del árido (fino), si se usa un molde más pequeño como se mencionó en la Nota 3, se necesita menos material fino y el tamaño de la muestra puede ser ajustado de conformidad.

9. Lávese la muestra de árido mediante decantación del agua de lavado a través del tamiz de 75 μm (No.200) o a través de un tamiz que sea por lo menos un tamaño inferior de aquél que sería el límite inferior de las fracciones que efectivamente van a ser ensayadas. Continúese el proceso de lavado por decantación hasta que el agua de lavado salga limpia. Devuélvase entonces, también mediante lavado, el árido retenido en el tamiz, al lugar donde se encuentra el árido; séquese la muestra, hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$), y tamícese el material, de acuerdo al Método H0104, para lograr las siguientes fracciones.

Pasa Tamiz		Retenida en Tamiz	
19,0 mm	($\frac{3}{4}$ ")	12,5 mm	($\frac{1}{2}$ ")
12,5 mm	($\frac{1}{2}$ ")	9,5 mm	($\frac{3}{8}$ ")
9,50 mm	($\frac{3}{8}$ ")	4,75 mm	(No.4)
4,75 mm	(No.4)	2,36 mm	(No.8)
2,36 mm	(No.8)	1,18 mm	(No.16)
1,18 mm	(No.16)	600 μm	(No.30)
600 μm	(No.30)	300 μm	(No.50)
300 μm	(No.50)	150 μm	(No.100)
150 μm	(No.100)	75 μm	(No.200)

No es necesario incluir en el análisis granulométrico tamices que estén por debajo del tamaño más pequeño que se encuentre en una cantidad superior al 10%.

10. Después de que la cantidad de material requerida haya sido tamizada, para cada fracción que se va a ensayar, determínese el peso específico aparente seco, de acuerdo con los Métodos H0109 y H0110 (peso específico y absorción de los árido finos y gruesos respectivamente), la que sea aplicable, excepto que cuando se llegue a la condición de superficie saturada, y superficialmente seca en los árido finos, deberán usarse toallas de papel ordinario para secar las partículas hasta que no haya evidencia de humedad sobre las toallas.

Nota 5: El procedimiento del molde estándar para la determinación de la condición saturada, superficialmente seca del árido fino en el Método H0110, no funciona bien con estas fracciones uniformes de árido. Por ejemplo, áridos redondeados con índices de partículas pequeños, no retendrán la forma del molde cónico a cualquier contenido de agua.

PORCENTAJE DE VACIOS

11. Usando muestras secadas al horno para cada fracción, determínese el porcentaje de vacíos en cada uno de los dos niveles de compactación, logrados mediante los procedimientos descritos en este numeral. Háganse primero dos ensayos sobre la muestra, para cada uno de los tamaños, aplicando 10 golpes de varilla por capa. Luego, usando las mismas muestras para cada tamaño, llénese el molde dos veces, usando 50 golpes de varilla por capa como esfuerzo de compactación.
12. Colóquese el molde cilíndrico sobre una base sólida y uniforme. Llénese el molde en tres capas, viértase el árido desde la menor altura posible, hasta que el molde se encuentre lleno a un tercio de su capacidad. Nivélase la superficie con los dedos y compáctese la capa usando 10 golpes de varilla apisonadora, distribuidos uniformemente sobre la superficie. Aplíquese cada golpe sosteniendo la varilla verticalmente con su extremo redondeado aproximadamente a 50 mm (2") por encima de la superficie del árido y soltándola de manera que caiga libremente.

Colóquese una segunda capa en el molde usando el mismo procedimiento, llenándolo hasta dos tercios de su capacidad. Como antes, nivélase la superficie y aplíquese 10 golpes de varilla. Llénese el espacio remanente con una tercera capa y una vez más nivélase la superficie y aplíquese el mismo esfuerzo de compactación, (10 golpes de varilla). Después de que la última capa se ha compactado, añádanse piezas individuales de árido para nivelar la superficie del árido con el plano del borde del molde, sin salientes por encima de él. Determínese el peso neto del árido en el molde con una precisión de 1 g.

Nota 6: La altura de caída del árido puede regularse visualmente con ayuda de una regla, una marca, o con un dispositivo adecuado.

13. Repítase el llenado del molde usando la misma muestra y el mismo nivel de compactación. Hágase una segunda determinación del peso neto del árido en el molde como se describió antes. Use el promedio de las dos determinaciones para calcular el porcentaje de vacíos, para cada fracción, con 10 golpes de compactación.

Nota 7: Los pesos obtenidos en las dos determinaciones deberán coincidir, con una aproximación del 5%.

Para el nivel de compactación superior, deberá procederse idénticamente como se describió para el nivel de 10 golpes, pero usando 50 golpes de la varilla apisonadora, para la compactación de cada capa. Igualmente el porcentaje de vacíos, para cada capa, con 50 golpes de compactación, se calculará a partir del promedio de dos determinaciones del peso neto del árido.

14. Calcúlese el porcentaje de vacíos en cada fracción de tamaños del árido, con 10 y 50 golpes por capa, respectivamente, mediante las siguientes relaciones:

$$V_{10} = [1 - (W_{10}/SV)] \times 100$$

$$V_{50} = [1 - (W_{50}/SV)] \times 100$$

Donde:

V_{10} =	Vacíos en el árido compactado con 10 golpes por capa, %
V_{50} =	Vacíos en el árido compactado con 50 golpes por capa, %
W_{10} =	Peso neto promedio del árido en el molde compactado con 10 golpes por capa, g
W_{50} =	Peso neto promedio del árido en el molde compactado con 50 golpes por capa, g
s =	Peso específico aparente seco, de la fracción del tamaño de árido
v =	Volumen del molde, ml (cm ³)

INDICE DE PARTICULAS

15. Determinése el Índice de Partículas (I_a), para cada fracción ensayada, con el nomograma de la Figura No.2 o como sigue:

$$I_a = 1,25 V_{10} - 0,25 V_{50} - 32,0$$

16. Calcúlese el índice ponderado de las partículas de árido que contenga varios tamaños, ponderando cada índice encontrado para una fracción, con respecto a su porcentaje dentro de la gradación original, o preferiblemente, respecto a la gradación promedio del material propuesto para ser usado en el trabajo.

La Tabla H0122_2 es un ejemplo que ilustra una forma de calcular el índice y reportar los datos.

Para aquellos tamaños que no fueron incluidos dentro del ensayo por estar presentes en cantidades inferiores al 10%, calcúlese su índice promediando el índice de la fracción inmediatamente superior con el índice de la fracción inmediatamente inferior, o adóptese uno de estos dos, si el otro no está disponible.

TABLA H0122_1 VOLUMEN ESPECIFICO DEL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS

Temperatura °C (°F)	Volumen específico ml/g
12 (54)	1,0005
14 (57)	1,0007
16 (61)	1,0010
18 (64)	1,0014
20 (68)	1,0018
22 (72)	1,0022
24 (75)	1,0027
26 (79)	1,0032
28 (82)	1,0038
30 (86)	1,0044
32 (90)	1,0050

TABLA H0122_2 EJEMPLO DE CALCULO DE UN INDICE PONDERADO DE LAS PARTICULAS DE UN ÁRIDO

Fracción			Gradación del árido % (1)	I _a (2)	Ponderación (1) x (2)/100
Pasa		Retenida en			
19,00 mm	(3/4")	- 12,5 (1/2")	3	17,2 ^A	0,5
12,50 mm	(1/2")	- 9,5 (3/8")	42	17,2 ^B	7,2
9,50 mm	(3/8")	- 4,75 (No.4)	36	15,8 ^B	5,7
4,75 mm	(No.4)	- 2,36 (No.8)	7	15,2 ^C	1,1
2,36 mm	(No.8)	- 1,18 (No.16)	10	14,6 ^B	1,5
1,18 mm	(No.16)	- 600 μm (No.30)	2	14,6 ^A	0,3
			100		16,3

A Usese el índice de partículas de la fracción próxima

B Índice de partículas efectivamente calculado.

C Usese el promedio de los índices de partículas de las fracciones superior e inferior. (No.8 a No.16 y 3/8" a No.4).

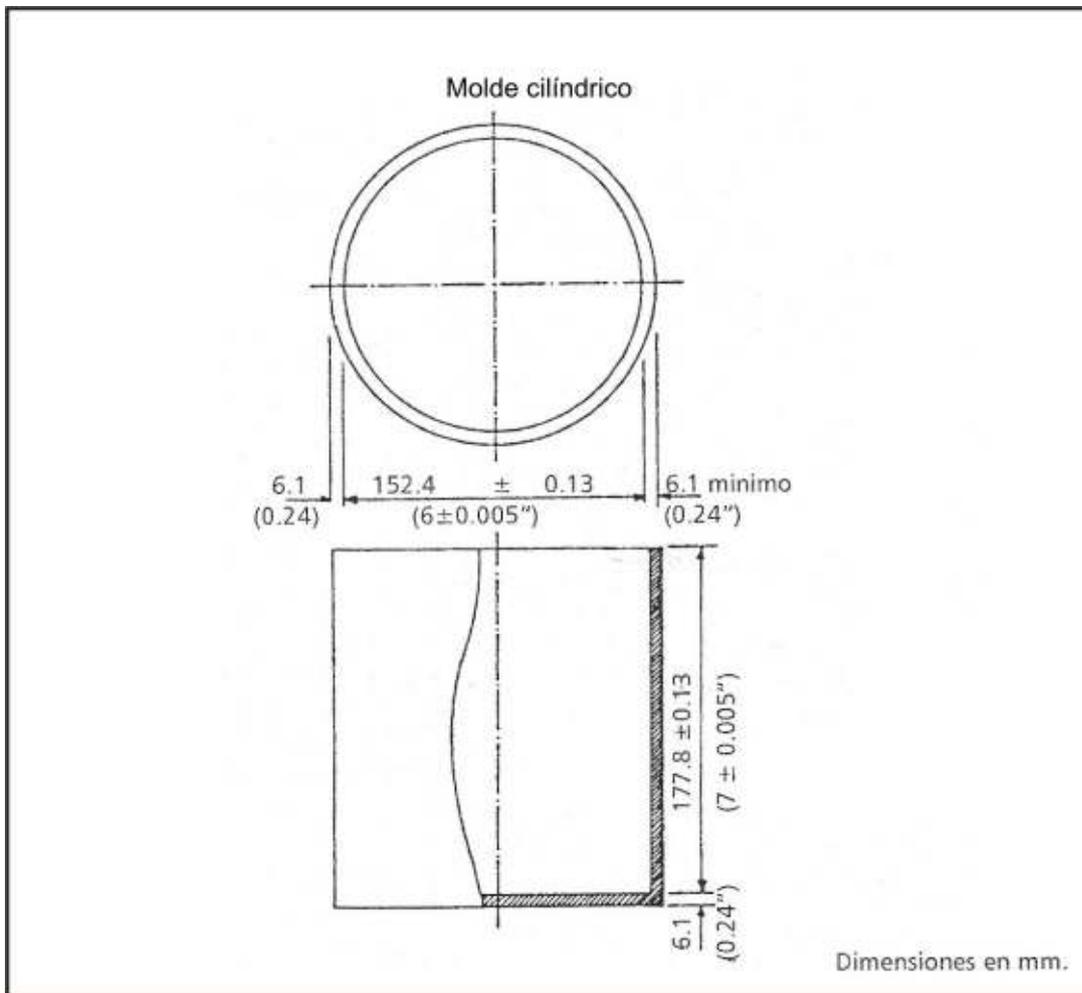


FIGURA H0122_1 MOLDE CILINDRICO

H0123. MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS (ASTM D 1411)

OBJETO

Este método establece los procedimientos analíticos para determinar en los áridos el contenido de cloruros y sulfatos solubles en agua

Se considera que los métodos analíticos que se describen tienen suficiente exactitud para los fines de aceptación y rechazo.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Balanzas
 - a) Balanza corriente, con capacidad suficiente para pesar la muestra más el recipiente de pesaje y con una precisión de 0,1 g.
 - b) Balanza analítica, con capacidad de 100 a 200 g y con una precisión de 0,01 g.
2. Horno.

Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.
3. Recipientes
 - a) Para secado; adecuados para secar y pesar la muestra.
 - b) Para extracción, de vidrio o metálicos. Los metálicos deben ser estancos e inatacables por las soluciones empleadas. Deben tener capacidad suficiente para la extracción.
4. Buretas
 - a) Bureta calibrada, con lecturas de 0,1 ml.
 - b) Microbureta, con lecturas de 0,02 ml.
5. Material de laboratorio

Matraces aforados, pipetas, vasos de precipitado y todo el equipo misceláneo requerido en un laboratorio químico.
6. Reactivos
 - a) Reactivos generales

Son los reactivos para análisis concentrados de la densidad que se indica y con los cuales se deben preparar las soluciones requeridas:

 - Acido clorhídrico ρ : 1,18 g/ml
 - Acido nítrico ρ : 1,42 g/ml
 - b) Reactivos especiales

Son los que se indican en cada determinación.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos H0102 y H0101.

Tamaño de la muestra de ensaye

El tamaño de la muestra de ensaye debe ser tal, que una vez acondicionada, pueda obtenerse la cantidad mínima que se indica en la Tabla H0123_1.

TABLA H0123_1 TAMAÑO MÍNIMO DE LA MUESTRA Y AFORO

Árido (mm)	Tamaño mínimo de la muestra (g)	Aforo (ml)
Fino < 4,75	100	1.000
Grueso < 19	500	1.000
Grueso 19 a 37,5	750	2.000
Grueso > 37,5	1.000	2.000

Nota1: Si el laboratorio no cuenta con microbureta la muestra mínima de fino debe aumentarse a 250 g.

Acondicionamiento de la muestra de ensaye

7. Tratamiento previo.

- Seque la muestra a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante y pese con aproximación a 0,1 g, registrando la pesada como M. No se debe ajustar la pesada a una cantidad predeterminada para evitar la selección de partículas.
- Coloque la muestra en un recipiente de extracción.
- Agregue agua destilada hirviendo, en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra.
- Agite aproximadamente 1 min. Repita la agitación a intervalos regulares hasta completar cuatro agitaciones en un período de 10 min.
- Decante durante 10 min y traspase el líquido de extracción que sobrenada a otro recipiente o vaso.
- Repita toda la operación anterior hasta que el líquido de extracción no acuse presencia de cloruros y/o sulfatos, completando un volumen de 800 ml en los áridos menores que 19 mm y un volumen de 1.800 ml en áridos mayores que 19 mm. En caso necesario concentre por evaporación.
- Filtre el líquido de extracción en filtro de porosidad media al vacío. Lave con agua caliente, y refiltre si es necesario.

Nota 2: Para evitar la coloración en el filtrado se recomienda emplear carbón activo p.a. y para acelerar el filtrado y evitar la turbidez se recomienda emplear pulpa de celulosa o tierra de infusorios, grado analítico. También pueden emplearse otros materiales similares que no interfieran con los procedimientos analíticos.

- Enfríe el filtrado a 20°C y enrase en matraz aforado con un volumen de 1.000 ó 2.000 ml según corresponda (V).

8. Muestras para análisis.

Emplee una alícuota del líquido del matraz, según se indica en cada determinación.

DETERMINACIONES

9. Determinación de cloruros solubles en agua.

a) Reactivos especiales

-Indicador de cromato de potasio al 5%: Disuelva 5 g de K_2CrO_4 p.a. en un poco de agua destilada. Agregue una solución de nitrato de plata 0,1 N hasta producir un ligero precipitado rojo. Deje reposar por lo menos una noche, filtre y diluya a 100 ml con agua destilada.

-Reactivo A. Solución 0,1 N de cloruro de sodio. Pese 5,8443 g de cloruro de sodio seco, NaCl p.a. cristalizado, patrón primario y secado a $110^\circ \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante. Disuelva con agua destilada en matraz aforado de 1.000 ml. El equivalente de 1 ml de este reactivo es igual a $3,545 \times 10^{-6}$ kg de Cl.

-Reactivo B. Solución normalizada de nitrato de plata. Pese 17,0 g de nitrato de plata, $AgNO_3$ p.a. y disuelva con agua destilada en matraz aforado de 1.000 ml. Para conservar la solución sin alteración de la luz, traspásela a un frasco oscuro con tapón de vidrio.

-Normalice el reactivo B como sigue: mida 20 ml del reactivo A y colóquelo en una cápsula de porcelana blanca o en un vaso sobre fondo blanco. Diluya a 100 ml con agua destilada. Agregue 1 ml del indicador de cromato de potasio al 5%. Titule con el reactivo B mediante una bureta calibrada, agitando constantemente hasta que la solución cambie del amarillo a un color rojo ligero, pero persistente. Efectúe esta determinación en triplicado. Registre los b ml del reactivo B consumidos. Calcule el factor de normalidad del reactivo B,

$$f_b = (\text{ml reactivo A})/b$$

b) Determinación

-Tome una alícuota con un volumen de 100 ml (A) del líquido filtrado en 9.

Nota 3: Si el contenido de cloruros es muy alto, tome una alícuota con un volumen menor para facilitar el punto final. Para el cálculo tome en cuenta este menor volumen.

-Colóquela en una cápsula de porcelana blanca o en un vaso sobre fondo blanco. Verifique que el valor del pH esté entre 6 y 8.

Nota 4: Por ejemplo, si el pH es menor que 6 se puede neutralizar mediante una solución de NaOH 0,1 N en presencia del indicador de fenolftaleína hasta una leve coloración rosada, la que se hará desaparecer con una gota de HNO_3 0,1 N. Si el pH es mayor que 8, emplee una solución de HNO_3 0,1 N en presencia del mismo indicador, hasta que la coloración rosada desaparezca. También puede emplearse otro método similar que no interfiera con el procedimiento de titulación.

-Agregue 1 ml del indicador de cromato de potasio al 5%.

-Títule con el reactivo B mediante una bureta calibrada (o microbureta cuando sea necesario), agitando constantemente hasta que la solución cambie del amarillo a un color rojo ligero, pero persistente.

-Registre los b_a ml del reactivo B consumidos.

-Efectúe un ensaye en blanco con los mismos reactivos, registrando como b_b los ml consumidos.

- c) Expresión de resultados. Calcule el contenido de cloruros en el árido, expresados como kg de anión cloruro, Cl^- , por kg de árido, con aproximación a 1×10^{-6} kg como sigue:

$$\text{cloruros (kg } Cl^- \text{ / kg de árido,)} = \frac{(b_a - b_b) \cdot f_b \cdot 3,545 \times 10^{-6} \cdot V}{M \cdot A}$$

Donde:

b_a : Consumo del reactivo B en la muestra (ml).

b_b : Consumo del reactivo B en el blanco (ml).

f_b : Factor de normalidad del reactivo B.

V : Volumen aforado de la solución (ml).

M : Masa del árido, seco de la muestra de ensaye (kg).

A : Volumen de la alícuota (ml).

10. Determinación de los sulfatos solubles en agua

- a) Reactivo especial. Reactivo C; solución al 10% de cloruro de bario. Pese 100 g de la sal $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ p.a. y disuelva en 1.000 ml de agua destilada.

b) Determinación

-Mida una alícuota de 100 ml del matraz aforado.

Nota 5: En presencia de Fe o Al, éstos deben eliminarse mediante precipitación con hidróxido de amonio.

-Diluya con agua destilada hasta 200 a 250 ml. Agregue ácido clorhídrico hasta obtener una concentración del 1% en volumen en la solución final.

-Caliente hasta ebullición y agregue, gota a gota, 10 ml del reactivo C, continuando la ebullición por lo menos 5 min hasta que el precipitado esté bien formado.

-Decante durante 3 h como mínimo, a temperatura cercana a la ebullición, evitando que la solución se concentre a menos de 200 ml.

Nota 6: Se recomienda continuar la decantación por un período de 12 h.

-Filtre a través de un papel de porosidad fina y bajo contenido de ceniza. Lave el precipitado con agua caliente hasta eliminación total del cloruro, verificada mediante nitrato de plata.

-Tare un crisol de platino o porcelana, registrando su masa como m_1 . Coloque el papel filtro con el precipitado en el crisol. Incinere lentamente hasta que el papel se consuma sin arder. Calcine a $900 \pm 25^\circ C$, enfríe en desecador a temperatura ambiente y pese. Repita la calcinación hasta tener una masa constante m_2 , correspondiente al crisol y precipitado calcinado. Registre la masa del precipitado ($m_1 - m_2$) como m_a .

-Realice, paralelamente, una determinación en blanco siguiendo el mismo procedimiento con iguales cantidades de reactivos. Registre la masa del análisis en blanco como m_b .

- c) Expresión de resultados. Calcule el contenido de sulfatos solubles en el árido como kg de anión SO_4^{2-} , por kg de árido, con aproximación a 1×10^{-6} kg como sigue:

$$\text{sulfatos (kg } SO_4^{2-} / \text{kg de proteo)} = \frac{(m_a - m_b) \cdot 0,004116 \cdot V}{M}$$

Donde:

m_a : Masa del precipitado correspondiente a la muestra (g).

m_b : Masa del precipitado correspondiente a la muestra en blanco (g).

0,004116: Relación molecular de $BaSO_4$ a SO_4^{2-} dividido por 100.

V : Volumen aforado de la solución de extracción (ml).

M : Masa del árido seco de la muestra de ensaye (g).

INFORME.

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y contratista.
- b) Procedencia de la muestra.
- c) Resultado del ensaye. Valores inferiores a 10×10^{-6} kg de Cl^- o SO_4^{2-} pueden considerarse como 4 indicios.
- d) Fecha de ensaye.
- e) Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al árido; y
- f) Referencia a este método.

H0124. DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LOS COMPUESTOS DE AZUFRE EN LOS ÁRIDOS (UNE 83211)

OBJETO

Este método tiene por objeto indicar un procedimiento para la determinación cuantitativa, en los agregados para hormigón, de los compuestos de azufre que se encuentran en las formas tanto de sulfatos como sulfuros, atacables y no atacables por ácido clorhídrico.

La influencia en los resultados, debida a la cantidad eventual y muy pequeña de sulfitos, se considera despreciable.

FUNDAMENTOS DEL METODO

El método se basa en:

- Determinación de sulfatos y sulfuros totales (atacables y no atacables por ácido clorhídrico) extraíbles por disgregación alcalina oxidante.
- Determinación de sulfatos extraíbles sólo por disgregación alcalina no oxidante.
- Determinación de sulfuros totales.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

La toma de muestra bruta de los áridos debe hacerse de acuerdo con el Método H0101.

De no venir ya clasificada por fracciones, la muestra de laboratorio se separa, mediante el empleo del tamiz de 4,75 mm (No.4), en:

- Árido grueso, y
- Árido fino,

Teniendo en cuenta que es necesario obtener, según el tamaño máximo del árido, las cantidades mínimas indicadas en la Tabla H0124_1.

TABLA H0124_1

Si el tamaño máximo es de: mm	Separar una muestra	
	mínima de:	recomendada de:
75 (3")	40 kg	64 kg
37,5 (1 1/2)	20 kg	32 kg
19 3/4	10 kg	16 kg
9,5 3/8	5 kg	8 kg
4,75 N° 4	2 kg	4 kg

Los áridos finos y gruesos se deben analizar independientemente para evitar cualquier pérdida de sulfuros, ya que por segregación éstos tienden a acumularse en los finos.

1. Aparatos necesarios

- a) Tamices: 75-37,5-19-9,5-4,75 y 1,18mm y 300 y 75µm (3"-1 1/2"-3/4"-3/8"-No.4, No.16, No.50 y No.200)
- b) Una báscula de 100 kg de capacidad mínima, con precisión de 50 g
- c) Una trituradora
- d) Un mortero de ágata o molino para finos
- e) Una estufa
- f) Una balanza con capacidad de 20 kg y precisión de 1 g
- g) Un divisor de muestra

2. Árido grueso

Del árido grueso, obtenido antes, se separa mediante cuarteo y en función del tamaño máximo del árido la cantidad de muestra se indica en la Tabla H0124_1.

Esta muestra se seca durante 24 h a 60°C (140° F), en estufa con aireación, y a continuación se tritura hasta que toda ella pase por el tamiz de 4,75mm (Nº.4).

Se homogeneiza y cuarteo para obtener una muestra de 2 kg, evitando cualquier pérdida de finos.

El total de esta muestra se tritura hasta que toda ella pase por el tamiz de 1,18 mm (No.16), se homogeneiza y, por cuarteo, se obtiene una muestra de 250 g que se muele íntegramente hasta que pase por el tamiz de 300 µm (Nº.50). Se homogeneiza y cuarteo para obtener una nueva muestra de unos 60 g.

A continuación se muele hasta que la totalidad de la muestra pase por el tamiz de 75 µm (Nº.200) y se homogeneiza para obtener la muestra final de 60 g, aproximadamente.

3. Árido fino

Del árido fino, obtenido según se indicó antes, se separa mediante cuarteo y en función del tamaño máximo del árido, la cantidad de muestra indicada en la Tabla H0126_1.

Esta muestra se seca durante 24h, a 60°C (140° F), en estufa con aireación, se homogeneiza y de ella se toma, utilizando el divisor de muestras, una cantidad de 2 kg. Se muele y se tamiza hasta que pase íntegramente por el tamiz 300 µm (Nº.50). Se homogeneiza y divide para reducirla a unos 60 g. Esta cantidad se muele hasta que pase en su totalidad por el tamiz de 75 µm (Nº. 200) y se homogeneiza para obtener la muestra final de 60 g aproximadamente.

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE LOS COMPUESTOS DE AZUFRE TOTALES

4. Fundamento del método

La muestra se disgrega por fusión alcalina oxidante. Se disuelve en medio oxidante y se pone en medio ácido clorhídrico. Se separa la sílice por evaporación a sequedad, se extraen en frío los iones solubles en ácido del residuo seco y se determinan en el filtrado los sulfatos por gravimetría. La separación de la sílice debe ser la máxima posible para evitar interferencia por coprecipitación durante la digestión.

5. Aparatos necesarios

- a) Una balanza analítica con precisión de 0,1 mg
- b) Estufa para desecación
- c) Mufla que alcance 1000°C
- d) Desecador con llave de cierre hermético. Agente deshidratante: ácido sulfúrico (d= 1,84).
- e) Baño de agua hirviente
- f) Mecheros tipo Bunsen
- g) Cápsula de porcelana de 130 mm de diámetro y 50 mm de altura
- h) Vasos de precipitados, forma alta, de 500, 250 y 50 ml
- i) Crisol de hierro de las siguientes medidas aproximadas: 25 mm de diámetro de base y 45 mm de altura, provisto de tapa del mismo material
- j) Crisol de platino provisto de tapa del mismo material. Capacidad 10 ml (25x25 mm)
- k) Embudos de filtración
- l) Triángulos de tierra refractaria
- m) Epirradiador de 375 W, como mínimo
- n) Agitador magnético provisto de calefacción, y un índice magnético recubierto de politetrafluoretileno
- o) Termómetro de mercurio de hasta 250°C, con precisión de 1°C
- p) Pinzas de acero inoxidable
- q) Papel de filtro de porosidad fina y media

- r) Papel indicador de pH
- s) Una varilla de acero inoxidable

6. Reactivos

- a) Hidróxido sódico de lentejas R.A. NaOH
- b) Peróxido sódico R.A. Na₂O₂
- c) Agua destilada
- d) Ácido clorhídrico concentrado (d= 1,19) HCl
- e) Ácido clorhídrico diluido (1:1) HCl
- f) Ácido clorhídrico diluido (1:3) HCl
- g) Ácido nítrico diluido (1:1) HNO₃
- h) Ácido sulfúrico concentrado exento de SO₃ (d= 1,84)
- i) Ácido sulfúrico diluido (1:1) H₂SO₄
- j) Anhídrido acético R.A.
- k) Disolución de cloruro bórico al 10%
- l) Disolución de nitrato de plata al 1,7% AgNO₃
- m) Disolución acuosa saturada de bromo
- n) Disolución al 5% de clorhidrato de hidroxilamina

7. Procedimiento

En un crisol de hierro, situado sobre un triángulo de tierra refractaria, se introducen 4 g de hidróxido sódico en lenteja. Se funden, lentamente y evitando la producción de espuma, sobre un mechero Bunsen con poca llama hasta que la fusión sea lenta. Se añaden, poco a poco, otros 4 g más en las mismas condiciones.

Seguidamente se añade 1 g de peróxido de sodio y se deja enfriar este líquido disgregante hasta solidificación. Se añaden $4 \pm 0,05$ g con una precisión de $+ 0,0001$ g de muestra, previamente desecada a los $110 \pm 5^\circ C$ ($230 \pm 10^\circ F$) hasta peso constante. Se cubre el crisol con su tapa y se funde nuevamente su contenido a una temperatura que no sobrepase la del rojo sombra ($400^\circ C$) – $752^\circ F$.

Cuando el disgregante esté totalmente fundido, y con el crisol destapado se incorpora la muestra lentamente en el seno de la masa fundida con la ayuda de una varilla de acero inoxidable, tratando de evitar tanto que se produzca cualquier proyección, como que queden restos de muestras sin atacar.

Cuando esto se ha conseguido, se cubre nuevamente y se continúa la disgregación durante unos 30 min.

Se deja enfriar el crisol y, con las pinzas, se introduce inclinado dentro de una cápsula de porcelana que contenga unos 80 ml de agua destilada, a $90^\circ C$ ($194^\circ F$). Luego se introduce en ella la tapa de crisol y la varilla auxiliar. Se mantiene la temperatura indicada hasta la disolución completa del producto disgregado.

Con las pinzas se toma primero la tapa, luego el crisol y la varilla, se lavan sobre la cápsula y se retiran. Se enfría la cápsula a una temperatura inferior a los $40^\circ C$ ($104^\circ F$), se añaden 5 ml de disolución acuosa saturada de bromo y, poco a poco y con precaución, ácido clorhídrico (1:1) hasta acidez fuerte, que se comprueba con papel indicador. Después se añaden 20 ml más de ácido clorhídrico concentrado.

Para insolubilizar la sílice, el líquido de la cápsula se evapora bajo el epirradiador. El residuo seco se humedece con unas gotas de ácido clorhídrico concentrado, se deshacen los grumos mediante una varilla de vidrio aplanada y de nuevo se lleva a sequedad bajo el epirradiador. Luego se deja la cápsula unos 30 min. bajo el epirradiador, de modo que la temperatura del residuo seco esté a $170^\circ C \pm 5^\circ C$. Con un termómetro, cuyo bulbo esté en contacto con el fondo de la cápsula seca, se comprueba esta temperatura. Después se añaden 10 ml de anhídrido acético y se evapora nuevamente a sequedad a la misma temperatura. Se deja enfriar hasta temperatura ambiente.

Para determinar los sulfatos del residuo seco, se extraen los iones solubles en frío, añadiendo 40 ml de ácido clorhídrico (1:3) frío y se espera unos 20 minutos. Durante este tiempo se deshacen, mediante una varilla de vidrio aplanada, los grumos formados, se filtra por un filtro de porosidad media sobre un vaso de precipitado de forma alta de 250 ml y se lava con agua fría. En estas condiciones, la sílice que queda disuelta es mínima.

Nota 1. En el caso de la presencia de cantidades considerables de hierro es necesario reducir el Fe^{+++} a Fe^{++} , antes de la precipitación de los sulfatos con 10 ml de solución 5% de clorhidrato de hidroxilamina.

El filtrado contenido en el vaso de 250 ml se calienta a ebullición. Al mismo tiempo, en un vaso de precipitado de 50 ml se calientan a ebullición 15 ml de disolución de cloruro bórico al 10%. La disolución hirviente de cloruro bórico se vierte sobre el filtrado, igualmente en ebullición, y ésta se mantiene durante unos 10 minutos. El vaso de 250 ml y su contenido se mantiene sobre el baño de agua hirviendo al menos durante 12 h y luego se enfría a temperatura ambiente.

Se filtra por un filtro de porosidad fina y se lava con agua fría hasta eliminación de cloruros. (Comprobar con disolución de nitrato de plata).

Nota 2: Se comprueba, visualmente, que el sulfato bórico no haya pasado al filtrado. En caso de que pase, se debe repetir la filtración. Es inconveniente refiltrar la primera parte filtrada.

El filtro, con el precipitado, se introduce en el crisol de platino previamente tarado, se seca en la estufa y se incinera a baja temperatura, por debajo de la del rojo sombra (400°C -752°F), hasta combustión total del papel a ceniza blanca. Se deja enfriar el crisol, se humedece el residuo con 2 gotas de ácido nítrico (1:1) y una gota de ácido sulfúrico (1:1). Se tapa el crisol y se evapora hasta eliminación de humos calentando con un Bunsen con poca llama y a distancia para prevenir cualquier proyección. El crisol se coloca sobre un triángulo de tierra refractaria "limpio" y se calina 30 minutos a 950°C (1752°F) en una mufla. El crisol se enfría en el desecador con llave, cuyo cierre hermético será comprobado, y se pesa.

8. Cálculo y expresión de los resultados

La diferencia de pesos entre la tara de crisol y el crisol con el residuo de sulfato de bario, da el peso P_1 de sulfato de bario. El resultado se expresa como ión sulfato SO_4 , en tanto por ciento, según la ecuación:

$$\% \text{ de } SO_4 = \frac{P_1}{PmBaSO_4} PmSO_4 = \frac{100}{m}$$

Donde:

P_1 es el peso de sulfato de bario, en gramos

$Pm Ba SO_4 = 233,40$ (peso molecular $BaSO_4$)

$Pm SO_4 = 96,06$ (peso molecular SO_4)

m es el peso de la muestra seca, en gramos

El resultado obtenido es el contenido total de compuestos de azufre extraíbles por disgregación alcalina oxidante, expresados como SO_4 %

9. Valores obtenidos de repetibilidad

La desviación típica de repetibilidad (R-1) es de 0,02

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS DE AZUFRE EN ESTADO DE SULFATOS

10. Fundamento del método

La muestra se disgrega por fusión alcalina en ausencia de oxidantes, se disuelve y se ataca en ácido clorhídrico para eliminar todos los sulfuros presentes. Se separa la sílice por evaporación a sequedad del residuo seco, se extrae en frío y se determinan en el filtrado los sulfatos por gravimetría. La separación de la sílice debe ser la máxima posible para evitar interferencias por coprecipitación durante la digestión.

11. Aparatos necesarios

Los mismos que los indicados en el apartado 5.

12. Reactivos

Los mismos que los indicados en el apartado 6, excepto la disolución acuosa saturada de Bromo y el peróxido de sodio.

13. Procedimiento operativo

Se sigue el apartado 7 en todos sus detalles, excepto que se suprimen los procesos empleados de oxidación, es decir, no se añaden: ni peróxido de sodio, ni agua de bromo (se utiliza

igualmente una muestra de $4 \pm 0,05$ g con una precisión de 0,0001 g, previamente desecada a $11 \pm 5^\circ C$ ($230 \pm 10^\circ F$) $105^\circ C$ hasta peso constante).

14. Cálculos y expresión de resultados

La diferencia de pesos entre la tara de crisol y el crisol con el residuo de sulfato de bario, nos da el peso P_2 de sulfato de bario. El resultado se expresa como ión sulfato $SO_4^{=}$, en tanto por ciento, según la ecuación:

$$\% \text{ de } SO_4 = \frac{P_2}{PmBaSO_4} PmSO_4 = \frac{100}{m}$$

Donde:

P_2 es el peso de sulfato de bario, en gramos
 $Pm Ba SO_4 = 233,40$ (peso molecular $BaSO_4$)
 $Pm SO_4^{=} = 96,06$ (peso molecular $SO_4^{=}$)
 m es el peso de la muestra seca, en gramos

El resultado obtenido corresponde al contenido total de compuestos de azufre en estado de $SO_4^{=}$ extraíble por disgregación alcalina en ausencia de oxidantes.

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE SULFUROS TOTALES

La diferencia entre el sulfato de bario, P_1 , obtenido en el apartado 8, el sulfato de bario, P_2 , obtenido en el apartado 14, da la cantidad de sulfato de bario correspondiente al azufre procedente de sulfuros contenidos en la muestra.

El valor, expresado en tanto por ciento de $S^{=}$, se obtiene según la ecuación:

$$\% \text{ de } SO_4 = \frac{PaS}{PmBaSO_4} \left[\frac{P_1}{m_1} - \frac{P_2}{m_2} \right] 100 = 13,738 \left[\frac{P_1}{m_1} - \frac{P_2}{m_2} \right]$$

Donde:

P_1 es el peso de sulfato de bario, en gramos (del apartado 8)
 P_2 es el peso de sulfato de bario, en gramos (del apartado 14)
 m_1 y m_2 son los pesos de las muestras respectivas secas en gramos
 $Pa S^{=} = 32,06$ (peso atómico S)
 $Pm Ba SO_4 = 233,40$ (peso molecular $Ba SO_4$)

Este valor incluye la suma de sulfuros atacables y no atacables por ácido, así como la pequeña cantidad eventual de $SO_3^{=}$, que se considera despreciable en cualquier caso.

Nota 3: Se obtienen los resultados deseados con igual precisión y mayor rapidez, cuando las masas de las muestras son distintas (m_1 y m_2).

H0125. DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD ÁRIDO /ALCALI (MÉTODO QUÍMICO) (ASTM C 289)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer un método para determinar la posible reactividad de los áridos con los álcalis del cemento, y se basa en la reacción del árido con una solución valorada de hidróxido sódico.

Es de aplicación a los áridos empleados en la fabricación de hormigón.

EQUIPOS Y MATERIALES

Aparatos

- Balanza. Se dispondrá de una que permita pesar una carga de 2.000 gramos con precisión de ± 2 gramos y otra analítica de precisión cuya sensibilidad sea de $\pm 0,0005$ gramos.
 - Equipo de trituración y molienda. Se utiliza cualquier equipo que permita preparar unos 4 kg de muestra, de acuerdo con lo que se indica en el "Procedimiento".
 - Tamices $300 \mu\text{m}$ (No.50) y $150 \mu\text{m}$ (No.100)
 - Estufa de desecación, capaz de mantener una temperatura de $80 \pm 1^\circ\text{C}$ ($192 \pm 2^\circ\text{F}$).
 - Recipientes de reacción, fabricados con acero inoxidable o con cualquier otro material que resista la corrosión.
- El resto de los aparatos serán los de uso corriente en los laboratorios químicos.

Reactivos

- Disolución patrón de hidróxido sódico $1 \pm 0,010\text{N}$, que se valora utilizando una disolución patrón de ftalato ácido de potasio. En la preparación de la disolución se emplea agua destilada hervida con el fin de eliminar el anhídrido carbónico.
- Disolución patrón de ácido clorhídrico $0,05\text{N}$. Se prepara una disolución de ácido clorhídrico aproximadamente $0,05\text{N}$ que se valorará en el momento de su utilización hasta $\pm 0,0001\text{N}$ utilizando $\text{NaOH } 0,05 \text{ N}$.
- Disolución alcohólica de fenolftaleína. Se prepara disolviendo 1 gramo de fenolftaleína en 100 cm^3 de etanol 1:1.
- Disolución de anaranjado de metilo. Se prepara disolviendo 0,1 gramo de anaranjado de metilo en 100 cm^3 de agua, que se filtrará si es necesario.

PROCEDIMIENTO

1. Preparación de la muestra

Se pulveriza para que pase por el tamiz $300 \mu\text{m}$ (Nº 50) y quede retenida en el $150 \mu\text{m}$ (Nº 100), tomando las precauciones necesarias en el proceso de pulverización para que se reduzca al mínimo la fracción de finos que pasen a través del tamiz $150 \mu\text{m}$ (Nº 100).

Es recomendable el siguiente método de trituración: utilizando una trituradora de mandíbula de tritura el árido grueso hasta un tamaño máximo de 0,62 cm. Se tamiza el árido grueso, así preparado, o la arena, en caso de tratarse de árido fino, sobre el tamiz $300 \mu\text{m}$ (Nº 50), recogiendo la fracción que retiene el tamiz $150 \mu\text{m}$ (Nº 100). Se pulveriza en un molino de discos y en varias pasadas sucesivas, el material retenido por el tamiz de $300 \mu\text{m}$ (Nº 50), recogiendo la fracción que queda en el tamiz de $150 \mu\text{m}$ (Nº 100).

Con objeto de asegurarse de que ha eliminado el material fino que pasa por el tamiz de $150 \mu\text{m}$ (No.100), se lava la muestra sobre dicho tamiz. No debe realizarse este lavado empleando, de una vez, una cantidad de material superior a 100 gramos. Se deseca la muestra lavada en estufa a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 10^\circ\text{F}$) durante unas veinte horas, y una vez enfriada a temperatura

ambiente, el material se vuelve a tamizar por el tamiz de 150 μm (N° 100), reservando para el ensayo la parte retenida en dicho tamiz.

2. Ejecución del ensayo. Se pesan, separadamente, tres porciones de 25 ± 0.05 gramos de la fracción seca que se va a ensayar y se coloca cada una de estas porciones en un recipiente de reacción. Se añaden 25 cm^3 de disolución de NaOH, 1.000 N y, en un recipiente aparte, se ponen 25 cm^3 de la misma disolución de NaOH, para realizar un ensayo en blanco. Se cierran, perfectamente, los recipientes de reacción y se agitan con suavidad para desprender las burbujas de aire que pueden haber quedado Incluidas entre la arena.

Seguidamente se colocan los recipientes en la estufa a temperatura de $80 \pm 1^\circ\text{C}$ (86°F), Pasadas veinticuatro horas se sacan los recipientes de la estufa y se enfrían, por debajo de 30°C ($172 \pm 2^\circ\text{F}$), con agua corriente durante 15 ± 2 minutos.

Después de enfriados los recipientes de reacción, se abren y se filtra el líquido que contienen, para lo cual se utiliza un crisol de placa filtrante colocando sobre la placa un disco de papel de filtro. La operación de filtrado se realiza a vacío, colocando dentro del kitasato un tubo de ensayo seco de 35 a 50 cm^3 para recoger el líquido. Conectado el vacío se vierte sobre el papel de filtro una pequeña cantidad de líquido de la disolución decantada, con el fin de conseguir una mejor adaptación del papel al crisol. Sin quitar el contenido del recipiente, se vierte en el crisol el resto del líquido separado por decantación. Cuando la decantación del líquido es completa, se interrumpe la acción del vacío y se pasa al crisol la arena del recipiente. Se vuelve a aplicar el vacío, regulándolo de manera que la velocidad de filtración sea de una gota cada diez segundos. Se anota el tiempo de aplicación de vacío, para procurar que no varíe de una a otra muestra.

El líquido del ensayo en blanco se filtra de manera análoga a la indicada antes, ajustando el vacío de tal forma que dure el proceso un tiempo igual a la medida de los tiempos de filtración de las tres muestras consideradas.

Se toman con una bureta 10 ml de filtrado perfectamente homogeneizado, y se pasan a un matraz aforado de 200 ml, llenando luego el matraz hasta enrase, con agua destilada.

3. Determinación gravimétrica de sílice soluble. Se toman 10 ml de la solución diluido y se ponen en una cápsula, a ser posible de platino, con objeto de que sea más rápida la evaporación. Se añaden de 5 a 10 ml de HCl concentrado y se evapora a sequedad en baño de vapor. Al residuo se le añaden, nuevamente, de 5 a 10 ml de HCl y una cantidad igual de agua. Se pone a digestión sobre el baño de vapor durante diez minutos, cubriendo la cápsula con un vidrio de reloj.

Se diluye la disolución con 20 ml de agua destilada caliente; se filtra en caliente y se lava varias veces el anhídrido silícico formado con ácido clorhídrico diluido (1:99) y, por último, con agua hirviendo, hasta que las aguas de lavado no se enturbien cuando se añaden unas gotas de solución de nitrato de plata. El filtrado y las aguas de lavado se evaporan de nuevo hasta sequedad y, conseguido ello, se mete la cápsula en una estufa, manteniéndola una hora a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 10^\circ\text{F}$). Se saca y trata el residuo con 15 ml de ácido clorhídrico 1:1, se cubre con un vidrio de reloj y se mantiene en digestión durante diez minutos. Se diluye con 15 ml de agua destilada caliente, se filtra sobre otro filtro y se lava como la porción mayor de sílice separada anteriormente.

Se pasan a un crisol de platino los dos filtros que contienen la sílice; se secan y queman los papeles a baja temperatura hasta su total incineración y, luego se calcinan a 1110°C - 1200°C (2000°F - 2200°F) hasta peso constante.

Se humedece el residuo en el crisol de platino, con unas gotas de agua y se añaden 10 ml de ácido fluorhídrico y una gota de ácido sulfúrico concentrado. Se evapora hasta sequedad en una vitrina con buen tiro. Se calcina el residuo durante cinco minutos en una mufla a temperatura comprendida entre 1110 y 1200°C (2000°F - 2200°F), se enfría y se pesa. La diferencia entre las dos últimas pesadas da el peso de la sílice soluble.

Para el ensayo en blanco se emplea la misma cantidad de disolución diluida y de reactivos, realizándose las mismas operaciones en condiciones idénticas a las expuestas en el ensayo de la muestra.

4. Determinación de la reducción en la alcalinidad. Con una pipeta se toman 20 ml de la disolución diluida y se ponen en un matraz Erlenmeyer de unos 125 ml de capacidad. Se añaden dos o tres gotas de feolftaleína y se valora con HCl 0,05N hasta la desaparición total del color rosa de la feolftaleína. Se anota la cantidad total de ácido clorhídrico consumido en la valoración. Se añaden, a continuación, de dos a tres gotas de anaranjado de metilo y se continúa la valoración con el mismo ácido, hasta el viraje del indicador. Se anota la cantidad total de ácido clorhídrico utilizado desde el principio de la valoración.

OBTENCIÓN Y PRECISIÓN DE LOS RESULTADOS

5. Silice soluble

La concentración de SiO_2 en la disolución de NaOH se expresa en millones por litro, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{SiO}_2 = (W_1 - W_2) \times 3330$$

Donde:

W_1 son los gramos de SiO_2 hallados en 100 cm^3 de solución diluida;

W_2 son los gramos de SiO_2 encontrados en el ensayo en blanco

6. reducción de la alcalinidad

Se calculará ésta en milimoles por litro, mediante las siguientes expresiones:

$$V_2 \cdot V_3 = 2P - T$$

$$R_C = \frac{20N}{V_1} (V_3 - V_2) 1.000$$

Donde:

V_1 son los ml de la disolución diluida utilizados en el ensayo

V_2 son los ml de HCl utilizados para neutralizar el ión hidróxilo en la muestra de ensayo

V_3 son los ml de HCl utilizados para neutralizar el ión hidróxilo en el ensayo en blanco

P son los ml de HCl necesarios para lograr el viraje de fenoltaleína

T es la cantidad total de HCl utilizada desde el principio de la valoración y necesaria para lograr el viraje de anaranjado de metilo.

N es la normalidad del HCl utilizado en la valoración.

H0126. VALORACIÓN DE ELEMENTOS ARCILLOSOS EN LOS MATERIALES FINOS POR MEDIO DEL AZUL DE METILENO (NTL 171)

OBJETO

1. Este método describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la presencia de elementos arcillosos en los materiales finos, como arenas naturales o de trituración, polvos minerales, etc., empleados en la construcción de carreteras.
2. El método se basa en las propiedades de adsorción de las arcillas, y su consiguiente efecto decolorante sobre las soluciones acuosas de azul de metileno.
3. El azul de metileno es adsorbido preferentemente por las arcillas, los materiales orgánicos y los hidróxidos de hierro, siendo esta capacidad de adsorción consecuencia de la actividad superficial y físico-química de estos materiales.

EQUIPOS Y MATERIALES

4. Balanza de 200 g de capacidad y precisión de 0,001 g.
5. Estufa de desecación regulable a. $110 \pm 5^{\circ} C$ ($230 \pm 10^{\circ} F$)
6. Tamiz de 425 μm (No.40)
7. Agitador electromagnético calorifugado y con regulador de agitación e imán plastificado incorporado. Se puede utilizar también un agitador mecánico de velocidad regulable con placa calefactora.
8. Vasos de precipitado graduados de 250 cm^3 de capacidad y forma baja.
9. Vidrio de reloj de 10 cm. de diámetro
10. Tubos de ensayo graduados, de 10 cm^3 de capacidad, y gradilla soporta tubos.
11. Centrífuga de laboratorio para los tubos de ensayo, capaz de dar 525 rad/s (5.000 r.p.m.).
12. Frasco lavador
13. Agua destilada o desmineralizada
14. Azul de metileno R.A.
15. Cronómetro
16. Escala de colores, obtenida según el punto "Escala de colores" de este método.

PROCEDIMIENTO

17. El ensayo se realiza sobre la fracción de la muestra que pasa por el tamiz de 425 μm (No.40), secada en estufa a unos $110 \pm 5^{\circ} C$ ($230 \pm 10^{\circ} F$) hasta peso constante (Nota 1).

Nota 1. Secar la muestra a temperaturas superiores puede suponer la alteración de ciertas arcillas presentes y, por tanto de resultados finales del ensayo.

18. Se pesan en la balanza unos 2 g de muestra con precisión de 0,001 g y se colocan en el vaso de 250 cm³.
19. Se pesan en la balanza y con la misma precisión, unos 0,05 g de azul de metileno, que se colocan en el mismo vaso junto con la muestra.
20. A continuación se añade al vaso agua destilada o desmineralizada, hasta conseguir un volumen total de 150 cm³. La solución obtenida será de un color azul intenso. Este volumen de 150 cm³ debe mantenerse constante durante todo el proceso, restituyendo con agua destilada o desmineralizada las pérdidas que se ocasionen.
21. Se coloca el vaso sobre el agitador electromagnético, se introduce el imán, se tapa con el vidrio de reloj y se pone en marcha el agitador durante 20 minutos. Se conecta a la vez el interruptor de calefacción, y se regula para que en ese período de tiempo la solución alcance una temperatura de 60°C (140°F) (Notas 2 y 3).

Nota 2. La temperatura más apropiada para activar el efecto de adsorción del azul de metileno sobre las arcillas es de unos 60°C (140°F). Se puede utilizar un termómetro para verificarlo, o también tener en cuenta que es a esta temperatura cuando aparece condensación de vapor de agua en la parte inferior del vidrio de reloj que cubre el vaso. En este instante se desconecta el interruptor de calefacción. La agitación no debe ser turbulenta, evitando las salpicaduras en las paredes del vaso y vidrio de reloj.

Nota 3. El imán plastificado sufre un desgaste con el uso, por lo que debe sustituirse cuando ello sucede para que la agitación sea la correcta. A veces se pueden ver adheridas al imán algunas pequeñas virutillas de hierro, que provienen generalmente de los medios empleados en la trituración del árido.

22. Transcurrido este tiempo, se toman en un tubo de ensayo 3 cm³ de la suspensión del vaso, se coloca el tubo con una suspensión en la centrífuga y se centrifuga durante 30 segundos a 525 rad/s (5.000 r.p.m.). A continuación, se transvasan 2 cm³ del líquido que sobrenada a otro tubo de ensayo limpio, tubo 1, se observada su color y se coloca en la gradilla mientras dure el ensayo (Nota 4).

Nota 4. El líquido que sobrenada debe ir exento de partículas coloreadas de muestra. La presencia de dichas partículas puede producir una falsa apreciación del color de la solución. Debe cuidarse el perfecto equilibrio de los tubos de ensayo en la centrifugación.

23. El tubo de ensayo utilizado en la centrifugación se lava con otros 2 cm³ de agua destilada o desmineralizada, agitándolo con la mano y vertiendo todo el contenido en el vaso de precipitado, con el fin de recuperar la muestra que había en el fondo del tubo después de la centrifugación.
24. El líquido transvasado al tubo 1 puede presentar coloración azul más o menos intensa o quedar incoloro:
 - a) En el caso que presente coloración, se vuelve a colocar el vaso en el agitador durante otros 20 minutos, y se repite posteriormente la operación según el Apartado 22. Se compara su coloración, tubo 2, con la del tubo 1 situado en la gradilla. Si la coloración es la misma, hay que añadir una nueva cantidad de muestra siguiendo el criterio referido en el Apartado 26 y se repite todo el proceso indicado en los Apartados 21, 22 y 23. Se considerará terminado el ensayo cuando la solución, gradualmente, llega a ser incolora.
 - b) En el caso que el líquido transvasado al tubo 1 resulte incoloro, se pesarán otros 0,05 g de azul de metileno con precisión de $\pm 0,001$ g, se añadirá al vaso que contiene la muestra, y se vuelve a repetir el proceso completo según los Apartados 21 y siguientes.

ESCALA DE COLORES

25. La escala comparativa de colores se obtiene por diferentes diluciones de azul de metileno (realizando las pesadas con precisión de $\pm 0,001$ g) en agua destilada o desmineralizada, según la marcha siguiente:

	Solución No.
0,01 g de azul de metileno y diluir en 20 cm ³	5
2 cm ³ solución 5 y diluir en 20 cm ³	4
2 cm ³ solución 4 y diluir en 10 cm ³	3
2 cm ³ solución 3 y diluir en 3 cm ³	2
2 cm ³ solución 2 y diluir en 2 cm ³	1
Solución incolora	0

Se tendrán en cuenta los colores intermedios que se definirán como: 5-4, 4-3, 3-2, 2-1 y 1-0.

26. Como orientación para la cantidad de muestra a añadir según los colores resultantes, se puede seguir el siguiente criterio:
- Con coloración 5 y 4, de 2 a 1 g.
 - Con coloración 3 y 2, de 1 a 0,5 g.
 - Con coloración inferior a 2, de 0,5 a 0,1 g.

CÁLCULOS

27. El resultado, denominado Índice de azul de metileno, indica la cantidad en gramos, con aproximación a una décima, de azul de metileno por 100 gramos de muestra seca, y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{Índice de azul de metileno} = \frac{A}{S} \times 100$$

Siendo:

A= cantidad utilizada de azul de metileno, en gramos

S= cantidad empleada de muestra seca, en gramos

PRECISIÓN

28. Se repite el ensayo en otra porción de muestra, utilizando las cantidades de azul de metileno y muestra seca determinada anteriormente. El nuevo valor deberá estar incluido en el intervalo $\pm 0,2$ del resultado obtenido anteriormente. Se promedian ambos resultados como valor del índice de azul de metileno. En caso contrario, repetir las determinaciones.

H0201. MUESTREO Y ACEPTACIÓN DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 183 AASHTO T127)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer los procedimientos para la extracción, preparación y escogencia de muestras de cementos hidráulicos para ser ensayadas con miras a la verificación de su calidad.

DEFINICIONES

Los procedimientos descritos en este método tienen como fin la extracción de muestras que han de ser utilizadas en ensayos, que verifiquen la calidad del cemento hidráulico, para que pueda ser aceptado su uso en la construcción. No están orientados hacia propósitos de control de calidad de la producción

1. Tipos, Tamaño De Las Muestras E Indicación De Quien Las Debe Tomar

Las muestras extraídas de una corriente de cemento pueden ser simples o continuas:

La muestra simple es la que se obtiene en una sola operación y en un período corto de tiempo. La muestra continua es la que se extrae mediante un dispositivo automático, en forma continua.

Mientras la muestra simple representa una corriente de cemento en un período corto de tiempo, la muestra continua puede representar una corriente de cemento en períodos de tiempo cortos o largos, según lo desee la entidad encargada de extraer las muestras. Se recomienda, sin embargo, que la muestra continua sea obtenida en un intervalo de 10 min.

- Muestras individuales, sean simples o continuas, pueden mezclarse para formar muestras compuestas: Las muestras simples individuales tomadas a intervalos prefijados durante un lapso determinado, pueden mezclarse para constituir una muestra compuesta representativa del cemento producido en dicho lapso. Se podrá obtener también una muestra compuesta representativa de un período, mezclando las muestras continuas individuales extraídas a intervalos prefijados durante dicho período. Igualmente, la muestra será también una muestra compuesta representativa para ese período.
- Las muestras destinadas a ensayos físicos o químicos se denominarán "muestras de ensayo"; podrán ser simples o compuestas según se especifique y salvo indicación contraria del comprador representarán a lo sumo 350 toneladas.
- Las muestras individuales que formen muestras compuestas deberán pesar por lo menos 2,5 kg (5 lb) cada una. Para efectuar todas las pruebas especificadas, la muestra de ensayo deberá pesar por lo menos 5 kg (10 lb).
- La extracción de muestras podrá ser hecha o dirigida por el comprador o su representante autorizado. Estos tienen derecho a supervisar las operaciones de muestreo, empaque y transporte del material, en caso de que el muestreo sea hecho por el fabricante.
- Inmediatamente después de extraídas las muestras se introducirán en envases apropiados, herméticos e impermeables, que se numerarán consecutivamente en el orden en que se haya realizado la extracción. Si fuere necesario, el fabricante podrá empacar y remitir los envases a expensas del comprador.

Nota: Se ha encontrado que los recipientes de cloruro de polivinilo (PVC) afectan en ciertas ocasiones el potencial de inclusión de aire del cemento. Este mismo problema puede presentarse con recipientes hechos con otros plásticos.

TOMA DE MUESTRAS

Las muestras se extraerán por uno de los métodos descritos en este capítulo.

7. Del transportador que alimenta los silos de material a granel

Se extraerá una muestra de ensayo, simple o continua, de por lo menos 5 kg por cada 175 toneladas llevadas por el transportador, o por cada 6 horas de producción (funcionamiento del transportador), en el caso de que en ese período sea transportada una cantidad menor que la mencionada.

La extracción de muestras se hará ya sea por el método individual o por el compuesto. Cuando se obtenga una muestra compuesta, se formará ésta mezclando pesos iguales de cemento, extraídos a intervalos regulares; cada una de las porciones deberá representar no más de 35 toneladas.

8. En operaciones de transferencia

Pueden tomarse muestras de cemento almacenado cuando éste está siendo transferido en forma continua de un depósito a otro. En este caso, tómesese una muestra individual por cada 400 toneladas de cemento o menos, pero no deberán tomarse menos de dos muestras.

9. De los silos de material a granel, en sus puntos de descarga

Extráiganse las muestras del orificio de descarga cuando el cemento se encuentre en un estado de flujo continuo.

Si el silo de donde fluye el cemento es alto y circular, tómensese las muestras de un solo orificio. En caso de tratarse de depósitos rectangulares de baja altura que contengan una cantidad de cemento superior a las 1200 ton, el número de orificios de donde se tomarán las muestras será tal, que para ningún orificio el número de muestras tomadas a través suyo, representará más de la mitad del contenido del depósito, ni más de 2000 toneladas

Durante la operación de descarga continua de un silo, la extracción se efectuará mientras fluye el cemento por las bocas de descarga, a intervalos tales que se logre una muestra de 2,5 kg por cada 85 toneladas contenidas en el silo.

10. De los silos o de los depósitos de transporte de material a granel por intermedio del sacamuestras ranurado o por tubo sacamuestras

Si la altura del cemento contenido en el depósito no sobrepasa los 2,1 m (7') las muestras se podrán extraer por medio del sacamuestras ranurado que se ilustra en la Figura H0201_1. Esta herramienta tendrá una longitud comprendida entre 1,50 y 1,85 m (5' y 6'), un diámetro exterior de 35 mm (1 3/8") y estará formado por dos tubos telescópicos de bronce pulido con ranuras de registro que se abren o cierran girando el tubo interior con respecto al exterior; este último terminará en una punta afilada para facilitar su penetración. Para profundidades mayores de 2.1 m (7') y donde sea aplicable, se utilizará un tubo sacamuestras (Figura H0201_2) activado por un chorro de aire que permita sacar muestras de cemento a distintas profundidades.

Con el fin de que las muestras sean representativas del cemento en consideración, éstas se obtendrán ya sea por medio del sacamuestras ranurado o por medio del tubo sacamuestras, eligiendo de antemano puntos bien distribuidos tanto en la superficie como en la altura.

11. De cemento empacado, por intermedio del tubo sacamuestras

El tubo sacamuestras se insertará diagonalmente por la válvula del saco, teniendo la precaución de tapar el agujero de respiración del tubo al realizar esta operación y luego se girará el sacamuestras. Por cada 5 toneladas o fracción se extraerá una muestra de un saco. Las muestras parciales así obtenidas, se mezclarán para formar una muestra de ensayo.

12. De volquetas o camiones de transporte de material a granel

a) Un solo cargamento.

Si se trata tan sólo de una volqueta o camión, tómesese una sola muestra de 5 kg (10 lb) cuando el material haya sido cargado en forma continua y provenga de la misma fuente. Si por el contrario el proceso de carga del material es desconocido o irregular, tómensese cinco porciones de muestra de puntos uniformemente distribuidos en la carga, y combínense para formar la muestra de ensayo.

b) Varios cargamentos.

Cuando el muestreo deba hacerse de varias volquetas o camiones cargados de la misma fuente y en el mismo día, podrá tomarse una muestra por cada 100 toneladas de cemento o fracción, pero no deberán tomarse menos de dos muestras. El cemento representado por una de tales muestras podrá ser considerado como un lote, para propósitos de ensayo. En los casos en que el cemento haya sido cargado de forma no uniforme, se tomarán muestras de cada camión que se mezclarán para formar muestras de ensayo que en ningún caso representen más de 85 toneladas.

Cuando la extracción de muestras se haga en lugares diferentes del de fabricación, éstas se tomarán de cada 2,5 ton o fracción y se mezclarán para formar muestras de ensayo.

13. Protección de las muestras

Inmediatamente después de su extracción, las muestras se depositarán en recipientes herméticos de los cuales se pueda eliminar el exceso de aire, con el fin de evitar absorción de humedad y aireación. Si se depositan en envases de hojalata, debe asegurarse el llenado total

de envase y su sellado inmediato. Si se emplean bolsas impermeables de varios pliegues o bolsas de plástico, deben ser suficientemente fuertes para evitar roturas, deben poder sellarse inmediatamente después de llenarlas, de manera tal que se elimine el exceso de aire en la muestra y que se evite la absorción de humedad y aireación de la misma. Tanto las muestras simples como las compuestas, se prepararán tal como se describe en el numeral 14.

De todas las muestras tomadas de acuerdo con las especificaciones establecidas en este método, se guardará un testigo por un término de 60 días, para efectos de resolver eventuales discrepancias entre los interesados.

14. Preparación De La Muestra

Con el fin de mezclar la muestra y de extraer todos los materiales extraños antes del ensayo, se pasará el cemento a través del tamiz de 850 μm (No.20). Se descartarán las materias extrañas y los grumos endurecidos que no se deshagan mientras se tamiza la muestra o se cepilla el tamiz. El cemento así resultante se guardará en recipientes estancos e impermeables, para evitar aireación y absorción de humedad antes del ensayo.

Las muestras compuestas se prepararán disponiéndolas en grupos, de modo que cada uno represente el peso de cemento requerido por el ensayo o los ensayos para los que la muestra compuesta ha sido destinada. De cada una de las muestras individuales de un grupo, se tomarán porciones iguales en cantidad suficiente para formar una muestra compuesta que permita realizar los ensayos requeridos. La muestra compuesta así obtenida se deberá mezclar perfectamente antes de ser ensayada.

Todas las muestras se identificarán por medio de una tarjeta que deberá contener los siguientes datos:

- Número de orden de toma de la muestra.
- Tipo de cemento y su marca comercial.
- Nombres y domicilios de las partes interesadas.
- Peso del lote representado por la muestra.
- Sitios de procedencia y de toma de la muestra.
- Observaciones que se consideren necesarias (por ejemplo: empaque original o reempaque; empaque en buen o mal estado).
- Firmas de las partes interesadas y fecha de toma de la muestra.
- Nombre de la persona que tomó la muestra.

15. Cantidad De Ensayos

De todas las muestras tomadas, no todas tendrán que ser ensayadas, para la determinación y verificación de una u otra característica del cemento por medio del ensayo correspondiente. En este numeral se indica cuántas muestras, de todas las tomadas, deberán ser realmente ensayadas, esto es, la cantidad de ensayos (cantidad de veces que se repetirá un ensayo específico sobre la producción de cemento, para verificación de la propiedad que mide).

El comprador deberá especificar la cantidad de ensayos cuando se requieran las determinaciones de calor de hidratación y de falso fraguado del cemento. Incluyendo todas las muestras tomadas, deberán conformarse muestras de ensayo por composición de dos muestras consecutivas, para ser ensayadas a sanidad (expansión) en el autoclave, consistencia normal y tiempo de fraguado; cuando exista un número par de muestras, la última será ensayada aparte. Todos los demás ensayos deberán hacerse sobre muestras individuales seleccionadas según la Tabla HO201_1

16. Muestras de volquetas y camiones

Todos los ensayos solicitados deberán hacerse sobre cada muestra tomada en este caso, exceptuando lo consecuente a lo indicado en el numeral 12.

17. Muestras de lotes

La Tabla HO201_1 se aplica a todos los ensayos solicitados sobre muestras representativas de lotes, exceptuando los siguientes: sanidad (expansión) la autoclave, calor de hidratación, falso fraguado, consistencia normal y tiempo de fraguado.

18. Todos los demás casos

En aquellos casos para los cuales nada se haya especificado, una muestra de ensayo representará cualquier cantidad indicada por el comprador. Por ejemplo, una muestra de ensayo podrá representar todo el cemento de un silo o todo el producido en el transcurso de un día.

TABLA H0201_1 NÚMERO DE MUESTRAS PARA ENSAYO

Tamaño del lote (Número de muestras)	Número de ensayos
2	2
3	3
4 a 10	4
11 a 20	6
más de 20	8

19. Selección de las muestras de ensayo

Las muestras que realmente van a ser ensayadas de cada uno de los lotes deberán ser escogidas mediante algún método aleatorio. Se sugiere el método simple de elaborar papeletas, que identifiquen cada una de las muestras del lote, introducir las dentro de una bolsa y extraer un número de papeletas igual al número de ensayos; se ensayan las muestras correspondientes a las muestras extraídas.

Muestras de ensayo teniendo en cuenta historia de control de calidad. Cuando se lleva una historia de control de calidad del cemento producido en una misma fuente, puede disminuirse el número de ensayos, tan sólo para verificar el comportamiento general de dicha producción. Consúltese la Norma ASTM C 183 o AASHTO T 127 para seguir un procedimiento de verificación de la calidad del cemento teniendo en cuenta un historial de la calidad del cemento.

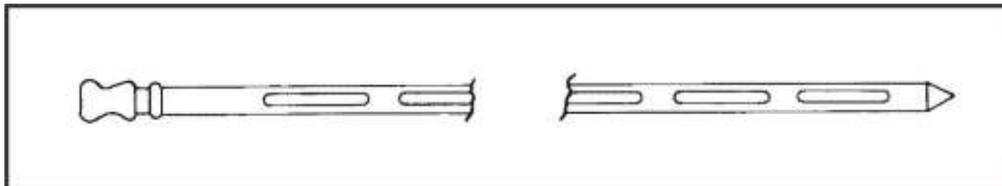


FIGURA H0201_1 SACA MUESTRAS RASURADO

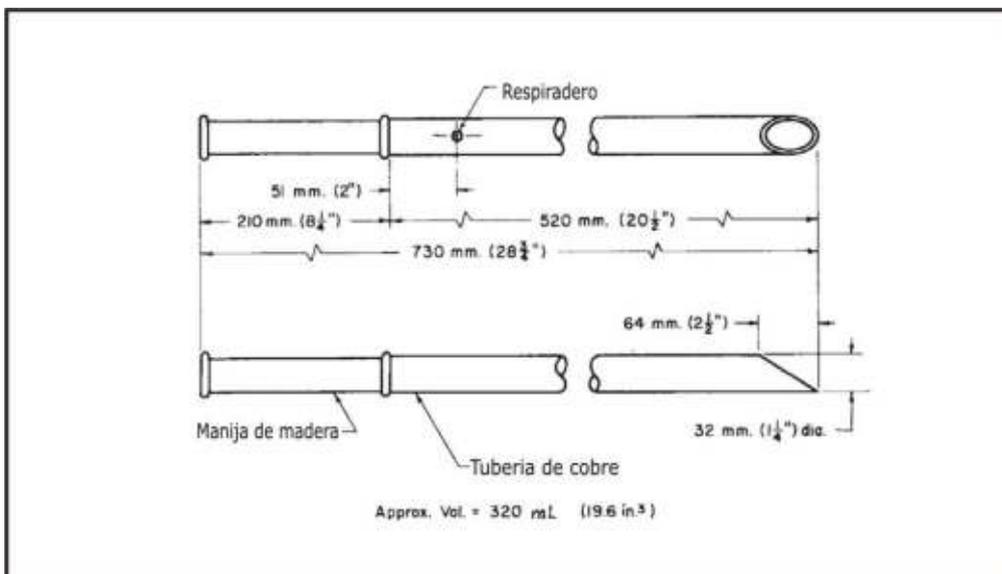


FIGURA H0201_2 TUBO SACA MUESTRAS.

H0202. FINURA DEL CEMENTO PORTLAND MÉTODO DEL APARATO BLAINE (ASTM C 204 AASHTO T153)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar la finura del cemento Pórtland por medio del aparato Blaine de permeabilidad al aire. Dicha finura se da en términos de superficie específica expresada como área total en centímetros cuadrados por g (cm^2/g) de cemento. A pesar de que este método haya sido usado para determinaciones de la finura de otros materiales, debe entenderse que, en general, se obtiene un valor de finura relativo en lugar de uno absoluto.

Principio Del Método: Consiste en hacer pasar una cantidad determinada de aire a través de una capa de cemento de porosidad definida. La cantidad y el tamaño de los poros existentes en dicha capa, son función del tamaño de las partículas y determinan el gasto del aire a través de la capa.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Aparato Blaine

Consta de las siguientes partes: cámara de permeabilidad, disco perforado, émbolo y manómetro. (Véase Figura H0202_1).

-Cámara de permeabilidad:

Está formada por un cilindro rígido, de diámetro interior de $12,7 \text{ mm} \pm 0,10 \text{ mm}$ construido de vidrio o de metal no corrosible. La parte superior de la cámara está dispuesta en ángulo recto con respecto al eje de la misma. La parte inferior de la cámara ajusta herméticamente con la parte superior del manómetro. En el interior de la cámara y a $50 \text{ mm} \pm 15 \text{ mm}$ de la parte superior, se hace un reborde de $0,5 \text{ mm}$ a 1 mm , de ancho para soportar un disco metálico perforado.

-Disco perforado:

Debe ser construido con un metal no corrosible; su superficie es plana y tiene un espesor de $0,9 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$; está provisto de 30 o 40 orificios de 1 mm de diámetro, distribuidos uniformemente sobre su superficie. El disco debe ajustar el reborde del tubo.

La porción central de una cara del disco deberá estar marcada o inscrita en una forma legible, de tal manera que el operador coloque siempre el lado marcado hacia abajo cuando lo inserte en la cámara. La marca o inscripción no deberá extenderse en los orificios, ni tocar la periferia del disco, ni extenderse al área del disco que descansa sobre el reborde de la cámara.

-Émbolo:

Debe ser fabricado con un material indeformable e inatacable por el cemento y debe ajustar dentro del tubo con una tolerancia (holgura) máxima de $0,1 \text{ mm}$. La parte inferior del émbolo es plana, tiene bordes regulares y forma ángulo recto con su eje principal. En el centro o a un lado del émbolo hay un desfogue para el aire. La parte superior del émbolo tiene un reborde con el objeto de que cuando se coloque dentro de la cámara y el reborde toque la parte superior de la misma, la distancia entre el extremo inferior del émbolo y la parte superior del disco perforado sea de $15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

-Manómetro:

Es en forma de U y se construye de acuerdo con la Figura H0202_1. Para construirlo, se emplea un tubo de vidrio de 9 mm de diámetro exterior. El extremo superior de uno de los brazos del manómetro es de forma tal que hace posible un ajuste hermético con la cámara de permeabilidad. Dicho brazo tiene un sistema lateral de tubos para sacar el aire, situado a una distancia entre 250 mm y 305 mm del fondo del manómetro y tiene, además, una marca grabada a una distancia de 125 mm a 145 mm por debajo de la parte superior del sistema lateral de tubos. También, hay otras tres marcas por encima de la primera, a distancias de 15 mm , 70 mm y 110 mm respectivamente. En el sistema lateral de tubos hay una válvula, que puede hacer un

cierre hermético, situada a una distancia no mayor de 50 mm del brazo. Al montarse el manómetro, debe quedar firme y con los brazos perfectamente verticales.

2. Líquido para llenar el manómetro

El manómetro debe llenarse hasta la mitad, con un aceite mineral ligero o con un líquido que no sea volátil ni higroscópico y que tenga viscosidad y densidad bajas, tal como el ftalato dibutilo (dibutil 1.2 bencendicarboxilato). Es aconsejable colorear el líquido para facilitar las lecturas.

3. Papel de filtro

Debe ser del tipo de mediana retención. Su forma tiene que ser circular, sus bordes regulares y debe tener el mismo diámetro que el interior de la cámara de permeabilidad.

Nota 1: los discos de papel de filtro son muy pequeños, pueden dejar que parte de la muestra se adhiera a la pared interior de la cámara por encima del disco superior. Si por el contrario son muy grandes, tenderán a doblarse y a causar resultados errados.

4. Cronómetro

Debe permitir lecturas con aproximación de 0,5 segundos o menos. Su tolerancia debe ser de 0,5 segundos o menos en intervalos de tiempo hasta 60 segundos, y de 1,0% ó menos para intervalos de 60 a 300 segundos.

CALIBRACIÓN DEL APARATO

5. Muestra

La calibración del aparato se hace empleando una muestra patrón (muestra 114 del nacional Bureau of Standards, USA). En el momento del ensayo, la muestra debe estar a la temperatura ambiente.

6. Determinación del volumen de la capa compactada de cemento

Se determina en la forma siguiente:

-Se colocan dentro de la cámara de permeabilidad dos discos de papel de filtro de igual diámetro al de ella, haciéndoles presión con una varilla de longitud ligeramente inferior al diámetro de la cámara, hasta que se asienten bien sobre el disco perforado. Se llena luego la cámara con mercurio y se eliminan las burbujas de aire adheridas a las paredes. Si la cámara está hecha de un metal que pueda amalgamarse, su interior debe protegerse con una película muy fina de aceite que se pone inmediatamente antes de agregar el mercurio. Se enrasa el mercurio cuidadosamente con una placa de vidrio. Se saca el mercurio, se pesa y se anota el peso obtenido. Se saca de la cámara de permeabilidad uno de los discos de papel filtro. Se colocan en ella 2,80 g de cemento (ver Nota 2) y sobre éste, el mismo disco de papel de filtro que se había sacado; luego se hace presión sobre el cemento (ver Nota 3). Se acaba de llenar con mercurio la cámara, se elimina el aire y se enrasa nuevamente. Se saca el mercurio, se pesa y se anota ese peso.

El volumen ocupado por el cemento se calcula, con aproximación de $0,005 \text{ cm}^3$, como sigue:

$$V = \frac{W_A - W_B}{D} \quad (1)$$

Siendo:

V = Volumen de la capa de cemento, en cm^3 .

W_A = Peso del mercurio que se coloca en la cámara de permeabilidad cuando no hay cemento en la misma, en g.

W_B = Peso del mercurio que llena la parte de la cámara de permeabilidad no ocupada por la capa de cemento, en g.

D = Peso específico del mercurio a la temperatura a que se hace el ensayo, en g/cm. (ver Tabla HO202_1)

-Como mínimo, se deben hacer dos determinaciones del volumen del cemento. El volumen empleado en los cálculos correspondientes, debe ser el promedio de dos resultados que no difieran, en más o menos, de $0,005 \text{ cm}^3$. Se debe anotar la temperatura ambiente que rodea a la cámara de permeabilidad, inmediatamente antes y después de cada determinación.

Nota 2: No es necesario emplear la muestra patrón en la determinación del volumen.

Nota 3: La capa de cemento que se prepare debe ser consistente. Si está demasiado floja o si el cemento no puede comprimirse al volumen deseado, se varía la cantidad de cemento empleado en el ensayo.

7. Preparación de la muestra

La muestra patrón se introduce, inmediatamente antes de ser utilizada, en un frasco de 100 a 150 cm³ de capacidad y se agita vigorosamente durante 2 minutos, a fin de deshacer los grumos.

8. Peso de la muestra patrón

Debe ser tal, que permita obtener una capa de cemento que tenga una porosidad de $0,500 \pm 0,005$. Dicho peso se calcula con la siguiente fórmula:

$$W = 3.15 V (1 - e) \quad (2)$$

Siendo:

W = Peso de la muestra patrón, en g con una aproximación de 0,001 g.

3,15 = Peso específico del cemento Pórtland

V = Volumen de la capa de cemento, en cm³ que se determina de acuerdo con lo expuesto en el numeral 7

e = Porosidad de la capa de cemento ($0,500 \pm 0,005$).

9. Preparación de la capa de cemento

Se coloca el disco perforado en el reborde de la cámara de permeabilidad. Se pone un disco de papel de filtro sobre el disco perforado y se presiona con una varilla de longitud ligeramente menor que el diámetro de la cámara. Se añade cemento a ella, de acuerdo con lo indicado en numeral 9 y se dan unos ligeros golpes en sus paredes para que la capa de cemento quede nivelada. Se coloca un disco de papel de filtro sobre el cemento. Se baja el émbolo hasta que su reborde toque el extremo superior de la cámara. Se levanta un poco el émbolo en forma lenta, se rota 90° y se vuelve a bajar. Por último, se saca el émbolo lentamente. Para cada determinación es necesario utilizar discos nuevos de papel de filtro.

10. Ensayo de permeabilidad

-La cámara de permeabilidad se conecta con el manómetro, cerciorándose que haya una conexión hermética (ver Nota 4) y cuidando que la capa de cemento no se altere.

-El aire contenido en el brazo del manómetro que tiene las marcas, se elimina lentamente hasta que el líquido alcance la marca más alta y luego se cierra herméticamente la válvula. Se hace funcionar el cronómetro en el momento en que el menisco del líquido llegue a la segunda marca (la que sigue a la más alta) y se detiene en el momento en que el menisco llegue a la tercera marca. El intervalo de tiempo observado se anota en segundos; se anota también la temperatura a que hizo el ensayo, en °C. Para la calibración del aparato se hacen como mínimo tres determinaciones del tiempo de flujo en cada una de tres capas diferentes de la muestra patrón (ver Nota 5). La calibración debe hacerla la misma persona que va a efectuar las determinaciones de la finura.

Nota 4: Si se usa un tapón de goma para la conexión, éste debe humedecerse con agua. Si la unión es esmerilada, debe aplicarse un poco de grasa. La eficiencia de la conexión puede apreciarse tapando la parte superior de la cámara (después de haber colocado el manómetro), haciendo salir aire y cerrando luego la llave. Un descenso continuo del menisco es indicio de falla en el sistema.

Nota 5: Puede volver a usarse la misma muestra patrón para preparar las capas de cemento, volviéndola a aflojar según el numeral 8 y siempre que se mantenga seca y se hagan las pruebas dentro de las 4 horas siguientes a la apertura de la muestra.

11. Recalibración

El aparato debe ser recalibrado en los siguientes casos:

-Para corregir posibles desgastes del émbolo o de la cámara de permeabilidad; esto deberá hacerse periódicamente.

-Si hay alguna pérdida de líquido del manómetro.

-Si se efectúa algún cambio en el tipo o en la calidad del papel de filtro empleado en los ensayos.

Nota 6: Se sugiere preparar una muestra secundaria para ser usada en las comprobaciones rutinarias del instrumento; éstas se deben efectuar entre las calibraciones regulares, en las cuales se debe usar la muestra patrón.

PROCEDIMIENTO

12. Temperatura del cemento

La muestra de cemento debe estar a la temperatura ambiente en el momento de efectuar el ensayo.

13. Cantidad de muestra

La muestra debe tener el mismo peso que la muestra patrón utilizada para la calibración, excepto cuando se vaya a determinar la finura de un cemento de alta resistencia inicial, caso en el cual el peso de la muestra debe ser el necesario para obtener una capa con porosidad de $0,530 \pm 0,005$.

Nota 7: Cuando este método sea utilizado para materiales diferentes del cemento portland, el peso de la muestra debe ser ajustado de tal forma que del proceso de compactación se obtenga una capa firme y dura.

14. Preparación de la capa de cemento

La capa de cemento para el ensayo debe prepararse de acuerdo con el método descrito en el numeral 10

15. Ensayo de permeabilidad

Debe efectuarse de acuerdo con el método descrito en el numeral 11, con la excepción de que sólo es necesaria una determinación del tiempo de flujo para la capa de cemento.

CÁLCULOS

16. La superficie específica se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$S = \frac{S_p \sqrt{T}}{\sqrt{T_p}} \quad (3)$$

$$S = \frac{S_p \sqrt{N_p} \sqrt{T}}{\sqrt{T_p} \sqrt{N}} \quad (4)$$

$$S = \frac{S_p (b - e_p) \sqrt{e^3} \sqrt{T}}{(b - e) \sqrt{e^3_p} \sqrt{T_p}} \quad (5)$$

$$S = \frac{S_p (b - e_p) \sqrt{e^3} \sqrt{T} \sqrt{N_p}}{(b - e) \sqrt{e^3_p} \sqrt{T_p} \sqrt{N}} \quad (6)$$

$$S = \frac{S_p G_p (b - e_p) \sqrt{e^3} \sqrt{T}}{G (b - e) \sqrt{e^3_p} \sqrt{T_p}} \quad (7)$$

$$S = \frac{S_p G_p (b - e_p) \sqrt{e^3} \sqrt{T} \sqrt{N_p}}{G (b - e) \sqrt{e^3_p} \sqrt{T_p} \sqrt{N}} \quad (8)$$

Siendo:

- S = Superficie específica de la muestra de ensayo, en cm^2/g
- S_p = Superficie específica de la muestra patrón, en cm^2/g
- T = Tiempo determinado para la muestra en ensayo, en segundos, según (Nota 8)
- T_p = Tiempo determinado para la muestra patrón, en segundos, según la (Nota 8)
- N = Viscosidad del aire a la temperatura a que se verifica la determinación sobre la muestra en ensayo, en poises (Nota 8)
- N_p = Viscosidad del aire a la temperatura a que se efectúa la calibración, en poises (Nota 8)
- e = Porosidad de la capa de la muestra en ensayo (Nota 8)
- e_p = Porosidad de la capa de la muestra patrón (Nota 8)
- G = Peso específico de la muestra en ensayo (para el cemento portland: 3,15).
- G_p = Peso específico de la muestra patrón (adóptese 3,15).
- b = Una constante (para cemento portland deberá usarse el valor de 0,9)

Nota 8: Los valores de \sqrt{N} , y $\sqrt{e^3}$ se toman de las Tabla HO202_1 y Tabla HO202_2 respectivamente.

Las fórmulas (3) y (4) se deben usar para cemento portland, cuando las porosidades de la muestra en ensayo y de la patrón sean las mismas. En particular, se debe emplear la (3) si las temperaturas de dichas muestras no difieren en más de 3°C entre sí; y la (4), si ocurre lo contrario.

Las fórmulas (5) y (6) se deben emplear para cemento Portland cuando las porosidades de las dos muestras aludidas sean distintas. La (5) se debe utilizar cuando las temperaturas no difieran en más de 3°C entre sí; y la (6) cuando la diferencia sea mayor.

Las fórmulas (7) y (8) se deben usar para materiales distintos del cemento portland. La (7) en los casos en que las temperaturas de la muestra en ensayo y la patrón no difieran en más de 3°C entre sí; y la (8) en caso contrario.

Se recomienda que los valores de b sean determinados sobre no menos de tres (3) muestras del material en cuestión. Ensáyese cada muestra a un mínimo de cuatro porosidades sobre un intervalo de porosidad de por lo menos 0,06. Los coeficientes de correlación deberán exceder el valor 0,9970 para la correlación de $\sqrt[3]{e^3 T}$ versus e , sobre cada muestra ensayada.

17. Para calcular los valores de superficie específica en $m^2/Kg.$, multiplíquese el área superficial en cm^2/g por el factor 0,1.
18. Aproxímense los valores en cm^2/g a las 10 unidades más cercanas ($m^2/Kg.$ a la unidad más cercana). Ejemplo: $3447 cm^2/g$ y se redondea a $3450 cm^2/g$ o $345 m^2/kg.$

INFORME

19. Para cementos portland o materiales basados en cemento portland, infórmense los resultados de una sola determinación sobre una sola capa de cemento.
20. Para materiales de finura muy alta, con intervalos de tiempo largos, infórmese el valor promedio de finura de dos ensayos de permeabilidad, siempre y cuando los dos no difieran más del 2% entre sí. Si difieren en más, repítase el ensayo hasta obtener dos valores que cumplan este requisito.

Nota 9: La amplia diferencia de resultados indica una necesidad de verificar el procedimiento y el aparato. Debe tenerse especial cuidado en la preparación de las capas de ensayo y deben tenerse precauciones para asegurar una conexión hermética entre la cámara de permeabilidad y el brazo del manómetro.

PRECISIÓN

21. Los resultados de dos ensayos efectuados por un mismo operador sobre una misma muestra no diferirán en más de 3,4% de su promedio.
22. Los resultados de dos ensayos efectuados en laboratorios distintos sobre una misma muestra no diferirán en más de 6% de su promedio.

TABLA H0202_1 PESO ESPECIFICO DEL MERCURIO, VISCOSIDAD DEL AIRE (N) Y \sqrt{n} A ALGUNAS TEMPERATURAS

Temperatura ambiente °C	Densidad mercurio g/cm	Viscosidad del aire n, en poises	\sqrt{n}
16	13,56	0,0001788	0,01337
18	13,55	0,0001798	0,01341
20	13,55	0,0001808	0,01345
22	13,54	0,0001818	0,01348
24	13,54	0,0001828	0,01352
26	13,53	0,0001837	0,01355
28	13,53	0,0001847	0,01359
30	13,52	0,0001857	0,01363
32	13,52	0,0001867	0,01366
34	13,51	0,0001876	0,01370

TABLA H0202_2 POROSIDAD DE LA CAPA DE CEMENTO

Porosidad de la capa, e	$\sqrt[3]{e^3}$	Porosidad de la capa, e	$\sqrt[3]{e^3}$
0,495	0,348	0,509	0,363
0,496	0,349	0,510	0,364
0,497	0,350		
0,498	0,351		
0,499	0,352	0,525	0,380
		0,526	0,381
		0,527	0,383
0,500	0,354	0,528	0,384
0,501	0,355	0,529	0,385
0,502	0,356		
0,503	0,357		
0,504	0,358	0,530	0,386
		0,531	0,387
		0,532	0,388
0,505	0,359	0,533	0,389
0,506	0,360	0,534	0,390
0,507	0,361	0,535	0,391
0,508	0,362		

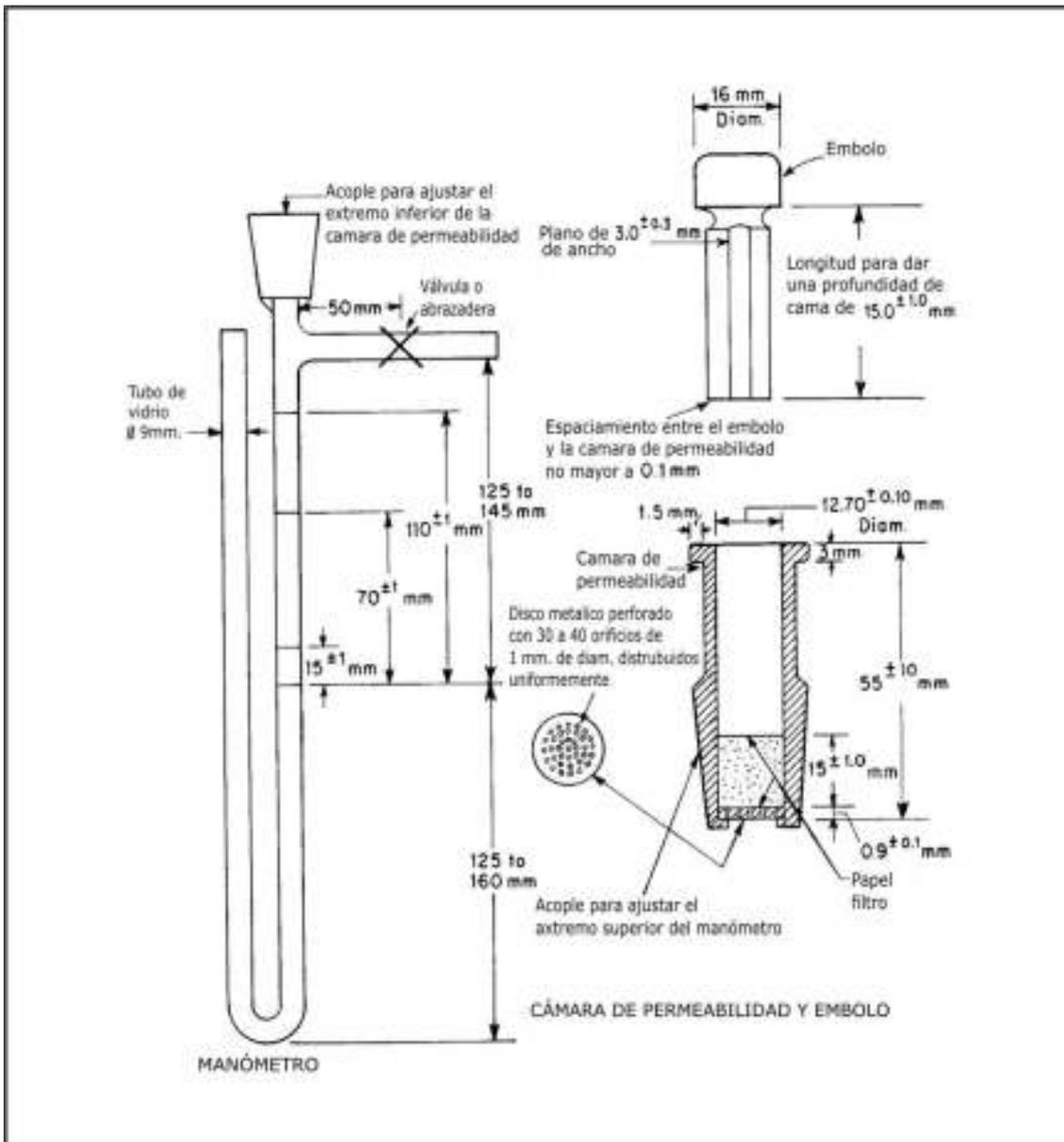


FIGURA H0202_1 APARATO BLAINE

H0203. FINURA DEL CEMENTO PÓRTLAND MÉTODO DEL TURBIDIMETRO (ASTM C 115 AASHTO T98)

OBJETO

El método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por medio del turbidímetro de Wagner, expresando la finura como el área de la superficie total en cm²/g de cemento.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Turbidímetro de Wagner

Consiste fundamentalmente en una fuente de luz de intensidad constante, ajustada de tal manera que produce un haz de rayos paralelos que pasa a través de una muestra de cemento en suspensión y llega a una fotocelda. La corriente generada por la fotocelda se debe medir con un microamperímetro cuya lectura indica la medida de la turbidez de la suspensión.

En forma general, la turbidez es una medida del área superficial de la muestra de cemento en suspensión. El aparato consiste fundamentalmente de las partes descritas a continuación y se debe construir de acuerdo al diseño y dimensiones detalladas en la Figura H0203_1. La caja puede ser de madera o de metal.

El Turbidímetro comprenderá los siguientes elementos:

2. Fuente de luz

Consiste en una lámpara eléctrica de filamento concentrado y de 3 a 6 candelas, montada rígidamente y operada por una fuente de voltaje constante, provista de un reflector parabólico montado rígidamente a la lámpara y enfocado de tal manera que los rayos paralelos pasen por el tanque de sedimentación y lleguen hasta la fotocelda. La intensidad se debe regular por medio de dos reóstatos de aproximadamente 6 y 30 ohms respectivamente, cuyas características deben permitir variar la intensidad luminosa de manera uniforme. Estos reóstatos se deben montar en serie con la lámpara y en paralelo entre sí.

3. Dispositivo absorbente de calor

La luz debe pasar por este dispositivo antes de penetrar al tanque de sedimentación con el fin de absorber el calor radiante. El dispositivo puede ser: a) cámara de agua ó b) filtro especial de vidrio absorbente de calor. La cámara consiste en una tubería de bronce de 76 mm (3") de diámetro y 102 mm (4") de longitud, con ventanas de vidrio selladas en los extremos con un material adecuado. Se debe proveer de un orificio con tapón para el llenado con agua destilada. La cámara se debe colocar entre la fuente de luz y el tanque de sedimentación.

4. Filtro de Luz

Puede ser un filtro de vidrio, u otro aparato que reduzca la intensidad de la luz de la correspondiente a 100 microamperios hasta la de 20 a 30 microamperios. La reducción se debe hacer uniforme en toda la zona de la celda expuesta durante el ensayo. El filtro deberá estar montado en un carrete sobre el elevador que le permitirá ser desplazado del haz de luz mediante una manija.

5. Tanque de sedimentación

El tanque de sedimentación deberá ser: a) construido con placas de vidrio de 4.8 mm a 6.4 mm (3/16" a 1/4") de espesor para formar un tanque rectangular o b) un tanque de vidrio moldeado con paredes de 4,8 mm (3/16") de espesor y superficies planas y pulidas. Las dimensiones interiores del tanque rectangular deben ser de 50 ± 0,8 mm (2 ± 0.03") x 38 ± 0,8 mm (1.5 ± 0.03") x 203 ± 2,5 mm (8 ± 0.10") de altura. Las paredes de 50 mm (2") deben ser paralelas con tolerancia de 0.3 mm (0.01"). El tanque debe llevar una marca que indique un volumen de 335 ml que corresponde al nivel libre del petróleo durante el ensayo. Un tanque lleno hasta la marca con Kerosene claro y colocado ante el rayo de luz del turbidímetro, debe presentar lecturas uniformes del microamperímetro, con un rango de ± 0,1 µA, para toda la parte útil del tanque.

6. Fococelda

El medio de medición de la intensidad luminosa debe ser una fotocelda, conectada directamente al microamperímetro, provista de una cubierta con una ventanilla de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ " de alto por 35 mm ($1 \frac{3}{8}$ " de ancho y colocada a 25 ± 2 mm ($1 \pm 1/16$ " de la fotocelda. La cara de la fotocelda debe ser paralela a las caras del tanque con tolerancia de 0,5 mm (0.02").

7. Limitador del haz luminoso

Una lámina metálica con una ventanilla de 16 mm ($5/8$ " de alto por 38 mm ($1 \frac{1}{2}$ " de ancho, como se indica en la Figura H0203_1 colocada entre la cámara de agua y el tanque de sedimentación.

8. Elevador

La fuente de luz, la cámara de agua, la fotocelda, el filtro retardador y la valla protectora, se deben montar sobre una repisa móvil, la cual se puede subir o bajar por medio de tornillos para determinar la turbidez de la suspensión a cualquier profundidad. Los centros de la fuente de luz, del dispositivo absorbente de calor, de la fotocelda, y los de las ventanillas del limitador de haz luminoso y de la cubierta de la fotocelda deberán estar en línea recta, paralela al elevador. El tanque de sedimentación se debe colocar sobre una base independiente al resto del aparato para evitar las vibraciones causadas por el movimiento de la repisa. Se debe tener el cuidado de que la repisa esté nivelada y el tanque normal a ella. La distancia entre el tanque y los ejes del vano en la repisa no deben variar en más de 0,4 mm ($1/64$ " entre las posiciones 30 - 50 y 0. El nivel del rayo de luz con relación a la superficie de suspensión se debe señalar por medio de un indicador desplazable a lo largo de la escala montada en el gabinete. El cero de la escala debe indicar la posición de la línea central de la ranura cuando el rayo de luz esté al nivel de los 335 ml. Las marcas correspondientes a 7,5; 10; 15; 20; 25 y 30 a 50, se deben localizar a partir de la marca cero de la escala, a distancias iguales a los valores h dados en la Tabla H0203_1. La escala, cuando es comparada con una escala estándar, con precisión de 0,1 mm en todos los puntos, no deberá mostrar una desviación en cualquier punto, superior a los 2,5 mm y deberá indicar la posición a la cual la aguja deberá localizarse cuando las lecturas de turbidez para estos valores de h son tomadas. El interior del gabinete del Turbidímetro, las caras exteriores de la repisa, el reflector parabólico, la cámara de agua, la valla protectora y la fotocelda se deben pintar de negro opaco.

TABLA H0203_1 VALORES DE H, D Y H/D² EMPLEADOS EN LA CALIBRACIÓN DEL TUBIDÍMETRO

Diámetro de las partículas, d (μm)	Profundidad de suspensión, h (cm)	h/d ²
50	15	0,00600
45	15	0,00741
40	15	0,00938
35	15	0,01224
30	15	0,01667
25	13,1	0,0210
20	10	0,0250
15	6,6	0,0293
10	3,3	0,0330
7,5	2,1	0,0373

9. Microamperímetro

a) Tipo D'Arsonval

Debe tener una escala graduada de 0 a 50 μA que permita lecturas de 0,1 μA . Los microamperímetros nuevos deben tener una exactitud de $\pm 0,5\%$ del valor de la escala total en cualquier parte de la misma y a 25°C (77°F); en microamperímetros usados, la exactitud debe ser la misma de los aparatos nuevos excepto que la exactitud correspondiente a 40 y 50 μA debe ser de $\pm 1\%$ la escala total. El microamperímetro no se debe colocar sobre una superficie de hierro o acero, ni cerca a cualquier influencia magnética.

b) Microamperímetro digital

Nota 1: Un medidor con una amplitud de 199,9 μA es satisfactorio y permite al operador leer el lo teórico directamente, sin dispositivos adicionales. La alta resistencia interna que tiene el microamperímetro digital, no afecta la linealidad de las lecturas a los niveles de intensidad altos encontrados en una determinación turbidimétrica de la finura.

10. Fuente de energía

Puede ser una batería de automóvil de 6 voltios o una fuente de fuerza electromotriz constante para suministrar corriente a la lámpara.

11. Tamices

12. Agitador

Puede ser un cepillo cilíndrico de 19 mm (3/4") de diámetro y 45 mm (1 3/4") de longitud, con el extremo que se ajuste aproximadamente al contorno del fondo de un tubo de ensayo de 22 mm (7/8") de diámetro, o cualquier otro agitador que sea igualmente eficiente en la dispersión medida por la determinación de la superficie específica en una muestra patrón; el agitador debe girar aproximadamente a 3500 rpm.

13. Bureta para medir el tiempo

El tiempo de asentamiento para los diferentes tamaños de partícula se debe obtener en una bureta de la cual fluya kerosén.

TABLA H0203_2 DIMENSIONES DE LA BURETA

	Dimensión (cm)	Tolerancia (cm)
Longitud del tubo mayor	38	± 4
Diámetro interior del tubo mayor	1,9	± 0,2
Longitud del capilar	17,5	± 2,5
Diámetro del capilar	0,09	± 0,005
Distancia de la parte superior de la bureta hasta la marca cero	7,0	± 1

La bureta consiste en un tubo de vidrio, con un capilar fundido en el extremo inferior y con el extremo superior ensanchado para que sirva como embudo y se facilite introducir el kerosene en él. La bureta debe cumplir con las dimensiones dadas en la Tabla H0203_2 y sus líneas de graduación deben ser círculos. Se debe usar con la bureta un filtro hecho con malla de 45 µm. Cuando la bureta no esté en uso se le debe colocar una tapa.

14. Líquido de suspensión.- Se debe usar kerosene transparente y claro. El kerosene utilizado no se debe volver a usar.

CALIBRACIÓN DEL TURBIDIMETRO

15. Se debe calibrar de acuerdo con el siguiente procedimiento:

16. Calibración de la escala de la bureta.

Se debe usar kerosene con viscosidad y densidad conocida para la temperatura a la cual se hace la calibración. Se deben calcular los tiempos de flujo de la bureta que corresponden a los de sedimentación para los diferentes tamaños de partículas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$t = \frac{1.837.000 \mu}{P_1 - P_2} \times \frac{h}{d^2}$$

Siendo:

t = Tiempo de asentamiento o de flujo, en segundos.

µ = Viscosidad del kerosene a la temperatura de calibración, en poises.

P₁ = Densidad de las partículas de cemento, en g/cm³ (3,15 para el cemento portland).

P₂ = Densidad del kerosene a la temperatura de calibración, en g/cm³.

h = Profundidad de la suspensión al nivel de la luz, en cm.

d = Diámetro de la partícula, en µm.

Los valores de h/d² están dados en la Tabla H0203_1

Se debe llenar la bureta con kerosene a la temperatura de calibración y anotar el tiempo de iniciación en el momento en que el kerosene señala la marca cero; se señalan los niveles alcanzados por el kerosene para cada uno de los tiempos t, calculados como se indicó anteriormente, mediante líneas y números grabados sobre la bureta, que indiquen los diámetros correspondientes (Nota 2). La construcción y graduación de la bureta debe ser tal que a la temperatura de calibración, el tiempo requerido para que el kerosene pase por las marcas permanentes de la bureta, coincida con el tiempo calculado de sedimentación con aproximación de 1%, pero la variación permisible no debe ser menor de 1 segundo.

Nota 2: Empleando la bureta graduada, el aparato se puede usar dentro de la escala normal de la temperatura ambiente sin una corrección apreciable; el cambio en la velocidad de flujo del kerosene de la bureta queda compensado por el cambio de la viscosidad en la suspensión debido a la temperatura. El kerosene de la bureta y la suspensión, se deben mantener a la misma temperatura, con una variación de ±0.5°C; generalmente se cumple con ésta condición, si se guardan en el mismo sitio el kerosene y el aparato. Se debe tener gran cuidado en usar solamente kerosene limpio, libre de cualquier elemento extraño. Con estas mismas características deberá conservarse el capilar.

17. Calibración del tamiz de 45 μm (No. 325). Debe hacerse lavando 1 g de muestra estándar No.114 (National Institute of Standards and Technology) sobre el tamiz de 45 μm (No. 325) durante un minuto. Se secan tamiz y residuo al horno o sobre una plancha caliente, se cepilla el residuo del tamiz y se pesa en una balanza analítica. El factor de corrección es la diferencia entre la cantidad de residuo medida y la indicada por la finura especificada para la muestra estándar (% del residuo medido).
18. Determinación de la intensidad de la luz apropiada, I_0 . Se debe llevar a cabo la calibración adecuada del turbidímetro, ajustando la intensidad de la luz I_0 . Aumentando la intensidad de la luz se reduce el área superficial calculada de cualquier muestra y viceversa.

Siguiendo el procedimiento regular de ensayo descrito en el numeral 16 con la luz ajustada a un valor de prueba de 25 μA a través del filtro, se hace una determinación de la superficie específica usando la muestra estándar No.114 (National Institute of Standards and Technology); si se obtiene una superficie específica mayor que la señalada por la muestra patrón, se aumenta la intensidad de la luz a través del filtro, se vuelve a agitar la suspensión y se repite el análisis. Si se obtiene una superficie específica menor que el valor señalado, se disminuye la intensidad de la luz, se vuelve a agitar la suspensión y se repite el análisis. Remuévase el tanque y regístrese la intensidad a través del filtro.

Con nuevas suspensiones, se repite el procedimiento anterior dos veces y se anota el promedio de las tres intensidades. Al encontrar una intensidad que dé como resultado una superficie específica promedio de las tres determinaciones dentro de $\pm 15 \text{ cm}^2$ del valor asignado a la muestra patrón, se ajusta la luz a este valor promedio y se coloca un tanque con kerosene puro en la trayectoria de los rayos. Se anota la intensidad a través del filtro y del tanque de kerosene. Este es el valor de referencia permanente para la intensidad de la luz; al principio de cada ensayo se ajustan los reóstatos hasta obtener la intensidad de referencia estando colocado el filtro y el tanque de sedimentación con kerosene puro.

MUESTRA DE ENSAYO

19. Tamaño de la muestra

La muestra de cemento para el ensayo se debe seleccionar para que las lecturas en el microamperímetro se presenten en la parte media de la escala.

20. Las siguientes aproximaciones son útiles en muchos casos al seleccionar el tamaño de una muestra; una muestra de 0,3 g para un cemento que pase más de 85% por el tamiz de 45 μm (No.325); una muestra de 0,4 g para un cemento que pase entre 70% y el 85% y una muestra de 0,5 g para un cemento que pase menos del 70%.

PROCEDIMIENTO

21. Tamizado

Se debe pasar por el tamiz de 45 μm (No.325) una muestra de 1 g de cemento, de acuerdo con el procedimiento utilizado para la calibración. Se debe anotar el porcentaje corregido de cemento que pasa el tamiz como r (numeral22).

Después de tres determinaciones, se debe sumergir el tamiz en HCl diluido (1:10) e inmediatamente lavarse con agua para eliminar las partículas retenidas en la malla. Después de 25 determinaciones, se debe calibrar el tamiz nuevamente.

22. Preparación de la suspensión

Se debe colocar la muestra de cemento en un tubo de ensayo con 10 a 15 ml de kerosene y 5 gotas del dispersante (ácido oléico o aceite de linaza envejecido, ver Nota 3). Se agita la muestra durante 1 minuto con el agitador y luego se lleva al tanque de sedimentación.

Se lava el cepillo y el tubo de ensayo con kerosene puro, haciendo girar el agitador y este kerosene se agrega a la suspensión; luego se adiciona kerosene puro hasta que el volumen total de la suspensión en el tanque sea 335 ml. Deben limpiarse las caras del tanque.

Nota 3: Si se usa ácido oléico, debe ser de grado USP. Si se usa aceite de linaza debe tener un peso específico de 0,948 a 0,953. Estos dispersantes no afectan la viscosidad del kerosene, pero pueden cambiar con el tiempo o con la exposición al calor y a la luz; por consiguiente, deben mantenerse en frascos bien tapados y de paredes oscuras. Cuando se usen frascos goteros, deben vaciarse, limpiarse, secarse y llenarse con ácido oléico fresco periódicamente. Cuando se obtenga una dispersión pobre con el ácido oléico o cuando se produzca espuma en la suspensión, motivada por posibles rastros de agua en el kerosene, se debe usar aceite de linaza envejecido como dispersante. Se debe usar el mismo agente dispersante para la calibración del aparato y la determinación de la finura.

23. Agitación de la suspensión

Antes de colocar el tanque en la trayectoria del haz luminoso, se debe agitar el contenido para lograr la suspensión uniforme. El tanque se debe cubrir con una tapa de vidrio esmerilado y se oscila 180° alrededor de un eje horizontal que pase a través del centro del tanque,

aproximadamente 60 veces durante 1 minuto (no se deberá oscilar de otra forma), evitando la pérdida de kerosene (Nota 4). La suspensión estará entonces lista para colocarla en la posición adecuada en la trayectoria del haz luminoso.

Nota 4: La tapa del tanque deberá ajustarse de tal forma que no fluya kerosene por las paredes externas del tanque. Las caras del tanque de vidrio deberán estar limpias cuando la solución sea añadida, y deberá evitarse limpiar las caras hasta que se complete la determinación.

24. Operación del Turbidímetro

Se debe colocar en la trayectoria de la luz, el filtro retardador y el tanque de sedimentación con aproximadamente 100 ml de kerosene puro y se ajusta la luz a la intensidad adecuada I₀; se toman lecturas a intervalos de 1 minuto hasta que se obtenga un valor constante que indique el equilibrio entre la lámpara y la fotocelda (Nota 5). Retírese el tanque, verifíquese y regístrese la intensidad de la lámpara.

Nota 5: Para proteger el microamperímetro, la lámpara solo se debe encender con el tanque listo para el ensayo o con el filtro retardador, para reducir la intensidad de la luz a un valor dentro de la escala del microamperímetro. Una batería recién cargada debe ponerse momentáneamente en corto circuito para reducir el voltaje a un valor constante. Si el microamperímetro continúa fluctuando, se debe comprobar si las instalaciones eléctricas están correctas.

La muestra de cemento se debe pesar como se indica en el numeral 15 y se prepara una suspensión de acuerdo con el numeral

El indicador del nivel de la plataforma se debe colocar en una posición entre 30 y 50 μm.

Se debe llenar la bureta con kerosene hasta la altura calibrada, usando éste del mismo lote y a la misma temperatura del empleado en la suspensión y se inicia la oscilación del tanque que contiene la suspensión como se indica en el tópico "agitación de la suspensión en el numeral 15". Se continúa la oscilación hasta que el kerosene llegue al cero de la bureta; entonces debe cesar la agitación e inmediatamente se debe colocar en posición de ensayo.

La tapa se debe ajustar de manera que el kerosene no salga del tanque.

Inmediatamente se debe retirar el filtro retardador de la trayectoria de la luz y cerrar la puerta del gabinete.

Se debe leer el microamperímetro con precisión de 0.1 μA, en el momento que el kerosene pase las marcas 50, 45, 40, 35 y 30 de la bureta.

Luego se debe levantar la plataforma sucesivamente hasta las marcas 25, 20, 15, 10 y 7.5 de la escala indicadora, leyendo el microamperímetro cuando el kerosene pase las correspondientes marcas en la bureta.

Se vuelve a colocar el filtro en la trayectoria de la luz, se retira el tanque y se comprueba la intensidad de la lámpara. Si la indicación del microamperímetro varía en más de 0.3 μA de la lectura inicial a través del filtro solo, se repite el ensayo.

CÁLCULOS

25. Superficie específica

Se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{38r(2 - \log I_{50})}{1,5 + 0,75 \log I_{7,5} + \log I_{10} + \log I_{15} + \log I_{45} - 9,5 \log I_{50}}$$

Siendo:

S = Superficie específica de la muestra, en cm²/g

r = Porcentaje corregido en peso que pasa el tamiz de 45 μm (No.325).

I_{7,5}, I₁₀, I₁₅...I₅₀ = Lectura en μA, correspondientes a partículas de diámetro 7,5; 10; 15...50 μm.

Nota 6: El factor constante 38 sólo se debe aplicar a un material que tenga el peso específico del cemento portland (3,15 aprox.). Para cualquier otro material se debe calcular adecuadamente el valor correspondiente para este factor, el cual derivando la fórmula, varía inversamente con la densidad de las partículas, en g/cm³.

26. Anotación de los datos.

En este numeral se indica la forma aconsejada para Anotar los datos del ensayo del turbidímetro y el cálculo de la superficie específica.

Ejemplo

Los valores dados son solamente ilustrativos.

Identificación de la muestra	Muestra X
Pasa tamiz de 45 µm (No.325), r corregido	9.5%
Filtro de referencia (únicamente a través del filtro)	
Después del ensayo	20.5 µA
Antes del ensayo	20.5 µA
Peso de la muestra ensayada	0.3 g

TABLA H0203_3 EJEMPLO DE ANOTACIÓN DE DATOS

Tamaño de las partículas, µm	I (µA)	Log. I
50	11,1	1,045 (a)
45	11,5	1,061
40	11,7	1,063
35	12,1	1,083
30	12,6	1,100
25	13,4	1,127
20	14,4	1,158
15	15,7	1,196
10	19,1	1,281
7,5	23,0	1,362 (a)

$$\begin{aligned}
 0,75 \times 1,362 &= 1,022 \\
 &\quad \underline{1,500} \\
 \text{Suma} &= 11,591 \\
 \\
 9,5 \times 1,045 &= 9,928 \\
 \text{Diferencia} &= \underline{1,663}
 \end{aligned}$$

$$S = \frac{38 \times 89,5 \times 0,955}{1,663} = 1.953 \text{ cm}^2 / \text{g}$$

(a) Por conveniencia en los cálculos, el log I50 y el log I7,5 se anotan en la columna separada.

27. Cálculo de la superficie específica con base en la primera lectura I50.

Este método se puede usar para determinaciones sucesivas de una misma planta, siempre que se use el mismo tamaño de muestras de ensayo y que no haya gran cambio en la finura, color y otra propiedad del cemento. Bajo estas condiciones, la superficie específica de una muestra se puede calcular con la primera lectura I50, usando la siguiente ecuación:

$$S = C(2 - \log I_{50})$$

Siendo:

- S = Superficie específica de la muestra, en cm²/g.
 I50 = Lectura del microamperímetro correspondiente a una partícula de diámetro de 50 µm.
 C = Constante de transmisión para la planta en particular.

Nota 7: La constante de la transmisión C se puede evaluar sustituyendo en la ecuación anterior los valores conocidos de S y (2 - log I50) calculados de un ensayo completo de turbidímetro. En la ecuación anterior debe usarse el promedio de no menos de cinco valores de C.

28. Si la finura de la muestra, como se determina según el numeral 19, falla en cumplir los requisitos establecidos para la finura, deberá efectuarse otro ensayo mediante el procedimiento completo de los numerales 16; 17 y 18.

PRECISIÓN

29. Los resultados de dos ensayos efectuados por un mismo operador, sobre una misma muestra, no diferirán en más de 7,3% de su promedio.
30. Los resultados de dos ensayos efectuados en laboratorios distintos, sobre una misma muestra, no diferirán en más de 11,5% de su promedio.

APÉNDICE – INDICACIONES COMPLEMENTARIAS

31. Para investigación o propósito (u objetos) de comparación, la distribución del tamaño de las partículas puede ser tomada de un valor mínimo de 7,5 μm
32. El cálculo de la distribución del tamaño de las partículas se hace de acuerdo con la Tabla H0203_4, donde se desarrolla un ejemplo ilustrativo.

$$F = r / \sum (d_i \times diferencia) = 89,5 / 8,476 = 10,559$$

$$\text{Fracciones porcentuales} = F \times diferencia$$

TABLA H0203_4 EJEMPLO DE CÁLCULO DE DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTICULAS

Tamaño de las partículas, μm	I (μA)	Log I.	Diferencia	Tamaño promedio de las partículas, d_1 , μm
50	11,1	1,045	0,016	47,5
45	11,5	1,061	0,007	42,5
40	11,7	1,063	0,015	37,5
35	12,1	1,083	0,017	32,5
30	12,6	1,100	0,027	27,5
25	13,4	1,127	0,031	22,5
20	14,4	1,158	0,038	17,5
15	15,7	1,196	0,085	12,5
10	19,1	1,281	0,081	8,8
7,5	23,0	1,362	0,638	3,8
0	(100,0)	(2,000)		

TABLA H0203_5 EJEMPLO DE CÁLCULO DE DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTICULAS

d1 x Diferencia	Peso %	
	Fracción	Acumulativo
0,760	8,02	89,5
0,298	3,15	81,3
0,562	5,93	78,3
0,552	5,83	72,4
0,742	7,83	66,6
0,698	7,37	58,7
0,665	7,02	51,4
1,062	11,21	44,3
0,713	7,53	33,1
2,424	25,60	25,6
8,476		

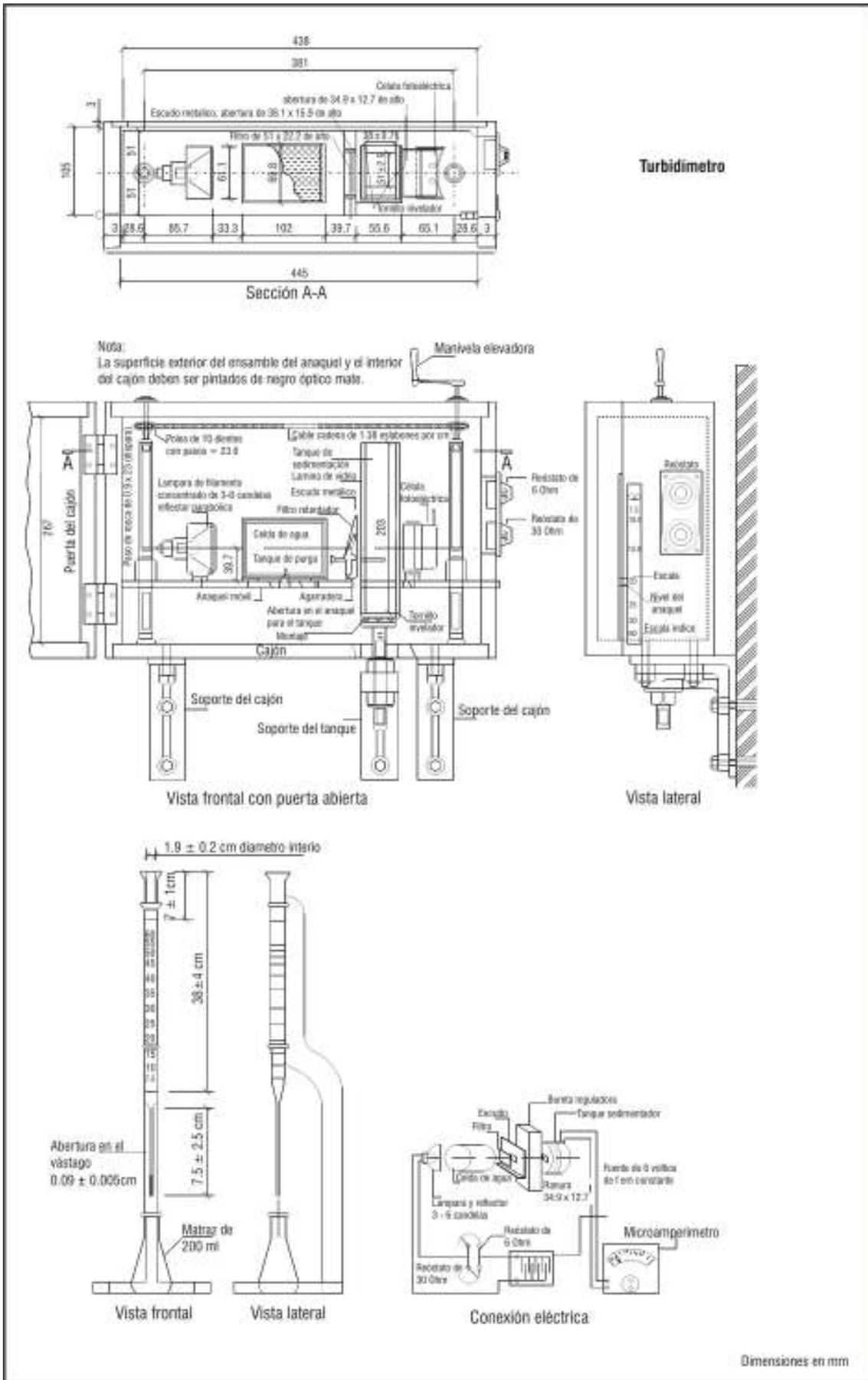


FIGURA H0203_1 TURBIDIMETRO

H0204. EXPANSIÓN DEL CEMENTO EN EL AUTOCLAVE (ASTM C 151 AASHTO T107)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar la estabilidad del volumen de muestras de pastas de cemento puro, al ser sometidas a tratamientos en autoclave.

El ensayo de expansión en el autoclave proporciona un índice de la expansión potencial demorada causada por la hidratación del CaO, o del MgO, o de ambos.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Balanzas y pesas

La precisión de las balanzas bajo una carga de 1.000 g debe ser de ± 1 g.

2. Probetas graduadas

Deben tener una capacidad hasta de 250 ml. La precisión debe ser de ± 1 ml, a 20°C. La graduación de las probetas puede comenzar a partir de 5 ml.

3. Moldes

Pueden ser sencillos o dobles ver Figuras H0204_1 a H0204_3 y deben suministrar muestras en forma de paralelepípedo, de sección cuadrada de 25,4 mm (1") de lado y longitud efectiva de 254 mm (10").

La longitud efectiva es la distancia entre los topes de medida ajustables.

Al montarse los moldes, sus partes deben hacer un ajuste hermético y deben mantenerse firmemente unidas.

Los moldes deben fabricarse de acero u otro metal duro inalterable por el cemento; sus paredes deben ser suficientemente rígidas para evitar que la muestra se deforme y sus placas terminales deben construirse de modo que alojen los topes de medida. La distancia entre las caras opuestas de los moldes deben ser de $25,4 \pm 0,8$ mm ($1 \pm 0,03$ ") y su altura, medida separadamente para cada compartimiento, debe ser de $25,4 \pm 0,8$ mm ($1 \pm 0,03$ ") tanto para moldes en uso como para nuevos.

4. Topes de medida

Deben ser de acero inoxidable adecuado y su sección debe ser circular, con diámetro de 6,4 mm ($\frac{1}{4}$ "). Deben colocarse de manera que su eje principal coincida con el eje principal de la muestra, que se introduzca dentro de ellas 16 mm y que la distancia entre sus extremos interiores, sea de $25,4 \pm 2,5$ mm ($1 \pm 0,1$ ").

5. Paleta de albañil

Deben usarse palustres de acero, cuyas paletas tengan de 100 a 150 mm (4 a 6") de longitud.

6. Autoclave

Está constituido por una cámara de vapor de agua a alta presión con los siguientes aditamentos: una válvula de desfogue de aire y de vapor; una unidad de calefacción; un regulador automático de presión; una válvula de seguridad o un disco de seguridad y un manómetro. Tiene, además, un receptáculo que permite introducir un termómetro para medir la temperatura del vapor saturado. La potencia de la unidad de calefacción debe ser suficiente, para elevar la presión manométrica del vapor de agua saturado a $2,0 \pm 0,07$ MPa (295 ± 10 lb. /pulg².), en un tiempo comprendido entre 45 y 75 minutos, después de ser puesta en funcionamiento, estando el autoclave con la máxima carga, o sea con el agua y las muestras. El regulador automático de presión debe ser capaz de mantener la presión manométrica por lo menos durante 3 horas, en $2,0 \pm 0,07$ MPa (295 ± 10 lb. /pulg².), que corresponde a una temperatura de vapor saturado de $215,7 \pm 1,7$ °C (420 ± 3 °F).

El autoclave debe ser diseñado para permitir que, una vez suprimida la calefacción, la presión descienda a menos de 0,07 MPa (10 lb. /pulg².), en un plazo de 90 minutos. La válvula de

desfogue debe permitir el escape del aire cuando comienza el calentamiento e igualmente la eliminación de cualquier presión que pueda quedar al término del período de enfriamiento.

El manómetro debe tener un tablero con diámetro de 114 mm (4½") y debe estar graduado hasta por lo menos 4,1 MPa (600 lb. /pulg².), con subdivisiones no mayores de 0,05 MPa (5 lb. /pulg².)

La precisión del manómetro no debe ser mayor de 0,02 MPa (± 3 lb. /pulg².), a la presión de trabajo de 2 MPa (295 lb. /pulg².)

7. El disco de seguridad deberá ser hecho de un material con una resistencia a la tensión que sea relativamente insensible a la temperatura, en el intervalo de 20 a 216°C (68 a 420°F); y deberá reventar a una presión de 2,4 MPa (350 lb. /pulg².) ± 5%. En lugares donde no se permita el uso del disco de seguridad, el autoclave deberá disponer de una válvula de seguridad.
8. Comparador de longitudes

El comparador para medir cambios de longitud debe tener un diseño que reúna las siguientes condiciones:

- Medios efectivos de contacto con los topes de medida de la muestra que aseguren la reproducción de las medidas de longitud.
- Un micrómetro, graduado para hacer lecturas en unidades de 0,0025 mm (0.0001"), que tenga una precisión de 0,0025 mm (0.0001") dentro de variaciones de longitud de 0,025 mm (0.0010") y de 0,005 mm (0.0020") dentro de variaciones de longitud de 0,25 mm (0.0100").
- Suficiente margen de operación para poder medir las posibles variaciones en la longitud de las muestras.
- Facilidad para realizar las medidas rápida y cómodamente.
- Posibilidad de controlar el aparato de medida a intervalos periódicos con un patrón de referencia.

Nota 1: El patrón de referencia está constituido por una barra de acero de longitud total 295,275 ± 1,587 mm (11 5/8" ± 1/16"). Su coeficiente de dilatación lineal no debe ser mayor de $1,8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Los extremos de la barra deben poder adaptarse a los del comparador y deben ser tratados térmicamente antes de pulirlos. En la parte media de la barra patrón, debe colocarse un tubo de caucho de 100 mm (4") de longitud y de por lo menos 3 mm (1/8") de espesor, para reducir el efecto del cambio de temperatura durante el manipuleo. La barra patrón debe tener una marca cerca a uno de sus extremos con el fin de colocarla en el comparador, siempre en la misma posición. El comparador debe controlarse con la barra patrón antes y después de hacer las lecturas inicial y final para cada serie de muestras.

CONDICIONES GENERALES

9. La temperatura ambiente en la sala de trabajo, así como la de las herramientas y materiales, excepto la del agua, debe ser mantenida entre 20°C y 27,5°C (68 y 81°F). La temperatura del agua de mezcla debe ser de 23°C ± 1,7°C (73.4 ± 3°F). La humedad relativa del ambiente no debe ser menor de 50%.
10. Cámara húmeda.

Debe tener las dimensiones adecuadas para que las muestras puedan almacenarse con facilidad. Además debe mantenerse a una temperatura de 23 ± 1,7°C (73.4 ± 3°F) y a una humedad relativa no menor de 90%

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

11. El manómetro deberá tener una capacidad máxima de 4,1 MPa (600 lb. /pulg².). Esto es importante, ya que con una capacidad muy pequeña, solamente una pequeña longitud de arco queda para indicar presiones superiores a la presión máxima de trabajo. El operador deberá estar siempre seguro de que la manecilla del manómetro no sobrepase la máxima graduación de la escala.
12. A pesar de que el manómetro se encuentre calibrado y ensayado, úsese siempre el termómetro junto con él, para detectar cualquier falla del manómetro e indicar cualquier condición inusual.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

13. Cantidad de especímenes

Normalmente debe prepararse un espécimen; pero cuando se necesite repetir un ensayo, se deben preparar tres.
14. Preparación de los moldes

Los moldes y los topes de medida se deben limpiar perfectamente; se arman los moldes y se recubren interiormente con una capa delgada de aceite mineral para que la muestra se pueda retirar con facilidad. Luego se colocan los topes en su sitio, cuidando que estén libres de aceite.

15. Preparación de la pasta de cemento

Sobre una superficie pulida y no absorbente se coloca una muestra de unos 500 g en forma de cono y se le hace un hoyo en el centro. Se vierte en el hoyo una cantidad medida de agua limpia, suficiente para obtener una pasta de consistencia normal (ver Método H0210) y luego, con ayuda del paleta de albañil, se pasa al hoyo el cemento seco que lo rodea exteriormente, empleando en esta operación 30 segundos. Durante los siguientes 30 segundos, mientras se permite la absorción del agua, el cemento que aún permanece seco en el exterior del cono, debe mezclarse suavemente usando el palustre con la pasta húmeda para reducir las pérdidas por evaporación y facilitar la completa absorción. Luego se termina la operación mezclando y amasando con las manos, continua y vigorosamente durante 90 segundos. En este último paso y en el siguiente, el operador debe usar guantes de caucho bien ajustados.

16. Llenado de los moldes

El llenado de los moldes debe hacerse tan pronto termina la operación anterior. Se colocan dos capas aproximadamente iguales, presionando la pasta con los dedos pulgares o índices para obtener el mejor llenado posible y cuidando de obtener una perfecta compactación alrededor de los topes de medida y a lo largo de la superficie del molde. Luego se retira la pasta sobrante pasando un palustre de bordes finos a ras del molde y, por último, se pule la superficie, deslizando suavemente el palustre.

17. Almacenamiento y fraguado

Inmediatamente después que termina la preparación de las muestras, se colocan los moldes en la cámara húmeda donde deben permanecer no menos de 20 horas; si las muestras se sacan de los moldes antes de 24 horas, deben colocarse de nuevo en la cámara húmeda hasta el momento de ser ensayadas

PROCEDIMIENTO

18. Después de 24 horas \pm 30 minutos de iniciado el período de almacenamiento y fraguado, deben sacarse de las muestras de la cámara húmeda e inmediatamente medir su longitud, colocándolas luego en el autoclave a temperatura ambiente, de manera que todos sus lados queden expuestos a la acción del vapor. El autoclave debe contener suficiente agua a una temperatura inicial de 20 a 28°C (68 a 82°F) para mantener una atmósfera de vapor saturado durante todo el ensayo. Ordinariamente el agua debe ocupar de 7 a 10% del volumen del autoclave.
19. Con el fin de evacuar el aire del autoclave al iniciar su calentamiento, la válvula de desfogue debe permanecer abierta hasta que comience a salir el vapor, luego se cierra ésta y se regula la calefacción del autoclave, de tal forma, que se obtenga la presión del ensayo 2 MPa (295 lb/pulg²), entre los 45 y 75 minutos siguientes al momento en que se inició la calefacción. Durante las 3 horas siguientes, la presión debe mantenerse en $2 \pm 0,07$ MPa. Al terminar ese período se suprime la calefacción y se enfría el autoclave, de manera que al cabo de 90 minutos la presión manométrica sea inferior a 0,07 MPa (10 lb/pulg²). La presión residual se elimina lentamente dejando escapar el vapor poco a poco por la válvula de desfogue, hasta alcanzar la presión atmosférica. Se abre entonces el autoclave y se colocan inmediatamente las muestras en agua que esté a más de 90°C (194°F); luego se disminuye la temperatura de manera uniforme por adición de agua fría, de modo que descienda a 23°C (74°F) en 15 minutos. Se mantiene esta temperatura por un período adicional de 15 minutos, al cabo del cual se retiran las muestras, se secan cuidadosamente y se mide nuevamente su longitud entre los extremos libres de los topes de medida.

Nota 2: Si se prefiere hacer todas las medidas a 26,5°C (80°F) se recomienda que, al retirar las muestras de la cámara húmeda, se coloquen en agua a 26,5°C (80°F) durante 15 minutos como mínimo. Luego se mide su longitud y se colocan en el autoclave. Retiradas de él y puestas en agua a más de 90°C, la temperatura de ésta debe hacerse descender en 15 minutos a 26,5°C (80°F); transcurrido un período adicional de 15 minutos (durante el cual la temperatura se mantiene constante) se retiran las muestras y se miden.

CÁLCULOS

20. La longitud de cada muestra se mide antes y después del ensayo para determinar la diferencia, la cual se expresa en porcentaje de la longitud efectiva con aproximación de 0,01%. En caso de que haya contracción, el resultado se indica por un número negativo.
21. Reensayos.
22. Si el ensayo da un resultado desfavorable, se puede repetir el ensayo usando muestras nuevas, dentro de los 28 días siguientes al ensayo. En este caso, se deben ensayar tres muestras distintas y el promedio de los resultados obtenidos con ellas será la expansión del cemento al autoclave.

PRECISIÓN

23. Operador individual: los resultados de dos ensayos efectuados por el mismo operador, sobre una misma muestra, no diferirán en más del 21% de su promedio.
24. Laboratorios distintos.
25. Los resultados de dos ensayos efectuados en laboratorios distintos, sobre una misma muestra, no diferirán en más del 47% de su promedio.

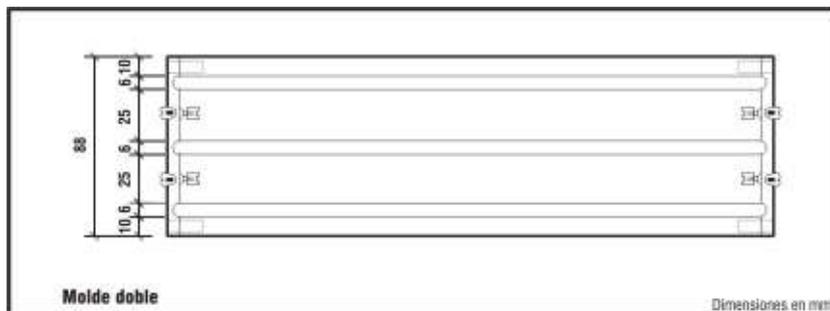


FIGURA H0204_1 MOLDE DOBLE.

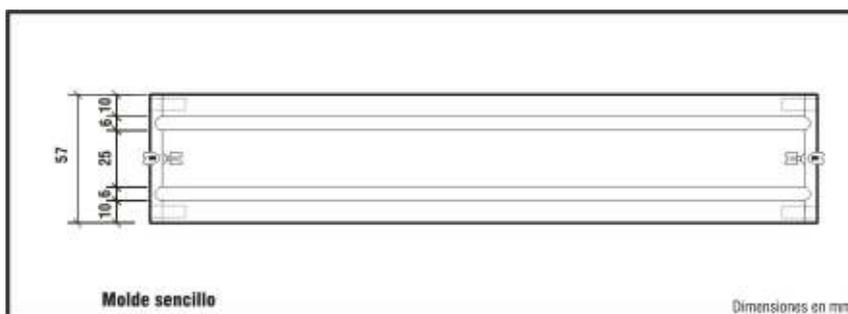


FIGURA H0204_2 MOLDE SIMPLE.

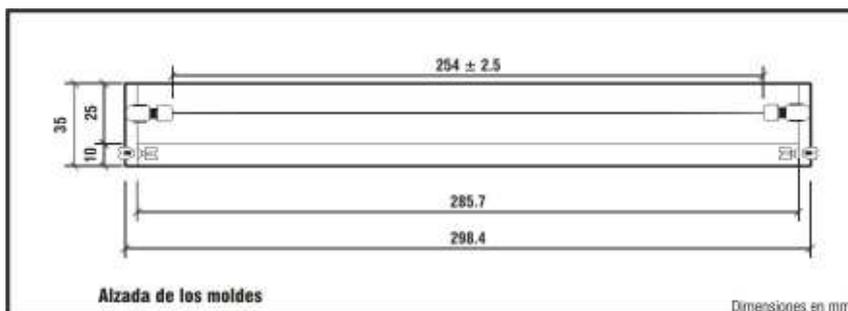


FIGURA H0204_3 ALZADA DE LOS MOLDES.

H0205. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO MÉTODO DEL APARATO DE VICAT (ASTM C 191 AASHTO T131)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante el aparato de Vicat.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Balanzas

Deben cumplir con los siguientes requisitos: la precisión para las balanzas en uso de baja carga de 1.000 g puede ser hasta de ± 1 g y para balanzas nuevas puede llegar hasta la mitad de dicho valor.

2. Probetas

Para medir el agua de amasado deben tener una capacidad a 20°C, de 150 a 250 ml. La precisión debe ser de ± 1 ml. Se pueden omitir las graduaciones para los primeros 5 ml en probetas de 150 ml y para los primeros 10 ml en las de 200 ml.

3. Aparato de Vicat

Debe cumplir con los requisitos establecidos en el Método H0210.

La escala graduada, comparada con una escala patrón con exactitud de 0.1 mm en todos los puntos, no debe indicar en ninguna parte una desviación mayor de 0.25 mm.

4. Reloj

Que permita lecturas en segundos.

5. Cámara húmeda

Debe tener las dimensiones adecuadas para que las muestras puedan ser almacenadas con facilidad. Además, debe mantenerse a una temperatura de $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$ y a una humedad relativa no menor de 90%.

6. Mezcladora

Consta de una paleta y un recipiente. Será impulsada eléctricamente, debe ser del tipo epicíclico, que imparte a la paleta movimiento de rotación y planetario; la mezcladora tendrá mínimo dos (2) velocidades, controladas por medios mecánicos (No se aceptarán ajustes de velocidad por medio de reóstatos); la velocidad primera, o baja, girará la paleta a razón de 140 ± 5 rpm y el movimiento del planetario será aproximadamente 62 rpm. La segunda o rápida, robará la paleta a razón de 285 ± 10 rpm, con movimiento del planetario de aproximadamente 125 rpm. El motor que acciona el sistema, tendrá una potencia mínima de 125 W (1/6 hp).

Cuando la mezcladora está en posición de trabajo, la distancia entre el borde inferior de la paleta y el fondo del recipiente de mezcla, no será mayor de 2,54 mm, ni menor de 0,76 mm.

CONDICIONES AMBIENTALES

Son las mismas establecidas en el Método H0210.

PREPARACIÓN DE LA PASTA DE CEMENTO

7. Deben mezclarse 500 g de cemento con el porcentaje de agua de amasado (Nota 1) requerido para la consistencia normal, siguiendo el procedimiento descrito en el Método H0211 "Mezcla mecánica de pastas y morteros de consistencia plástica".

Nota 1: En los ensayos de referencia o especiales debe usarse agua destilada.

El espécimen de ensayo usado para la determinación de la consistencia normal puede ser usado para la determinación adicional del tiempo de fraguado mediante el aparato de Vicat, siguiendo el método del Numeral 8

PROCEDIMIENTO

8. Moldeo de la muestra de ensayo

A la pasta preparada como se describe en el numeral 6, rápidamente debe dársele forma esférica con las manos enguantadas, y lanzarse de una mano a la otra por seis veces estando éstas a una distancia de 15 cm aproximadamente. Se toma el molde en una mano y con la otra se presiona la bola hasta llenar el molde completamente por la base mayor. Quítese el exceso en esta base con un solo movimiento de la palma de la mano. El molde debe colocarse con su base mayor sobre la placa de vidrio y el exceso de pasta que aparezca en la base menor debe retirarse pasando el palustre oblicuamente de modo que forme un ángulo pequeño con el borde superior del molde. La parte superior de la muestra debe alisarse, si es necesario, con una o dos pasadas del borde del palustre. Durante las operaciones para retirar el exceso de pasta y para alisarla, debe tenerse cuidado de no ejercer presión alguna sobre ésta. Inmediatamente después de terminado el moldeo, debe colocarse la muestra en el cuarto o cámara húmeda, de donde debe sacarse únicamente para las determinaciones del tiempo de fraguado. La muestra debe permanecer en el molde, soportada por la placa de vidrio, durante todo el período de ensayo.

9. Determinación del tiempo de fraguado

La muestra usada para determinar el tiempo de fraguado, debe mantenerse dentro de la cámara húmeda durante 30 minutos después del moldeo sin que sufra ninguna alteración. Debe determinarse la penetración de la aguja de 1 mm en ese instante y luego debe repetirse cada 15 minutos (para cementos de tipo 3 debe repetirse cada 10 minutos), hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menos. Para el ensayo de penetración debe hacerse descender la aguja D del vástago B, hasta que el extremo haga contacto con la superficie de la pasta de cemento. Debe apretarse el tornillo de sujeción E y ajustarse el índice F, en el extremo superior de la escala o anotarse una lectura inicial. Se suelta el vástago rápidamente aflojando el tornillo de sujeción E y dejando que la aguja penetre durante 30 segundos, momento en el cual debe tomarse la lectura para determinar la penetración. (Si durante las primeras lecturas la pasta se mantiene blanda, el descenso del vástago, se puede hacer lentamente para evitar la deformación de la aguja de 1 mm, pero las determinaciones de penetración para el tiempo de fraguado se deben hacer aflojando el tornillo).

Las penetraciones deben estar separadas por lo menos 6 mm ($\frac{1}{4}$ " entre sí y 10 mm ($\frac{1}{4}$ " del borde interior del molde. Se anotan los resultados de todas las penetraciones y por interpolación debe determinarse el tiempo obtenido para una penetración de 25 mm, el cual indica el Tiempo de Fraguado.

PRECAUCIONES

El aparato no debe estar sometido a vibraciones durante la penetración. La aguja, de 1 mm de diámetro, debe ser recta y estar limpia, pues la acumulación de pasta en su periferia puede retardar la penetración, así como la pasta en la punta puede aumentar la misma. Esta determinación es sólo aproximada, puesto que no sólo la temperatura y la cantidad de agua de amasado influyen en el resultado, sino también la temperatura y humedad del aire.

H0206. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO MÉTODO DE LAS AGUJAS DE GILLMORE (ASTM C 266 AASHTO T154)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar los tiempos de fraguado de pastas de cemento hidráulico, por medio de las agujas de Gillmore.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Balanzas y pesas

Deben cumplir con los requisitos establecidos en el Método H0205.

2. Probetas

Deben cumplir con los requisitos establecidos en el Método H0205.

3. Aparato de Gillmore (Figura H0206_1). Consta de los siguientes elementos:

-Un soporte con dos brazos rígidamente unidos a él, que mantiene en posición vertical los dispositivos de penetración.

-Un dispositivo de penetración inicial

Tiene un vástago móvil, con un compensador de peso y una aguja en uno de sus extremos. El conjunto debe pesar $113,5 \pm 0,5$ g ($\frac{1}{4}$ lb \pm 8 granos). El diámetro de la aguja debe ser de $2,12 \pm 0,05$ mm ($1/12 \pm 0.002$ ") y su longitud de 4,8 mm ($3/16$ ").

-Un dispositivo de penetración final

Tiene un vástago móvil, con un compensador de peso y una aguja en uno de sus extremos. El conjunto debe pesar $453,6 \pm 0,5$ g (1 lb \pm 8 granos). El diámetro de la aguja debe ser de $1,06 \pm 0,05$ mm y su longitud de 4,8 mm ($3/16$ ").

- Cámara húmeda

Debe tener las dimensiones adecuadas para que las muestras puedan almacenarse con facilidad. Además, debe mantenerse a una temperatura de $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa no menor de 90%.

CONDICIONES AMBIENTALES

Son las mismas establecidas en el Método H0205.

PROCEDIMIENTO

4. Preparación De La Pasta

Se efectúa según el Método H0205.

5. Preparación de la muestra

Se extiende la pasta sobre una placa de vidrio; luego con ayuda del paleta de albañil, se lleva la pasta desde la periferia hacia el centro, hasta formar un tronco de cono de bases paralelas, de unos 76 mm de diámetro en la base mayor y unos 13 mm de altura. Inmediatamente después se alisa la superficie con el palustre (ver Figura H0206_1) a. La placa de vidrio debe ser cuadrada, de unos 100 mm de lado, limpia y plana.

6. Determinación de los tiempos fraguado

El conjunto constituido por la muestra y la placa, se introduce en la cámara húmeda, hasta que las determinaciones empiecen. El método que se sigue para las penetraciones consiste en

colocar la muestra debajo de los dispositivos de penetración y luego bajar éstos suavemente hasta que descansen sobre ella. Se repite el método hasta que las agujas de los dispositivos de penetración no dejen huella sobre la muestra. Los extremos de las agujas deben ser planos y perpendiculares a su eje. Entre cada determinación y la siguiente, la muestra de ensayo debe permanecer en la cámara húmeda.

Se toman como tiempo inicial y final de fraguado, los transcurridos entre el momento en que se le agrega agua al cemento y aquellos en que los dispositivos de penetración inicial y final respectivamente, no dejan huella sobre la muestra.

PRECAUCIONES

Como la temperatura, cantidad de agua de amasado y humedad del aire afectan el ensayo, esta determinación es sólo aproximada.



FIGURA H0206_1 HORMIGÓN SOBRE PLACA DE VIDRIO

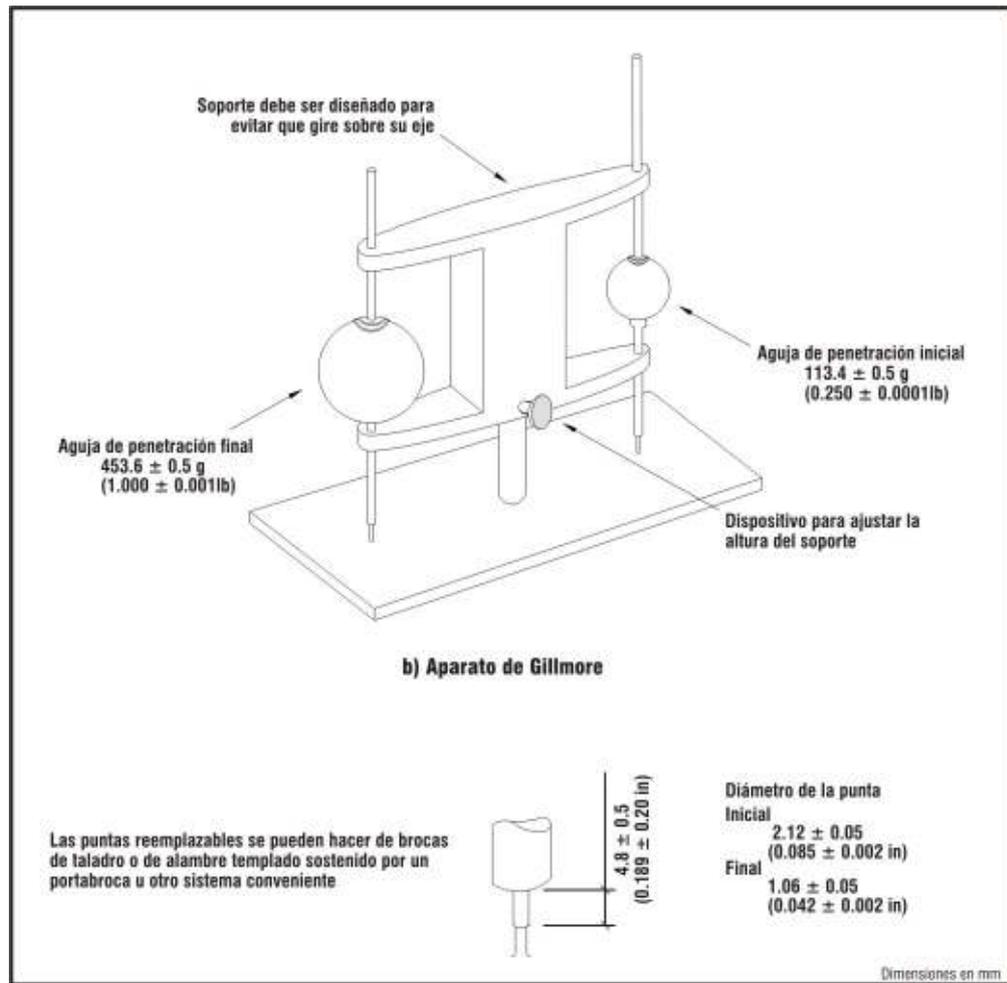


FIGURA H0206_1 AGUJAS DE GILLMORE

H0207. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 188 AASHTO T 133)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar el peso específico del cemento hidráulico. Su principal utilidad está relacionada con el diseño y control de las mezclas de hormigón.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Frasco patrón de Le Chatelier

Debe cumplir con las dimensiones indicadas en la Figura H0207_1. Los requisitos con respecto a las tolerancias, inscripción y longitud, espaciamiento y uniformidad de la graduación serán tenidos en cuenta en forma estricta. Deberá existir un espacio de por lo menos 10 mm entre la marca más alta de la graduación y el punto más bajo del esmerilado hecho para el tapón de vidrio. El cuello deberá ser graduado de 0 a 1 ml y de 18 a 24 ml, con separaciones de 0,1 ml. El error de cualquier capacidad indicada, no deberá ser superior a 0,05 ml.

2. El material de construcción deberá ser vidrio de la mejor calidad y libre de estrías. El vidrio debe ser químicamente resistente y tener histéresis térmica. Todo frasco debe ser templado cuidadosamente antes de ser graduado. Deberá ser de espesor suficiente para asegurar una buena resistencia a la rotura.
3. En la determinación del peso específico se debe emplear kerosene libre de agua, o nafta con una gravedad no inferior a 62° A.P.I.
4. El uso de equipo alternativo o de métodos alternos para determinar el peso específico del cemento hidráulico es permitido siempre y cuando el resultado obtenido por un operador solo, mediante el equipo o método alternativo, no difiera en más de 0,03 g/cm³ del resultado obtenido mediante este método.

PROCEDIMIENTO

5. Debe determinarse el peso específico del cemento tal como se recibe, a menos que se especifique otra cosa. Si la determinación del peso específico se requiere sobre una muestra sometida previamente al ensayo de la pérdida al fuego, debe ponérsela primero en ignición como se indica en el procedimiento descrito en la Norma ASTM C 114 o AASHTO T 105.
6. Debe llenarse el frasco con cualquiera de los líquidos especificados en el numeral 3 hasta un punto situado entre las marcas 0 y 1 ml. Se debe secar el interior del frasco por encima del nivel líquido, si es necesario, después de verterlo. Debe anotarse la primera lectura después de sumergir el frasco en el baño de agua como se indica en el numeral 7. Entonces, se debe agregar cemento Pórtland, aproximadamente 64 g, en pequeñas cantidades, a la misma temperatura que el líquido, procurando evitar salpicaduras y observando que el cemento no se adhiera a las paredes del frasco por encima del líquido. Puede usarse un vibrador para acelerar la adición del cemento dentro del frasco y evitar que éste se tranque en el cuello. Después de agregar todo el cemento, debe colocarse el tapón en el frasco y hacerse girar en posición inclinada o en círculo horizontal poco a poco, hasta que no asciendan burbujas a la superficie del líquido, para sacarle el aire. Si se ha añadido una cantidad apropiada de cemento, el nivel del líquido debe estar en su posición final en cualquier punto en la serie superior de graduaciones. Debe hacerse la lectura final una vez que el frasco se haya sumergido en el baño de agua, de acuerdo con el numeral 7.
7. Debe sumergirse el frasco en un baño de agua a temperatura ambiente durante un tiempo suficiente, antes de hacer cualquiera de las lecturas, para evitar variaciones mayores de 0,2°C en la temperatura del líquido dentro del frasco. Todas las lecturas se deben comprobar hasta obtener un valor constante para asegurarse de que los contenidos del frasco han alcanzado la temperatura del baño de agua.

CÁLCULOS

La diferencia entre las lecturas inicial y final representa el volumen líquido desplazado por el peso de cemento usado en el ensayo. El peso específico debe calcularse como sigue:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso de cemento, en g}}{\text{volumen desplazado, en ml}}$$

PRECISIÓN

8. Los resultados de dos ensayos efectuados por un mismo operador, sobre una misma muestra, no diferirán en más de 0,03 g/ml.
9. Los resultados de dos ensayos efectuados en laboratorios distintos, sobre una misma muestra, no diferirán en más de 0,10 g/ml.

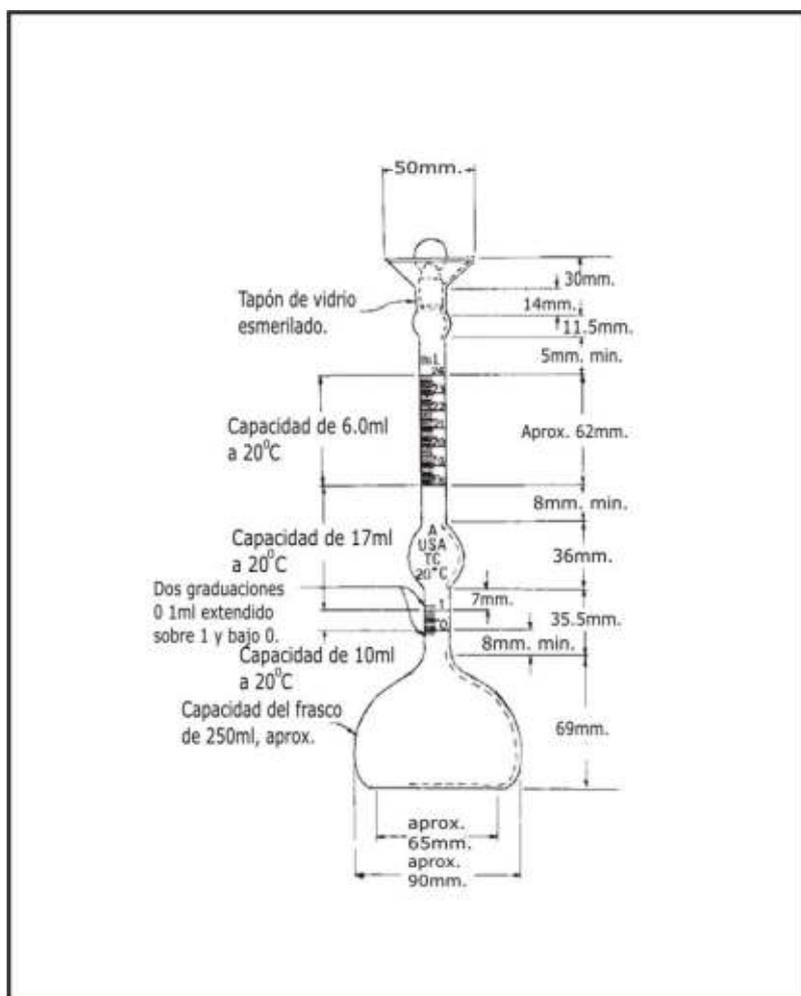


FIGURA H0207_1 FRASCO PATRÓN DE LE CHATELIER

H0208. FALSO FRAGUADO DEL CEMENTO PORTLAND

MÉTODO DE LA PASTA (ASTM C 451 AASHTO T186)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método para determinar el falso fraguado de pastas de cemento portland.

DEFINICIONES

1. Falso fraguado

Endurecimiento rápido de una pasta de cemento portland, mortero u hormigón, sin desprendimiento apreciable de calor. La plasticidad se recupera continuando la mezcla de la pasta endurecida sin adición de agua.

2. Fraguado rápido o instantáneo

Endurecimiento rápido de una pasta de cemento portland, mortero u hormigón, generalmente con desarrollo de apreciable cantidad de calor. La rigidez de la pasta no se elimina, ni su plasticidad se recupera, continuando la mezcla de la pasta endurecida sin adición de agua.

USO Y SIGNIFICADO

3. El propósito de este método es determinar el estado en el cual una pasta de cemento desarrolla un falso fraguado o establecer si un cemento cumple o no con un límite especificado para el falso fraguado.
4. 4.- Cuando se use para determinación del cumplimiento de un límite especificado, tal límite generalmente se establece como la mínima penetración final permisible, en porcentaje, calculada según el numeral 21. Cuando se use para estimar la tendencia relativa de un cemento a manifestar falso fraguado se obtiene información adicional empleando el procedimiento de remezclado del numeral 20. Bajo ciertas condiciones, puede hacerse un juicio comparando el comportamiento en el ensayo inicial y en el de remezclado, para diferenciar una tendencia relativamente menos seria y menos persistente al falso fraguado, de otra que sea más persistente y en consecuencia más seria.
5. Un falso fraguado muy marcado puede causar dificultades desde el punto de vista de la colocación y manipulación. Pero esto no es probable donde el hormigón se mezcla generalmente por un tiempo largo, como ocurre en un camión mezclador, o cuando éste es remezclado antes de colocarlo o transportarlo, como sucede en operaciones de hormigón bombeado. Esto es mucho más importante, cuando el hormigón se mezcla por un tiempo corto en mezcladoras fijas y se transporta en equipos sin agitador, como sucede en algunos trabajos de pavimentación.
6. El falso fraguado, por sí mismo, no tiene efectos perjudiciales sobre la calidad del hormigón; sin embargo, los cementos con un falso fraguado muy marcado, generalmente requieren un poco más de agua de mezcla para producir la misma consistencia y se puede esperar como resultado, una ligera disminución de la resistencia e incremento de la contracción por secado.
7. Un fraguado rápido de suficiente intensidad como para causar dificultades desde el punto de vista de la colocación y manipulación, generalmente hace que el cemento no cumpla con los requisitos de fraguado.

EQUIPO Y MATERIALES

8. Balanzas y Pesas

Deben cumplir con lo especificado en el Método H0204 o H0205.

9. Probetas graduadas

Deben cumplir con lo especificado en el Método H0204 o H0205.

10. Aparato de Vicat

Debe cumplir con lo especificado en el Método H0210.

11. Palustre

Debe ser de acero con longitud de 125 ± 25 mm (4 a 6") y de bordes rectos.

12. Mezcladora, recipiente y paleta

Deben cumplir con lo especificado en el Método H0211.

13. Agua

El agua potable es satisfactoria para los ensayos de rutina, pero debe tenerse especial cuidado en el tipo de agua cuando se trate de cementos tipo III y tipo IV.

CONDICIONES GENERALES

14. La temperatura ambiente, de los materiales secos, del recipiente y la paleta, del anillo tronco-cónico y de la placa de base deberán ser mantenidas entre 20 y 27.5°C (68 y 81.5°F). La temperatura del agua de mezcla deberá permanecer en el intervalo 23 ± 1.7 °C (73.4 ± 3 °F).

15. La humedad relativa en el laboratorio no debe ser inferior del 50%.

PROCEDIMIENTO**16. Preparación de la pasta de cemento**

Deben mezclarse 500 g de cemento con agua suficiente para obtener una pasta con una penetración inicial de 34 ± 4 mm empleando el siguiente procedimiento:

- Se colocan la paleta y el recipiente, secos, en posición de trabajo en la mezcladora.
- Se introducen los materiales en el recipiente y se mezclan de la siguiente manera:
- Se vierte el agua de amasado en el recipiente.
- Se agrega el cemento y se deja 30 segundos para que absorba el agua.
- Se pone en movimiento la mezcladora a velocidad de 140 ± 5 rpm durante 30 segundos.
- Se detiene la mezcladora 15 segundos; durante este tiempo la pasta adherida a las paredes se coloca nuevamente en el centro del recipiente.
- Se pone en movimiento la mezcladora a velocidad de 285 ± 10 rpm durante 150 segundos.

17. Moldeo de la muestra de ensayo

Rápidamente debe moldearse la pasta de cemento con las manos enguantadas dándole forma esférica.

Con la muestra que cabe en una mano se llena completamente por la base mayor el molde G sostenido en la otra llenando completamente el molde con la pasta. Se debe quitar el exceso en esta base con un simple movimiento de la palma de la mano. Colóquese el molde sobre su base mayor en una placa de vidrio (H); quítese el exceso de pasta de la parte superior del molde, con un solo paso del palustre, el cual debe colocarse formando un pequeño ángulo con la base superior del molde. Debe alisarse la parte superior de la muestra, si es necesario, con una o dos pasadas suaves del extremo puntiagudo del palustre, o sacudiendo suavemente el conjunto. Durante estas operaciones, debe tenerse el cuidado de no comprimir la pasta.

18. Determinación de la penetración inicial

Colóquese la pasta confinada en el molde, el cual descansa sobre la placa de vidrio (H), bajo el vástago B de tal manera que la sonda C quede en contacto con la superficie de la pasta en un punto que esté aproximadamente a un tercio del diámetro del molde a partir de su borde; por medio del tornillo de sujeción E, fíjese el vástago en la posición indicada. Colóquese el índice móvil F, marcando el cero superior de la escala y suéltese el vástago exactamente 20 segundos después de completarse la mezcla. El aparato no debe estar sometido a vibración durante el ensayo. Se considera que la pasta tiene consistencia para penetración inicial cuando la sonda penetra 34 ± 4 mm abajo de la superficie, después de 30 segundos. Háganse pastas de prueba con diferentes porcentajes de agua hasta obtenerse esta consistencia. Dicha consistencia corresponde a la penetración inicial. Durante los 30 segundos necesarios para la penetración inicial, debe ponerse el exceso de pasta en el recipiente; tápese éste y la paleta de mezclar.

19. Determinación de la penetración final

Después de hecha la lectura inicial, retírese la sonda de la pasta y límpiense; colóquese el molde y la placa en una nueva posición. Esta operación debe llevarse a cabo alterando lo menos posible la pasta confinada en el molde Vicat. Colóquese la sonda nuevamente en contacto con la superficie de la pasta. Transcurridos 5 minutos después de terminado el período de mezcla, repítase el proceso enunciado para penetración inicial; la lectura obtenida corresponde a la penetración final.

20. Procedimiento de remezclado

Si la penetración determinada por el procedimiento descrito, muestra endurecimiento rápido del cemento, puede obtenerse información adicional sobre su naturaleza por el siguiente ensayo:

Al terminar la medida de la penetración final, trasládese inmediatamente la pasta del molde al recipiente. Póngase en marcha la mezcladora, levántese el recipiente a la posición de mezcla y remézclese a velocidad de 285 ± 10 rpm durante 1 minuto.

Llénese el molde y determínese la penetración de la misma manera como se especifica en el numeral 17.

CÁLCULOS E INFORME

21. Se debe mostrar el porcentaje de penetración como sigue:

Penetración inicial..... mm

Penetración final..... mm

$$\% \text{ de penetracion} = \frac{\textit{penetracion final}}{\textit{penetracion inicial}} \times 100$$

Penetración de remezclado mm.

H0209. CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 186)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método para determinar el calor de hidratación del cemento hidráulico.

DEFINICIONES

Calor de hidratación.- Diferencia entre el calor de disolución del cemento anhidro en condiciones determinadas y el calor de disolución del mismo parcialmente hidratado a 7 y 28 días, en las mismas condiciones de ensayo.

EQUIPO

1. Calorímetro

Consiste como se muestra en la Figura H0209_1, en un vaso Dewar (vaso de boca ancha para vacío) de 500 ml de capacidad aproximadamente, provisto de un tapón de corcho, que se coloca en un recipiente adecuado para protegerlo de las variaciones de temperatura. El vaso se reviste interiormente con una película de material resistente al ácido fluorhídrico, tal como una resina fenólica o cera virgen o un forro plástico. Este revestimiento debe conservarse intacto y libre de grietas. El calorímetro debe cumplir la condición, que al llenar el vaso Dewar con 425 g del ácido especificado en el numeral 28, taparlo y dejarlo en reposo durante 30 minutos, la temperatura del ácido no debe descender más de 0.001°C por minuto y por grado centígrado de diferencia con la temperatura del laboratorio donde se realiza el ensayo. La temperatura para esta verificación deberá aproximarse a las temperaturas iniciales que se presentan cuando se hace la determinación.

2. Aislante

El aislante deberá ser hecho de lámina de algodón o de material similar, el cual deberá tener por lo menos 25 mm (1") de espesor y deberá rodear el vaso en sus paredes y fondo, pero permitiendo el fácil manejo del vaso.

3. Termómetros diferencial y de referencia

El termómetro diferencial debe ser del tipo Beckmann, graduado por lo menos cada 0.01°C y debe medir como mínimo, un intervalo de 6°C. El límite superior del termómetro debe ajustarse a una temperatura aproximadamente igual a la del laboratorio. La parte del termómetro que queda dentro del calorímetro se debe proteger con una película resistente al ácido fluorhídrico, análoga a la descrita en el numeral 1. El termómetro debe estar equipado con lupas que permitan leer las temperaturas con precisión.

El cero del termómetro Beckmann deberá ser determinado sumergiéndolo en un líquido y posteriormente comparándolo con el termómetro de referencia.

4. Embudo

Se usa para verter la muestra en el calorímetro y debe ser de vidrio o de material plástico. Su vástago debe tener una longitud de unos 80 mm (3") y un diámetro interior no menor de 6 mm (¼").

5. Dispositivo de agitación

El agitador debe ser de plástico inerte o de vidrio; en este último caso, la parte que queda dentro del líquido se debe proteger con resina fenólica, cera virgen o con cualquier material resistente al ataque del ácido fluorhídrico. La longitud debe ser tal, que su extremo llegue hasta 10 ó 20 mm del fondo del vaso. El agitador debe ser movido por un motor adecuado, provisto de los engranajes necesarios para que la velocidad de agitación sea constante y esté comprendida entre 350 y 700 rpm.

Nota 1: La Norma ASTM C 186 recomienda el agitador de hélices mostrado en la Figura H0209_2, hecho de polietileno, con un diámetro de hélices de 34 mm (1 ⅜"), diámetro del eje de 6 mm (¼") y longitud del eje 457 mm (18"). Este agitador cumple una doble función: mantener una temperatura uniforme a través del líquido y proporcionar suficiente agitación para mantener los sólidos en suspensión en la mezcla de ácido. Debido a que un agitador capaz de mantener los sólidos en suspensión genera considerable calor en el calorímetro, es importante que la velocidad del agitador, y por lo tanto la tasa de generación de calor, se mantenga constante. Por ello, es indispensable utilizar un motor sincrónico y un regulador de velocidad junto al agitador.

6. Batidora

Debe ser mecánica, capaz de mezclar íntimamente el agua y el cemento hasta producir una pasta uniforme.

7. Cámara con temperatura constante

Debe tener dispositivos adecuados para conservar la temperatura en $23 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ ($73.4 \pm 3^{\circ}\text{F}$) y suficiente espacio para almacenar las muestras.

8. Mortero

Debe tener 200 mm (8") de diámetro aproximadamente; se emplea para pulverizar las muestras parcialmente hidratadas.

9. Tubos de vidrio o plástico

Deben tener una longitud de 100 mm (3.9") aproximadamente, un diámetro de unos 20 mm (0.8") y estar provistos de sus correspondientes tapones de corcho. Se utilizan para guardar las muestras de cemento parcialmente hidratadas cuyo calor de disolución a los 7 y 28 días va a determinarse.

10. Horno

Debe mantener una temperatura entre 100 y 110°C.

11. Cronómetro**12. Tamices**

Se utilizan los tamices 150 μm (No.100) y 850 μm (No.20).

13. Crisoles

Deben ser de platino, tener unos 30 ml de capacidad y estar provistos de tapas. Se utilizan para determinar las pérdidas por calcinación.

14. Horno o mufla

Debe mantener una temperatura entre 900 y 950°C.

15. Balanza analítica

La balanza, lo mismo que las pesas, deben cumplir con los requisitos exigidos por las normas de ensayos químicos del cemento portland (ASTM C 114). Se utiliza para pesar las muestras antes de introducirlas al calorímetro y para determinar las pérdidas por calcinación.

16. Balanza

Debe estar dentro de una caja de vidrio, tener una capacidad de 1 kg y pesar con una precisión de 0.05 g. Se utiliza para pesar el ácido que se vierte al calorímetro.

17. Frascos pesasustancias**Reactivos****18. Óxido de zinc**

Debe ser químicamente puro y someterse al tratamiento siguiente: en un crisol de porcelana se calcinan unos 50 g durante 1 hora, entre 900 y 950°C y se dejan enfriar en un desecador. Una vez frío el óxido de zinc se pulveriza hasta que pase íntegramente por el tamiz 150 μm (No.100) y en estas condiciones se conserva en el desecador. Inmediatamente antes de iniciar la determinación de la capacidad calorífica del sistema, 7 g de óxido de zinc así preparados, se calcinan (entre 900°C -950°C) durante 5 minutos, se enfrían hasta temperatura ambiente en un desecador y se pesan para su introducción al calorímetro.

19. Ácido fluorhídrico

Se utiliza en solución al 48%. (Peso específico 1.15)

20. Ácido nítrico

Debe ser 2 N y debe prepararse en bastante cantidad, puesto que cada vez que se utiliza una nueva preparación de ácido, debe determinarse la capacidad calorífica del sistema. Opcionalmente se pueden tomar 127 ml de ácido nítrico concentrado (1.421 de peso específico), diluyéndolos hasta completar un litro de solución.

21. Parafina, o una cera apropiada para sellar los tubos de vidrio o plásticos.

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD CALORÍFICA DEL SISTEMA

El método para determinar la capacidad calorífica del sistema, o sea el calor necesario para elevar la temperatura del calorímetro y su contenido en 1°C, mediante la disolución de 7 g de óxido de zinc calcinado en una mezcla de los ácidos especificados, es el siguiente:

22. Se vierten unos 400 g de ácido nítrico 2 N, enfriado a la temperatura indicada por el límite inferior del termómetro Beckmann, (que ordinariamente es de 4 a 5°C por debajo de la del laboratorio) dentro del vaso Dewar. Se pesan 8 ml de ácido fluorhídrico al 48% y se vierten dentro del vaso. Se añade luego suficiente ácido nítrico 2 N, hasta completar un peso total de mezcla de 425 g. Se coloca el calorímetro en posición de trabajo y se agita la mezcla mediante el dispositivo de agitación, durante todo el ensayo. Debe tenerse cuidado de que el dispositivo de agitación no golpee el termómetro, el vaso ni el tapón. El extremo del vástago del embudo debe quedar unos 6 mm ($\frac{1}{4}$ ") por debajo de la cara inferior del tapón y por lo menos 12 mm ($\frac{1}{2}$ ") por encima del nivel del líquido. La parte superior del bulbo del termómetro debe quedar por lo menos 38 mm ($1\frac{1}{2}$ ") por debajo del líquido y debe ser colocada a la misma profundidad en todas las determinaciones. Después de un período inicial de 20 minutos de mezclado, que permite que la temperatura del sistema sea uniforme, se lee la temperatura ambiente con aproximación de 0.1°C y la temperatura del ácido con aproximación de 0.001°C; se empieza a contar el tiempo e inmediatamente se introduce por el embudo, a una velocidad uniforme, el óxido de zinc preparado según el numeral 18. La temperatura de éste al verterlo en el vaso, se considera igual a la del laboratorio. Se debe tomar de 1 a 2 minutos en verter el óxido de zinc. Las porciones de éste que queden adheridas a las paredes del embudo, se deben empujar al calorímetro con un cepillo apropiado.
23. Se lee la temperatura, a los 20 y a los 40 minutos después de iniciar la introducción del óxido al calorímetro, con una aproximación de 0.001°C. En los primeros 20 minutos se obtiene cambio de temperatura correspondiente al período de disolución. El segundo período de 20 minutos, sirve para hallar los posibles cambios de temperatura del sistema. La diferencia entre la lectura al final del primer período y la correspondiente al final del segundo período, es la corrección que debe ser sumada o restada al cambio de temperatura del primer período, ya sea que la temperatura del calorímetro suba o baje, durante el segundo período.
24. El cálculo del cambio de temperatura se hace como sigue:

$$R_0 = t_{20} - t_0$$

$$R = R_0 - (t_{40} - t_{20})$$

Donde:

R_0 = Cambio de temperatura del primer período, en °C.

t_{20} = Temperatura del calorímetro al final del primer período de disolución, en °C.

t_0 = Temperatura del calorímetro al introducir el óxido de zinc, en °C.

R = Cambio de temperatura corregida, en °C.

t_{40} = Temperatura del calorímetro al final del segundo período, en °C.

25. La capacidad calorífica del sistema se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = P \frac{2561,1 + 0,1 (30 - t) + 0,12 (T - t)}{R}$$

Donde:

C = Capacidad calorífica del sistema, en cal/°C.

P = Peso del óxido de zinc, en g.

t = Temperatura final del primer período en °C (t_{20} más la temperatura en °C a la cual el termómetro BECKMANN marca 0).

T = Temperatura del óxido de zinc cuando se introduce al calorímetro, en °C (temperatura del laboratorio).

R = Cambio de temperatura corregida, en °C.

26. Si al abrir el calorímetro se encuentra una cantidad apreciable de óxido de zinc adherido al extremo del embudo o en el tapón, el ensayo se debe repetir.
27. Se debe volver a determinar la capacidad calorífica del sistema en los siguientes casos:

Cuando se altera la posición del termómetro dentro del tapón de corcho.

Cuando se aplica una nueva capa protectora al termómetro, al agitador o al vaso.

Cuando se ponen en servicio un termómetro, un agitador o un vaso nuevos.

Cuando se usa una nueva preparación de ácido.

Cuando el operador lo considere necesario por alguna otra causa.

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CALOR DE HIDRATACIÓN

28. Antes del mezclado, la temperatura del agua y la del cemento deben ser de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 3^\circ\text{F}$). Con una espátula, se mezclan 150 g de cemento y 60 ml de agua destilada y se agita la mezcla en la batidora por 5 minutos. Una vez preparada la mezcla, se colocan cantidades aproximadamente iguales de pasta en cuatro o más tubos de vidrio, llenándolos hasta unos 13 mm ($\frac{1}{2}$ " del borde. Inmediatamente después de llenados los tubos, se cierran con tapones de corcho; si es necesario, séllese con parafina. Los tubos se guardan luego en posición vertical dentro de la cámara a una temperatura constante de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta el momento del ensayo.

29. Preparación de la pasta parcialmente hidratada para el ensayo. Después del tiempo especificado para el ensayo, se saca uno de los tubos que estaba en la cámara y, mientras transcurren los 20 minutos del período inicial del mezclado en el calorímetro, se rompe el tubo para sacar la muestra y rápidamente se pulveriza en el mortero hasta que pase totalmente por el tamiz de 850 μm (No.20); enseguida, se pasa a un frasco pesasustancias bien tapado. Las muestras se deben exponer al aire el menor tiempo posible, especialmente las de 7 días, para reducir a un mínimo la acción del CO_2 e impedir las pérdidas por evaporación.

30. Determinación del calor de disolución del cemento seco

Se determina en la misma forma que la capacidad calorífica del sistema, salvo que se usan 3 g de cemento, pesados con una precisión de 0,001 g, en lugar de óxido de zinc (ver punto "Procedimiento para la determinación de la capacidad calorífica del sistema"). Los resultados se deben calcular y expresar con base en el peso del cemento calcinado. Esta determinación debe hacerse inmediatamente antes de la correspondiente a la muestra parcialmente hidratada a los 7 días.

31. Determinación del calor de disolución del cemento parcialmente hidratado. Se determina en la misma forma que el del cemento seco, salvo que se usan $4,18 \pm 0,05$ g de muestra, pesados con una precisión de 0,001 g. Se deben calcular los resultados con base en el peso del cemento calcinado.

32. Determinación de las pérdidas por calcinación

Cuando se pesa la muestra que va a introducirse dentro del calorímetro, se debe tomar otra aproximadamente igual, para determinar las pérdidas por calcinación. En el caso del cemento seco, se coloca la muestra en un crisol y se pone en la mufla durante 90 minutos por lo menos, a una temperatura entre 900 a 950°C. Luego se coloca el crisol en un desecador, se deja enfriar a la temperatura del laboratorio e inmediatamente se pesa.

En el caso del cemento parcialmente hidratado, la muestra pesada, se seca en un horno a una temperatura entre 100 a 110°C por 1 hora y luego se coloca en la mufla a 900 – 950°C durante toda la noche o sobre un mechero de gas por un tiempo mayores 5 horas. El peso del cemento introducido al calorímetro se expresa con base en el peso después de calcinado, por medio de la siguiente fórmula:

$$W_i = \frac{W_2}{W_1} W$$

Donde:

W_1 = Peso del cemento introducido al calorímetro, sobre la base del peso después de calcinado, g.

W_2 = Peso de la muestra calcinada, g.

W_1 = Peso de la muestra antes de la calcinación, g.

W = Peso del cemento introducido al calorímetro, g.

CÁLCULOS

33. Calor de disolución del cemento seco

Se calcula el aumento corregido de temperatura debido a la disolución del cemento, según el numeral 29. Si la temperatura de la solución dentro del calorímetro al final del primer período, es distinta de la temperatura de la solución al ser introducido el cemento, debe corregirse de la siguiente manera: como el cemento seco tiene un calor específico aproximado de 0,2 cal/g. °C de cemento calcinado, si la temperatura al final del primer período excede la de la muestra de cemento en el momento de ser introducida al calorímetro, se añade el calor de disolución, 0,2 cal por gramo y por grado centígrado de diferencia entre las dos temperaturas.

El calor de disolución se calcula como sigue:

$$H_1 = \frac{R \times C}{W_i} - 0,2(T - t_d)$$

Donde:

H₁ = Calor de disolución, en cal/g de cemento seco.

R = Cambio de temperatura corregido, en °C.

C = Capacidad calorífica del sistema en cal/°C.

W_i = Peso del cemento introducido al calorímetro con base en el peso calcinado, en g.

T = Temperatura del cemento cuando fue introducido al calorímetro, en °C (temperatura del laboratorio).

t_d = Temperatura del calorímetro al final del primer período, sobre cemento seco, en °C (t₂₀ más la temperatura a la cual se puso en cero el termómetro Beckmann).

34. Calor de disolución del cemento parcialmente hidratado

Se calcula en la forma indicada en el numeral 32, con las siguientes correcciones:

-Como en la determinación del calor de disolución del cemento parcialmente hidratado, un aumento de 1°C en la temperatura al final del primer período causa en dicho calor una disminución aproximada de 0,3 cal/g, si la mencionada temperatura excede la del final del primer período en la determinación del calor de disolución del cemento seco, debe agregarse al valor obtenido para la muestra parcialmente hidratada, 0,3 cal/g por cada °C de diferencia.

-Debe corregirse también el calor de disolución, si la temperatura dentro del calorímetro al final del primer período, es distinta a la de la solución al ser introducido el cemento. Esta corrección debe hacerse en la siguiente forma: Como el cemento parcialmente hidratado tiene un calor específico de unos 0.4 cal/g, si la temperatura al final del primer período excede a la de la muestra en el momento de ser introducida al calorímetro, se añaden al calor de disolución 0.4 cal/g por cada °C de diferencia entre las dos temperaturas.

El calor de disolución se calcula como sigue:

$$H_2 = \frac{R \times C}{W_i} - 0,4(T - t_h) - 0,3(t_d - t_h)$$

Donde:

H₂ = Calor de disolución del cemento parcialmente hidratado, en cal/g.

t_h = Temperatura del calorímetro al final del primer período, sobre cemento parcialmente hidratado, en °C (t₂₀ más la temperatura a la cual se puso en cero el termómetro Beckmann).

R, C, W_i, T y t_d = El mismo significado que el numeral 32

35. Calor de hidratación

Debe expresarse con base en 25°C. Una temperatura mayor de 25°C eleva el calor de hidratación aproximadamente en 0.1 calorías por °C y por gramo de cemento calcinado. Por ejemplo, si la temperatura final es de 27°C, deben sustraerse 0.2 calorías del calor de hidratación observado, con el objeto de referirlo a 25°C. En los casos extremos, deben hacerse correcciones adecuadas para determinar la temperatura final del calorímetro. El calor de hidratación se calcula con una aproximación de 1 caloría, como sigue:

$$H_h = H_2 - 0,1(t_h - 25)$$

Siendo:

H_h = Calor de hidratación, del cemento calcinado en cal/g.

H₁ = Calor de disolución del cemento seco

H₂ = Calor de disolución del cemento parcialmente hidratado.

t_h = El mismo significado que en el numeral 33.

REENSAYOS

36. En caso de que no se cumplan los requisitos exigidos para determinar el calor de disolución a los 28 días, se puede ensayar una muestra de reserva de más de 28 días, añadiendo 0.5 cal/g por día de exceso al calor de disolución observado. El período en el cual esta corrección puede ser hecha está limitado a 4 días. En caso de que la falla se presente en la determinación a los 7 días, debe hacerse el ensayo de nuevo, incluyendo el mezclado de la pasta. No es necesario determinar nuevamente el calor de disolución del cemento seco en reensayos.

PRECISIÓN

- 37. Los resultados de los ensayos efectuados por un mismo operador, sobre una misma muestra, no diferirán en más de 8 cal/g para el calor de disolución, ni más de 10 cal/g para el calor de hidratación.
- 38. Los resultados de dos ensayos efectuados por laboratorios distintos, sobre una misma muestra, no diferirán en más de 13 cal/g para el calor de disolución, ni más de 11 cal/g para el calor de hidratación.

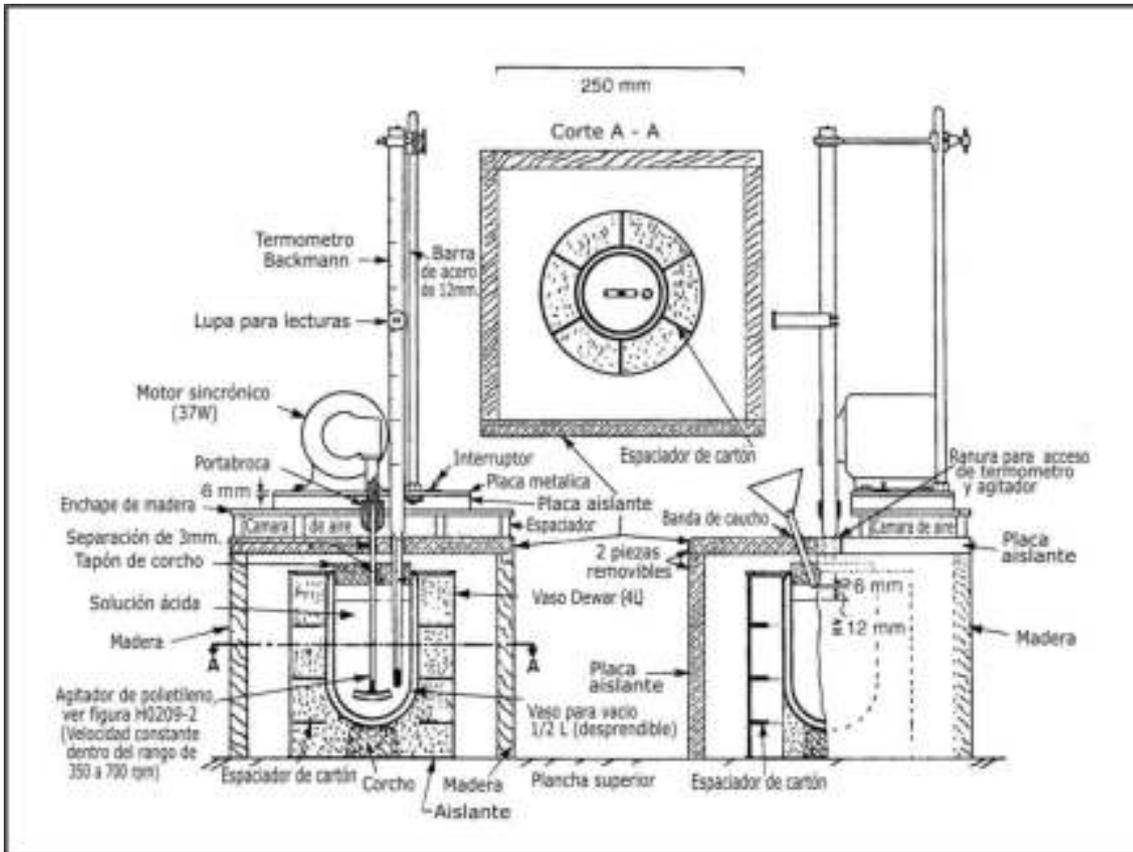


FIGURA H0209_1 CALORÍMETRO

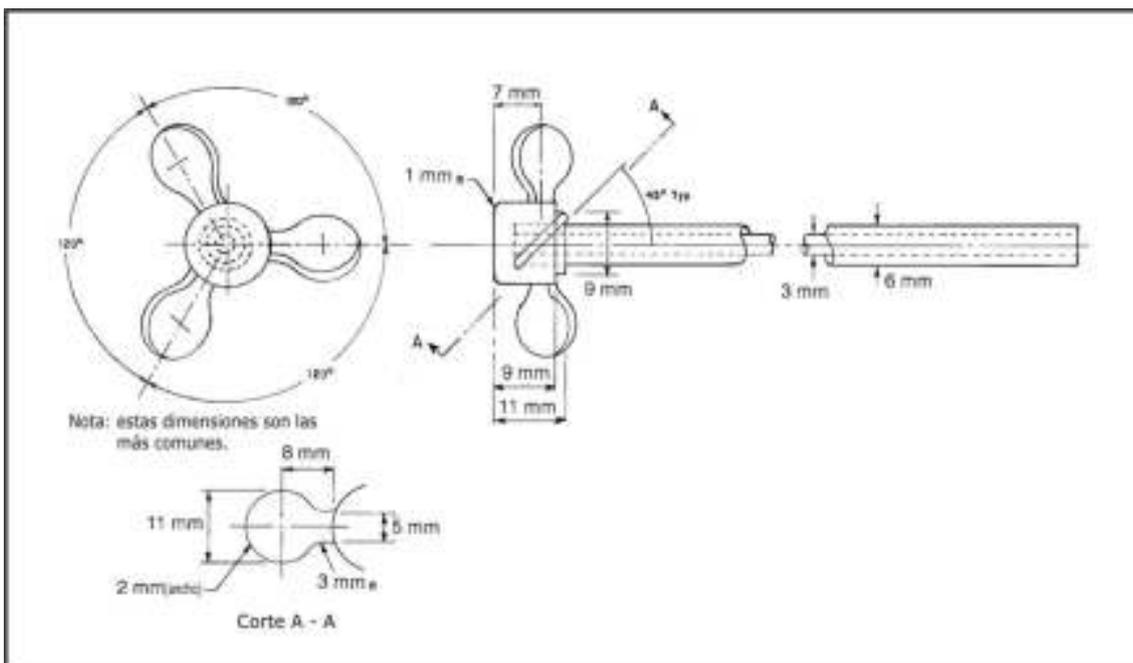


FIGURA H0209_2 AGITADOR

H0210. CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO (ASTM C 187 AASHTO T129)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar la consistencia normal del cemento hidráulico mediante el aparato de Vicat o determinar la cantidad de agua requerida para preparar pastas de cemento hidráulico, de consistencia normal, para su posterior ensayo.

EQUIPO

1. Balanzas y pesas

Deben cumplir con los requisitos establecidos en el Método H0204 o H0205.

2. Probetas

Deben cumplir con los requisitos establecidos en el Método H0204 o H0205.

3. Aparato de Vicat

El aparato de Vicat consiste en un soporte (A) que tiene un vástago móvil (B), que pesa 300 g. Uno de sus extremos (C) el de sondeo, tiene 10 mm de diámetro y una longitud mínima de 50 mm; el otro extremo tiene una aguja (D) de 1 mm de diámetro y 50 mm de longitud. El vástago (B) es reversible; puede sostenerse en la posición deseada por medio de un tornillo (E) y tiene un índice ajustable (F) que se mueve sobre una escala graduada en milímetros, rigidamente unida al soporte. (Véase Figura H0210_1)

El aparato de Vicat también puede estar construido con vástago no reversible, pero en este caso debe tener un dispositivo de compensación de su peso que permita cambiar el émbolo por la aguja. Las secciones terminales de la aguja y del émbolo deben ser planas y perpendiculares al eje del vástago.

El molde en el cual se coloca la pasta debe ser de forma tronco-cónica y su base mayor debe reposar sobre una placa de vidrio. El molde debe ser de material no absorbente que resista física y químicamente al ataque de las pastas de cemento.

El aparato de Vicat y el molde deben cumplir con los siguientes requisitos:

Peso del émbolo	300 ± 0,5 g	(0.661 lb ± 8 gramos)
Diámetro del émbolo	10 ± 0,05 mm	(0.394 ± 0.002")
Diámetro de la aguja	1 ± 0,05 mm	(0.039 ± 0.002")
Diámetro interior de la base mayor del molde	70 ± 3 mm	(2.75 ± 0.12")
Diámetro interior de la base menor del molde	60 ± 3 mm	(2.36 ± 0.12")
Altura del molde	40 ± 1 mm	(1.57 ± 0.04")

La escala graduada, comparada con una escala patrón de exactitud de ± 0,1 mm en todos sus puntos, no debe indicar en ninguna parte una desviación mayor de 0,25 mm.

CONDICIONES AMBIENTALES

La temperatura ambiente en la sala de trabajo, así como la de las herramientas y materiales, excepto el agua, debe mantenerse entre 20 y 27.5°C. La temperatura del agua de mezcla debe ser de 23 ± 1.7°C. La humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor de 50%.

PROCEDIMIENTO

4. Preparación de la pasta de cemento

Sobre una superficie pulida y no absorbente se coloca una muestra de 500 g en forma de cono y se le hace un hoyo en el centro. Se vierte en el hoyo una cantidad medida de agua destilada y luego, con ayuda del palustre, se pasa al hoyo el cemento seco que lo rodea exteriormente, empleando en esta operación 30 segundos. Durante los siguientes 30 segundos, mientras se

permite la absorción del agua, el cemento que aún permanece seco en el exterior del cono debe mezclarse suavemente mediante el palustre con la pasta húmeda para reducir las pérdidas por evaporación y facilitar la completa absorción. Luego se termina la operación mezclando y amasando con las manos, continua y vigorosamente durante 90 segundos. En este último paso y en el siguiente, el operador debe usar guantes de caucho bien ajustados.

De forma opcional se puede seguir el procedimiento descrito en el Método H0211 "Mezcla mecánica de pastos y morteros de consistencia plástica".

5. Llenado de moldes

La pasta de cemento preparada se moldea con las manos dándole forma esférica y se lanza 6 veces de una mano a otra a través de una distancia de unos 150 mm (6"). Con la muestra que permanece en una mano se llena completamente por la base mayor el molde, sostenido en la otra, quitando el exceso en esta base con un solo movimiento de la palma de la mano. Se coloca la placa de vidrio (H) sobre la base mayor, se voltea el conjunto y con ayuda de un palustre se quita el exceso en la base menor. Finalmente, el conjunto se sacude suavemente. Durante estas operaciones se debe tener cuidado de no comprimir la muestra.

6. Determinación de la consistencia normal

El conjunto constituido por la placa, la pasta y el molde se lleva al aparato y se centra debajo del vástago (B), se hace descender el mismo hasta que el extremo del émbolo (C) haga contacto con la superficie de la pasta y se fija en esta posición por medio del tornillo (E). Se lee la posición inicial del índice (F) en la escala o se desplaza el índice hasta que coincida con el cero superior; 30 segundos después de terminada la mezcla, se suelta el vástago cuidando que el aparato no esté sometido a ninguna vibración durante el ensayo. Se considera que la pasta tiene consistencia normal cuando el émbolo penetra 10 ± 1 mm, 30 segundos después de haber sido soltado. Si no se obtiene la consistencia normal en el primer ensayo, debe repetirse toda la operación, variando la cantidad de agua, hasta obtenerla; cada vez hay que emplear cemento nuevo.

CÁLCULOS

La cantidad de agua requerida para obtener una pasta de consistencia normal debe calcularse como un porcentaje en peso del cemento seco, con aproximación del 0.1% y reportarse con aproximación del 0.5%.

PRECISIÓN

Los resultados de dos ensayos obtenidos ya sea por un mismo operador o por distintos laboratorios, no diferirán en más de 1,10%.

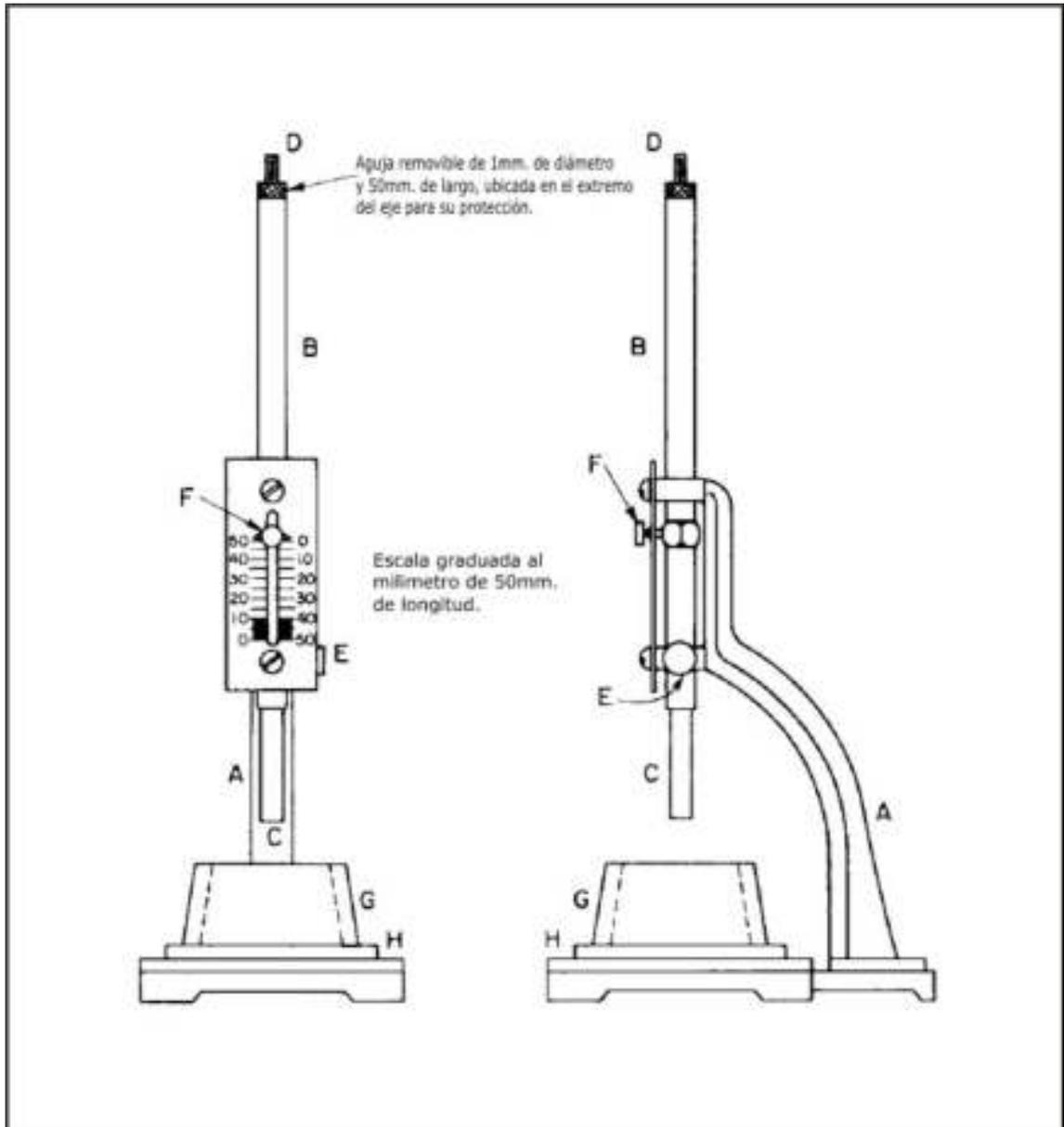


FIGURA H0210_1 APARATO DE VICAT

H0211. MEZCLA MECÁNICA DE PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO Y MORTEROS DE CONSISTENCIA PLÁSTICA (ASTM C 305 AASHTO T162)

OBJETO

Este método tiene por objeto, establecer el método para efectuar la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica.

EQUIPO

1. Mezcladora

Consta de una paleta y un recipiente. Será impulsada eléctricamente, debe ser del tipo epicíclico, que imparte a la paleta movimiento de rotación y planetario; la mezcladora tendrá mínimo dos (2) velocidades, controladas por medios mecánicos (No se aceptarán ajustes de velocidad por medio de reóstatos); la velocidad primera, o baja, girará la paleta a razón de 140 ± 5 rpm y el movimiento del planetario será aproximadamente 62 rpm. La segunda o rápida, robará la paleta a razón de 285 ± 10 rpm, con movimiento del planetario de aproximadamente 125 rpm. El motor que acciona el sistema, tendrá una potencia mínima de 125 W (1/6 hp).

Cuando la mezcladora está en posición de trabajo, la distancia entre el borde inferior de la paleta y el fondo del recipiente de mezcla, no será mayor de 2,54 mm, ni menor de 0,76 mm.

2. Paleta mezcladora

Será de fácil remoción, construida de acero inoxidable, y cumplirá con el diseño mostrado en la Figura H0211_1. Sus medidas serán tales que, cuando se encuentre en funcionamiento, su contorno se adapte al del recipiente usado con la mezcladora y quede entre ambos una luz de unos 4 mm, pero no menor de 0,76 mm, en el momento de su mayor proximidad.

3. Recipiente de mezcla

Será removible, construido de acero inoxidable, con las dimensiones y forma mostradas en la Figura H0211_2, tendrá una capacidad nominal de $4,75 \text{ dm}^3$. Estará equipado con los elementos necesarios para su fijación a la base de la mezcladora. Estará provisto de una tapa de material no absorbente ni atacable por las mezclas de cemento.

4. Raspador

Es una paleta de caucho semiduro, de unos 75 mm de largo, por 50 mm de ancho y espesor que va disminuyendo hacia el borde hasta 2 mm. Lo anterior estará unido a un mango de alrededor de 150 mm de largo.

5. Equipo Suplementario

Balanzas, pesas, probetas graduadas, y cualquier otro aparato utilizado en la medición y preparación de pasta y morteros antes del mezclado, cumplirán con los requisitos especificados en las normas correspondientes sobre métodos de ensayo.

TEMPERATURA Y HUMEDAD

La temperatura en el cuarto donde se realiza el ensayo se mantendrá entre 20 y $27,5^\circ\text{C}$ (68 y $81,5^\circ\text{F}$). Los materiales secos, la paleta y el recipiente mezclador, estarán dentro de los rangos anteriores, al momento del ensayo. El agua para la mezcla estará a una temperatura de $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$ ($73,4 \pm 3^\circ\text{F}$).

La humedad relativa del laboratorio no será inferior al 50%.

MATERIALES

Las proporciones y calidades de los materiales, cumplirán los requisitos exigidos en el método particular para el cual se preparen la pasta o el mortero.

PROCEDIMIENTO

6. Para mezcla de pastas

Se colocan la paleta mezcladora y el recipiente de mezcla secos, en la posición de trabajo y se procede así:

- Se vierte la totalidad del agua de amasado en el recipiente.
- Se agrega el cemento y se deja en reposo 30 segundos, para que absorba el agua.
- Se mezcla a la velocidad lenta (140 ± 5 rpm) durante 30 segundos.
- Se detiene la mezcladora por 15 segundos, durante los cuales con el raspador, se pasa la pasta que se ha adherido a las paredes, al fondo del recipiente.
- Se mezcla a velocidad rápida (285 ± 10 rpm) durante 60 segundos.

7. Para la mezcla de morteros

Se coloca la mezcladora en posición de trabajo (secando la paleta y el recipiente) y se procede así:

Coloque toda el agua de amasado en el recipiente.

Agregar el cemento al agua y mezclar en baja velocidad por 30 segundos.

Agregar lentamente la totalidad de la arena en un lapso de 30 segundos, mientras la mezcladora funciona a baja velocidad.

Se detiene la mezcladora, se cambia a la velocidad rápida y se mezcla durante 30 segundos.

Se detiene la mezcladora durante 90 segundos. En los primeros 15 segundos de este intervalo, se arrastra rápidamente hacia el fondo, el mortero que se ha adherido a las paredes. Para el resto del intervalo se tapa el recipiente.

Finalmente se mezcla a velocidad rápida, durante 60 segundos.

Al requerirse un período de mezclado adicional, lo cual se debe establecer en el método respectivo, se arrastra hacia el fondo el material adherido a las paredes, antes de iniciar el mezclado adicional.

ADVERTENCIA

La luz entre el contorno de la paleta y el recipiente, especificada en este método, es adecuada para morteros ejecutados con arena normalizada. Cuando se use arena gruesa se debe reajustar la distancia entre el borde de la paleta y el recipiente, para evitar serios desperfectos al equipo.

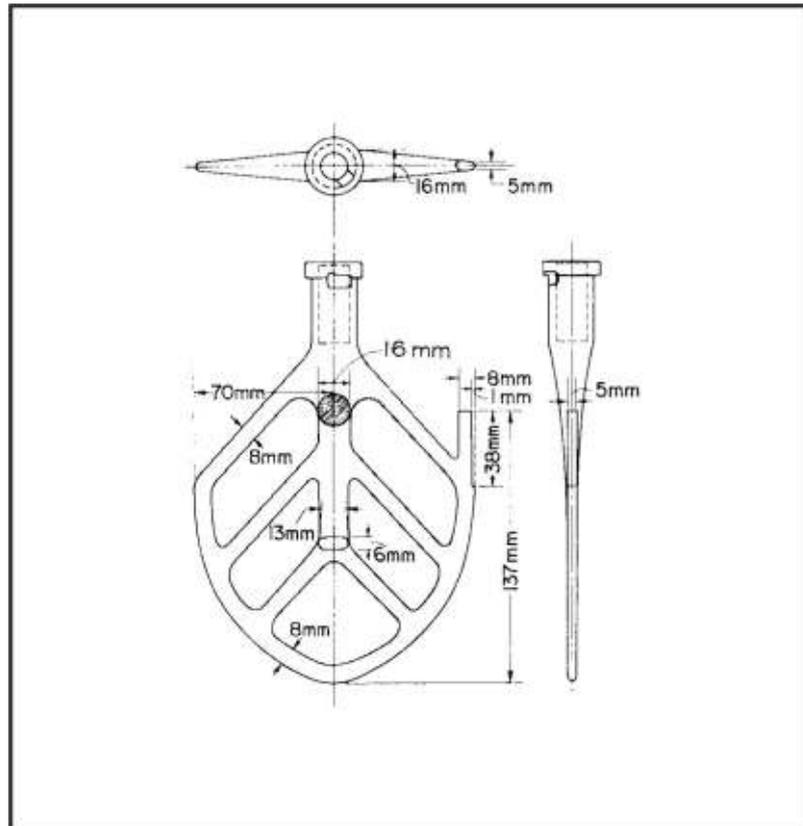


FIGURA H0211_1 PALETA MEZCLADORA

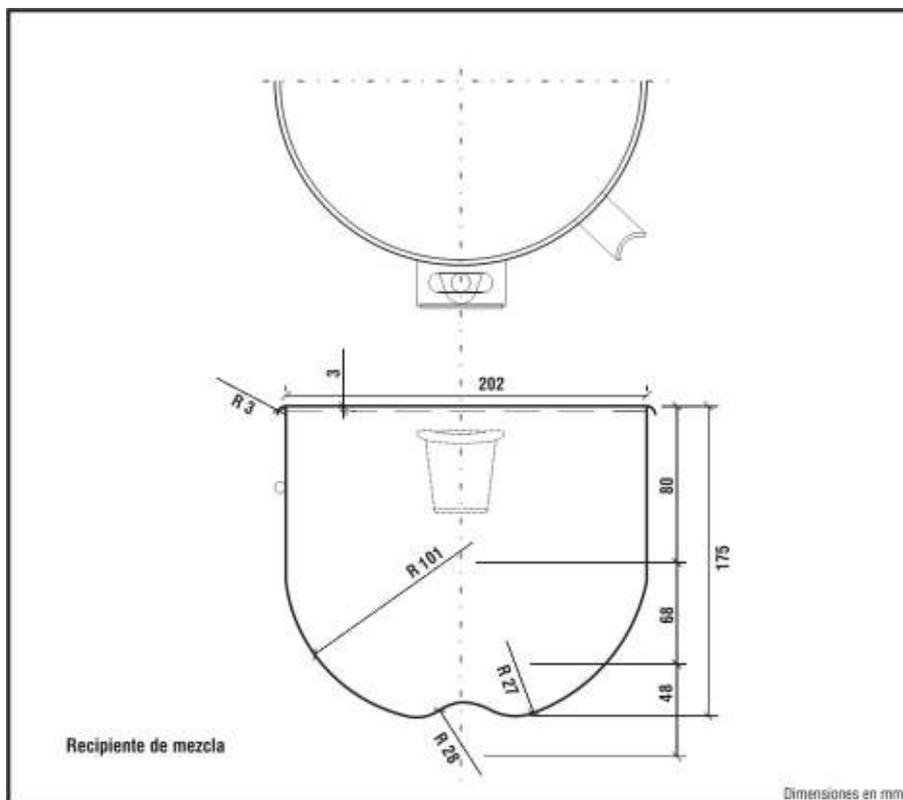


FIGURA H0211_2 RECIPIENTE DE MEZCLA

H0212. EXUDACIÓN DE PASTAS Y MORTEROS DE CEMENTO (ASTM C 243)

OBJETO

Este método tiene por objeto determinar la velocidad y capacidad de exudación de las pastas y morteros de cemento.

EQUIPOS

1. Balanzas

Tendrán una capacidad de 5.000 g con precisión de 5 g para una carga total.

2. Pesas

Se usará un juego de las siguientes:

$1000 \pm 0,50$ g; $500 \pm 0,35$ g; $300 \pm 0,30$ g; $250 \pm 0,25$ g; $200 \pm 0,20$ g

3. Compactador

Construido de un material no absorbente ni abrasivo (caucho, madera dura), con una sección transversal de 12 x 25 mm y una longitud de 130 a 150 mm. La superficie de compactación debe ser plana y perpendicular a su eje longitudinal.

4. Aparato para medir la exudación

Consta de lo siguiente:

- a) Recipiente para la pasta o mortero, construido de metal anticorrosivo, de 127 mm (5") de diámetro, 102 mm (4") de altura. Un anillo exterior de 152 mm (6") de diámetro, soldado al perímetro del recipiente 12.7 mm (0.5") por debajo del borde superior y que sobresalga 38 mm (1.5") por encima del borde.
- b) Anillo colector
Debe ser de metal anticorrosivo, de 76 mm (3") de diámetro interior y con el borde inferior chaflanado para dirigir el ascenso del agua al embudo.
- c) Bureta y embudo
El conjunto de bureta y embudo deben ser de vidrio y con unión pulida, para facilitar la subida del agua en la bureta. La capacidad de la bureta debe ser de 25 ml y su longitud máxima de 46 cm., debe estar sostenida por un soporte, para la correcta colocación del embudo sobre el anillo colector. El diámetro exterior del embudo debe tener 74 mm (2.9") y el extremo del cuello debe cortarse perpendicularmente al eje longitudinal y tener el borde redondeado.
- d) Tubo capilar reducido, Llave de paso y Aspirador. Este conjunto debe colocarse en la parte superior de la bureta, por medio de un adecuado tapón de caucho.

5. Mezcladora mecánica

Debe usarse la mezcladora indicada en el Método H0211 "Mezcla Mecánica de Pastas de Cemento Hidráulico y Morteros de consistencia Plástica".

6. Mesa de Flujo

Se debe usar la mesa señalada en el Método H0215 "Método para determinar la Fluidéz de Morteros de Cemento Hidráulico".

7. Molde

Se usará el molde que se utiliza en el Método H0215 "Método para determinar la Fluidéz de Morteros de Cemento Hidráulico".

CONDICIONES AMBIENTALES

La temperatura del laboratorio y la de los componentes de la mezcla será de $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ ($73.4 \pm 3^{\circ}\text{F}$).

La humedad relativa del laboratorio no debe ser menor de 50%.

ENSAYO SOBRE PASTAS

-La pasta que se debe emplear, cumplirá la siguiente proporción:
2300 g de cemento y 1035 g de agua.

Al mezclar mecánicamente la pasta, deben seguirse los pasos siguientes:

- Colocar toda el agua en el recipiente de la mezcladora.
- Agregar el cemento y mezclar por 3 minutos a velocidad lenta (140 ± 5 rpm).
- Dejar la pasta en reposo durante 3 minutos, en los primeros 15 segundos de este período, se raspa la pasta adherida a las paredes de la mezcladora, luego se tapa durante el período restante.
- Repetir la operación de mezclado por 3 minutos a velocidad lenta.

8. Procedimiento

Una vez que se ha preparado la mezcla, se vierte cuidadosamente en el recipiente muestreador y se enrasa el borde superior por medio de una regla de acero. El enrasado debe ejecutarse en 15 segundos e inmediatamente comenzarse el ensayo. Se debe colocar el anillo colector en el centro de la superficie de la pasta e introducirlo aproximadamente 19,1 mm ($3/4$ "). Se cubre la superficie de la pasta con tetracloruro de carbono hasta una altura de 32,0 mm ($1\frac{1}{4}$ ").

Nota 1: Se requieren aproximadamente 500 ml de tetracloruro por ensayo. Se baja el conjunto bureta-embudo, colocado directamente sobre el anillo colector, de manera que quede a menos de 6,4 mm ($1/4$ ") de éste. Se hace ascender tetracloruro de carbono hasta la marca de la bureta mediante el aspirador, cerrando luego la llave de paso, la marca en la bureta será el "cero". Cuatro (4) minutos después se debe hacer la primera lectura; a continuación se hacen lecturas cada dos (2) minutos, durante un intervalo de 30 minutos y luego cada 10 minutos hasta cuando cese la exudación.

ENSAYO SOBRE MORTEROS

Para la preparación del mortero, se deben emplear 930 g de cemento y 2325 g de arena natural de sílice; la cantidad de agua necesaria, medida en gramos, será tal que produzca un flujo entre 105 y 110, determinado de acuerdo con el Método H0215, y debe expresarse como un porcentaje del peso de cemento.

Como guía, para el ensayo inicial, el peso de agua en porcentaje del cemento, para producir el flujo requerido, debe ser aproximadamente de 50 a 52% para cemento Portland con aire incluido y de 52 a 54% para cemento Portland sin aire incluido.

9. La mezcla se hará de la siguiente forma:

- Se coloca toda el agua en la mezcladora.
- Se adiciona el cemento y se inicia la mezcla durante 30 segundos a velocidad lenta (140 ± 5 rpm).
- Se agrega la arena lenta y cuidadosamente durante 30 segundos.
- Se continúa el mezclado a velocidad lenta durante un período adicional de dos (2) minutos.
- Se detiene la mezcladora y se deja en reposo el mortero durante tres (3) minutos; durante los primeros 15 segundos de este intervalo, se raspa el mortero adherido a las paredes, a continuación se cubre el recipiente con la tapa o con un paño húmedo.
- Finalmente se repite la operación de mezclado a velocidad lenta por tres (3) minutos.

Determinación del flujo

El flujo en la mezcla de mortero se determina de acuerdo al procedimiento descrito en el Método H0215 con las siguientes excepciones:

- La mesa de flujo se deja caer desde una altura de 13 mm ($1/2$ "), diez (10) veces en seis (6) segundos.
- Cuando se haya obtenido una cantidad de mezcla (bachada) que tenga el flujo apropiado, la porción utilizada para hacer la determinación del flujo, se descarta y no se utiliza en la determinación de la pérdida de agua por exudación.

10. Procedimiento

Inmediatamente después del ensayo de flujo, el mortero que queda en el recipiente de mezclado, se vuelve a mezclar durante 30 segundos, dentro de un tiempo total no mayor de 2 minutos y 30 segundos, después de completar la mezcla original de mortero. Empiece colocando el mortero en el recipiente muestreador, en tres (3) capas, apisonando cada capa 40 veces con el compactador y nivelando la superficie con el borde del recipiente, alisándola con la platina de acero de borde recto. Continúe el ensayo de manera similar para la pasta (punto "Ensayo sobre la pasta"), tomando como tiempo inicial el de la terminación de la nivelación de la superficie del mortero en el recipiente.

CÁLCULOS

11. Velocidad de Exudación

Se calcula la velocidad inicial de exudación, utilizando los valores tomados durante los primeros 30 minutos del ensayo, cuando la pérdida de agua tiene velocidad uniforme.

Nota 2: Puesto que muchos cementos no pierden agua a velocidad uniforme durante los primeros 30 minutos del ensayo, se hace necesario dibujar un gráfico de valores de "pérdida de agua contra tiempo" para determinar la correcta pendiente inicial de la curva, la cual es la rata de exudación inicial.

$$R_B = V_1 / A \times t$$

Donde:

R_B = Velocidad de exudación, $\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$

V_1 = Volumen de la pérdida de agua en cm^3 , medido durante el intervalo de tiempo t .

A = Área, en cm^2 , comprendida entre el anillo colector (76,2 mm (3") diámetro).

t = Tiempo, en segundos, durante el cual la pérdida de agua tiene la velocidad uniforme.

Capacidad de Exudación

Se calcula como sigue:

$$C_B = V_2 / V_3$$

Donde:

C_B = Capacidad de exudación, cm^3/cm^3 .

V_2 = Volumen total de la pérdida de agua, cm^3 .

V_3 = Volumen del cilindro de pasta o mortero directamente debajo del anillo colector en cm^3 .

INFORME

En el informe de cálculo y resultados, los valores de velocidad y capacidad de exudación, se expresan con aproximación de 3 cifras significativas.

PRECAUCIÓN

El aparato para la medida de exudación, deberá colocarse en un lugar donde no haya vibraciones y preferiblemente sobre una lámina de caucho o equivalente.

H0213. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 109)

OBJETO

Este ensayo cubre la determinación del esfuerzo de compresión de morteros de cemento hidráulico, usando cubos de 50,8 mm (2") de lado.

La compresión se medirá sobre dos (2) cubos de 50,8 mm (2") compactados en dos (2) capas. Los cubos serán curados un día en los moldes y se desmoldarán y sumergirán en agua-cal hasta su ensayo.

EQUIPO

1. Balanzas, con capacidad de 2.000 g y precisión de 2 g.

2. Tamices

Se requiere una serie con los siguientes:

1,18 mm (No.16)	300 μ m (No.50)
600 μ m (No.30)	150 μ m (No.100).

3. Probetas

Las probetas de vidrio, deben tener con preferencia una capacidad que permita medir el agua total de mezcla, en una sola operación; serán graduadas por lo menos cada 5 ml y tendrán una precisión de 2 ml, al indicar el volumen a 20°C (68°F).

4. Cámara húmeda

Se requiere una cámara que tenga condiciones adecuadas, para almacenar con facilidad las muestras, y mantener una temperatura de $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$, con una humedad relativa no menor del 90%.

5. Moldes

Para los cubos de 50,8 mm (2") se requieren moldes que no tengan más de tres (3) compartimentos, ni consten de más de dos (2) elementos separables. Estos elementos deben estar dotados de dispositivos que aseguren una perfecta y rígida unión; serán fabricados de metal duro, no atacable por las mezclas de cemento y que no vayan a producir ensanchamientos o pandeos en los especímenes.

Las caras interiores, serán planas y lisas con variación máxima de 0,025 mm; la distancia entre las caras opuestas, (50,8 mm) tendrá variación máxima de 0,508 mm y la altura de 50,8 mm tendrá una variación permisible de 0,38 mm. El ángulo formado por las caras interiores adyacentes será de $90 \pm 0,5^\circ$.

6. Mezcladora

Cumplirá con los requisitos de el Método H0211.

7. Mesa de Flujo

Cumplirá con los requisitos de el Método H0215.

8. Compactador

Cumplirá con lo especificado en el Método H0215.

9. Palustre

Será de una longitud entre 100 y 150 mm (4" y 6") con hoja de acero.

10. Máquina de Ensayo

Podrá ser mecánica o hidráulica, con una abertura suficiente entre los apoyos, para que permita colocar la muestra y los aparatos de comprobación. La carga aplicada a la muestra, deberá medirse con una tolerancia de $\pm 1,0\%$. El soporte superior, tendrá una esfera metálica

firmemente asegurada al centro del apoyo superior de la máquina (sistema de rótula). El centro de la esfera estará sobre la perpendicular levantada el centro de la superficie del bloque en contacto con la muestra (cubo).

El bloque se colocará asentando sobre la esfera, pero podrá inclinarse libremente en cualquier dirección. La diagonal o diámetro de la superficie de apoyo será ligeramente mayor que la diagonal de la cara de la muestra (cubo), para facilitar su centrado. Debajo del cubo se colocará un bloque metálico para minimizar el desgaste del plato inferior de la máquina. Este bloque tendrá marcas grabadas, que permitan centrar exactamente el cubo y su dureza Rockwell no será inferior a 60 HRC. Las superficies que van a hacer contacto con los cubos, deben ser planas y con variación permisible de 0,025 mm (0.001").

MATERIALES-ARENA.-

La arena usada para hacer las muestras (cubos), en este ensayo, será natural de sílice; normalizada para ensayo y gradada de acuerdo con los siguientes tamices:

TABLA H0213_1 TAMICES PARA NORMALIZACIÓN Y GRADACIÓN DE ARENA

Tamices		% que pasa
	Alternativa	
1,18 mm	(No.16)	100
600 µm	(No.30)	96 - 100
300 µm	(No.50)	23 - 33
150 µm	(No.100)	0 - 4

Para comprobar la gradación normalizada, se toma el contenido de un saco lleno de arena, de aproximadamente 45 kg, se extiende en una superficie plana y por cuarteo se toman unos 700 g; de esta muestra, se toman unos 100 g y se hace el tamizado, tomando las mallas en forma independiente; en 60 segundos de continuo tamizado no pasarán por el tamiz más de 0,5 g. El material retenido en cada malla estará de acuerdo con la gradación presentada antes.

CONDICIONES DE ENSAYO

Condiciones Ambientales.- La temperatura del aire en las vecindades de la mezcladora, moldes, materiales, prensa, etc., será de 20 a 27,5°C (68 a 81.5°F).

El agua de mezclado tendrá una temperatura de $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 3^\circ\text{F}$).

La humedad relativa no será menor del 50%. Se deberá comprobar el flujo del mortero conforme lo establecido en el Método H0215.

Se deben hacer varios morteros de prueba con variantes en el porcentaje de adición del agua hasta obtener el flujo especificado. Cada prueba se hará con mortero nuevo. (el Método H0215).

PROCEDIMIENTO

11. Preparación de los moldes

A los moldes se les aplicará en sus caras interiores una capa delgada de aceite mineral ligero. Las superficies de contacto de los elementos separables se revestirán de una capa de aceite mineral pesado, luego se unen estos elementos y se elimina el exceso de aceite en cada uno de los compartimentos. Luego se coloca el molde sobre una placa plana, no absorbente, cubierta con una delgada capa de aceite. En la parte exterior de las juntas de las partes que componen el molde, o de éstos con la placa, se aplicará una mezcla de 3 partes en peso de parafina y 5 partes de resina o cera calentada a 110 -120°C, para impermeabilizar.

12. Composición del mortero

Las proporciones en peso de materiales para el mortero normal serán de una (1) parte de cemento y 2,75 partes de arena gradada, usando una relación agua - cemento de 0,485 para los cementos Portland y 0,460 para las que contienen aire; sin embargo, será tal que produzca un flujo de 110 ± 5 , expresada en porcentaje del cemento.

Las cantidades que deben ser mezcladas para formar la bachada parra seis (6) cubos de ensayo, serán de 500 g de cemento y 1375 g de arena y 242 ml de agua, aproximadamente. Para nueve (9) cubos se requieren 740 g de cemento, 2035 g de arena y 359 ml de agua

13. Moldeo de Especímenes

Después de preparado el mortero, hay que dejarlo quieto en la mezcladora por 90 segundos, sin cubrirla. Durante los últimos 15 segundos de este intervalo, rápidamente se debe raspar el mortero pegado en las paredes y luego remezclar por 15 segundos a velocidad lenta. Dentro de un tiempo transcurrido no mayor de 2 minutos y 30 segundos después de completar la mezcla original de la bachada, se inicia el llenado de los compartimentos, colocando una capa de más o menos 25 mm (1") de espesor (aproximadamente la mitad del molde), en cada uno de los compartimentos, y se apisonan con 32 golpes que se aplicarán sobre la superficie, en 4 etapas de 8 golpes adyacentes cada una, como se ilustra en el siguiente esquema.

1	2	3	4
8	7	6	5

4	5
3	6
2	7
1	8

Los golpes de cada etapa se darán siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior; la presión del compactador será tal, que asegure el llenado de los compartimentos. Se deben completar las cuatro (4) etapas de compactación, en cada compartimiento, antes de seguir con el siguiente. Una vez terminada la etapa de la primera capa en todos los compartimentos, se llenan con una segunda capa y se procede como en la primera.

Durante la compactación de la segunda capa, al completar cada etapa y antes de iniciar la siguiente, se introduce en el compartimiento el mortero que se ha depositado en los bordes del molde. A lo largo de estas operaciones, el operario usará guantes de caucho. Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos, deben quedar un poco más altas que el borde superior de los moldes. La superficie de los cubos debe ser alisada con la parte plana del palustre, retirando el mortero sobrante, con un movimiento de vaivén.

14. Almacenamiento de los especímenes

Terminada la operación de llenado, el conjunto de molde y placa, se colocará en la cámara húmeda durante 20 o 24 horas, con la cara superior expuesta al aire húmedo, pero protegidos contra la caída de gotas. Si los cubos se retiran del molde antes de las 24 horas, se dejarán en la cámara húmeda hasta completar este tiempo. Los cubos que no se van a ensayar a las 24 horas, se sumergen en agua-cal saturada dentro del tanque de almacenamiento, construido con material no corrosivo; el agua del tanque se renovará frecuentemente para que permanezca limpia.

15. Ensayo

Los cubos que van a ser ensayados a las 24 horas, se sacan de la cámara húmeda cubriéndolos con un paño húmedo, mientras se van pasando a la máquina. Para los otros cubos, deben sacarse del tanque de almacenamiento uno a uno y probarse inmediatamente. Todos los cubos se ensayarán dentro de las siguientes tolerancias de tiempo: a las 24 horas \pm ½ hora; a los 3 días \pm 1 hora; a los 7 días \pm 3 horas; y a los 28 días \pm 12 horas.

Los cubos deberán secarse y dejarse limpios de arena suelta, o incrustaciones, en las caras que van a estar en contacto con los bloques de la máquina de ensayo. Se debe comprobar por medio de una regla, que las caras están perfectamente planas.

Colóquese cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensayo, debajo del centro de la parte superior de la máquina, comprobándose antes de ensayar cada cubo, que la rótula gira libremente en cualquier dirección. No se usarán amortiguadores entre el cubo y los bloques de carga.

Cuando se espera que el cubo resista una carga máxima superior a 13,3 kN (3000 lbf), se aplica a éste una carga inicial de la mitad del valor esperado, a velocidad conveniente; si se espera que la carga que va a resistir sea menor de 13,3 kN (3000 lbf), no se aplicará carga inicial al cubo. La velocidad de aplicación de la carga se calcula en tal forma que la carga restante para romper los cubos con resistencia esperada mayor de 13,3 kN (3000 lbf) o la carga total en los otros, se aplique sin interrupción en un tiempo comprendido entre 20 y 80 segundos, desde el inicio de la carga. No se hará ningún ajuste a la máquina mientras se esté efectuando el ensayo.

CÁLCULOS E INFORME

Se anotará la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de la rotura y se calcula la resistencia a la compresión, siendo el área nominal de la sección del cubo de 2581 mm², la cual no debe variar de la real en ± 38 mm²; si hay variación mayor, el cálculo se hará con base en el área real.

Los cubos defectuosos o los que den resistencias que difieran en más del 10% del promedio de todas las muestras hechas de la misma mezcla y ensayadas al mismo tiempo, no se tendrán en cuenta al determinar la resistencia. Cuando se trate de ensayos especiales, se fundirá un número mayor para obtener un promedio final de más de tres (3) resultados.

H0214. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 348)

OBJETO

Este método tiene por objeto definir el método para determinar la resistencia a la flexión, de morteros de cemento hidráulico.

El ensayo se ejecutará sobre prismas de 40 x 40 x 160 mm (1.575 x 1.575 x 6.3 pulg) moldeados en dos (2) capas y curados durante un 24 horas.

EQUIPO

1. Balanzas, pesas, tamices, probetas y mezcladora; deberán cumplir con lo establecido en el Método H0213
2. Mesa de Flujo, de acuerdo al Método H0215.
3. Moldes. Serán construidos de metal no atacable por los morteros de cemento y de espesor tal, que no presenten deformaciones al ser llenados con la muestra; constarán de tres (3) compartimentos de 40 x 40 x 160 mm (1.575 x 1.575 x 6.3 pulg) cada uno, con las siguientes tolerancias para el ancho y alto: de $\pm 0,13$ mm (0.01") para moldes nuevos, o $0,25$ mm (± 0.02 ") para moldes en uso; la longitud puede variar en $\pm 2,54$ mm (± 0.10 "). Las caras interiores serán planas; los ángulos entre dos caras interiores adyacentes deben ser de $90 \pm 0.5^\circ$. El molde debe colocarse sobre una placa de unos 10 mm (3/8") de espesor, con una superficie plana de 178 mm (7") por 203 mm (8") con variación permisible de 0.025 mm (0.001").
4. Compactador. El compactador debe ser de un material no absorbente ni quebradizo, como caucho de dureza media o madera curada, deberá cumplir con la forma y dimensiones de la Figura H0214_1.
5. Guía del compactador. Se construirá de un metal no atacable por el mortero, como bronce; de dureza no inferior de 55B. De acuerdo a la forma y dimensiones de la Figura H0214_2, ésta debe acoplarse al molde en tal forma, que sus bordes inferiores no se separen de los superiores del molde, en más de 0.38 mm (0.015"). La altura total de la guía debe ser de 25,4 mm (1").
6. Paleta de albañil. constará de una hoja de acero de 112 x 254 mm (4½ x 10").
7. Dispositivos para la prueba de flexión. Serán diseñados en tal forma, que cumplan con los siguientes requisitos:
 - a) La muestra será cargada en su punto medio.
 - b) Las distancias entre los puntos de apoyo y el de aplicación de la carga, permanecerán constantes.
 - c) La carga será aplicada normal a la superficie de la muestra de manera que no produzca excentricidades.
 - d) Las direcciones de las reacciones serán paralelas a la de la carga aplicada durante el ensayo.
 - e) La carga será aplicada a velocidad uniforme y sin producir impacto.

Las Figuras H0214_3 y H0214_4 muestran dispositivos diseñados para cumplir las condiciones anteriores, que pueden ser acoplados a la máquina de compresión o a la de tensión, respectivamente.

Si se emplea una máquina de compresión hidráulica, con suficiente abertura entre las superficies de apoyo, para permitir el uso de los aparatos de comprobación, deberá usarse el dispositivo mostrado en la Figura H0214_3.

Si se utiliza Máquina de Tensión, Método H0217, se utilizará el dispositivo mostrado en la Figura H0214_4.

MUESTRAS

Deben prepararse tres (3) o más muestras para cada período de ensayo.

Se usará arena gradada normalizada, del tipo Ottawa, o la especificada en el ensayo, Método H0217.

La temperatura del ensayo estará, entre 20 y 27,5°C (68 y 81.5°F); el agua de amasado estará a $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 3^\circ\text{F}$). La humedad relativa no será menor del 50%.

Las proporciones en peso para formar un mortero normal, deben ser de una (1) parte de cemento y 2,75 partes de arena gradada seca. Para obtener tres (3) muestras, deberán usarse 500 g de cemento y 1375 g de arena.

La cantidad de agua de amasado, dada en ml, será la que produzca una fluidez de 110 ± 5 , determinada de acuerdo al Método H0215. La mezcla se ejecutará mecánicamente, según el Método H0211.

PREPARACIÓN Y LLENADO DE LOS MOLDES

A los moldes se les aplicará una capa delgada de aceite mineral. Las superficies de contacto de los elementos separables, se revestirán con una capa delgada de aceite mineral pesado o grasa ligera. Luego, se unen los elementos que componen el molde y se eliminan los excesos de aceite o grasa, y se coloca el molde en una placa plana no absorbente y cubierta con una capa delgada de aceite mineral. En la parte exterior de las juntas de los elementos, se aplicará una mezcla de tres (3) partes de parafina y cinco (5) de resina, o cera, en peso, calentadas entre 110 y 120°C (230 y 248°F), para impermeabilizarlas.

Preparado el mortero y remezclado por 15 segundos a velocidad lenta, se vierte una capa de aproximadamente 20 mm (3/4") de espesor, uniformemente distribuida en cada compartimento, acoplado previamente la guía del compactador al molde y se procede a compactar el mortero en cada molde, por 12 veces, aplicadas en tres (3) etapas de 4 golpes cada una, como se muestra en el esquema. Para dar cada golpe del compactador, se coloca la cara inferior de éste en posición horizontal a unos 25 mm (1") de la superficie de la capa, y se baja verticalmente con una fuerza tal, que haga salir una pequeña cantidad de mortero debajo de la superficie de compactación. Se termina el llenado total de los compartimentos con capas de mortero uniformemente distribuidas, que se compactan en la forma utilizada con la primera capa.

Se retira la guía de compactación y se alisa la superficie de la muestra; se enrasa y se elimina el exceso de mortero; se reparan las rajaduras en la cara superior y se alisa la superficie con 2 ó 3 pasadas del palustre. Las muestras se almacenan como se indica en el Método H0213.

TABLA H0214_1 ORDEN DE APISONADO DE LAS CAPAS

1	2
4	3

ENSAYO

Las muestras que van a ser ensayadas a las 24 horas se sacan de la cámara húmeda, se secan y limpian superficialmente y se pasan a la máquina de prueba. Si son varias las muestras que se sacan de la cámara húmeda o del tanque, se cubrirán con una toalla húmeda. Todas las muestras se probarán dentro de las siguientes tolerancias.

TABLA H0214_2 TOLERANCIAS

Edad de la muestra	Tolerancia
24 horas	$\pm \frac{1}{2}$ hora
3 días	± 1 hora
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Se debe comprobar por medio de una regla, que las caras sean perfectamente planas; si tienen curvatura, se tratará de rasparlas y si no es posible, se desecharán.

Se acoplan los dispositivos para la prueba de flexión en la máquina de ensayo. Se coloca la muestra sobre los cilindros de apoyo en tal forma, que quede sobre éstos una cara que haya estado en contacto con la pared del molde. El eje longitudinal de la muestra y los puntos medios

de los cilindros en contacto con ella, deben estar en el mismo plano vertical. Se acopla a la máquina el dispositivo para la aplicación de la carga, en tal forma que el eje longitudinal del cilindro de carga, forme ángulo recto con el eje longitudinal de la muestra, sea paralelo a la cara a la que se le aplica la carga y pase por el punto medio de la longitud de la muestra. Se debe garantizar durante el ensayo, un contacto perfecto entre el cilindro de carga y la muestra.

La carga será aplicada a una velocidad de 272 ± 12 kg/min (600 ± 25 lbf/min), la cual se leerá con aproximación de $\pm 1\%$ en un tablero graduado.

Debe anotarse la carga de rotura, con una aproximación de 2 kg (5 lbf).

CÁLCULOS

Se anota la carga máxima de rotura y se calcula la resistencia a la flexión por la fórmula:

$$S = 0.28 P$$

Siendo:

S = Resistencia a la flexibilidad, KPa

P = Carga máxima total, N

$$S = 0.278 P \text{ Siendo:}$$

S = Resistencia a la flexión, en kg/cm^2 .

P = Carga máxima aplicada en kg., ó

$$S = 1.8 P$$

S = Resistencia a la flexión, en lb/pulg^2

P = Carga máxima total en, lbf.

La resistencia del mortero a la flexión es el promedio de los resultados obtenidos con la misma muestra (bachada) y en el mismo período de ensayo.

Nota 1: Las muestras defectuosas o las resistencias que difieran más del 10% del promedio no se tendrán en cuenta para promedio.

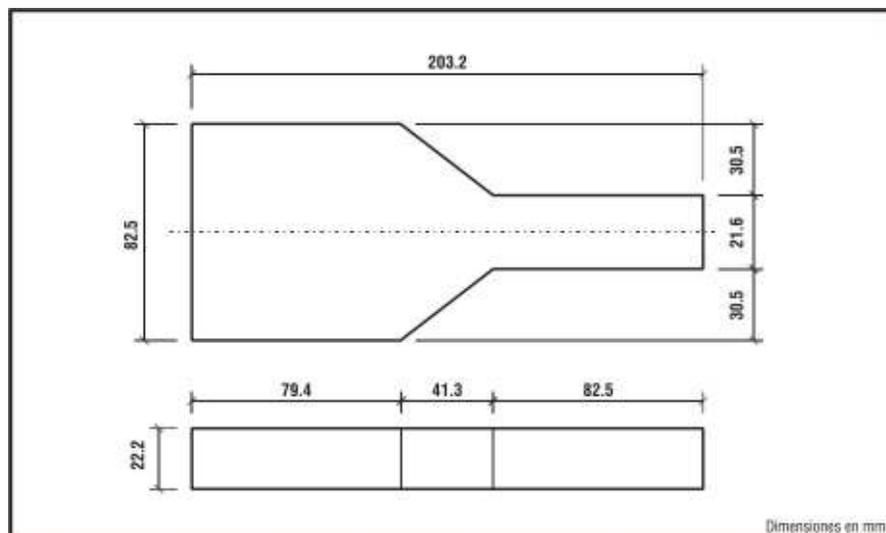


FIGURA H0214_1 COMPACTADOR

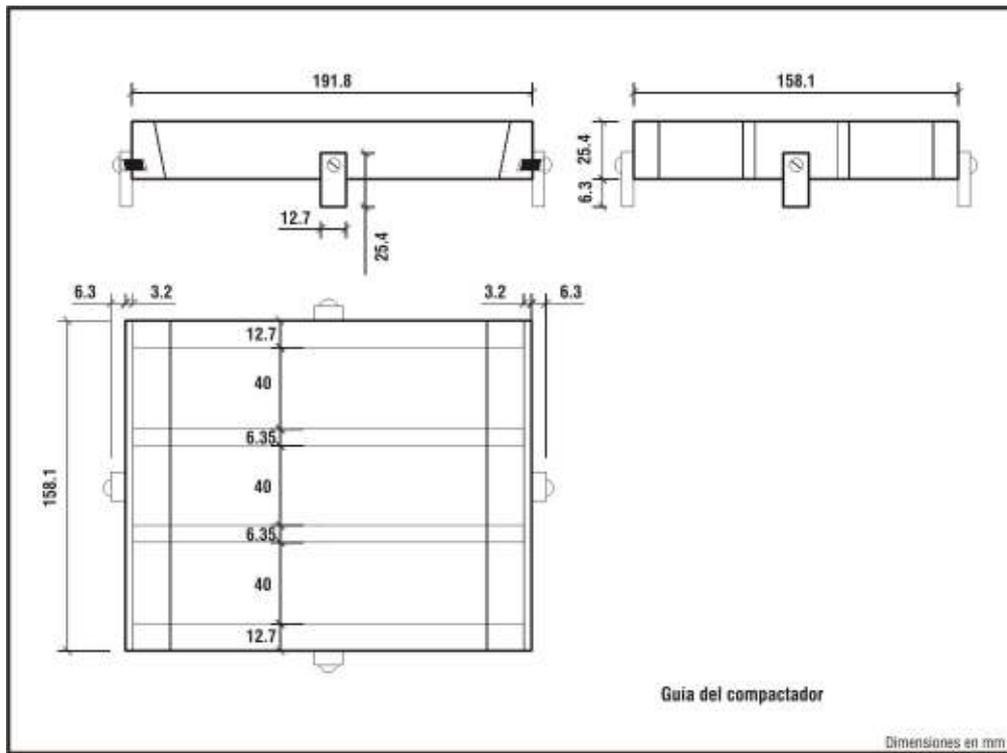


FIGURA H0214_2 GUÍA DE COMPACTADOR

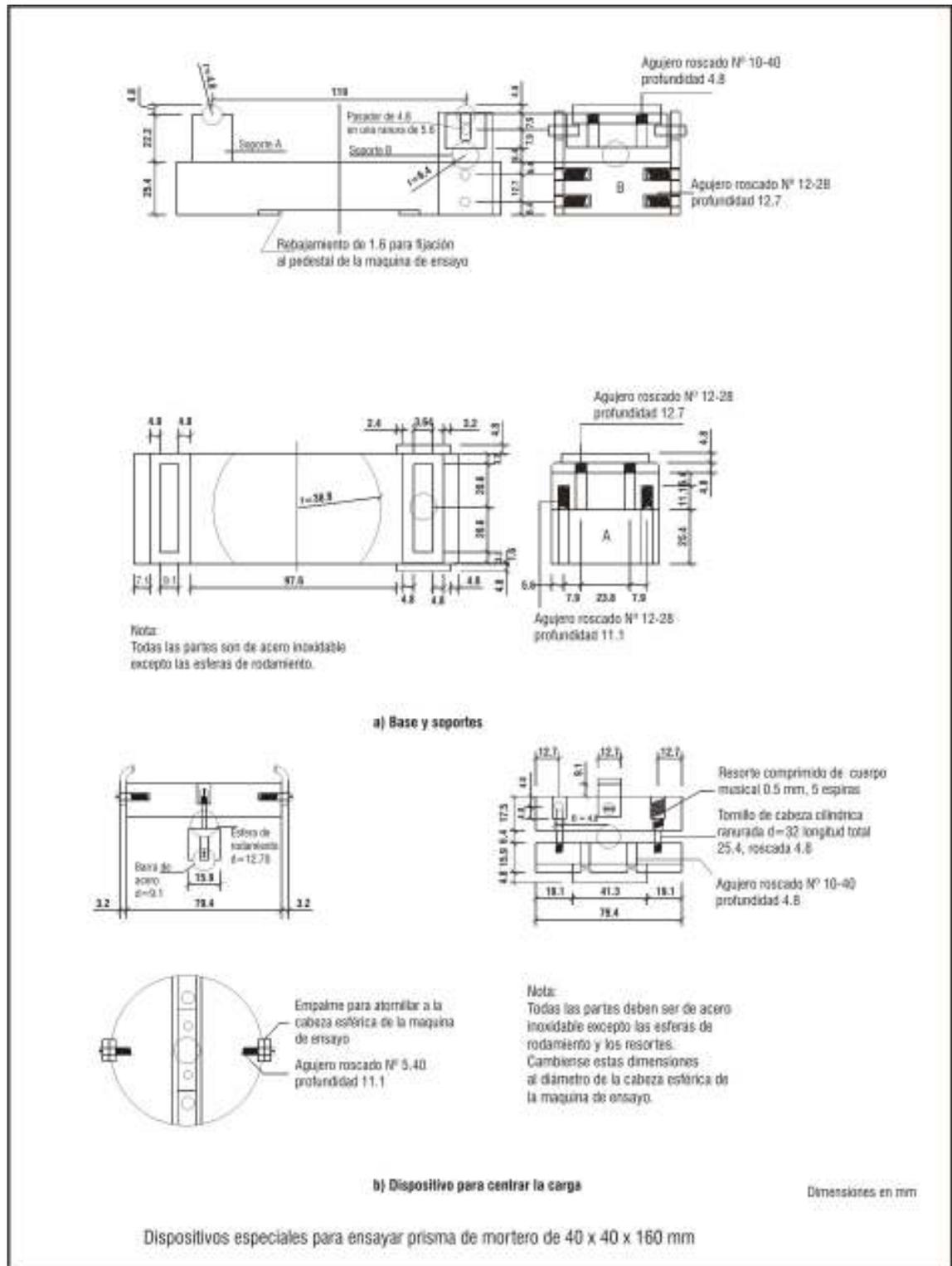


FIGURA H0214_3 DISPOSITIVOS ESPECIALES PARA ENSAYAR PRISMA DE MORTERO DE 40 X 40 X 160 MM

H0215. FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 230 AASHTO M152)

OBJETO

Este método, establece el método para determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico, utilizando la mesa de flujo.

EQUIPO

1. Mesa de flujo

Se trata de una mesa como se muestra en la Figuras H0215_1 y H0215_2 y consta en esencia de lo siguiente: Un soporte, un árbol y una plataforma circular.

La plataforma o mesa será circular de $254 \pm 2,54$ mm (10 ± 0.1 ") de diámetro y 7,62 mm (0.3") de espesor; debe ser de bronce o latón de dureza Rockwell no menor de 25 B y debe tener en la cara inferior 6 nervios integrales de refuerzo, dispuestos radialmente. La cara superior debe ser plana, pulida y libre de defectos superficiales.

El árbol es un elemento que va unido perpendicularmente al centro de la plataforma por medio de una rosca, y que a su vez se montará rígidamente en el soporte, de tal forma que pueda bajar y subir verticalmente, dentro de una altura determinada, por medio de una leva rotativa. La tolerancia para la altura es de $\pm 0,13$ mm (± 0.005 ") para mesas nuevas, y de $\pm 0,38$ mm (± 0.015 ") para mesas en uso.

La leva y el árbol (ver Figuras H0215_2, Fig. 2B y 2C) deben ser de acero semiduro; el acero del árbol debe ser endurecido por templado. El árbol debe ser recto. La tolerancia entre el diámetro del cilindro del soporte y el árbol, estará comprendida entre 0,05 y 0,08 mm (0.002" y 0.003") para mesas nuevas, y entre 0,05 y 0,25 mm (0.002 y 0.010") para mesas usadas. La leva debe tener forma de espiral, con un radio que aumenta de 12,7 a 31,75 mm ($\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ ") en 360 grados. El extremo del árbol no debe golpear la leva en el punto de caída, debe hacer contacto con ésta suavemente antes de 120 grados, contados a partir de dicho punto. La leva y el árbol deben diseñarse en tal forma que la plataforma no rote más de una vuelta en 25 caídas. Las superficies de la cara superior del soporte y del resalte del árbol, deben hacer contacto perfecto en el momento de la caída de la plataforma; para esto, deben mantenerse pulidas, planas y paralelas a la cara superior de la mesa.

El soporte debe ser de hierro fundido de grano fino de alta calidad y debe tener tres (3) nervios de refuerzo integrales, a lo largo de toda la altura, separados 120° grados. Un mínimo de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ ") de la cara superior del soporte, debe endurecerse por templado.

La mesa de flujo debe ser accionada por un motor de 0,3 W (1/20 HP) como mínimo, conectado al eje de la leva por medio de un engranaje helicoidal blindado, que reduzca la velocidad. La velocidad de la leva debe ser de 100 r.p.m. El motor no debe montarse o soportarse en la base del soporte, ni en el árbol.

2. Montaje de la mesa de flujo

El soporte de la mesa se atornillará firmemente a una platina de hierro o acero, de 254 mm (10") de lado y 25,4 mm (1") de espesor, cuya cara superior sea fresada hasta obtener una superficie plana y pulida. La placa debe anclarse a un pedestal de hormigón por medio de cuatro (4) pernos de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ") de diámetro, embebidos en el pedestal un mínimo de 152,4 mm (6"). La base del pedestal y la cara inferior de la placa deben hacer contacto en todos sus puntos. El pedestal será un tronco piramidal monolítico de 635 a 762 mm (25" a 30") de altura, con sección cuadrada superior, cuyo lado sea entre 254 y 280 mm (10 y 11") y cuya base cuadrada tiene lado entre 381 y 406 mm (15 y 16").

Bajo cada esquina del pedestal debe colocarse un empaque cuadrado de corcho de 100 mm (4") de lado, por 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ") de espesor. Se debe controlar frecuentemente el nivel de la mesa, la firmeza del pedestal y el ajuste de los pernos de anclaje.

Una vez que ha sido montado el árbol en el pedestal, la mesa de flujo deberá nivelarse en las posiciones alta y baja, a lo largo de diámetros perpendiculares entre sí.

El árbol de la mesa de flujo, debe mantenerse limpio y cuidadosamente lubricado con aceite liviano, tipo (SAE-10), lo mismo que la leva, para disminuir el desgaste. Cuando la mesa no haya sido usada durante algún tiempo, debe levantarse y dejarse caer la plataforma por lo menos 12 veces antes de empezar los ensayos.

3. Molde

Debe ser de bronce o latón, de dureza Rockwell no inferior a 25 B, su peso no será inferior a 907 g, y su espesor mínimo de 5,1 mm (0.2"), su forma es de tronco de cono recto, con base superior de $69,8 \pm 0,5$ mm (2.75 ± 0.02 ") de diámetro para moldes nuevos y $69,8 \pm 1,3$ mm (2.75 ± 0.05 ") de diámetro para moldes usados; la base inferior será de $100 \pm 0,5$ mm (4 ± 0.02 ") de diámetro y altura de $50 \pm 0,5$ mm (2 ± 0.02 "). La base menor estará provista de un collar integral, para facilitar su remoción; en la base inferior del molde, debe colocarse una corona de un material no atacable por el mortero y unos 254 mm de diámetro mayor y 100 mm de diámetro menor, con el objeto de evitar que el mortero que queda fuera del molde, cuando esté lleno, caiga sobre la plataforma.

4. Calibrador

Se usará uno para medir los diámetros de la base del mortero, durante el ensayo. Las divisiones de la escala deberán estar grabadas sobre la superficie metálica.

5. Compactador

Será de material no absorbente, abrasivo ni quebradizo, como caucho de dureza media o madera (Roble curado). La sección transversal debe ser rectangular de unos 13 x 16 mm ($\frac{1}{2}$ x 0.6") y una longitud entre 130 y 150 mm (5' y 6").

PROCEDIMIENTO

6. Llenado del Molde

Se limpia y se seca la plataforma de la mesa de flujo, se coloca el molde en el centro, se vierte en el molde una capa del mortero que se requiere ensayar, de unos 25 mm (1") de espesor, y se apisona con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos; con una segunda capa de mortero, se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa. La presión del compactador, será la suficiente que asegure el llenado uniforme del molde. Se retira el exceso de mortero de la capa superior y se alisa la superficie por medio de un palustre.

7. Ensayo

Lleno el molde, se limpia y se seca la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde.

Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, se retira el molde, levantándolo e inmediatamente se deja caer la mesa de flujo desde una altura de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ") 25 veces en 15 segundos. Luego se mide el diámetro de la base de la muestra, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y se calcula el diámetro promedio.

8. Interpretación de los resultados

La fluidez es el aumento del diámetro de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro de la base mayor del molde, según la siguiente fórmula:

$$\% \text{Fluidez} = \frac{\text{Diámetro promedio} - 101,6 \text{ mm}}{101,6 \text{ mm}} \times 100$$

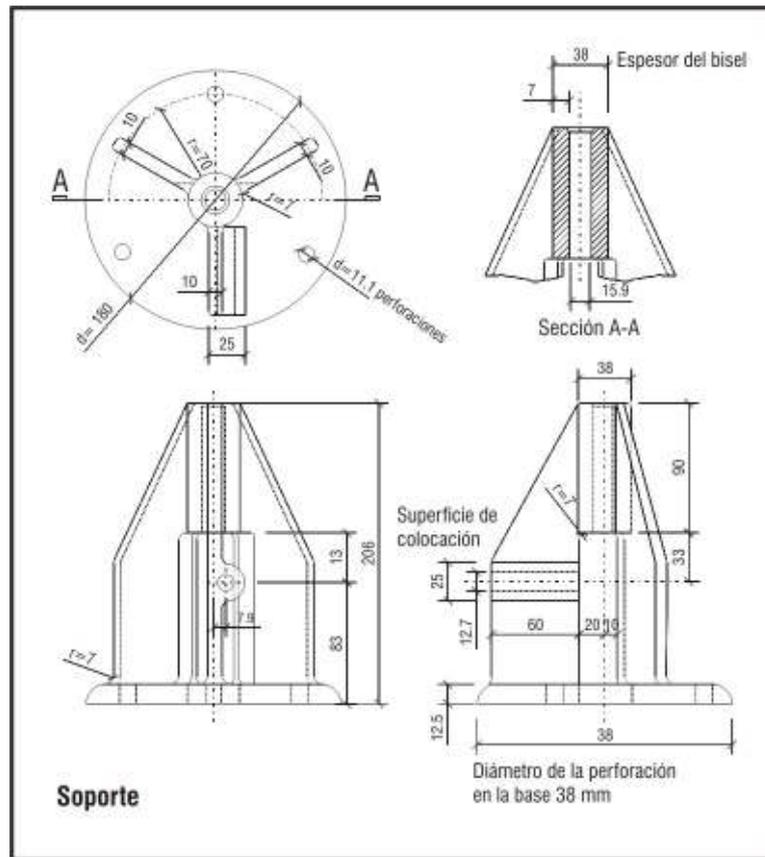


FIGURA H0215_1 SOPORTE

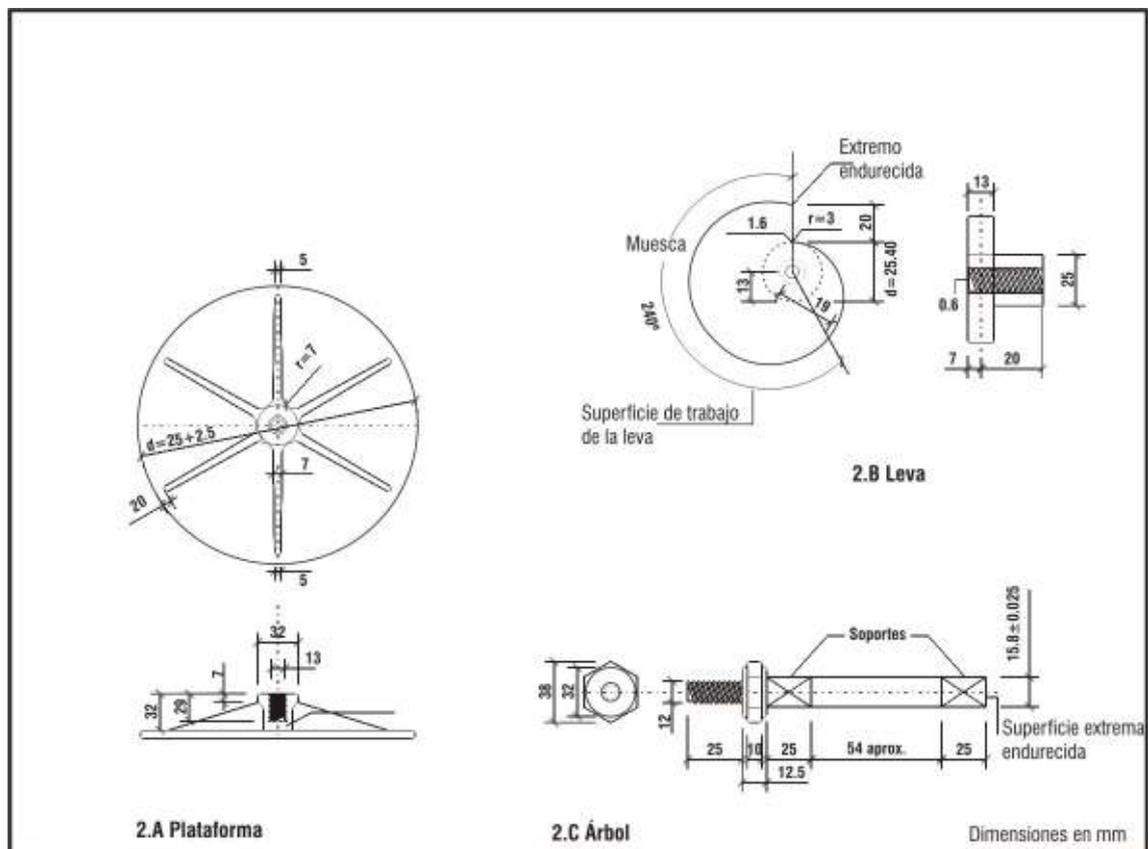


FIGURA H0215_2 PLATAFORMA, LEVA Y ÁRBOL

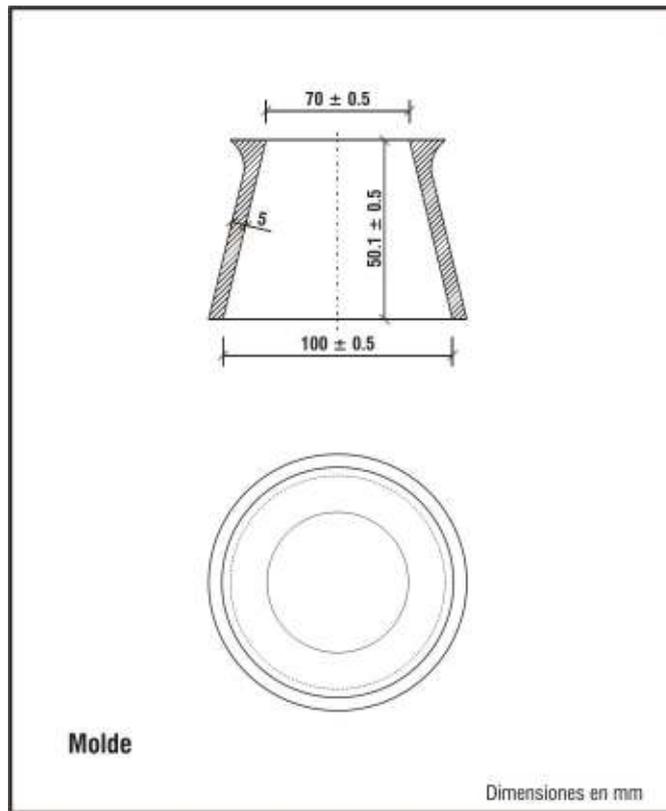


FIGURA H0215_3 MOLDE

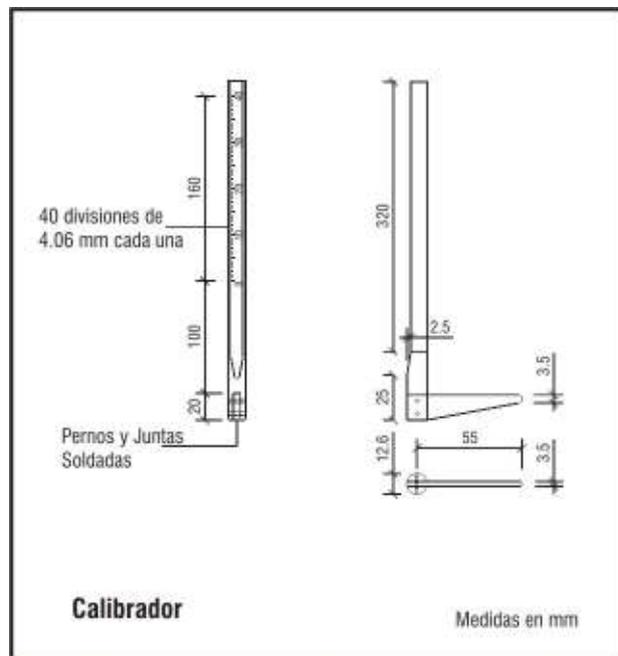


FIGURA H0215_4 CALIBRADOR

H0216. CONTRACCIÓN POR SECADO DE MORTEROS DE CEMENTO PÓRTLAND (ASTM C 596)

OBJETO

Este método establece un método para determinar el efecto producido por el cemento Portland sobre la contracción de una arena gradada sujeta a unas condiciones de temperatura, humedad relativa y tasa de evaporación establecidas para el ambiente.

DEFINICIÓN

El término "contracción por secado" se define como la disminución en la longitud del espécimen de ensayo, medida a lo largo del eje longitudinal, donde la disminución es causada por cualquier otro factor que no sean cargas externamente aplicadas, bajo condiciones de temperatura, humedad relativa y tasa de evaporación establecidas para el ambiente. El término incluye el efecto neto de la variedad de fenómenos que tienden a ocasionar tanto aumentos como disminuciones en la longitud, durante el período en el cual el espécimen de ensayo en consideración se encuentra almacenado en el ambiente especificado y en el cual un número de procesos, incluyendo la hidratación de los componentes del cemento, se presentan a una variedad de tasas.

USO Y SIGNIFICADO

La contracción por secado, según se determina en este método, tiene una relación lineal con la contracción del hormigón hecho con el mismo cemento y expuesto a las mismas condiciones de secado. Así, este método puede ser usado cuando se desee obtener información del efecto producido por el cemento Portland sobre la contracción por secado del hormigón hecho con este cemento.

EQUIPO

1. Balanzas, pesas, probetas graduadas, moldes, palustres y comparador de longitudes, todo esto conforme al Método H0204."Expansión del cemento en el autoclave".
2. Apisonador
Deberá ser hecho con un material no absorbente y no abrasivo, como caucho de dureza media o madera de roble con propiedad de no absorción lograda mediante inmersión en parafina a 200°C (392°F). Deberá tener una sección transversal de 13 x 25 mm (½ x 1") y una longitud de 150 mm (6"), aproximadamente. Su cara apisonadora deberá ser plana y perpendicular a su eje longitudinal.
3. Dispositivo para desmoldar, construido de forma adecuada para extraer los especímenes de los moldes.

TEMPERATURA Y HUMEDAD

4. Sala de trabajo
La temperatura ambiente de la sala de trabajo, así como de los materiales secos deberá ser mantenida entre 20 y 27,5°C (68 y 81.5°F). La humedad relativa deberá ser del 50%. La temperatura del agua de mezcla no deberá variar del valor de 23°C (73.4°F) en más de 1,7°C (3°F).
5. Cámara húmeda
Debe tener las dimensiones adecuadas para que las muestras puedan almacenarse con facilidad. Además, debe mantenerse a una temperatura de 23 ± 1,7°C (73.4 ± 3°F) y a una humedad relativa no menor de 90%.
6. Cuarto de secado y controles
Un cuarto de secado con bastidores apropiados deberá proporcionarse para almacenar los especímenes al aire. Los bastidores deberán ser diseñados de tal forma que permitan la

circulación libre del aire alrededor de los especímenes, exceptuando en el sitio de los soportes. Los especímenes deberán estar situados con respecto a las paredes del cuarto o a cualquier otra obstrucción, de tal manera que no se restrinja la circulación de aire en el espacio entre ellos. Los soportes deberán ser horizontales y deberán componerse de dos miembros no absorbentes con una altura no mayor de 25 mm (1") y un ancho de no más de 6 mm (¼"). Deberá hacerse circular aire acondicionado hacia adentro y hacia afuera del cuarto de forma tal, que la tasa de evaporación especificada sea lograda sobre cada uno de los especímenes.

El aire dentro del cuarto deberá mantenerse a una temperatura de $23,0 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ ($73,4 \pm 3,0^{\circ}\text{F}$) y una humedad relativa de $50 \pm 4\%$. La tasa de evaporación deberá ser de 7 ± 30 ml/24 h medida con un atmómetro o de 13 ± 5 ml/24h medida con un beaker tipo Griffin de 400 ml de bajo tamaño que esté lleno hasta 20 mm (¾") por debajo de su borde superior. La tasa de evaporación se medirá a diario, mediante el uso del Atmómetro o por la pérdida de agua del frasco Griffin. (Para mayores detalles referirse a la Norma ASTM C-157/86).

TOMA DE MUESTRAS

Efectúese la toma de muestras del cemento o los cementos, según el Método H0201 "Muestreo y aceptación del Cemento Hidráulico.

PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

7. Cantidad de especímenes

Deben hacerse cuatro (4) especímenes de ensayo en total. Aunque el conjunto de especímenes de ensayos puede conformarse de cuatro (4) especímenes hechos con mortero de una sola bachada, es preferible hacer doce (12) especímenes hechos de tres bachadas, elaborando cuatro especímenes de cada bachada y cada bachada hecha un día distinto a las otras.

8. Preparación de los moldes

Los moldes y los topes de medida se deben limpiar perfectamente; se arman los moldes y se recubren interiormente con una capa delgada de aceite mineral para que la muestra se pueda retirar con facilidad. Luego se colocan los topes en su sitio, cuidando que estén libres de aceite.

9. Preparación de la pasta de cemento

Una bachada de mortero deberá consistir de 750 g de cemento, 1500 g de arena gradada y una cantidad de agua suficiente para producir un flujo de $110 \pm 5\%$ (Método H0215). La arena gradada deberá ser como se especifica en el Método H0213. El mezclado deberá hacerse según el Método H0211.

10. Llenado de moldes

Colóquese el mortero en el molde, aproximadamente en dos capas iguales. Compáctese cada capa con el apisonador. Cuidese de obtener una perfecta compactación en las esquinas, alrededor de los topes de medida y a lo largo de la superficie del molde. Debe lograrse una compactación uniforme. Después que la capa superior haya sido compactada, enrásese el mortero con la parte superior del molde y alíse la superficie con algunos golpes de palustre. Inmediatamente después de terminado el llenado de los moldes, aflójese el dispositivo que sostiene los topes de medida en posición en cada extremo del molde, para prevenir cualquier restricción de la expansión inicial del espécimen por parte de los topes.

PROCEDIMIENTO

11. Cúrese el espécimen de ensayo en la cámara húmeda, teniendo cuidado de evitar los goteos o escurrimientos de agua. Remuévanse los especímenes de los moldes, cuando se hayan cumplido $23\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}$ horas después de la adición del agua al cemento en la operación de mezclado. Cúrese en agua por un período de 48 horas. Al cumplir una edad de 72 ± 1 horas después de la adición del agua al cemento, retírense del agua los especímenes, séquense con un trapo húmedo y mídase inmediatamente su longitud.
12. Inmediatamente después de la medición inicial tomada al final del período de curado, almacénense al aire los especímenes en el cuarto de secado por un período de 25 días. Cada espécimen deberá estar separado de cualquier otro o de cualquier sólido del cuarto de secado una distancia de por lo menos 25 mm (1"), en cualquier punto. Tómense lecturas de longitud de los especímenes a los 4, 11, 18 y 25 días de almacenamiento al aire. Tómense las lecturas preferiblemente en un ambiente con humedad relativa de $50 \pm 4\%$, mientras se mantienen los especímenes a una temperatura de $23,0 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ ($73,4 \pm 3^{\circ}\text{F}$). Téngase especial cuidado en conservar la temperatura y la humedad dentro de las tolerancias y alrededor del promedio.

CÁLCULOS

13. Repórtese la contracción lineal de cada espécimen basándose en la medición inicial (tomada después del período de curado a una edad de 72 horas) y las mediciones después de 4, 11, 18 y 25 días de almacenamiento al aire, como millonésima y como porcentaje de la longitud de medición efectiva.
14. Repórtese el cambio promedio por unidad de longitud, expresado en millonésimas y como un porcentaje de la longitud de medición efectiva, de los cuatro especímenes pertenecientes a una misma bachada de mortero, como contracción por secado del mortero. Si uno de los cuatro especímenes de una bachada resulta defectuoso, pueden efectuarse los cálculos con los otros tres. Si más de un espécimen resulta defectuoso, debe repetirse el ensayo con una nueva bachada de cemento. Si se ha ensayado más de una bachada, repórtese el promedio de los resultados de las bachadas.

Nota 1: Cuando la persona que efectúa el ensayo esté claramente conciente de que hubo una desviación importante en el procedimiento prescrito, los resultados observados deben descartarse, sea que resulten o no coherentes con otros que sí son confiables. Puede darse la situación, como en el caso de la temperatura, que pueda hacerse una corrección, la cual puede hacer valer los resultados.

15. Puede calcularse una contracción por secado última del mortero, dibujando los valores de contracción en función del recíproco del tiempo. El tiempo incluye el período de curado en húmedo.

PRECISIÓN

16. Resultados de los ensayos (cada uno obtenido de cuatro determinaciones de la misma bachada) efectuados por un mismo operador en días diferentes no deberán diferir por más de 70 millonésimas.
17. Los resultados del ensayo (cada uno obtenido por el promedio de las cuatro determinaciones de la misma bachada) obtenidas por dos laboratorios no deberán diferir por más del 25% de su promedio.

H0217. RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 190 AASHTO T132)

OBJETO

Este ensayo define el método para determinar la resistencia a la tensión de morteros de cemento hidráulico.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Balanzas

Deben ser equipos de precisión para efectuar pesadas de 1000 g a 2000 g.

2. Tamices

Se requieren los tamices de 850 μm (No.20) y 600 μm (No.30).

3. Probetas Graduadas

Preferentemente de un tamaño tal, que permitan medir el agua de amasado en una sola operación, pueden ser de 100, 150, 200 ml etc.; la precisión debe ser de ± 1.0 ml.

4. Moldes

Estarán contruidos con un metal no atacable por los morteros de cemento, y con espesor suficiente para evitar deformaciones al verter el mortero. Pueden usarse moldes en cadena como los mostrados en la Figura H0217_1.

Las dimensiones del molde que conforma una briqueta se muestran en la Figura H0217_3 y además deberán cumplir lo siguiente: la distancia entre las caras interiores a lo largo del eje de simetría transversal será de 25,4 mm (1") con variación permisible de $\pm 0,13$ mm (± 0.005 ") para moldes nuevos y de $\pm 0,25$ mm (± 0.01 ") para moldes en uso. La altura medida en los puntos de mayor espesor de las paredes, a cada lado de la cintura, debe ser de 25,4 mm (1"), con variación permisible de + 0,10 mm (+ 0.004") y -0,05 mm (-0.002") para moldes nuevos; y de 0,5 mm (-0.02") para moldes en uso.

5. Máquina de ensayo

Deberá poder aplicar a la muestra sin interrupción, una carga de 272 ± 12 kg/minuto (600 ± 25 lbf/min) y estará dotada de dispositivos para regular la velocidad de aplicación de la carga. Deberá cumplir los siguientes requisitos de exactitud: Para cargas no menores de 45 kg (100 lbf) no excederá $\pm 1,0\%$ para máquinas nuevas, ni de $\pm 1,5\%$ para las usadas. La máquina debe ser calibrada frecuentemente.

6. Agarraderas

Las agarraderas donde se coloca la muestra para someterla a tensión, estarán de acuerdo con la Figura H0217_2.

7. Palustre herramientas menores

El palustre tendrá una hoja de acero de 100 a 150 mm (4" a 5").

8. Arena

Debe ser de sílice natural, normalizada para ensayos, que pase por el tamiz de 850 μm (No.20) y quede retenida en el tamiz de 600 μm (No.30). Se considera que cumple la condición normalizada, si al tomar una muestra de 100 g se retiene menos de 15 g en el tamiz de 850 μm (No.20) y no más de 5 g pasan el tamiz de 600 μm (No.30), después de 5 minutos de tamizado continuo.

CONDICIONES AMBIENTALES

9. La temperatura de la sala de trabajo, herramientas, materiales estará entre 20° y 27,5°C (68° y 81.5°F). El agua de curado y la utilizada para sumergir las muestras, estará entre 23° ± 1,7°C (73.4°F ± 3°F). La humedad relativa no debe ser menor del 50%. Se debe contar con cámara húmeda con suficiente espacio y con una humedad relativa no menor del 90%.

MUESTRAS PARA ENSAYO

Tres o más briquetas deben construirse para cada período de ensayo, teniendo en cuenta las dimensiones mostradas en la Figura H0217_3.

Las proporciones en peso para formar el mortero, deben ser de una (1) parte de cemento seco por tres (3) partes de arena seca. Las cantidades que deben mezclarse por cochada, son: para 6 muestras entre 1000 y 1200 g; para 9 muestras entre 1500 y 1800 g.

El porcentaje de agua requerido para la mezcla, dependerá del porcentaje requerido para producir una pasta normal de cemento puro, del mismo que se va a usar en el mortero y de acuerdo a la Tabla H0217_1.

Cuando se usan proporciones de cemento y arena diferentes de 1:3, la cantidad de agua de amasado se calcula con la siguiente fórmula:

$$Y = 2/3 [P/n + 1] + K$$

Donde:

Y = Porcentaje de agua, requerido para elaborar el mortero de arena (referido al peso de los materiales secos).

P = Porcentaje de agua necesario para producir una pasta de cemento puro, de consistencia normal.

n = Número de partes de arena, por una de cemento, en peso.

K = Constante que depende de la arena usada, para la arena normalizada de Ottawa, tiene un valor de 6.5.

TABLA H0217_1 PORCENTAJE DE AGUA PARA MORTEROS ESTÁNDAR

Porcentaje de agua para producir una pasta de consistencia normal	Porcentaje de agua para elaborar un mortero de 1 parte de cemento por 3 partes de arena normalizada
15	9,0
16	9,2
17	9,3
18	9,5
19	9,7
20	9,8
21	10,0
22	10,2
23	10,3
24	10,5
25	10,7
26	10,8
27	11,0
28	11,2
29	11,3
30	11,5

PROCEDIMIENTO

10. Preparación del Mortero

Se pesan los materiales secos, se colocan sobre una placa lisa y no absorbente; cuidadosamente se mezclan arena y cemento y se forma un cono, luego se le abre un cráter en el centro, dentro de éste se vierte la cantidad de agua determinada y con ayuda del palustre se va pasando el material seco dentro del cráter, empleando en esta operación 30 segundos. Durante los próximos 30 segundos y mientras se permite la absorción de agua, se van cubriendo con mortero seco las manchas de humedad que van apareciendo por evaporación y facilitar la absorción completa. Luego se termina la operación, mezclando durante 90 segundos en forma continua y vigorosa. Durante esta operación. El operador debe usar guantes de caucho bien ajustados.

11. Llenado de los moldes

Antes de proceder a llenar los moldes, se recubren con una capa delgada de aceite mineral y se colocan sobre una placa de vidrio o metal sin aceitar. Terminada la operación de mezclado, se llena el molde con el mortero, teniendo cuidado de no compactarlo y en tal forma que sobresalga por encima de los bordes del molde. Luego el mortero debe presionarse 12 veces con los pulgares en cada briqueta en puntos distribuidos sobre la totalidad de la superficie de la muestra. La fuerza aplicada por los pulgares debe estar comprendida entre 7 y 9 kg (15 a 20 lbf) y no debe durar más tiempo que el necesario para obtenerla.

Luego se vierte más mortero sobre la superficie de la muestra, se enrasa y alisa con el palustre. Al alisar la superficie, no se debe ejercer una fuerza mayor de 2 kg (4 lbf) ni deslizarlo más veces de las necesarias. Luego se coloca en la cara inferior del molde, una placa de vidrio o metal previamente aceitada. Luego, con ayuda de las manos, se hacen girar el molde y las placas, alrededor de su eje longitudinal y se deja descansar sobre la placa que ha sido aceitada. Se retira la placa superior y sobre la superficie de la muestra se hacen las mismas operaciones de sobrellenado, presión con los pulgares y alisado, hechas a la otra superficie. No se debe compactar la muestra con pisones.

12. Almacenamiento de muestras

Terminada la operación de llenado, el conjunto formado por las muestras, el molde y la placa, se lleva a la cámara húmeda durante 20 o 24 horas, con las caras superiores de las muestras expuestas al aire húmedo y protegidas contra la eventual caída de gotas. Si las muestras se retiran antes de las 24 horas, permanecerán en la cámara hasta que se complete este tiempo. Si las muestras no van a ser ensayadas a las 24 horas, deberán sumergirse en agua limpia, dentro de los tanques contruidos para tal fin. El agua del tanque deberá renovarse frecuentemente, para que siempre esté limpia.

ENSAYO

13. Las muestras que se van a ensayar a las 24 horas, se sacarán de la cámara e inmediatamente se pasan a la máquina de prueba. Si se sacan varias muestras, deben cubrirse con una toalla húmeda hasta el momento de pasar a la máquina de prueba. En el caso de que las muestras se encuentren en el tanque, se sacarán una a una y se llevarán a la máquina de prueba. Si es necesario demorar la prueba, después de haber sacado la muestra del tanque, deberá sumergirse en agua a temperatura de $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ ($73.4 \pm 3^{\circ}\text{F}$) hasta el momento del ensayo.

Las superficies de las muestras deben secarse y retirar los granos de arena desprendidos. Las superficies de las agarraderas que van a estar en contacto con la muestra, deben conservarse limpias. Los rodillos de apoyo, deben aceitarse y mantenerse en tal forma que puedan girar libremente. Los soportes de las agarraderas deben estar libres de residuos y los pivotes deben tener un ajuste correcto para que las agarraderas puedan girar libremente. Las muestras se centrarán cuidadosamente en las agarraderas y se les aplicará una carga en forma continua, a una tasa de 272 ± 12 kg/min. (600 ± 25 lbf/min.).

Todas las muestras deben ser probadas dentro de las tolerancias de tiempo establecidas en la Tabla H0217_2

TABLA H0217_2 TOLERANCIAS

Edad de las muestras	Tolerancia permisible
24 horas	$\pm \frac{1}{2}$ hora
3 días	± 1 hora
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

CÁLCULOS

Se anotará la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de la rotura y se calcula la resistencia a la tensión en kg/cm^2 o lbf/pie^2 . La resistencia del mortero será el promedio de los resultados obtenidos con las muestras de la misma bachada y el mismo período de ensayo.

Las muestras defectuosas o resistencias que difieran en más del 15% del promedio no se tendrán en cuenta. Si una vez hecho este descarte, se dispone de un solo valor, deberá repetirse el ensayo.

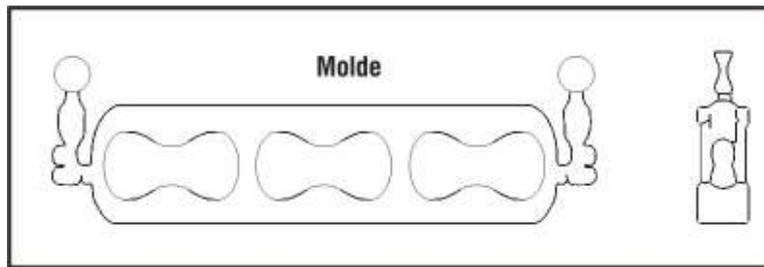


FIGURA H0217_1 MOLDE

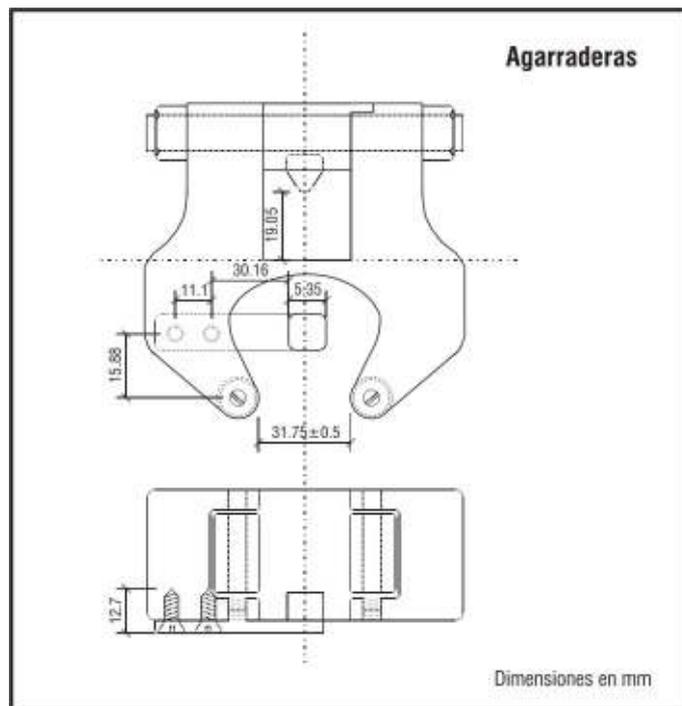


FIGURA H0217_2 AGARRADERAS

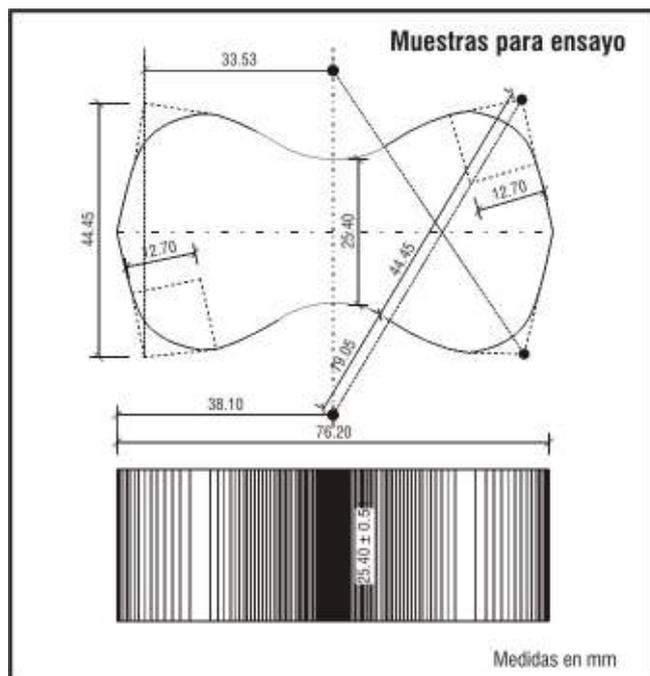


FIGURA H0217_3 MUESTRAS PARA ENSAYOS

H0218. CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C 185 AASHTO T137)

OBJETO

Este método describe el procedimiento que debe emplearse para la determinación del contenido de aire en un mortero de cemento hidráulico.

CONDICIONES GENERALES

1. Temperatura y Humedad

La temperatura ambiente y la de los materiales secos debe mantenerse entre 20 y 27,5°C (68° y 81,5°F). La temperatura del agua de amasado debe ser de $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$ ($73,4 \pm 3^\circ\text{F}$).

La humedad relativa del laboratorio no debe ser inferior al 50%

EQUIPOS Y MATERIALES

2. Mesa de flujo, molde de flujo y calibrador, de conformidad con los requerimientos de el Método H0215.

3. Medidor

Debe ser un cilindro de medida con un diámetro interior de $76,2 \pm 1,6$ mm y una profundidad aproximada de 90mm, patronado para contener 400 ± 1 ml de agua a 23°C (73,4°F) (Ver Nota 1). Para los fines de este ensayo, la capacidad del medidor en ml, es el peso de agua en gramos contenida en éste, dividido por 0,998, sin hacer corrección por el efecto de flotación en el aire.

Debe tener paredes de espesor uniforme, lo mismo que el fondo, y no inferiores a 2,92 mm. El peso del medidor vacío, no debe ser mayor de 900 g; se construye de un material inatacable por el mortero de cemento.

Nota 1: La medida de 400 ml en el medidor puede ser calibrada rápidamente, llenándolo con agua destilada a 23°C (73,4°F), hasta un punto donde el menisco sobrepase en forma apreciable el borde, colocando una placa de vidrio limpio encima del medidor y permitiendo que el exceso de agua se escape. La ausencia de burbujas de aire debe ser comprobada a través del vidrio, para asegurar que el medidor está completamente lleno. Se tendrá cuidado de secar el exceso de agua de la paredes del medidor, antes de pesarlo.

4. Mezcladora, recipiente y espátula. Deben cumplir con lo especificado en el Método H0211.

5. Regla. Debe ser recta, de acero, con una longitud no menor de 102 mm y un espesor de $2,4 \pm 0,8$ mm.

6. Espátula

Debe ser metálica, con una hoja de 150 mm de longitud y 13 mm de ancho, con bordes rectos y mango de madera.

7. Balanzas

Deben tener la capacidad suficiente para pesar el mortero y el recipiente (aprox. 2 kg), la precisión en 2 kg será ± 1 g.

8. Tamices

Deben usarse los Tamices de 850 μm (No.20) y 600 μm (No.30).

9. Probeta

Deben ser de vidrio, con una capacidad de 250 ml graduadas cada 2 ml, para medir el agua de mezcla y que viertan el volumen indicado a 20°C (68°F). La precisión es ± 2 ml. Las líneas de las graduaciones principales deben ser circulares y numeradas. Las intermedias deben distinguirse por una longitud no menor de 1/5 de las principales y las menores deben tener una longitud no inferior a 1/7 de las principales. Las subdivisiones pueden ser omitidas para los primeros 10 ml.

10. Apisonador

Debe ser hecho de un material no absorbente, ni abrasivo, ni frágil, como por ejemplo un compuesto de caucho, con dureza Shore A de 80 ± 10 durómetros, o roble seco no absorbente por inmersión durante 15 min. en parafina a una temperatura aproximada de 200°C (392°F); debe tener una sección transversal de 13×26 mm y una longitud conveniente (130 a 150 mm). La cara apisonadora debe ser plana y normal a su eje longitudinal.

11. Barra para golpear

Debe ser de madera dura, con un diámetro de 16 mm y una longitud de 150 mm.

12. Cuchara

Debe ser metálica, ordinaria, tipo cocina, con una longitud total aproximada de 230 mm, la cavidad debe ser aproximadamente de 100 mm de largo, 63 mm de ancho y de 13 a 19 mm de profundidad.

13. Arena

La arena usada para hacer el mortero normal debe ser de sílice natural, normalizada para ensayos, que pase por el tamiz de $850 \mu\text{m}$ (No.20) y que quede retenida en el tamiz de $600 \mu\text{m}$ (No.30). Se considera que cumple con la condición anterior, si al tomar una muestra de 100 g, una cantidad menor de 15 g es retenida en el tamiz de $850 \mu\text{m}$ (No.20) y no más de 5 g pasan por el tamiz de $600 \mu\text{m}$ (No.30), después de 5 minutos de tamizado continuo.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

14. Mortero

La proporción del mortero patrón debe ser de 350 g de cemento y 1400 g de arena (estándar 20-30) con agua suficiente para obtener un flujo de $87,5 \pm 7,5\%$ en la mesa de flujo, cuando se determina de acuerdo con el numeral 16.

PROCEDIMIENTO

15. Mezcla de mortero

Debe hacerse de acuerdo con el Método H0211.

16. Determinación del flujo

Debe secarse cuidadosamente la parte superior de la mesa de flujo y colocarse el molde de flujo en el centro de ésta. Usando la cuchara debe colocarse en el molde una capa de mortero de 25 mm de espesor aproximadamente, y golpearse 20 veces con el apisonador, ejerciendo una presión apenas suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde.

Luego debe llenarse el molde con mortero y apisonarse del mismo modo como se especificó para la primera capa. A continuación debe cortarse el mortero para obtener una superficie plana y nivelarse la pasta en la parte superior del molde usando la regla con un movimiento de corte. Debe secarse y limpiarse la mesa, teniendo especial cuidado de limpiar el agua existente alrededor de los bordes del molde. Al cabo de 1 minuto de haber terminado la operación de mezcla, debe retirarse el molde del mortero e inmediatamente después golpearse la mesa, dejándola caer desde una altura de 12 mm, 10 veces en 6 segundos. El flujo es el consecuente incremento del diámetro promedio de la masa de mortero debido a los golpes y se determina usando el calibrador, midiendo en la mesa de mortero al menos cuatro diámetros, equiespaciados entre sí y expresando tales diámetros como porcentaje del diámetro original.

Se debe hacer el mismo procedimiento para distintos morteros de prueba, variando los porcentajes de agua hasta que el flujo especificado sea obtenido, usando mortero fresco en cada ocasión.

17. Peso para 400 ml de mortero: Una vez se encuentra la cantidad de agua que produce un flujo entre 80% y 95%, inmediatamente debe determinarse el peso para 400 ml de mortero, usando la masa sobrante de la mezcla para la cual se obtuvo el flujo mencionado y no aquella que se utilizó en la determinación de éste. Usando la cuchara, se deposita suavemente el mortero dentro del medidor de 400 ml, en tres capas iguales, distribuyendo cada capa mediante el clavado de la espátula 20 veces alrededor de la superficie en el interior del medidor en una revolución completa. Debe considerarse un clavado de la espátula con un movimiento completo de ésta hacia arriba y hacia abajo, sostenida en posición vertical y penetrando en la capa de mortero. Al distribuir la primera capa, la espátula no debe tocar el fondo del medidor. Al distribuir la segunda y la última capa, la espátula debe empujarse tan sólo con la fuerza suficiente para penetrar la superficie de la capa inmediatamente anterior.

Después de haber llenado el medidor y distribuido su última capa en la forma descrita, deben golpearse sus lados suavemente con el extremo de la barra para golpear una vez en 5 diferentes puntos igualmente distanciados alrededor del medidor, con el fin de liberar aire posiblemente atrapado en el mortero. Debe evitarse dejar espacios entre el mortero y las paredes como resultado de la operación de distribución. Luego se enrasa el mortero para obtener una superficie plana en la parte superior del medidor, mediante movimientos de sierra, realizando dos pasadas sobre toda la superficie, la segunda pasada en dirección tal que forme ángulo recto con la primera. Si al enrasar, granos sueltos de arena causan surcos en la superficie, tales granos deben ser removidos y debe volverse a enrasar. La operación completa de llenado y enrasado del medidor debe hacerse en un tiempo de 1½ minutos.

A continuación se limpia el mortero y el agua adherida a las paredes del medidor, y se pesa con su contenido, anotando el peso del mortero en gramos, luego de restar el peso del medidor.

CÁLCULOS

18. Fórmula Usual

Calcúlese el contenido de aire del mortero a partir de la siguiente fórmula, la cual ha sido deducida según las características del medidor, las proporciones de la mezcla y tomando como peso específico del cemento Portland 3,15 y de la arena 2,65.

Contenido de aire

$$\% \text{ por volumen} = 100 - W \frac{(182,7 + p)}{(2000 + 4p)} \quad (1)$$

Siendo:

W = Peso de 400 ml de mortero en gramos.

p = Porcentaje de agua en la mezcla basado en el peso del cemento usado.

Cuando el cemento hidráulico es diferente al Portland, el valor de su peso específico debe sustituirse por el 3.15 mostrado en la deducción de la fórmula que sigue a continuación.

19. Dedución de la fórmula

Sean:

W_a = Peso actual o real del mortero por unidad de volumen, determinado según el ensayo.

W_e = Peso teórico del mortero, por unidad de volumen, suponiendo no existencia de aire.

Entonces:

Contenido de aire:

$$\% \text{ por volumen} = 100 \left(1 - \frac{W_a}{W_e} \right) \quad (2)$$

Ahora:

$$W_e = \frac{W}{400g} ml$$

Donde:

W = Peso en g del mortero de los 400 ml (numeral 17).

$$W_e = \frac{350 + 1400 + 350 \times p \cdot 0,01}{\frac{350}{3,15} + \frac{1400}{2,65} + \frac{350}{1}} = \frac{5 + 0,01p}{1,827 + 0,01p}$$

Donde:

p = Porcentaje de agua de mezcla basado en el peso del cemento.

Sustituyendo W_a y W_e en la ecuación (2) se obtiene la ecuación (1).

INFORME

20. Se reportará el contenido de aire del mortero de cemento hidráulico en porcentaje por volumen, aproximando el dato al 1%

PRECISIÓN Y TOLERANCIAS

21. Solamente deberá hacerse una determinación del contenido de aire en una mezcla. El contenido final de aire será el promedio de dos determinaciones.

Las dos determinaciones se harán sobre materiales (mortero, arena) similares.

En caso de realizarlos un mismo operario, ambas determinaciones del contenido de aire no variarán entre sí en más de 2%. Si las determinaciones son hechas en distintos laboratorios, no variarán entre sí en más de 3%

H0219. EXPANSIÓN POTENCIAL DE MORTEROS DE CEMENTO PÓRTLAND EXPUESTOS A LA ACCIÓN DE SULFATOS (ASTM C452)

OBJETO

Este método tiene por objeto establecer el método para determinar la expansión de barras de mortero hechas con cemento Pórtland y yeso en proporciones tales que la mezcla tenga un contenido de anhídrido sulfúrico (SO₃) de 7,0 por ciento en peso. Es solamente aplicable al cemento Pórtland.

EQUIPO

1. Balanzas
La precisión de las balanzas en uso debe ser de ± 1 g bajo una carga de 1.000 g y de ± 2 g bajo una carga de 2.000 g.
2. Pesas, probetas graduadas, moldes, topes de medida.- Deben cumplir con los requisitos establecidos en el Método H0204, "Expansión del cemento en el autoclave".
3. Mesa de Flujo
Deben cumplir con los requisitos establecidos en el Método H0215 "Fluidez de morteros de cemento hidráulico (Mesa de flujo)".
4. Mezcladora mecánica, paleta mezcladora y recipiente de mezcla.- Deben cumplirse con los requisitos establecidos en el Método H0211 "Mezcla mecánica de pastas y morteros de consistencia plástica".
5. Palustre y varilla compactadota
Deben cumplir con los requisitos establecidos en el Método H0213 "Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico".
6. Cámara húmeda
Debe tener las dimensiones adecuadas para que las muestras puedan almacenarse con facilidad. Además, debe mantenerse a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 3^\circ\text{F}$) y a una humedad relativa no menor de 90%.

MATERIALES

7. La arena gradada para elaborar las muestras de ensayo debe cumplir con los requisitos establecidos en la el Método H0213 "Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico".
8. En el ensayo se emplea yeso natural de alta pureza que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla H0219_1

TABLA H0219_1 GRANULOMETRÍA PARA EL YESO A SER USADO

Tamiz	% que pasa
150 μm (No.100)	100
75 μm (No.200)	94+
45 μm (No.325)	90+

Los porcentajes de cemento y yeso requeridos para proporcionar una mezcla que contenga 7,0% de anhídrido sulfúrico (SO₃) en peso, se calculan con las siguientes expresiones:

$$\text{Cemento \%} = \frac{g - 7,0}{g - c} \times 100$$

$$\text{Yeso, \%} = \frac{7,0 - c}{g - c} \times 100$$

Siendo:

g = Contenido de anhídrido sulfúrico (SO₃) en el yeso, en porcentaje.

c = Contenido de anhídrido sulfúrico (SO₃) en el cemento Portland, en porcentaje.

TEMPERATURA Y HUMEDAD

La temperatura del sitio de ensayo, la de los materiales secos y la del agua de mezcla deberá mantenerse entre 20 y 27,5°C (68 y 81.5°F) y la humedad relativa del sitio de ensayo no deberá ser menor del 50%.

NÚMERO Y DIMENSIONES DE LOS ESPECIMENES DE ENSAYO

9. Normalmente, deben prepararse seis especímenes para cada cemento, de 25 x 25 x 285 mm (1 x 1 x 11¼"), haciendo dos mezclas separadas y tomando tres muestras de cada una.
10. En ensayos rutinarios, deben usarse especímenes de 25 x 25 x 160 mm (1 x 1 x 6¼"), pero en caso de que se encuentren discrepancias, deben regir los resultados obtenidos con las muestras descritas en el numeral 9.

PREPARACIÓN DE LOS MOLDES

Los moldes deben limpiarse perfectamente; si es necesario, sus juntas externas y las líneas de contacto de los moldes y de las placas de base deben sellarse con cera. Se arman y se recubren interiormente con una cinta plástica o una capa de aceite mineral, para que la muestra pueda retirarse fácilmente. Luego se limpian los topes y se colocan en su sitio, cuidando que estén libres de aceite.

PROPORCIONES, CONSISTENCIA Y MEZCLA DEL MORTERO

11. Las cantidades de materiales secos requeridos para cada dosificación son: 400 g (cemento más yeso) y 1.100 g de arena.
12. La cantidad de agua de mezclado medida en mililitros, debe ser tal, que produzca un flujo comprendido entre 100 y 115 ml determinado por el procedimiento descrito en el Método H0215 "Fluidez de morteros de cemento hidráulico (Tabla de flujo)".

Nota 1: La ASTM recomienda: La cantidad de agua de mezclado deberá ser de 194 ml para un cemento Portland sin incorporación de aire y de 184 ml para un cemento Portland con incorporación de aire.

13. El mortero se mezcla de acuerdo con el procedimiento descrito en el Método H0211 "Mezcla de pasta y morteros de consistencia plástica", excepto que debe añadirse primero el yeso al agua, después, iniciarse el mezclado y mezclarse a velocidad de 140 ± 5 rpm, durante 15 segundos.

LLENADO DE MOLDES

Inmediatamente después de terminar el ensayo de flujo, se regresa el mortero al recipiente, se limpia el mortero de las paredes del mismo y se vuelve a mezclar a velocidad de 285 ± 10 rpm durante 15 segundos. El recipiente y la paleta se remueven y luego se quita el exceso de mortero de ésta. El molde se llena en dos capas, compactando cada una de ellas con la varilla. Se compacta el mortero en las esquinas, alrededor de los topes de medida y a lo largo de la superficie del molde con la varilla, hasta obtener un mortero homogéneo. Después de compactada la capa superior, se enrasa y se alisa la superficie con unas pocas pasadas del palustre.

ALMACENAMIENTO DE LOS ESPECIMENES DE ENSAYO

Almacenamiento inicial

14. Las muestras deben curarse en la cámara húmeda dentro de los moldes a temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 22 a 23 horas. Las muestras se remueven de los moldes y se identifican adecuadamente. Luego se sumergen en agua a temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ($73,4 \pm 3^\circ\text{F}$) durante 30 minutos antes de medir la longitud inicial.

Almacenamiento subsiguiente

15. Después de medidas las barras, se almacenan horizontalmente en agua a la misma temperatura prescrita en el numeral anterior. Las barras deben almacenarse separadas entre sí a una distancia mínima de 6 mm ($\frac{1}{4}$ ") por todos los lados y cubrirse con no menos de 13 mm ($\frac{1}{2}$ ") de agua. La relación de volumen de agua al volumen de las barras no debe exceder de 5 a 1 para prevenir la excesiva acción disolvente. El agua debe renovarse cada 7 días en los primeros 28 días y después cada 28 días.

MEDIDA DE LONGITUD

16. Se miden las barras con el comparador de longitudes, una por una, secándolas previamente con una tela húmeda.
17. La primera lectura debe hacerse $24 \text{ h} \pm 15$ minutos después del mezclado del cemento y el agua; la muestra debe medirse nuevamente a los 14 días.

Nota 2: Pueden obtenerse información adicional colocando nuevamente las barras en el agua de almacenamiento y haciendo medidas adicionales a otras edades.

CÁLCULOS

18. La diferencia en longitud de la muestra a las 24 horas y a los 14 días calculada con aproximación del 0,001 por ciento de la longitud efectiva, debe interpretarse como la expansión de la muestra en ese período.
19. Todos los especímenes remanentes después de 14 días, deben conformar un conjunto de por lo menos tres especímenes con un intervalo permisible de variación en los resultados dependiendo del número de especímenes remanentes así:

TABLA H0219_2

No. Especímenes	Máxima Variación permisible, %
3	0,008
4	0,010
5	0,011
6	0,012

Infórmese el promedio de los especímenes que conforman el conjunto, con aproximación al 0,001.

PRECISIÓN

20. Los resultados de dos ensayos efectuados por un mismo operador sobre el mismo material, no diferirán en más de 0,009%.
21. Los resultados de dos ensayos, efectuados por laboratorios distintos, sobre un mismo material, no diferirán en más de 0,014%

H0301. MÉTODO PARA EXTRAER MUESTRAS DEL HORMIGÓN FRESCO (ASTM C 172 AASHTO T141)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para extraer muestras representativas del hormigón fresco, destinadas a ser ensayadas. Se aplicará a hormigones de cemento hidráulico, confeccionado tanto en obra como en el laboratorio.

Este método no especifica planes de muestreo para control estadístico u otros efectos.

DEFINICIONES

1. Hormigón Fresco

Para los efectos de este método, hormigón fresco es la mezcla que ha terminado su proceso de preparación, que aún no ha sido colocada y que se encuentra dentro de un lapso de dos horas, si fue preparada utilizando cementos de grado corriente y una hora, si se utilizaron los de grado de alta resistencia; este tiempo se mide desde el comienzo del amasado. Transcurrido los plazos señalados, las muestras que se obtengan deben considerarse como muestras especiales y tratarse como tales.

2. Muestra de Fabricación

Es la destinada a evaluar la calidad potencial del hormigón; refleja las características de los materiales, la dosificación y el mezclado. Se extrae de un lugar tan próximo como sea posible a la salida de la hormigonera.

3. Muestra en Sitio

Es la destinada a evaluar la calidad del hormigón junto al sitio de colocación; se extrae de un lugar tan próximo como sea posible al de colocación.

4. Muestra Especial

Es la destinada a evaluar la calidad del hormigón en cualquier etapa del proceso de hormigonado. Refleja los efectos de operaciones en puntos intermedios entre la salida de la hormigonera y el lugar de colocación, o los efectos del ambiente en la que se ha conservado.

EQUIPOS Y MATERIALES

5. Recipientes de Muestreo

Deben ser de material resistente, no absorbente y químicamente inerte con los componentes del hormigón, estancos al agua y de capacidad suficiente para contener la muestra o las porciones de ella. Deben encontrarse limpios y húmedos al momento de su uso.

El recipiente para muestreo de hormigón debe tener una abertura de dimensiones tales que permita el remezclado de la muestra completa por medio de la pala.

Nota 1: Comúnmente se emplean carretillas o bateas metálicas.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRAS

Muestreo

6. Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra de hormigón fresco será superior a una y media vez el volumen necesario para efectuar los ensayos requeridos, y en ningún caso inferior a 30 litros.

7. Tiempo

El tiempo transcurrido entre la obtención de la muestra y el moldeo de las probetas, incluidos los controles requeridos al hormigón fresco, deberá ser el mínimo posible y en ningún caso excederá de 15 min.

Extracción de Muestras: Muestras de Fabricación

8. Hormigoneras Estacionarias

-Efectúe la extracción en uno o más intervalos regulares, cuando la hormigonera se encuentre aproximadamente en la mitad del período de descarga, sin incluir el principio ni el final de ésta (Nota 2), y sin restringir el flujo de salida del hormigón.

-Extraiga la muestra o las porciones de muestra necesarias pasando el recipiente de muestreo por toda la sección del flujo de descarga, o bien desviando completamente el flujo hacia el recipiente.

9. Camiones Hormigoneras

-Regule el flujo de descarga del hormigón mediante la velocidad de rotación del tambor, sin estrangular el flujo con la compuerta.

-Efectúe la extracción de la muestra en uno o más intervalos regulares durante la descarga de la hormigonera, sin incluir el principio ni el final de ésta (Nota 2).

-Extraiga la porción de cada intervalo pasando una sola vez un recipiente de muestreo por toda la sección del flujo de descarga, o bien desviando completamente el flujo hacia el recipiente.

Extracción de Muestras: Muestras en Sitio

10. Hormigón en Acopio

Extraiga por lo menos cinco porciones de muestra de diferentes puntos del acopio. Cuando el hormigón se encuentra depositado sobre el terreno, evite que la muestra se contamine por arrastre de material de la superficie de apoyo.

11. Hormigón en Tolva

Extraiga la muestra retirando porciones en tres o más intervalos regulares durante la descarga de la tolva, sin incluir el principio ni el final de ésta. (Nota 2).

Nota 2: Se considera que el hormigón tiene la homogeneidad suficiente entre el 10% y el 90% de la descarga.

12. Hormigón en Medios de Transporte

Extraiga la muestra por uno de los procedimientos descritos en Muestras de Fabricación y muestras en Sitio prefiriendo el que mejor se adapte a las condiciones prevalecientes.

PROCEDIMIENTO

13. Transporte

Cuando sea necesario transportar el hormigón muestreado, hágalo en los recipientes de muestreo hasta el lugar donde se confeccionarán las probetas o se harán los controles de ensayos.

14. Protección

Cubra las muestras durante el período comprendido entre su extracción y la confección de las probetas o controles requeridos de hormigón fresco, a fin de protegerlas de los agentes climáticos

Nota 3: Comúnmente se emplean arpilleras húmedas, lonas húmedas o láminas de polietileno.

15. Remezclado

Antes de llenar los moldes o realizar los ensayos, remezcle la muestra con pala en el mismo recipiente de muestreo.

H0302. ELABORACIÓN Y CURADO EN EL LABORATORIO DE MUESTRAS DE HORMIGÓN PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN (ASTM 192 AASHTO T126)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para preparar mezclas de prueba de hormigón en laboratorio.

Es aplicable a mezclas que se emplean en ensayos del hormigón fresco y en la confección de probetas para ensayos del hormigón endurecido con los propósitos de: verificar la calidad de los materiales componentes y su correcta dosificación, investigar procedimientos de elaboración y ensayos e investigar propiedades y características del hormigón.

DEFINICIONES

Los términos empleados en este método se encuentran definidos en el Método H0102.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Recipientes

Los recipientes que se usen para contener materiales o para saturar áridos, deberán ser limpios, impermeables y químicamente inertes respecto de los componentes del hormigón; y estarán provistos de tapas herméticas cuando sea necesario.

2. Balanzas

Tendrán una capacidad mayor que la masa del recipiente más la masa del material por pesar y una precisión igual o superior al 0,1% de la pesada.

Nota 1: En general se recomienda tener por lo menos una balanza de 60 a 100 kg de capacidad para pesar áridos y cemento y otra de 1 a 2 kg de capacidad para pesar aditivos y adiciones.

3. Mezclador

Se usará un mezclador mecánico o elementos para mezclar manualmente.

4. Dimensiones de las probetas

- a) Moldes en general. Los moldes para las muestras y los sujetadores de dichos moldes deben ser de acero, hierro forjado o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Deben estar conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para el cual deben ser ensayadas. Deben ser herméticos de tal forma que no se escape el agua de la mezcla contenida. Un sellante apropiado como arcilla, parafina o grasa puede ser utilizado para impedir filtraciones por las uniones. Para fijar el molde a la base del mismo, éste debe tener medios adecuados para ello.
- b) Moldes cilindricos reutilizables. Deben estar hechos de un metal de alta resistencia o de otro material rígido no absorbente. El plano transversal del cilindro debe ser perpendicular al eje del cilindro. La tolerancia en la medida del diámetro exigido debe ser de ± 2.0 mm y en la altura la tolerancia será de ± 6.0 mm. Los moldes de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, deben estar de acuerdo con la especificación ASTM C-470, "Molds For Forming Concrete Test Cylinders Vertical".
- c) Vigas y moldes prismáticos. La superficie interior del molde debe ser lisa, y las caras interiores deben ser perpendiculares entre sí y libres de torceduras u ondulaciones. La tolerancia en las dimensiones nominales de la sección transversal será de ± 3.2 mm (1/16") para dimensiones mayores o iguales a 152 mm (6") y de ± 1.6 mm (1/16") para dimensiones menores de 152 mm (6"). Excepto para muestras destinadas a ensayos de módulos de rotura, la longitud nominal de los moldes debe tener una tolerancia de 1.6 mm. Estas muestras no deberán tener una longitud inferior en 1.6 mm (1/6") con respecto a la longitud especificada, pero puede excederse dicha longitud en más del valor mencionado.

CONDICIONES GENERALES

5. Antecedentes

Registre los antecedentes disponibles sobre las características de los materiales por emplear, comprobadas en ensayos previos, cuando sea necesario.

6. Temperatura

Use los materiales solamente cuando su temperatura alcance $20 \pm 3^\circ \text{C}$ ($68 \pm 5^\circ \text{F}$).

7. Agua

Mida la cantidad (masa o volumen) de agua requerida con una precisión de $\pm 0,2\%$; evite pérdidas y contaminaciones y considere las correcciones necesarias según la humedad que presenten los áridos.

8. Cemento

Tamice por el tamiz 1,18 mm (N° 16) para eliminar posibles grumos; luego homogeneice revolviendo cuidadosamente, pese la cantidad requerida procurando hacerlo en una sola operación en un recipiente limpio y seco, evitando pérdidas y contaminaciones. Por último, almacene todo el cemento requerido para una mezcla o una serie completa de mezclas de prueba, en recipientes herméticos, preferentemente metálicos y guardados en un lugar seco.

Nota 2: Cuando un cemento se encuentre alterado (hidratación, contaminación, etc.), se recomienda verificar y registrar su estado antes de preparar la mezcla de prueba.

9. Áridos

- d) Separe los áridos según tamaños en las fracciones que sean necesarias para disminuir el peligro de segregación y constituya, con la mayor exactitud posible, la granulometría en estudio.

Nota 3: Cuando el árido grueso es una mezcla de materiales rodados y chancados, se debe registrar la proporción entre ambos tipos de partículas según el Método A0508.

- e) Almacene las fracciones separadas en recipientes adecuados, para evitar segregaciones, pérdidas y contaminaciones.
- f) Trate los áridos de acuerdo al punto 5 antes de pesarlos para asegurar una condición de humedad definida y uniforme, considerando que el agua de absorción es parte integrante del árido y que demora en ser absorbida.
- g) Pese cada fracción de árido con una precisión de $\pm 0,3\%$ en la condición de humedad resultante después de tratada con algunos de los procedimientos que se han indicado en el punto 9.

10. Tratamiento de los Áridos

Elija el tratamiento por seguir de acuerdo al objetivo de la mezcla de prueba y al estado de humedad de los áridos, de entre uno de los métodos que se indican más adelante.

Nota 4: Cuando se desee investigar la influencia del grado de saturación de un árido, se debe determinar la curva tiempo/absorción del árido y luego preparar mezclas de prueba comparativas con el árido totalmente saturado y con distintos grados de saturación. Se entenderá por grado de saturación el cociente entre la cantidad de agua absorbida por el árido en un determinado momento y la máxima cantidad de agua de absorción de ese árido, calculada de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{grado de saturación} = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

Donde:

α' : % de absorción del árido en un momento determinado.

α : % de absorción máxima.

11. Tratamiento de Áridos con Excedente de Agua

Aplique el siguiente procedimiento a las arenas:

- a) Determine el porcentaje de absorción de agua en 24 h, de acuerdo con el Método H0110.
- b) Sumerja el árido durante un período de a lo menos 24 h.
- c) Escurra el exceso de agua, hasta dejar el árido fino en estado húmedo con una pequeña cantidad de agua excedente, suficiente para evitar pérdidas por secado. Manténgalo protegido hasta el momento de emplearlo.
- d) Determine el porcentaje de humedad total resultante del tratamiento efectuado en c), referido a la masa del árido en estado seco.

- e) Calcule la cantidad de agua total, multiplicando la masa de árido seco requerida para la amasada por el porcentaje de humedad total.
- f) Pese del árido húmedo resultante en c), una cantidad igual a la masa de árido seco requerido para la amasada más el valor calculado en e).
- g) Calcule el porcentaje de agua libre como la diferencia entre el porcentaje de humedad total y el porcentaje de absorción de agua.
- h) Calcule la cantidad de agua libre, aplicando el porcentaje de agua libre a la masa de árido seco requerido para la amasada.
- i) Corrija el agua de amasado, restándole la cantidad de agua libre.

12. Tratamiento de Áridos Parcialmente Secos

Aplique el siguiente procedimiento a las gravas siempre que su absorción sea inferior a 1%:

- a) Determine el porcentaje de absorción de agua en 24 h, de acuerdo con el Método H0109.
- b) Determine el porcentaje de humedad total presente en el árido referido a la masa del árido en estado seco.
- c) Calcule la cantidad de agua total presente en el árido, multiplicando la masa de árido seco requerida para la amasada por el porcentaje de humedad total.
- d) Pese del árido parcialmente seco una cantidad igual a la suma de la masa de árido seco requerida para la amasada más el valor calculado en c).
- e) Estime el porcentaje de agua que absorberá el árido durante el proceso de mezclado como el 80%
- f) de la diferencia de los valores determinados en a) y b).
- g) Calcule la cantidad de agua que absorberá el árido, multiplicando la masa de árido seco requerida para la amasada por el porcentaje estimado en e).
- h) Corrija el agua de amasado, sumándole la cantidad de agua calculada en f).

13. Tratamiento de Áridos Secos

Considere como árido seco al que se ha secado en horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 10^\circ \text{F}$) hasta masa constante. Aplique el siguiente procedimiento a cualquier árido o fracciones de árido seco:

- a) Determine el porcentaje de absorción de agua en 24 h, de acuerdo con los Métodos H0109 o H0110, según corresponda.
- b) Seque los áridos en horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 10^\circ \text{F}$) hasta masa constante.
- c) Pese, en un recipiente impermeable, cada árido o fracción de árido en la condición seca, la cantidad requerida para la amasada.
- d) Cubra los áridos con agua durante a lo menos 24 h hasta saturarlos antes de su empleo.
- e) Después de la saturación extraiga cuidadosamente el agua sobrante de modo que la cantidad de agua libre que arrastre el árido sea menor que la de amasado.
- f) Pese, en el mismo recipiente, los áridos saturados más el agua libre.
- g) Calcule la cantidad de agua total en los áridos como la diferencia de las pesadas obtenidas en f) y c),
- h) Calcule la cantidad de agua de absorción, multiplicando la masa de árido seco requerida para la amasada por el porcentaje de absorción de agua.
- i) Calcule la cantidad de agua libre como la diferencia de los valores obtenidos en g) y h).
- j) Corrija el agua de amasado, restándole la cantidad de agua libre.

14. Aditivos Solubles

Prepare una solución de los aditivos solubles en una parte del agua de amasado. Si es líquido considere su volumen como parte del agua de amasado.

15. Aditivos Insolubles

Para los aditivos insolubles, mezcle con una parte o con la totalidad del cemento o con el árido fino.

16. Adiciones

Las adiciones que se empleen en cantidad superior al 10% de la masa del cemento se deben incorporar a la amasada en la misma forma que el cemento; en dosis menores al 10%, se deben incorporar como se indica en 14.

EXTRACCIÓN Y PREPARACION DE LA MUETRAS

- a) Muestras cilíndricas. Puede ser de varios tamaños, siendo el mínimo de 50.0 mm (2") de diámetro por 100 mm (4") de longitud. Las muestras cilíndricas para los ensayos, exceptuando el de flujo plástico bajo carga (creep), deben ser moldeadas con el eje del cilindro vertical y dejándolo en esta posición durante el fraguado.
- b) Muestras prismáticas. Las vigas para ensayos de flexión, cubos para compresión, adherencia, cambios de longitud o de volumen, deben ser elaboradas con el eje longitudinal en posición horizontal.
- c) Otras muestras. Otros tipos de muestras deben ser elaborados de acuerdo con las condiciones generales especificadas en esta norma.
- d) Tamaño de la muestra de acuerdo con el tamaño del agregado. El diámetro de una muestra cilíndrica o la mínima dimensión de una sección transversal rectangular debe ser por lo menos 3 veces mayor que el tamaño máximo del agregado grueso utilizado en la elaboración de la mezcla. Partículas superiores al tamaño máximo deben ser retiradas de la mezcla, durante el moldeo.
- e) Número de muestras. Para cada edad deben elaborarse tres o más muestras. Los especímenes de ensayo que tienen en cuenta el análisis de una variable, deben ser elaborados a partir de tres bachadas separadas, mezcladas en días diferentes. En todas las bachadas debe elaborarse un número igual de especímenes. Cuando sea imposible moldear al menos un espécimen para cada variable en un día determinado, la mezcla para completar la serie entera de especímenes debe efectuarse tan pronto como sea posible (cuestión de pocos días), y una de las mezclas debe ser repetida cada día, como un estándar de comparación.

Generalmente, los ensayos se hacen a edades de 7 y 28 días para compresión a edades de 14 y 28 días para flexión. Los especímenes que contienen cemento tipo III son ensayados frecuentemente a 1, 3, 7 y 28 días. Tanto para el ensayo de compresión como el de flexión, pueden hacerse ensayos de 3 meses, 6 meses y un año. Para otros tipos de probetas pueden necesitarse otras edades.

PROCEDIMIENTO

17. Condiciones Generales

El hormigón se debe mezclar de preferencia por medios mecánicos o, en su defecto, por medios manuales.

El volumen de la amasada por preparar será superior en un 20% o más, al volumen necesario para efectuar los ensayos del hormigón fresco y/o confeccionar probetas.

18. Mezclado Manual

Este procedimiento podrá utilizarse para mezclar hormigones sin aire incorporado y para hormigones de asentamiento en el cono de Abrams superior a 2 cm; la cantidad por mezclar debe ser inferior a 40 litros.

Nota 5: Si para ajustar al asentamiento señalado fuera necesario añadir agua en forma fraccionada a una amasada, generándose interrupciones en el proceso, dicha amasada debe desecharse y prepararse una nueva en que se utilice la cantidad de agua determinada en el ajuste anterior.

Mezcle con paleta de albañil, en un recipiente de mezclado previamente humedecido (batea o bandeja). Tenga especial cuidado en limpiar previamente los elementos utilizados para mezclar, cuando la composición de una amasada (aditivos, adiciones, dosificación, etc.) pueda alterar la siguiente. La secuencia de mezclado será la siguiente:

- a) Mezcle toda la arena, el cemento, el aditivo insoluble y la adición, si se usa, hasta obtener una masa homogénea a la vista.
- b) Añada toda la grava y mezcle hasta obtener su distribución uniforme en la masa.
- c) Agregue el agua y el aditivo soluble, si se usa, y mezcle hasta que el hormigón tenga una apariencia homogénea y el asentamiento deseado.
- d) Efectúe el mezclado sin interrupciones.

19. Mezclado Mecánico

El procedimiento será aplicable a todo tipo de hormigones, debiéndose prestar especial atención para evitar, en lo posible, la pérdida de mortero por adherencia a las superficies interiores del tambor del mezclador y a las paletas. La cantidad de mezcla quedará determinada por la capacidad del mezclador utilizado.

Se recomienda utilizar un mezclador de eje vertical, que permita recuperar todo el mortero adherido a las paletas. Para mezcladoras que no cumplan este requisito, se recomienda mezclar previamente una amasada de igual dosificación a la especificada para el ensayo y desecharla, para que quede una capa de mortero adherida a las superficies interiores del mezclador. Tenga especial cuidado en limpiar el mezclador y los accesorios cuando la composición de una amasada (aditivos, adiciones, dosificación, etc.) pueda alterar la siguiente.

El mezclado mecánico debe seguir las mismas etapas especificadas para el mezclado manual; una vez incorporados todos los materiales debe revolver durante 3 min, reposar la mezcla otros 3 min, y revolver nuevamente por 2 min más.

20. Ensayo del Hormigón Fresco: Efectúe los ensayos requeridos del hormigón fresco de acuerdo con los métodos correspondientes.

21. Vaciado del concreto Lugar del moldeo. Se deben moldear las muestras lo más cerca posible del lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevarán al depósito inmediatamente después de su elaboración. Colóquense los moldes sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Transpórtense evitando sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.

El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un badilejo o herramienta similar.

Se debe seleccionar el concreto de tal manera que la muestra sea representativa de la mezcla; además, se debe mezclar continuamente la mezcla del concreto durante el llenado del molde con el objeto de prevenir la segregación.

En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde.

El número de capas debe ser el especificado en la Tabla H0302_1.

22. Compactación. La selección del método de compactación debe hacerse con base en el asentamiento, a menos que el método sea establecido en las especificaciones bajo las cuales se trabaja (Tabla H0302_1). Los dos métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa o interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado. Si el asentamiento es de 25 a 75 mm (1 a 3") debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de la obra. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1") debe usarse el método de vibración. No se debe usar vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm y para prismas de 100 mm de profundidad o menos. Los concretos con contenido de agua tal que no pueden ser compactados por los ensayos aquí descritos no estarán contemplados por la presente norma.

TABLA H0302_1 NÚMERO DE CAPAS REQUERIDAS EN LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS

Tipo de tamaño de La muestra en mm (pulgadas)	Método de compactación	Número de capas	Altura aproximada De la capa en mm (pulgadas)
CILINDROS			
Hasta 300(12)	Apisonado(varillado)	3 iguales	100(4)
Mayor que 300(12)	Apisonado(varillado)	Las requeridas	
Hasta 460(18)	Vibración	2 iguales	200(4)
Mayor que 460(18)	Vibración	3 ó más	
PRISMAS			
Hasta 200(8)	Apisonado(varillado)	2iguales	100(4)
Mayor que 200(8)	Apisonado(varillado)	3 o más	
Hasta 200(8)	Vibración	1	200(8) C 172
Mayor que 200(8)	Vibración	2 o más	

a) Apisonado por varillado. Se coloca el concreto en el molde con el número de capas requeridas (Tabla H0302_1) aproximadamente del mismo volumen.

Se apisona cada capa con la parte redonda de la varilla, utilizando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificado en la Tabla H0302_2. La capa inicial se apisona introduciendo

la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm (½") la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 100 mm (4"); aproximadamente en 25 mm (1") cuando la profundidad de la capa sea mayor de 100 mm (4"). En caso de dejar algunos huecos por la varilla se deben golpear ligeramente los lados del molde para cerrar dichos huecos. En los elementos prismáticos, introdúzcase el badilejo (o similar) por los costados y extremos después de apisonar cada capa.

- b) Vibración. Manténgase un mismo tiempo de vibración para un conjunto particular de concreto, vibrador y molde que se esté utilizando. La vibración se debe transmitir al cilindro durante el tiempo suficiente para lograr la adecuada compactación del concreto, pues un exceso de vibrado puede causar segregación. El molde se debe llenar y vibrar en capas iguales aproximadamente. Todo el concreto para cada capa se debe colocar en el molde antes de iniciar el vibrado. La duración del vibrado depende de la manejabilidad del concreto y la efectividad del vibrador. Se considera suficiente el vibrado, cuando el concreto presente una superficie relativamente lisa.

Vibración interna. El diámetro del eje o dimensión lateral de un vibrador interno no debe ser mayor de 1/3 del ancho del molde en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al diámetro del vibrador debe ser igual o mayor de 4.0. Al compactar la muestra el vibrador no debe tocar el fondo, las paredes del molde u objetos embebidos en el concreto. El vibrador se debe extraer cuidadosamente de tal manera que no queden bolsas de aire dentro de las muestras. Se deben golpear ligeramente los lados del molde para asegurarse que no queden aprisionadas burbujas de aire en su superficie.

Vibración interna para cilindros. En cada capa se debe introducir el vibrador en tres sitios diferentes. En cada capa el vibrador debe penetrar en la capa anterior aproximadamente 25 mm.

Vibración interna para vigas y prismas. Se debe introducir el vibrador en puntos separados por una distancia no mayor de 150 mm (6") a lo largo de la línea central de la mayor dimensión de la muestra. Para moldes de ancho mayor de 150 mm (6") se debe introducir el vibrador en dos líneas alternando las inserciones. Se debe permitir penetrar el eje del vibrador en la capa del fondo aproximadamente 25 mm (1").

Vibración externa. Cuando se use un vibrador externo debe tenerse el cuidado de que el molde este rígidamente unido a la superficie o elemento vibrante.

TABLA H0302_2 DIÁMETRO DE VARILLA Y NÚMERO DE GOLPES POR CAPA

CILINDROS		
Diámetro del cilindro en mm (pulgadas)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por cada
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200(8)	16 (5/8)	50
250(10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior De la muestra en cm ² (pulg. ²)	Diámetro de varilla en mm (pulgada)	Número de golpes por capa
160(25)	10(3/8)	25
165(26) a 310 (49)	10(3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg. ²) de área
320(50) o más	16(5/8)	1 por cada 14cm ² (2pulg. ²) de área

23. Acabado. Después de la compactación, se debe efectuar el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede plana y pareja a nivel del borde del cilindro o lado del molde, y no debe tener depresiones o protuberancias mayores de 3.2 mm (1/8").

Acabados de cilindros. Después de la compactación, se debe efectuar el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita o con un badilejo o lana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de refrentado (capping) (véase norma MTC E703 "Capping").

CURADO

24. Cubrimiento después del acabado. Para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos deben ser cubiertos inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una platina no reactiva con el concreto, o con una lamina de plástico dura e impermeable. Se permite el uso de lona húmeda para el cubrimiento de la muestra, pero se evitará el contacto directo de la muestra con

la lona, la cual debe permanecer húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra.

25. Extracción de la muestra. Las muestras deben ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se empleen aditivos; en caso contrario, se podrán emplear tiempos diferentes.

26. Ambiente de curado. Se deben mantener las muestras en condiciones de humedad con temperatura de 23.0 ± 2.0 °C (73.4 ± 3 °F) desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo.

El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado debe hacerse en un medio libre de vibraciones.

La condición de humedad debe lograrse por inmersión de la muestra sin el molde en agua. Se permite lograr la condición de humedad por el almacenamiento en un cuarto húmedo.

No deben exponerse los especímenes a condiciones de goteo o de corrientes de agua.

Debe evitarse que se sequen las paredes de la muestra luego del periodo de curado.

INFORME

De cada mezcla de prueba, lleve un registro que indique lo siguiente:

27. Identificación de la Mezcla

- a) Nombre del Contrato y del Contratista.
- b) Objetivo.
- c) Fecha de confección de la mezcla

28. Antecedentes del Hormigón

- a) Antecedentes de los materiales (antecedentes de producción, ensayos de comprobación, posibles alteraciones, etc.)
- b) Dosificación.
- c) Condiciones de mezclado (tipo de mezclador, temperatura y humedad ambiente, volumen de amasada, etc.)
- d) Cualquier excepción o complemento a los procedimientos establecidos en el presente método.

29. Otros Antecedentes

- a) Resumen de resultados de los ensayos efectuados con la mezcla de prueba.
- b) Cualquier otra información específica relativa al hormigón y a las condiciones de uso.

H0303. MÉTODO PARA REFRENTAR PROBETAS (ASTM 617 AASHTO T231)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para refrentar probetas de hormigón destinadas a ensayos de compresión y tracción. Se deberá aplicar a probetas cuyas superficies de contacto con las prensas de ensaye no cumplan con los requisitos de planeidad y/o paralelismo entre caras, especificados en los Métodos H0309, H0310 y H0313 según corresponda.

Es aplicable a probetas cúbicas, cilíndricas o prismáticas, moldeadas en hormigón fresco, como también a testigos extraídos del hormigón endurecido

DEFINICIONES

1. Superficie de Carga

Superficie de las caras de una probeta de hormigón que estarán en contacto con las piezas de apoyo y carga de la prensa durante el ensaye.

2. Refrentado

Procedimiento de aplicación y moldeo de una capa de material (capa de refrentado) sobre la superficie de carga en la probeta de hormigón, destinado a corregir defectos de planeidad y/o paralelismo entre caras, con el fin de obtener el mejor ajuste posible con las piezas de apoyo y carga de la prensa de ensaye y una distribución uniforme de tensiones durante la aplicación de la carga.

3. Capa de Refrentado

Capa de material aplicado y moldeado que recubre una superficie de carga en una probeta de hormigón.

EQUIPOS Y MATERIALES

4. Placas

Deberán ser de metal, vidrio o cualquier otro material rígido, no absorbente, químicamente inerte con los componentes del material de refrentado y cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La superficie de contacto debe ser plana con una tolerancia de planeidad de 0,05 mm, medida por lo menos en tres direcciones con un ángulo de 45° entre sí.
- b) El largo y ancho deben ser a lo menos 30 mm mayores que las respectivas dimensiones de la superficie por refrentar.
- c) El espesor de las placas de metal debe ser igual o mayor que 8 mm, y el de las de vidrio igual o mayor que 6 mm.
- d) Si se requiere un rebaje en las placas metálicas, el espesor de la placa en la zona rebajada debe ser igual o mayor que 8 mm y el rebaje menor o igual que 8 mm.

5. Dispositivos para Refrentar Cilindros para Ensaye de Compresión

- a) Aparato vertical (ver Figura H0303_1), compuesto por una base provista de una placa horizontal con un rebaje circular rectificado y un perfil metálico u otro dispositivo de alineación vertical que permita asegurar la perpendicularidad del eje de la probeta.
- b) Anillos metálicos, ajustables a los extremos del cilindro y que se emplean en conjunto con una placa.
- c) Aparato horizontal (ver Figura H0303_1), compuesto por una base de apoyo para colocar la probeta horizontalmente y un par de placas paralelas dispuestas verticalmente en ambos extremos. Las placas deben estar provistas de mordazas a fin de ajustarse a ambos extremos de la probeta y conformar un molde que se pueda rellenar por vaciado.

6. Dispositivo para Refrentar Cubos para Ensaye de Compresión

Estará compuesto por un juego de cuatro perfiles de acero de sección cuadrada de 25 x 25 mm y 250 mm de longitud por emplear en conjunto con una placa.

7. Dispositivo para Refrentar Testigos para Ensayo de Tracción por Hendimiento

(Ver Figura HO303_1). Será un molde acanalado, compuesto por una plancha metálica curva, de espesor 5 mm, con la forma de un tercio de la pared de un cilindro y una base de apoyo, que permita mantenerla firmemente en posición horizontal.

8. Otros Dispositivos

Se podrán emplear otros dispositivos similares que permitan obtener capas de refrentado que cumplan con los requisitos que se indica en 4.

9. Aparatos para Fusión de Mezcla de Azufre

- a) Recipiente de metal o recubierto con un material inerte a la acción del azufre fundido. Debe estar provisto de control automático de temperatura.
- b) Cucharón o similar, de metal o recubierto con un material inerte a la acción del azufre fundido, cuya capacidad concuerde con el volumen de material por emplear en una capa de refrentado.
- c) Sistema de ventilación, campana con extractor de aire para eliminar los gases de la fusión.

CONDICIONES GENERALES

10. Requisitos de la Capa de Refrentado

Forma. La superficie de carga deberá quedar perfectamente plana, con una tolerancia de 0,05 mm, medida por lo menos en tres direcciones con un ángulo de 45° entre sí y perpendicular al eje vertical de la probeta en posición de ensaye. La tolerancia será una desviación máxima equivalente a una pendiente de 1 mm en 100 mm.

11. Superficie

- a) En las probetas para ensaye de compresión debe ser igual o ligeramente mayor que la superficie de carga sin sobrepasar los bordes de la probeta en más de 3 mm.
- b) En las probetas para ensaye de tracción por flexión o por hendimiento, en que las superficies de carga corresponden a una línea, deben tener una longitud igual o ligeramente mayor a dicha línea sin sobrepasar los bordes de la probeta en más de 3 mm y un ancho de 20 ± 5 mm.
- c) El material de refrentado debe desarrollar una resistencia a la compresión mayor que la prevista para la probeta en el momento del ensaye, y en todo caso igual o mayor que 35 MPa.
- d) Moldee la capa de refrentado tan delgada como sea posible; en general es aconsejable un espesor de aproximadamente 3 mm, pero en ningún caso mayor que 8 mm.

PROCEDIMIENTO

12. Refrentado de Probetas Recién Moldeadas

Es aplicable a probetas cilíndricas para ensayos a compresión y debe efectuarse de acuerdo con uno de los dos procedimientos siguientes:

13. Procedimiento con Pasta de Cemento

- a) Prepare una pasta dura de cemento de alta resistencia y con una consistencia plástica, de preferencia normal.
- b) Colocación:
 - Unte las placas de refrentado con una capa delgada de aceite mineral o cualquier otro material que evite la adherencia y sea químicamente inerte con el material de refrentado.
 - Retire los cilindros de su curado inicial, sin desmoldarlos, a una edad de 2 a 4 h desde su moldeo.
 - Elimine la lechada superficial mediante raspado.
 - Moldee cada capa de refrentado colocando una porción del material en el centro de la superficie de carga y prensando con una placa, girándola suavemente hasta topar el borde del molde, eliminando el exceso de pasta.
 - Evite la formación de burbujas de aire.
 - Devuelva cada cilindro a su curado inicial, manteniendo la placa en contacto con la capa de refrentado.

14. Procedimiento con Mortero de Cemento

- a) Prepare una mezcla seca – plástica, compuesta por una parte en masa de cemento de fraguado inicial rápido y con un grado de resistencia final alta, una parte en masa de arena fina seca, que pase por el tamiz de 1,18 mm (N° 16), y 0,45 partes de agua. Deje reposar por un período de 1 a 2 h y remezcle antes de colocar, a fin de reducir al mínimo el efecto de las retracciones.
- b) Coloque de acuerdo con 13 b)

15. Refrentado de Probetas Desmoldadas y Testigos

Es aplicable a cubos, cilindros y vigas desmoldadas o testigos de hormigón endurecido para ensayos de compresión, tracción por flexión y tracción por hendimiento. Debe efectuarse de acuerdo con uno de los procedimientos que se indican a continuación.

16. Procedimiento con Pasta de Azufre

Prepare el material como sigue:

- a) Elabore una mezcla seca compuesta de 55 a 70 partes en masa de azufre en polvo y 30 a 45 partes en masa de material granular que pase por el tamiz de 0,3 mm (Nº 50). Emplee arcilla refractaria molida o arena silícica (pumacita) como material granular.
- b) Caliente la mezcla hasta su fusión a una temperatura controlada entre 130 y 145° C (266° Y 293° F) sin exponer a fuego directo que pueda inflamar la mezcla, y expulse al exterior los gases que resultan de la fusión.

Nota 1: La mezcla puede inflamarse por sobrecalentamiento; si esto ocurre extinga la llama tapando el recipiente.

- c) En ningún caso recaliente el mismo material más de cinco veces; la mezcla pierde resistencia y fluidez por contaminaciones y volatilización.
- d) Una vez aplicada a la probeta, deje endurecer hasta que alcance una resistencia a la compresión mayor que la prevista para la probeta en el momento del ensaye, y en todo caso igual o mayor que 35 MPa.

Coloque como se indica a continuación:

- e) Unte las placas y superficies de los dispositivos que entran en contacto con el material de refrentado con una delgada capa de aceite mineral o de cualquier otro material que prevenga la adherencia y sea químicamente inerte con el material de refrentado.
- f) Retire las probetas o testigos de su curado con la antelación suficiente para que el material de refrentado desarrolle la resistencia requerida hasta el momento del ensaye.
- g) Elimine la lechada superficial y partículas sueltas de las superficies de carga mediante una escobilla de alambre o similar.
- h) Seque las superficies de carga (p. ej. mediante una corriente de aire caliente), cuidando de no extender el secado más de lo estrictamente necesario para asegurar la adherencia del material a la probeta.
- i) Moldee la capa de refrentado, según el tipo de probeta y el aparato por emplear, como se indica:
- j) Placas: coloque una porción de material en el centro de la superficie de carga y prénsela con la placa, girándola suavemente y eliminando los excesos de material. En el caso de vigas, disponga maestras a ambos costado de la superficie de carga, a fin de nivelar la placa.
- k) Dispositivo vertical: nivele el aparato, distribuya uniformemente el material en el rebaje de la placa, apoye una generatriz del cilindro en la guía vertical y hágalo descender hasta presionar el material.
- l) Anillos: nivele y ajuste cada anillo en un extremo del cilindro de modo que su borde superior sobresalga aproximadamente 3 mm sobre la superficie de carga. Distribuya uniformemente el material en el molde hasta topar el borde del anillo y prénselo uniformemente con una placa, girándola suavemente hasta topar el borde del anillo y elimine excesos de material.
- m) Dispositivo horizontal: nivele el aparato, coloque el cilindro ajustando sus extremos con las mordazas, tapone las juntas para evitar pérdidas y rellene ambos extremos por vaciado.
- n) Perfiles: nivele la placa y conforme un molde con los cuatro perfiles, con la forma de un cuadrado que deje un espacio libre menor que 3 mm entre los perfiles y las aristas del cubo. Distribuya uniformemente el material sobre la placa y presione el cubo sobre él.
- o) Molde acanalado: nivele el aparato, distribuya uniformemente el material a lo largo del fondo del molde, coloque el testigo horizontalmente y presiónelo sobre el material.
- p) Devuelva las probetas a su curado o bien manténgalas húmedas protegiéndolas con arpilleras mojadas hasta el momento en que deban colocarse en la máquina de ensaye.

17. Procedimiento con Pasta de Yeso.

El material se aplica como sigue:

- a) Prepare una pasta densa con yeso de alta resistencia y una cantidad de agua mayor que el 26% y menor que el 30% del yeso, en masa.
- b) Una vez aplicada a la probeta, deje endurecer hasta que alcance una resistencia a la compresión mayor que la prevista para la probeta en el momento de ensaye, y en todo caso igual o mayor que 35 MPa, verificada.

Para colocar siga el procedimiento indicado en 16 excepto que las superficies de carga deben mantenerse en estado saturado superficialmente seco y proteja al yeso del contacto directo con agua.

18. Inspección de las Capas de Refrentado

19. Adherencia

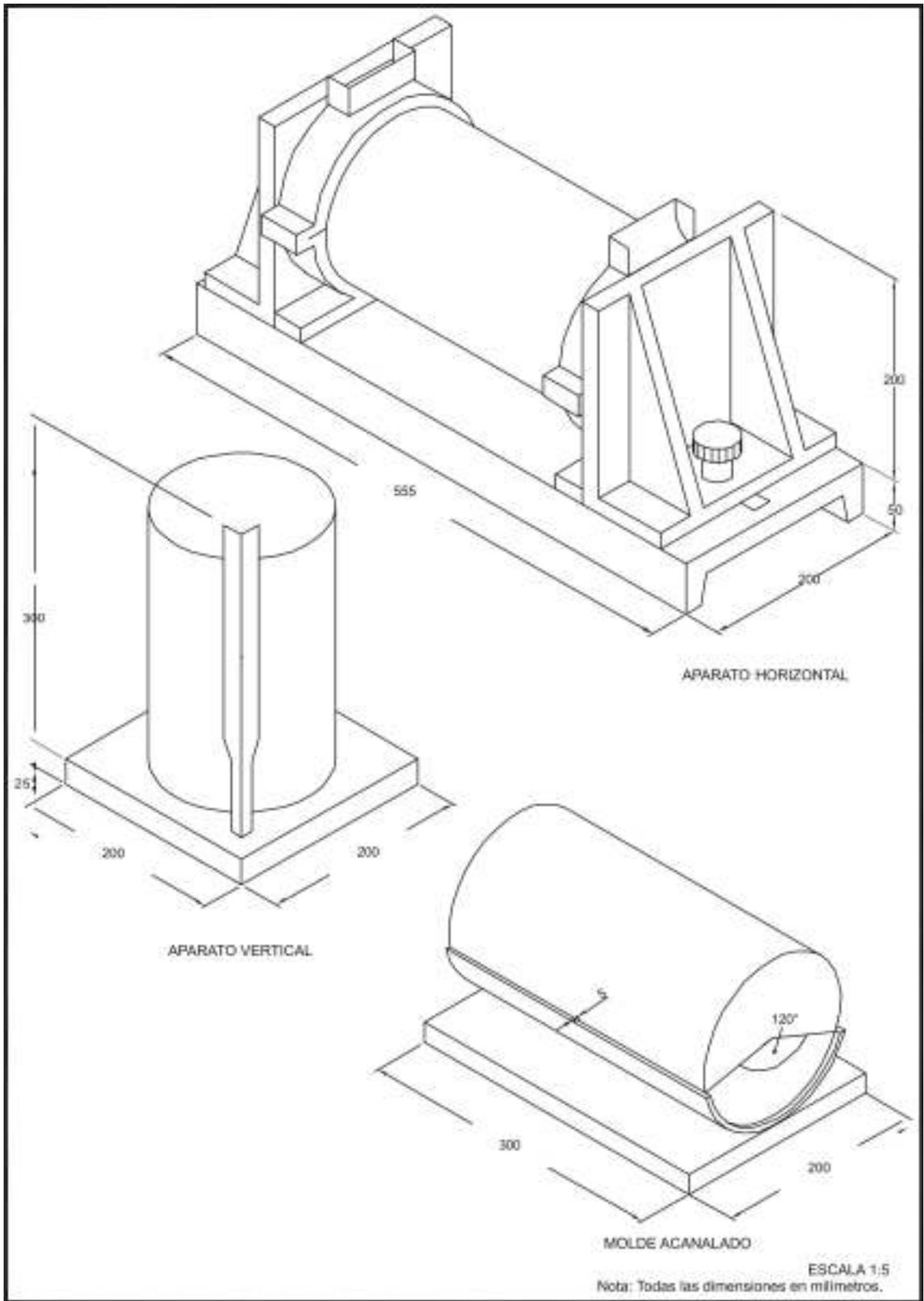
Golpee ligeramente las capas de refrentado con el mango de un cuchillo, o similar, antes de colocar en la prensa de ensaye; si emite un sonido hueco, remueva la capa y reemplácela antes de ensayar.

20. Planeidad y Perpendicularidad

- a) Cuando emplee pastas de yeso o cemento, inspeccione todas las capas de refrentado.
- b) Cuando emplee mezcla de azufre, para cada aparato de refrentado en uso, inspeccione al azar a lo menos una capa de refrentado por cada diez.

Nota 2: Emplee una escuadra de precisión con un pequeño calado para no topar el borde de la capa de refrentado.

- c) Cuando una capa de refrentado no cumpla con los requisitos de forma especificados en 10, remueva la capa y reemplácela antes de ensayar, e inspeccione el aparato por usar (planeidad de placas, ángulos de dispositivos de alineación).



FIGURAS H0303_1 APARATO PARA REFRENTAR PROBETAS

H0304. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DOCILIDAD MEDIANTE EL CONO DE ABRAMS (ASTM C 143 AASHTO T119)

OBJETO

Este método define el procedimiento para determinar la docilidad del hormigón fresco, tanto en el laboratorio como en obra, mediante el asentamiento que experimenta en el Cono de Abrams.

El procedimiento es aplicable a hormigones preparados con áridos de tamaño máximo absoluto 50mm. Es válido para establecer la docilidad de hormigones frescos con asentamientos comprendidos entre 2 y 18 cm.

DEFINICIONES

1. Docilidad (trabajabilidad)

Expresa la facilidad del hormigón fresco para ser transportado, colocado y compactado sin que se produzca segregación.

2. Asentamiento

Es la medida del descenso que experimenta el hormigón fresco, determinado de acuerdo a este método y que sirve como indicador de la docilidad.

EQUIPOS Y MATERIALES

3. Molde

(Ver Figura HO304_1 y HO304_2 para los detalles):

- a) Tendrá forma de un tronco de cono recto, abierto por ambos extremos.
- b) Será metálico, de espesor igual o superior a 1,6 mm; la superficie interna será lisa y libre de rebordes y abolladuras.
- c) Dimensiones:
 - Base superior: $100 \pm 1,5$ mm de diámetro.
 - Base inferior: $200 \pm 1,5$ mm de diámetro.
 - Altura: $300 \pm 1,5$ mm.
- d) Tendrá dos pisaderas en su parte inferior para que el operador pueda afirmar el cono contra la plancha de apoyo durante el llenado.
- e) Tendrá dos asas en el tercio superior de la altura, cuyo objetivo es levantar el molde después de llenado con el hormigón.

4. Varilla pisón

Será una barra cilíndrica lisa de acero, de 16mm de diámetro y 600mm de longitud, con sus extremos semiesféricos, de 16mm de diámetro.

5. Plancha de apoyo

Será rígida, no absorbente y por lo menos de 400 x 600mm.

6. Pala de llenado

Será metálica, de preferencia de fondo redondo y punta de huevo, de dimensiones adecuadas para vaciar el hormigón en el molde.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUETRAS

7. Muestras de hormigón

El tamaño y extracción de la muestra de hormigón necesaria para efectuar el ensaye se ajustará a lo señalado en el Método H0301.

8. Acondicionamiento del equipo

- a) Antes de iniciar el ensaye verifique que tanto el molde como sus accesorios se encuentren limpios y húmedos (sólo con agua).
- b) Coloque el molde sobre la plancha de apoyo horizontal.

9. Tiempo de operación

Las operaciones de llenado del molde, seguida de su retiro, levantándolo, como se describe en 10 desde a) a f), deben efectuarse en un tiempo no superior a 3 min.

10. Llenado del molde

- a) El operador debe pararse sobre las pisaderas, afirmando el molde firmemente contra la plancha de apoyo, de manera de evitar cualquier movimiento durante el llenado.
- b) Llene con el hormigón por ensayar mediante tres capas de aproximadamente igual volumen; la primera deberá alcanzar una altura aproximada de 7cm y la segunda una altura aproximada de 16cm, ambas medidas desde la base.
 - Apisone cada capa con 25 golpes de la varilla pisón, distribuidos uniformemente en toda la sección.
 - Apisone la capa inferior en toda su profundidad, cuidando de no golpear la plancha de apoyo. Dé, aproximadamente, la mitad de los golpes alrededor del perímetro con la varilla pisón ligeramente inclinada; luego siga dando golpes con la varilla vertical, acercándose al centro en forma de espiral.
 - Apisone las capas media y superior en todo su espesor, de modo tal que la varilla pisón penetre apenas en la capa subyacente. Durante el apisonado de la última capa, mantenga permanentemente un exceso de hormigón por sobre el borde superior del molde, sin sobrepasar el número de golpes estipulados.
- c) Terminada la compactación de la capa superior, enrasede la superficie con un movimiento de aserrado y rotación de la varilla pisón, apoyándola en el borde superior del molde.
- d) Retire del área adyacente al molde todo el hormigón que se hubiere derramado.
- e) Levantamiento del molde:
 - Inmediatamente después de terminado el llenado del molde, levántelo evitando cualquier perturbación o golpe, tanto al cono como a la base, a fin de no alterar la medida.
 - Para levantar, cargue las asas con las manos, dejando libres las pisaderas.
 - Levante verticalmente el molde en forma suave, sin originar desplazamientos laterales ni movimientos de torsión; esta operación no debe tardar más de 5 a 10 s.
- f) Medición del asentamiento (Ver Figura H0304_2 Fig. 2).
 - Una vez levantado el molde, colóquelo en posición invertida a un costado del hormigón moldeado
 - Inmediatamente mida la disminución de altura que ha experimentado la cara superior del hormigón respecto del borde superior del molde colocado a su costado, con aproximación de 0,5 cm. Con una huincha o regla graduada en mm, mida, aproximadamente, en el eje original de moldeo de la mezcla, con la visión del operador en dirección perpendicular a la huincha o regla de medición.
- g) Si el hormigón moldeado se inclina decididamente hacia un lado o sufre desprendimientos parciales de su masa, repita el ensaye utilizando otra porción de hormigón de la misma muestra. En caso que por segunda vez se presenten algunos de los fenómenos descritos, informe que el hormigón no es apto para el ensaye del asentamiento, por carecer de la plasticidad y cohesión necesarias.

Nota 1: Toda porción de una muestra de hormigón utilizada en este ensaye, deberá desecharse una vez concluida la operación.

CALCULOS

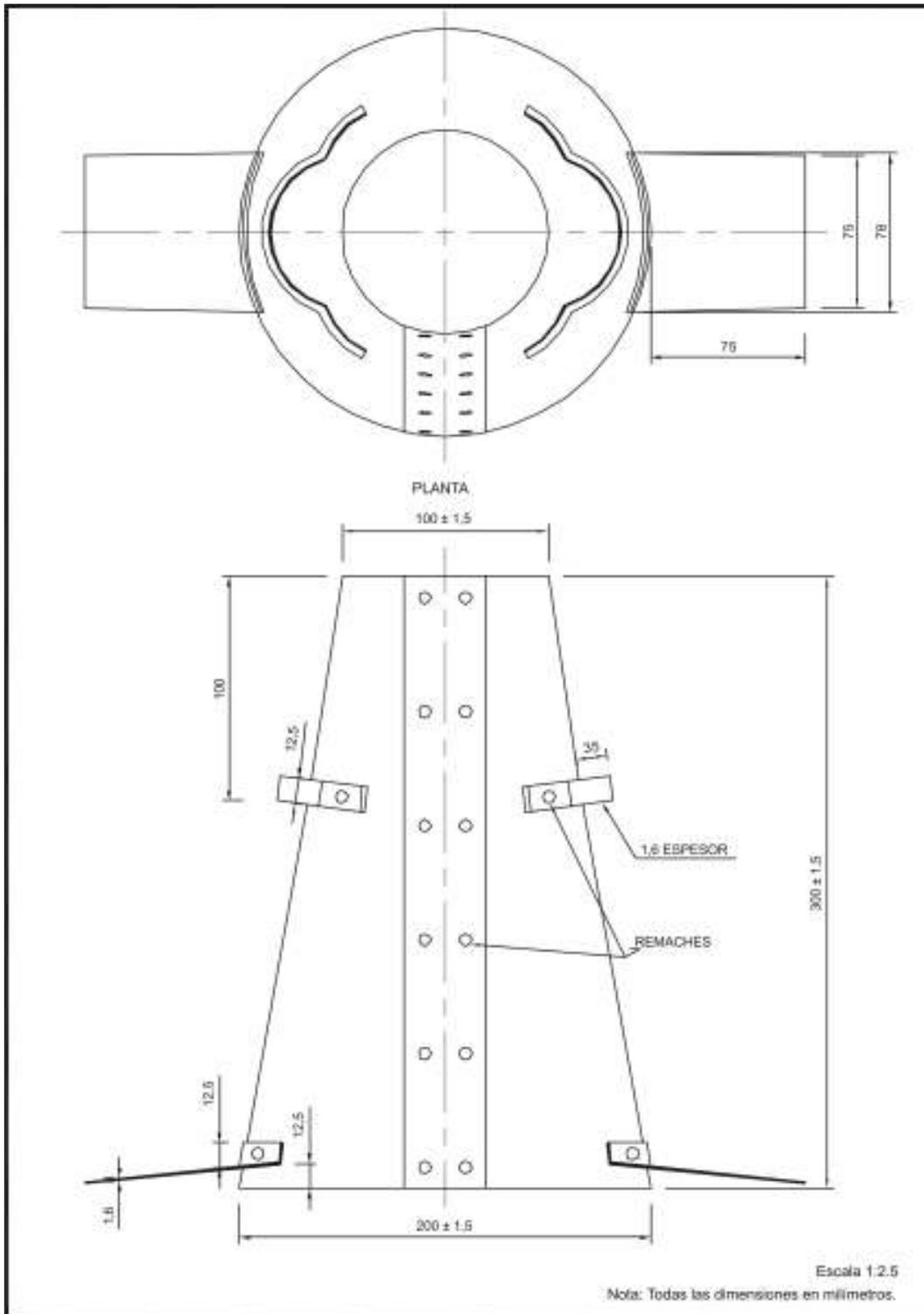
Informe el asentamiento del Cono de Abrams como la disminución de altura determinada como se indica en 10 f), informando el resultado en cm., con aproximación a 0,5 cm.

INFORME

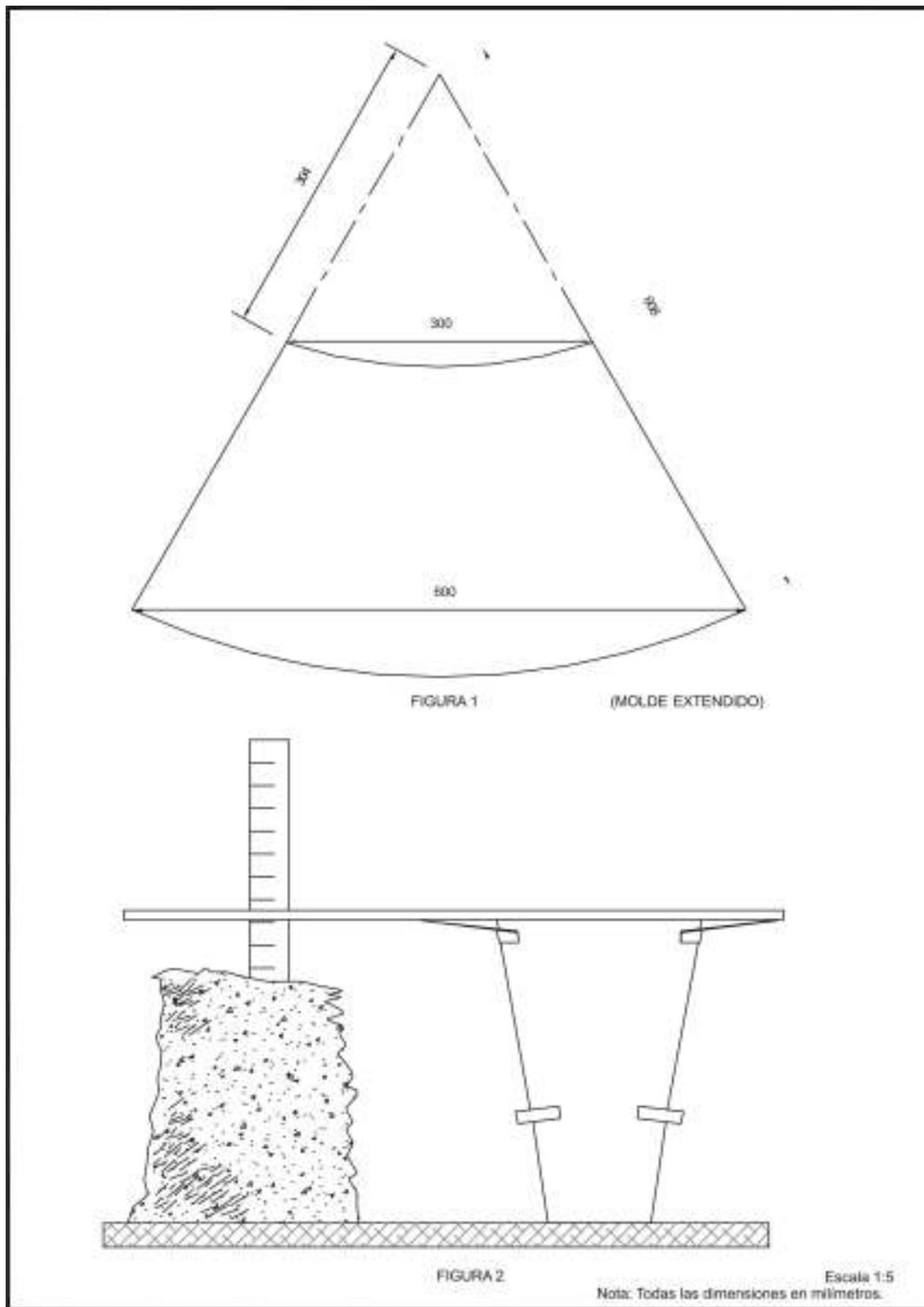
El Informe deberá incluir al menos los siguientes antecedentes:

- a) Nombre del Contrato y del Contratista que preparó el hormigón.
- b) Identificación de la muestra (tipo o grado del hormigón, procedencia de la muestra).
- c) Lugar y fecha de muestreo.
- d) Entidad responsable del muestreo y ensaye.
- e) Valor del asentamiento registrado.
- f) Cualquier observación relativa al aspecto visual del hormigón.
- g) Constancia si se presentó o no la situación descrita en 10g).
- h) Dejar constancia que se ensayó en conformidad con este método (especificación).

i)



FIGURAS H0304_1 MOLDE PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO



FIGURAS H0304_2 DESARROLLO DEL MOLDE - MEDIDA DE ASENTAMIENTO

H0305. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE, EL RENDIMIENTO Y LOS CONTENIDOS DE CEMENTO Y AIRE EN EL HORMIGÓN FRESCO (ASTM C 138 AASHTO T121)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para determinar la densidad aparente, el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire del hormigón fresco.

DEFINICIONES

1. Densidad
Es el cociente entre la masa de una sustancia y su volumen a una temperatura especificada.
2. Densidad aparente del hormigón
Es la densidad que se calcula considerando como volumen el volumen aparente de la mezcla (volumen real de la mezcla más el volumen de aire arrastrado o incorporado a ella). Este volumen corresponde al de la medida que lo contiene.
3. Rendimiento de la amasada (V_a)
Volumen aparente de hormigón fresco elaborado en una amasada.
4. Rendimiento relativo (R_r)
Cuociente entre el volumen aparente de hormigón fresco elaborado y el volumen aparente teórico de hormigón fresco de la dosificación especificada (volumen de diseño).
5. Rendimiento por saco de cemento (R_s)
Volumen aparente de hormigón fresco elaborado utilizando un saco de cemento; se expresa en $m^3/saco$, indicando la capacidad del saco, 42,5 Kg. o 50 Kg., según corresponda.
6. Contenido de aire
Volumen de aire arrastrado o incorporado al hormigón, expresado como porcentaje del volumen aparente de ese hormigón.

EQUIPOS Y MATERIALES

7. Balanza
Utilice una balanza de capacidad igual o mayor que 50Kg. para la medida de 15 l e igual o mayor que 100Kg. para la medida de 30l; la precisión debe ser mínimo de 50g.
8. Varilla pisón
Barra cilíndrica lisa de acero de 16mm de diámetro y 600 mm de longitud, con sus extremos terminados en semiesferas de 16mm de diámetro.
9. Vibradores
 - a) Vibradores internos. Los vibradores internos deben operar a una frecuencia de vibración igual o mayor que $100 s^{-1}$ (6.000 pulsaciones/min.); el diámetro externo del elemento vibrador debe estar comprendido entre 20 y 40mm.
 - b) Vibradores externos. Los vibradores externos serán de mesa o de placa, con una frecuencia de vibración igual o superior a $50 s^{-1}$ (3.000 pulsaciones/min.).
10. Medidas volumétricas
Para medir el volumen utilice recipientes metálicos, impermeables, estancos, químicamente inertes con los componentes del hormigón y provistos de dos asas. El interior debe tener la forma

de un cilindro recto abierto por una de sus caras planas; debe rectificarse, si corresponde, para asegurar las dimensiones interiores.

- a) La capacidad nominal y dimensiones de los recipientes deben ser las que se indican en Tabla H0305_1, las que están en función del tamaño máximo nominal del árido empleado.

TABLA H0305_1 DIMENSIONES DE LAS MEDIDAS VOLUMETRICAS

Tamaño máximo nominal del árido (mm)	Capacidad nominal (m ³)	Dimensiones interiores		Espesor mínimo	
		Diámetro (mm)	Altura mínima (mm)	Base (mm)	Pared (mm)
50 o menor	0,015	255 ± 5	280	3	2
63 o mayor	0,030	355 ± 5	300	3	2

- b) Se deben reforzar los bordes de la medida con una pletina de 3 a 5 mm de espesor y 40 mm de ancho.

11. Placa de enrase

Es una placa de metal, vidrio o acrílico cuyo ancho y largo deben superar en 50 mm o más al diámetro de la medida; su espesor debe ser igual o mayor que 6 mm en placas de metal, e igual o mayor que 12 mm en placas de vidrio o acrílico.

12. Calibración de la medida

- a) Verificación Previa.

Antes de cada ensaye verifique la tara de la medida, aproximando a 50 g.

- b) Verificaciones periódicas.

Periódicamente revise la capacidad volumétrica de la medida, con una precisión de 0,1%, determinando la masa de agua que llena la medida y dividiendo esta masa por la densidad del agua a la temperatura en que se encuentra.

13. Muestreo

El muestreo debe ajustarse a lo dispuesto en el Método H0301.

PROCEDIMIENTO

14. Compactación

Compacte mediante apisonado o vibrado según el procedimiento que se indica en la Tabla H0305_2, en función del asentamiento del hormigón, excepto que las especificaciones técnicas especiales establezcan un procedimiento determinado para una obra en particular.

TABLA H0305_2 PROCEDIMIENTO PARA COMPACTAR EN FUNCION DEL ASENTAMIENTO.

Asentamiento "a" (cm)	Procedimiento de compactación
a < 5	Vibrado
5 ≤ a ≤ 10	Vibrado o apisonado
a > 10	Apisonado

Nota 1: La compactación debe ser lo más parecida posible a la usada en la obra. Si se usa otro procedimiento o no se cumple con lo especificado en Tabla H0305_2, se debe dejar constancia especial en el informe.

- a) Apisonado:

-Coloque el hormigón fresco en la medida mediante tres capas de espesores aproximadamente iguales y de manera que la última capa exceda sobre el borde de la medida.

-Compacte cada capa con la varilla pisón distribuyendo los golpes en toda la sección, a razón de 25 golpes por capa cuando se emplee la medida de 15 l y de 50 golpes por capa cuando se emplee la medida de 30 l.

-Apisone la capa inferior en toda su altura, sin golpear el fondo de la medida.

-Apisone las capas superiores de modo que la varilla pisón penetre en la capa subyacente, aproximadamente, 2 cm.

-Después de apisonar cada capa, golpee 10 o más veces los costados de la medida hasta que no continúen apareciendo burbujas grandes de aire en la superficie de la capa compactada y se cierren los vacíos dejados por la varilla pisón.

- b) Vibrado interno:

-Coloque el hormigón fresco en la medida, en dos capas aproximadamente iguales y de manera que en la última capa quede hormigón en exceso por sobre el borde de la medida.

-Compacte cada capa mediante tres inserciones del vibrador.

-Introduzca el vibrador verticalmente en la capa inferior hasta aproximadamente 2 cm del fondo de la medida; en la capa superior introduzca de modo que el vibrador penetre aproximadamente 2cm. en la capa subyacente; realice esta operación sin tocar las paredes ni el fondo del molde con el vibrador.

- Retire el vibrador tan lentamente como sea posible.
- Vibre solamente hasta que una delgada capa de lechada cubra la superficie del hormigón.
- Durante el vibrado de la capa superior, mantenga permanentemente hormigón en exceso por sobre el borde de la medida, rellenando con hormigón fresco cuando sea necesario.

c) Vibrado externo:

- Fije firmemente la medida al elemento vibrador, manualmente o con algún dispositivo mecánico, de modo que ambos vibren solidariamente.
- Coloque el hormigón en una sola capa, manteniendo en todo momento hormigón en exceso sobre el borde de la medida.
- Vibre el tiempo necesario para asegurar la compactación, presionando simultáneamente la superficie del hormigón; detenga el vibrado cuando una delgada capa de lechada cubra la superficie.

15. Enrase y alisado

- a) Al terminar la compactación deje un exceso de hormigón de aproximadamente 3 mm de espesor por sobre el borde de la medida.
- b) Enrase y alise mediante la placa, cuidando dejar el recipiente lleno justo hasta el borde de la medida.

16. Pesada

Inmediatamente después de terminar el alisado, limpie el exterior de la medida y pésela. Reste la masa de la medida a fin de determinar y registrar la masa del hormigón que llena la medida (m) aproximando a 50 g para la medida de 15 l y a 100g para la medida de 30 l.

CÁLCULOS

17. Densidad aparente

Calcule la densidad aparente del hormigón fresco, con la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m³.

$$\rho_a = \frac{m}{V}$$

Donde:

- ρ_a : Densidad aparente del hormigón fresco, (kg/m³).
- m: Masa del hormigón fresco que llena la medida, (kg).
- V: Capacidad volumétrica de la medida, (m³).

18. Rendimiento de la amasada

Calcule el rendimiento de la amasada del hormigón fresco como el volumen aparente de hormigón elaborado en cada amasada, de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando a 0,001 m³/amasada.

$$V_a = \frac{m_c + m_a + m_g + m_w}{\rho_a}$$

Donde:

- V_a : Volumen aparente de hormigón fresco elaborado en cada amasada, (m³).
- m_c : Masa de cemento incorporado a la amasada, (kg).
- m_a : Masa de arena en la condición de humedad en que fue incorporada a la amasada, (kg).
- m_g : Masa de grava en la condición de humedad en que fue incorporada a la amasada, (kg).
- m_w : Masa del agua incorporada a la amasada, (kg).
- ρ_a : Densidad aparente del hormigón fresco, (kg/m³).

19. Rendimiento relativo

Calcule el rendimiento relativo del hormigón fresco con la fórmula siguiente, aproximando al 1%:

$$R_r = \frac{V_a}{V_t} \times 100$$

Donde:

- V_a : Volumen aparente de hormigón fresco elaborado en cada amasada, (m³).
- V_t : Volumen aparente teórico de hormigón fresco de la dosificación especificada, (m³) (Corresponde a V_r + volumen de aire estimado para cada amasada).
- V_r : Volumen real del hormigón fresco elaborado en cada amasada, (m³), calculado según 22.

Nota 2: El rendimiento relativo puede obtenerse también a partir de las densidades (ρ_i : ρ_a) o de los contenidos de cemento (C_{efectivo} : $C_{\text{especificado}}$).

20. Rendimiento por saco de cemento

Calcule el rendimiento por saco de cemento del hormigón fresco con la fórmula siguiente, aproximando a 0,001 m³/saco (l/saco):

$$R_s = \frac{V_a}{N}$$

Donde:

R_s: Rendimiento por saco de cemento del hormigón fresco, (m³/saco) (l/saco).

V_a: Volumen aparente del hormigón fresco elaborado en cada amasada, (m³) (l).

N: Número de sacos de cemento empleados en cada amasada.

Nota 3: Se debe indicar la capacidad del saco; 42,5 kg o 50 kg, según corresponda.

21. Contenido efectivo de cemento

Calcule el contenido efectivo de cemento del hormigón fresco con la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg cem/m³ de hormigón elaborado:

$$c = \frac{m_c}{V_a}$$

Donde:

c: Contenido efectivo de cemento, (kg cem/m³)

m_c: Masa de cemento incorporada a la amasada, (kg).

V_a: Volumen aparente de hormigón fresco, elaborado en cada amasada, (m³).

22. Contenido estimado de aire

Calcule el contenido de aire del hormigón fresco con una de las fórmulas siguientes, aproximando al 1%.

$$A = \frac{V_a + V_r}{V_a} \times 100$$

Donde:

A: Contenido estimado de aire del hormigón fresco, (%).

V_a: Volumen aparente de hormigón fresco elaborado en cada amasada, (m³).

V_r: Volumen real del hormigón fresco elaborado en cada amasada, (m³), calculado según la fórmula:

$$V_r = V_{rc} + V_{ra} + V_{rg} + V_w$$

Donde:

V_{rc}, V_{ra}, V_{rg} y V_w son los volúmenes reales de todos los materiales incorporados a la amasada, o bien

$$A = \frac{\rho_r - \rho_a}{\rho_r} \times 100$$

Donde:

ρ_a: Densidad aparente del hormigón fresco, (kg/m³).

ρ_r: Densidad real del hormigón fresco, (kg/m³), calculada según la fórmula:

$$\rho_r = \frac{m_c + m_a + m_g + m_w}{V_r}$$

Nota 4: El volumen real de cada material corresponde a su masa dividida por su densidad real.

Para los áridos se debe determinar la masa y la densidad real en condición de saturados superficialmente secos, de acuerdo con los Métodos H0109 y H0110.

Nota 5: La densidad real del hormigón fresco se determina en el laboratorio y se estima constante para todas las amasadas elaboradas con los mismos materiales y la misma dosificación.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- Nombre del contrato y del contratista
- Dosificación y procedencia de los materiales.
- Fecha, hora, lugar y nombre del laboratorista que extrajo la muestra.
- Resultados.
- Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al hormigón.
- Referencia a este Método.

H0306. TIEMPO DE FLUJO DEL HORMIGÓN A TRAVÉS DEL CONO DE ASENTAMIENTO INVERTIDO (ASTM C 1611)

ALCANCE

Este método de ensayo cubre la determinación del flujo de cono en el hormigón autocompactante.

DEFINICIONES

1. Halo: anillo de agua, pasta de cemento o mortero que se observa claramente separado del árido grueso, alrededor de la circunferencia de hormigón después que la mezcla fresca ha escurrido desde el cono de Abrams.
2. Ecurrimiento: distancia del flujo de hormigón durante el ensayo de flujo de cono.
3. Estabilidad: habilidad de un hormigón para resistir la segregación de sus componentes.
4. Viscosidad: resistencia de un material para escurrir bajo un esfuerzo de cizalle.

SIGNIFICADO Y USO

5. Este método de ensayo provee un procedimiento para determinar el flujo de cono de hormigón autocompactante en el laboratorio o en terreno.
6. Este método de ensayo es usado para monitorear la consistencia y el potencial de flujo del hormigón autocompactante en estado fresco.
7. Es dificultoso producir hormigón autocompactante que sea fluido y sin segregación a la vez usando árido grueso de tamaño máximo mayor a 25,0 mm (1"). Por lo tanto, este método de ensayo se considera aplicable para hormigón autocompactante con árido grueso de tamaño máximo hasta 25,0 mm (1"). El anexo 1 provee un criterio visual que puede ser usado para clasificar la habilidad de la mezcla de hormigón autocompactante para resistir la segregación (estabilidad)
8. La velocidad a la cual el hormigón escurre está relacionada con su viscosidad. El anexo 1 provee un procedimiento que puede ser usado para proporcionar una indicación de la viscosidad relativa de mezclas de hormigón autocompactante.

EQUIPOS Y MATERIALES

9. Molde: El molde usado en este ensayo debe cumplir con lo especificado en el Método H0304.
10. Placa base: La placa base sobre la cual el molde se apoya debe ser no absorbente, lisa, rígida t y tener un diámetro mínimo de 90 cm.

Nota 1: La experiencia de terreno y los resultados de ensayos han mostrado que placas base de placas de madera selladas/revestidas, plástico acrílico, o acero son apropiadas para la realización de este ensayo.

11. Pisón – Como el descrito en el Método H0218.

MUESTRA

12. La muestra de hormigón con la cual se realizará el ensayo debe ser representativa del total de la amasada: Debe ser obtenida de acuerdo a el Método H0201.

PROCEDIMIENTO

13. El ensayo de flujo de cono debe ser realizado sobre una superficie plana, nivelada, no absorbente tal como un piso de hormigón prehumedecido o una placa base. La placa base debe ser utilizada en condiciones donde no hay disponibilidad de una superficie plana, nivelada, como ocurre en el sitio de construcción. Cuando la placa base se utilice, posicione y acuñe la placa base de forma que quede completamente soportada, plana y nivelada. Cuando se esté realizando el ensayo de flujo de cono para un proyecto o estudio dado, no cambie el tipo de superficie de la placa base durante la duración del estudio o proyecto.

14. Llenado del molde: El usuario tiene la opción de llenar el molde del cono de Abrams siguiendo el procedimiento A o el Procedimiento B.
- Procedimiento A (Cono normal): Humedecer y colocar el molde, con su abertura más grande en la parte inferior, en el centro de una placa base o superficie de hormigón, humedecida y pareja. Sujetar firmemente el molde en su lugar durante el llenado, estando el operador parado en ambos pies. Llene el molde completamente en una capa inmediatamente con la muestra de hormigón obtenida según el punto "Muestra". Permitir un ligero sobrellenado sobre la parte superior del molde.
 - Procedimiento B (Cono invertido): Humedecer y colocar el molde, con su abertura más pequeña en la parte inferior, en el centro de una placa base o superficie de hormigón, humedecida y pareja. Sujetar firmemente el molde en su lugar durante el llenado, estando el operador parado en ambos pies. Llene el molde completamente en una capa inmediatamente con la muestra de hormigón obtenida según el punto "Muestra". Permitir un ligero sobrellenado sobre la parte superior del molde.
- Nota 2- Durante el desarrollo de este método de ensayo, se ha encontrado que algunos de los usuarios prefieren realizar el ensayo con la abertura mayor del cono de Abrams en la parte inferior, como se establece en el punto "Muestra". La provisión de un collar en la parte superior del molde es útil para reducir la probabilidad de caída de hormigón sobre el molde y la placa base. Otros usuarios prefieren colocar el molde con la abertura menor abajo, lo cual facilita la operación de llenado. Ambos procedimientos de llenado han sido encontrados aptos para la realización de este ensayo. La información de precisión indicada en sección 11 considera el uso de ambos procedimientos.
15. Con movimientos de sierra de pisón, empareje la superficie de hormigón en la parte superior del molde. Remueva el hormigón del área circundante de la base del molde para evitar interferencias con el movimiento del flujo del hormigón. Remueva el molde del hormigón levantándolo verticalmente. Levante el molde a una altura de 21,5 a 23 cm en 3 segundos, por medio de un movimiento ascendente y continuo sin movimientos laterales o de torsión. Complete el ensayo en un tiempo de 2,5 minutos, transcurridos desde el inicio del ensayo hasta la remoción del molde.
16. Esperar que el hormigón detenga su flujo y luego medir el mayor diámetro del depósito circular aproximando a 0,5 cm. Cuando se observe un halo en el contorno circular del hormigón, éste debe incluirse como parte del diámetro del hormigón. Medir un segundo diámetro del depósito circular en un ángulo aproximadamente perpendicular al primer diámetro medido.
17. Si la medida de los dos diámetros difiere por más de 5 cm, el ensayo no es válido y debe ser repetido.

CALCULO

18. Calcular el flujo de cono usando la ecuación 1:

$$\text{Flujo de cono} = (d_1 + d_2)/2$$

Donde:

d_1 = el mayor diámetro del depósito circular del hormigón, y

d_2 = El diámetro del hormigón en un ángulo aproximadamente perpendicular a d_1 .

19. Registrar el promedio de los dos diámetros aproximando a 1 cm.

PRECISIÓN

20. La precisión de este método fue determinada basada en resultados obtenidos de un programa de ensayos (robin round test) conducido por miembros del subcomité ASTM C09.47. El programa de ensayos consideró operadores individuales y múltiples, realizando 3 réplicas del ensayo usando el molde en ambas posiciones, normal e invertido. El ensayo fue realizado usando hormigón autocompactante con alto y bajo nivel de fluidez y con mezclas estables e inestables. Detalles completos del programa de ensayos están disponibles en ASTM en un informe titulado "Report on Development of a Precision Statement for the Slump Flow Test Method for Self Consolidating Concrete"
21. Precisión de Operador individual—La precisión de un operador individual refleja el uso de ambos procedimientos A y B. La desviación estándar de un operador individual para el flujo de cono ha sido determinada en 2,7 cm para mezclas con valores de flujo de cono aproximadamente entre 48 y 68 cm. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos apropiadamente realizados por el mismo operador con la misma amasada de hormigón no deben diferir por más de 7,5 cm.
22. Precisión Multi-Operador -- La precisión multi-operador refleja el uso de ambos procedimientos A y B. La desviación estándar de multi-operador para el flujo de cono ha sido determinada en 2,7 cm para mezclas con valores de flujo de cono aproximadamente entre 53 y 74 cm. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos apropiadamente realizados por dos operadores con la misma amasada de hormigón no deben diferir por más de 7,5 cm.

INFORME

23. Informar el uso del procedimiento A o B.
24. Informar el flujo de cono con aproximación a 1 cm.

ANEXO 1

A1. Medida relativa del flujo de cono, viscosidad y estabilidad

A1.1 La velocidad de flujo de un hormigón autocompactante es influenciada por su viscosidad. Por lo cual una medida relativa de viscosidad es útil para el propósito de diseñar una mezcla de hormigón autocompactante en laboratorio. En la ejecución del ensayo de flujo de cono, se mide el tiempo del escurrimiento del hormigón transcurrido entre el inicio del levantamiento del molde y cuando el borde exterior del flujo alcanza 50 cm de diámetro, entregando una medida relativa de la velocidad del flujo de la mezcla de hormigón no confinada. Para materiales similares, este periodo de tiempo, denominado T_{50} , otorga una indicación de viscosidad relativa de la mezcla de hormigón autocompactante.

Nota A1.- El valor T_{50} indica propiedades del flujo del hormigón autocompactante, en el cual los valores mas altos normalmente corresponden a viscosidad incrementada. Aditivos reductores de agua de alto rango especiales son típicamente usados para modificar las propiedades de flujo de mezclas de hormigón autocompactante. Además, aditivos modificadores de viscosidad y otros cambios en las proporciones de la mezcla y materiales también influyen en las propiedades del flujo y resistencia a la segregación.

A1.2 la estabilidad del hormigón autocompactante, puede ser observada visualmente examinando la masa y por lo tanto puede ser usada para control de calidad de las mezclas de hormigón autocompactante. La tabla H0306_1 contiene valores del Índice de Estabilidad Visual (IEV) con criterios correspondientes para evaluar cuantitativamente la estabilidad del hormigón autocompactante. Sin embargo, esos valores no cuantifican las propiedades de un hormigón.

A1.3 Aparatos:

A.1.3.1 Placa base marcada – Una placa base como la descrita en 6.2 la cual tiene una marca circular centralmente localizada para colocar el molde , y un círculo concéntrico a 50 cm.

TABLA H0306_1 VALORES DE ÍNDICE DE ESTABILIDAD VISUAL

Valor IEV	Criterio
0 = Altamente estable	No Hay evidencia de segregación o exudación
1 = Estable	No hay evidencia de segregación y se observa pequeña exudación como brillo sobre la masa de hormigón.
2 = Inestable	Un pequeño halo de mortero (< 10 mm) y/o una pila de árido en el exterior de la masa de hormigón.
3 = Altamente inestable	Clara segregación por evidencia de un gran halo de mortero (> 10 mm) y/o un gran pila en el centro de la masa de hormigón.

Nota A1.2 – La marca circular centrada localmente ubicada a 50 cm sobre la placa base, ayudará al usuario en la determinación del valor T_{50} .

A1.3.2 Cronómetro – Con precisión de 0.01 s.

A1.4 Procedimiento

A1.4.1 Para determinar T_{50} use un cronómetro para medir el tiempo en segundos entre el inicio del levantamiento del molde y cuando cualquier parte del borde externo del flujo de hormigón alcanza la marca inscrita en la placa base.

A1.4.2 Después que el escurrimiento del hormigón ha cesado, inspeccionar visualmente la mezcla de hormigón observando la distribución del árido grueso dentro de la masa de hormigón, la distribución de la fracción de mortero particularmente a lo largo del perímetro, y las características de exudación. Asigne un valor de Índice de Estabilidad Visual (IEV) al flujo de hormigón usando el criterio mostardo en la tabla H0306_1 e ilustrado en las figuras H0306_1 – H0306_4

Registro:

A1.5.1 Registrar T_{50} aproximando a 0.2 segundos

A1.5.2 Registrar el valor IEV.

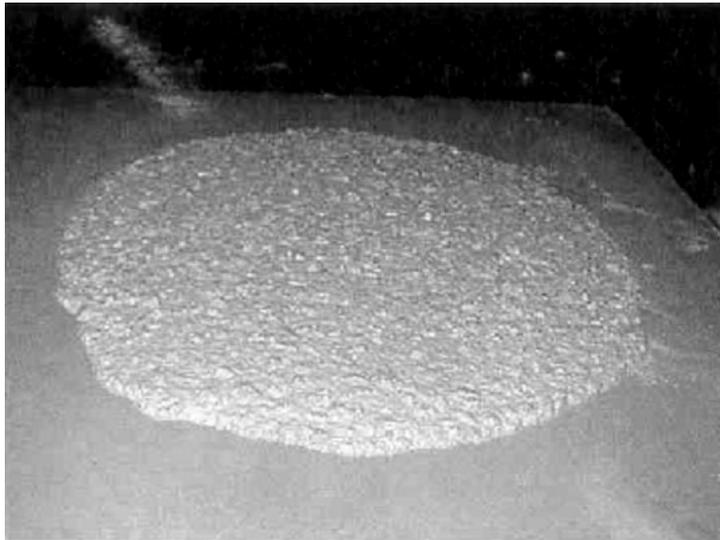


FIGURA H0306_1 LA MASA DE HORMIGÓN ES HOMOGÉNEA Y NO HAY EVIDENCIA DE SEGREGACIÓN

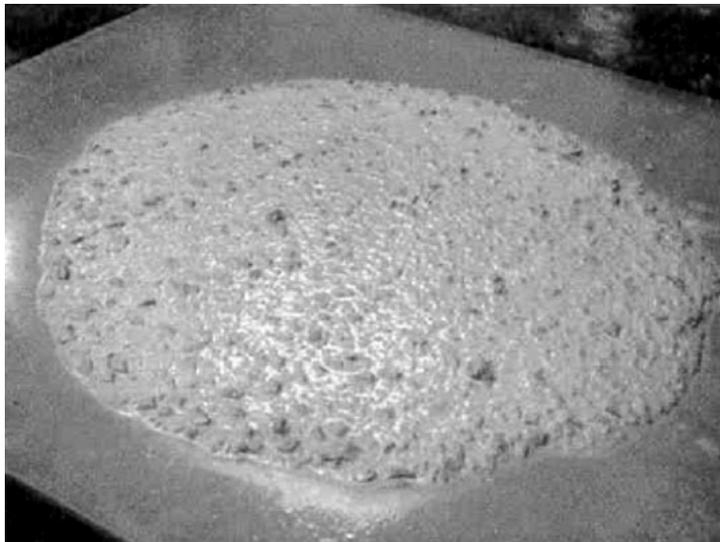


FIGURA H0306_2 EL HORMIGÓN MUESTRA ALGO DE EXUDACIÓN COMO BRILLO EN LA SUPERFICIE



FIGURA H0306_3 EVIDENCIA DE UN HALO DE MORTERO Y BRILLO DE AGUA

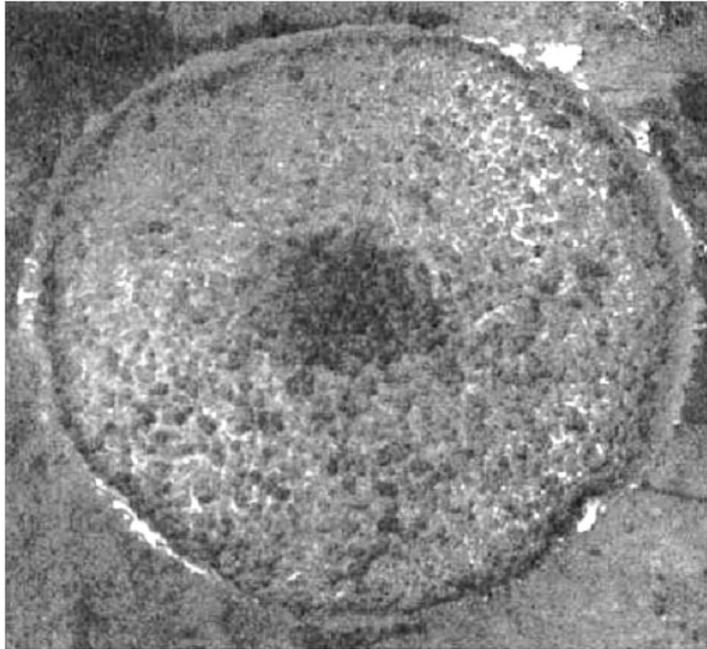


FIGURA H0306_4 CONCENTRACIÓN DE ÁRIDO GRUESO AL CENTRO DE LA MASA DE HORMIGÓN Y PRESENCIA DE UN HALO DE MORTERO

H0307. MÉTODO DE ENSAYE A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CÚBICAS Y CILÍNDRICAS (ASTM C 39 AASHTO T22)

OBJETO

1. Este método establece el procedimiento para efectuar el ensaye a la rotura por compresión de probetas cúbicas y cilíndricas de hormigón.
2. Se aplica al ensaye de probetas preparadas según los Métodos H0301 o H0302, según corresponda.

EQUIPOS Y MATERIALES

3. Prensa de Ensaye

- a) Tendrá la rigidez suficiente para resistir los esfuerzos del ensaye sin alterar las condiciones de distribución y ubicación de la carga y lectura de resultados.
- b) Tendrá un sistema de rótula que permita hacer coincidir la resultante de la carga aplicada con el eje de la probeta.
- c) Las superficies de aplicación de la carga serán lisas y planas, y no se aceptarán desviaciones con respecto al plano superiores a 0,015 mm en 100 mm medidos en cualquier dirección.
- d) La dimensión de la arista o del diámetro de las placas de carga será igual o superior a la arista o diámetro de la probeta.

Nota1: En caso de usar placas suplementarias para aumentar la dimensión de las placas de carga de la prensa, éstas tendrán superficies rectificadas conformes a 3 c), espesor igual o superior a 50 mm y dureza igual o superior a la de las placas de la prensa.

- a) La sensibilidad de la prensa será tal que la menor división de la escala de lectura sea inferior o igual al 1% de la carga máxima.
 - b) La exactitud de la prensa tendrá una tolerancia de $\pm 1\%$ de la carga dentro del rango utilizable de la(s) escala(s) de lectura.
 - c) En general el rango utilizable se considera comprendido entre el 10% y el 90% de la lectura máxima en la respectiva escala de lectura.
 - d) Se deben contrastar las prensas de ensaye, las de uso habitual por lo menos una vez al año y las de faena al inicio de la obra.
 - e) La prensa contará con dispositivos de regulación de la carga según lo especificado en 9 e).
4. Regla Graduada
Estará graduada en mm, y tendrá una longitud igual o superior a 400 mm.
 5. Balanza
Tendrá una capacidad igual o superior a 25 kg y una precisión mínima de 1 g.

PROCEDIMIENTO

6. Acondicionamiento de las Probetas

Acondicione las probetas para el ensaye según el método H0303, si corresponde.

7. Medición de Probetas Cúbicas

- a) Coloque el cubo con la cara de llenado en un plano vertical frente al operador.

- b) Mida los anchos de las cuatro caras laterales del cubo (a_1, a_2, b_1, b_2), aproximadamente en el eje horizontal de cada cara (ver Figura H0307_1, Fig. 1a).
- c) Mida las alturas de las cuatro caras laterales (h_1, h_2, h_3 y h_4) aproximadamente en el eje vertical de cada cara (ver Figura H0307_1 Fig. 1c).
- d) Expresa estas medidas en mm con aproximación a 1 mm.
- e) Determine la masa de la probeta con una aproximación igual o inferior a 50 g.
- f) En el caso de probetas por refrentar, mida y pese antes del refrentado.

8. Medición de Probetas Cilíndricas

- a) Mida dos diámetros perpendiculares entre sí (d_1 y d_2), aproximadamente en la mitad de la altura de la probeta (ver Figura H0307_1 Fig. 1b).
- b) Mida la altura de la probeta en dos generatrices opuestas (h_1 y h_2) antes de refrentar (ver Figura H0307_1 Fig. 1d).
- c) Expresa estas medidas en Mm. con aproximación a 1 mm.
- d) Determine la masa de la probeta antes de refrentar con una aproximación igual o inferior a 50 g.

9. Ensaye

- a) Limpie la superficie de las placas y de las caras de ensaye de la probeta.
- b) Coloque la probeta sobre la placa inferior alineando su eje central con el centro de esta placa.
- c) Posición de las probetas.
-Coloque las probetas cúbicas con la cara de llenado en un plano perpendicular a la placa inferior de la prensa.
-Coloque las probetas cilíndricas asentadas en una de sus caras planas refrentadas.
- d) Asiente la placa superior sobre la probeta, guiándola suavemente con la mano para obtener un apoyo de la placa lo más uniforme posible.
- e) Aplique la carga en forma continua y sin choques, a una velocidad uniforme, que permita cumplir las siguientes condiciones:
-Alcanzar una franca rotura de la probeta en un tiempo igual o superior a 100 s.

Nota2: Puede considerar que hay franca rotura cuando el indicador de carga retrocede bajo el 90% de la carga máxima y hay claras manifestaciones de agrietamiento de la probeta.

-No superar la velocidad de 0,35 N/mm²/s.
- f) Cuando se conoce aproximadamente la carga de rotura, será permisible aplicar la primera mitad de la carga a una velocidad mayor que la especificada en 9 e).
- g) Una vez fijada la velocidad, especialmente en la segunda mitad de la carga, no haga modificaciones de ella hasta el término del ensaye.
- h) Registre la carga máxima P, expresada en N.

CALCULOS

10. Resistencia a Compresión

- a) Calcule la sección de ensaye según las fórmulas siguientes:
-Probetas cúbicas (ver Figura H0307_1, Figura 1a)

$$S = \frac{(a_1 + a_2)}{2} \times \frac{(b_1 + b_2)}{2}$$

-Probetas cilíndricas (ver Figura H0307_1, Figura 1b)

$$S = 0,196 \times (d_1 + d_2)^2$$

Nota 3: La fórmula es una simplificación de:

$$S = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2$$

- b) Calcule la resistencia a la compresión como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$f = \frac{P}{S}$$

Donde:

f : Tensión de rotura, (MPa)

P: Carga máxima aplicada por la máquina de ensaye, (N).

S: Sección de ensaye, medida a partir de la dimensión básica real, (mm²)

- c) Expresar los resultados en MPa con una aproximación igual a 0,1 MPa.

Nota 4: Si la prensa de ensaye entrega resultados en kgf, se debe considerar la siguiente equivalencia: 1 MPa = 10,1972 kgf/cm²

11. Densidad Aparente

- a) Calcule el volumen V de la probeta según la fórmula siguiente:

$$V = S \times h$$

Donde:

S: Sección de ensaye, (mm²)

h: Altura promedio, (mm)

- b) Calcule la densidad aparente de la probeta como el cociente entre masa y volumen.
c) Expresar el resultado en Kg/m³, con una aproximación igual o inferior a 10 kg/m³.

Nota 5: Para obtener valores más exactos y comparables, se recomienda:

- a) Determinar la masa de la probeta por pesada al aire en el momento de desmoldar, o de recepción en laboratorio. Registrar A.
b) Pesar la probeta sumergida después de 2 min de inmersión. Registrar B.
c) Pesar la probeta al aire inmediatamente de retirarla de la inmersión. Registrar C.
d) Calcular la densidad aparente según la fórmula siguiente:

$$\rho_a = \frac{A}{C - B} \times 1.000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Donde:

A: Masa de la probeta en el momento de desmoldar (g).

B: Masa de la probeta sumergida (g).

C: Masa de la probeta después de la inmersión (g).

INFORME

El informe incluirá lo siguiente:

12. Antecedentes generales

El registro de los antecedentes de las probetas de acuerdo con los Métodos H0301 o H0302, según corresponda.

13. Antecedentes de Cada Probeta

- a) Nombre del Contrato y Contratista.
b) Fecha y edad en el momento del ensaye.
c) Densidad aparente (kg/m³).
d) Tipo de probeta y dimensión básica.
e) Defectos exteriores en la probeta o su refrentado.
f) Tipo de curado
g) Carga de rotura de la probeta (N)
h) Resistencia a compresión, (MPa).
i) Observaciones relativas al hormigón después de la rotura (oquedades, porosidad, adherencias insuficientes, segregación, etc.).
j) Cualquier otra información específica del ensaye, útil para su mejor interpretación.

Referencia a este Método.

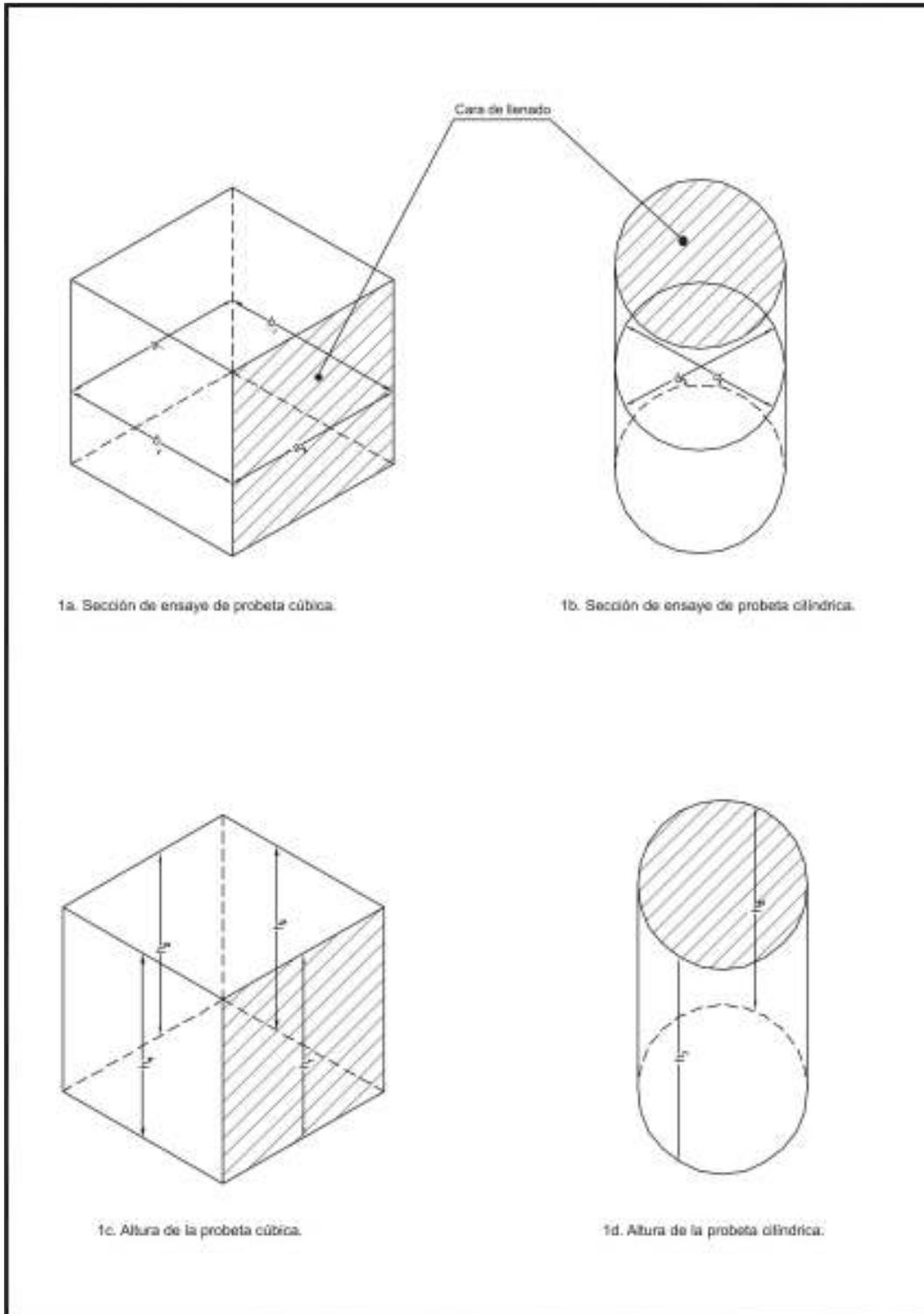


FIGURA H0307_1 DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE PROBETAS

H0308. ENSAYO ACELERADO PARA LA PREDICCIÓN DE RESISTENCIAS FUTURAS A LA COMPRESIÓN (ASTM C 1073)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para la fabricación, curado y ensayo de especímenes de hormigón almacenados en condiciones normalizadas, para establecer las relaciones entre la edad del hormigón y su resistencia a la compresión.

Este método determina el procedimiento que debe seguirse para utilizar los resultados de una determinación de la resistencia del hormigón a temprana edad como predicción de la resistencia a edades futuras.

Este método utiliza un sistema convencional de curado, con ensayos a una edad no inferior a 24 horas. Se requiere un almacenamiento durante el curado, con el uso de un termómetro que controle continuamente la temperatura del ambiente que rodea el espécimen.

Este método suministra, para una combinación dada de materiales, en el tiempo más temprano posible, una indicación de la resistencia potencial del hormigón. También suministra información sobre la variabilidad de los procesos de producción sirviendo así como un elemento de control de calidad.

La correlación entre la resistencia temprana de los especímenes y la resistencia a cualquier edad futura lograda por los métodos convencionales de curado depende de los materiales que se utilicen en la mezcla y del procedimiento específico empleado. Cualquier valor de resistencia obtenido por comparación de especímenes, sin importar como se obtuvo, tiene una dudosa relación con la resistencia real del hormigón colocada en la estructura, y tiene valor solamente como indicador de una probabilidad de que la capacidad aportante haya sido o pueda ser obtenida en la estructura mediante el empleo de una formulación particular. Por lo tanto, no existe razón fundamental para que la resistencia a temprana edad obtenida por este método no pueda usarse en el diseño y evaluación de las resistencias de hormigón en la misma forma que la resistencia del hormigón a los 28 días se ha usado en el pasado, con los cambios apropiados en los valores esperados utilizados para describir los valores de resistencia. Sin embargo, debido a que está ampliamente establecido el método de resistencia a los 28 días, muchas personas desearían obtener los resultados de resistencias a edades futuras. Estas proyecciones deben limitarse sólo a hormigones que usen los mismos materiales que fueron utilizados para establecer la correlación.

DEFINICIONES

1. Madurez

Se utiliza para describir las combinaciones de condiciones en y alrededor de un cilindro de hormigón que afectan las resistencias del hormigón. La madurez se expresa en grados - horas.

2. Grados - Horas

Es la edad de un cilindro de hormigón en horas, multiplicado por la temperatura promedio ambiente del espécimen. Los grados - horas se obtienen dividiendo la edad en intervalos de tiempo apropiados y determinando la temperatura promedio ambiente durante este intervalo.

3. Línea de Proyección

Es la línea que representa la relación entre el logaritmo de la madurez de los especímenes de resistencia a la compresión y la resistencia de estos especímenes.

4. Ecuación de Proyección

La ecuación representa la línea de predicción que se usa para determinar la resistencia potencial de un hormigón de cemento Portland a partir de un ensayo de compresión sobre un espécimen a temprana edad.

5. La fórmula general de proyección es:

$$SM = S_m + b(\log M - \log m)$$

Donde:

- SM = Resistencia potencial predicha para una madurez M,
- S_m = Resistencia a la compresión medida a una madurez m,
- b = Pendiente de la línea de proyección,
- M = Grados - horas de madurez bajo condiciones normalizadas,
- m = Grados - horas de madurez del espécimen en el momento del ensayo temprano.

6. Desarrollo de la ecuación

El desarrollo de la ecuación de proyección depende del desarrollo de la línea de proyección.

EQUIPO Y MATERIALES

Equipo y herramientas, para fabricar especímenes y medir las características plásticas del hormigón.

Moldes, tendrán las dimensiones y características que se señalan en el método H0213.

Termómetro para registrar la temperatura del ambiente que rodea el espécimen durante el curado, con una precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$ (1.8°F).

Calentadores de inmersión.- Puede utilizarse una resistencia eléctrica de 4.5 kilovatios.

Tanque para tratamiento térmico.- Puede utilizarse una caneca de 55 galones, cortada por la mitad perpendicularmente al eje de la caneca, o un tanque de asbesto cemento.

Para evitar en parte las pérdidas de calor por radiación, basta forrar la caneca en lámina de lana de vidrio de 2,5 cm. de espesor. Es conveniente colocarle una tapa a la caneca.

PROCEDIMIENTOS

7. Método ASTM C-918

- a) Moldéense y cúrense los especímenes. Continúese el proceso de curado durante al menos 24 horas.
- b) Manténgase un registro exacto de la temperatura del ambiente que rodea el espécimen durante el curado.
- c) Refrentado y Ensayo.- Remuévase el espécimen del molde tan pronto como sea posible, (la madurez m, del espécimen a temprana edad es la edad en horas en el momento del ensayo multiplicada por la temperatura ambiente ($h \times ^\circ\text{F} = m$)).
- d) Cuando se ensaye, el material de refrentado debe desarrollar a la edad de 30 minutos una resistencia igual o mayor que la resistencia de los cilindros que van a ser ensayados.
- e) No deberá ensayarse el espécimen antes de que transcurran 30 minutos desde el refrentado del mismo.
- f) Ensáyese el cilindro para determinar la resistencia a la edad de 24 horas o más,. Regístrese la edad exacta, en horas, en el momento del ensayo.

8. Método ASTM C-684

- g) En este método se toman las muestras de hormigón en cilindros normales, cuya única diferencia consiste en que deben estar provistos de una tapa metálica que puede sostenerse en su puesto por medio de tuercas o mariposas. Se dejan las muestras en reposo durante 23 horas.
- h) Al cabo de dicho lapso, las muestras se colocan, con todo y moldes, en un tanque con agua en ebullición. Naturalmente, al colocar los cilindros dentro del agua, la temperatura disminuye, pero debe mantenerse en las cercanías de la ebullición, sin que se produzca este fenómeno, para evitar que el agua de la mezcla eventualmente entre también en ebullición. Se mantiene la muestra en esta condición durante 3 horas y media, al final de las cuales se sacan, y se dejan enfriar durante media hora.
- i) Después del período de enfriamiento se quitan los moldes, se les hace el refrentado con azufre y transcurrida una hora (hora y media después de salir del tanque) se ensayan a compresión.

Con base en los resultados obtenidos a las 28 horas después de tomada la muestra se calculan las resistencias probables a 28 días.

CÁLCULOS

9. Método ASTM C-918

Obténanse datos de resistencia a la compresión para diferentes edades de ensayo y los valores de madurez correspondientes en el laboratorio, para determinar la línea de proyección para cada diseño de mezcla que se utilice. Los datos incluirán ensayos a las 24 horas, 3, 7, 14 y 28 días. Prepárese una gráfica en papel semilogarítmico, de 2 ciclos por 70 divisiones. Numérese la división de 1" en incrementos de 1000 lb/pulg² (eje "Y"). La escala logarítmica representará la madurez, en grados - horas, en el momento del ensayo (eje "X"). Si los valores de madurez se desarrollan usando grados Celsius, úsese un papel semilogarítmico de 3 ciclos por 70 divisiones.

Grafíquese cada uno de los valores de resistencia, obtenidos de acuerdo al procedimiento indicado en el numeral 7.1, contra la madurez correspondiente.

Dibújese la línea recta que mejor represente todos los puntos graficados comprobando que la línea pase por el punto que representa la madurez a los 28 días contra la resistencia.

Si este proceso se utiliza para determinar la resistencia a una edad diferente a 28 días, la línea recta debe pasar por el punto que representa la madurez versus la resistencia para la edad proyectada deseada. Si los datos graficados en 7.1.c no se acomodan a una línea recta, dibújese entonces una línea que conecte el punto que señala resistencia contra madurez a los 28 días o a una edad superior con la línea que una los puntos que representan resistencia versus madurez a las 24 horas y a los tres días, en el sitio donde se logre el mejor ajuste.

Nota 1 Si se desea comprobar la exactitud del primer estimativo hecho de la pendiente de la línea de proyección, se deben fabricar especímenes compañeros los cuales se curarán y ensayarán a los 28 días.

El valor de la pendiente, b, puede reestimarse utilizando la ecuación:

$$b = \frac{\sum (S - S_m)}{\sum (\log M - \log m)}$$

Donde:

S = Resistencia a la compresión medida a la madurez M, y,
S_m = Resistencia a la compresión medida a la madurez m.

La pendiente b, es la distancia vertical a escala entre el intercepto sobre la línea de 10,000°F y el intercepto sobre la línea de 100,000°F·h.

Úsese la constante b así determinada para proyectar la resistencia a la compresión del hormigón de cemento Portland.

PRECISIÓN

El uso de los resultados de este método, en la proyección de resistencias a edades mayores, debe hacerse con precaución, ya que los requerimientos de resistencia de las especificaciones y códigos existentes no se basan en proyecciones de resistencias de ensayos a temprana edad. Debido a que la variabilidad de este método es la misma o menor que la del método tradicional, se puede utilizar los resultados como un método rápido para determinar la variabilidad en los procesos de control y señalar los ajustes necesarios. Por otra parte, la magnitud de los valores de resistencia está influenciada por la combinación específica de materiales, de tal forma que el uso de los resultados o correlaciones debe hacerse sólo para unas condiciones específicas de materiales, y mezcla. Los factores que influyen las relaciones entre las resistencias medias y aquellas del hormigón en su sitio, no difieren de las que afectan los ensayos convencionales de resistencia.

Los resultados de dos ensayos de resistencia a la tensión apropiadamente ejecutados por el mismo laboratorio, en dos cilindros individuales hechos con los mismos materiales, no debe diferir en más del 10% de su promedio.

Los resultados de dos ensayos apropiadamente realizados consistentes del promedio de dos cilindros de la misma serie hecha en el mismo laboratorio y con los mismos materiales, no debe diferir en más del 25% de su promedio.

INFORME

El informe del ensayo debe incluir los siguientes aspectos:

- a) Número de identificación de la muestra.
- b) Diámetro y longitud en mm ó pulg.
- c) Área de la sección transversal en cm^2 o pulg^2 .
- d) Máxima carga en N o lbf.
- e) Resistencia a la compresión calculada con una precisión de 69 kPa (10 lb/pulg²).
- f) Tipo de fractura.
- g) Edad del espécimen
- h) Temperatura inicial de mezcla con precisión de 1°C (o 1°F).
- i) Registros de temperatura.
- j) Método de transporte utilizado para el envío del espécimen al laboratorio.
- k) Madurez del espécimen en el momento del ensayo temprano, con precisión de 1°F·h o 1°C·h.
- l) El número de días al cual se proyectará la edad.
- m) La resistencia proyectada con una precisión de 69 kPa (10 lb/pulg²).

H0309. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN USANDO UNA PORCIÓN DE VIGA ROTA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN (ASTM C 116 AASHTO T40)

OBJETO

Este método describe el procedimiento utilizado en la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón, usando porciones de vigas rotas en el ensayo de flexión.

DEFINICIONES

Este método se usará en el laboratorio como una herramienta de investigación para determinar los valores de resistencia a la compresión de diferentes mezclas de hormigón.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. La máquina de ensayo puede ser de cualquier tipo, siempre y cuando tenga la suficiente capacidad para suministrar la tasa de carga que se señala en el numeral 7. La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga de acero con superficies endurecidas, uno de los cuales se apoyará sobre una rótula que estará en contacto con el plato superior de carga descrito en el numeral 2; y el otro, un bloque rígido y plano que soportará el plato de carga inferior. El diámetro del bloque con apoyo esférico tendrá al menos el 75% del ancho de la muestra, B. La superficie de apoyo no se debe desviar del plano en más de 0.025 mm (0.001") por cada 152 mm (6") para un bloque de 152 mm (6") de diámetro, o mayores, ni más de 0.025 mm en el diámetro de cualquier bloque más pequeño.

Se recomienda que la cara de carga de los bloques utilizados para el ensayo de compresión del hormigón tenga una dureza Rockwell no menor a C 60.

2. Sobre las superficies de carga de la muestra se montarán platos de carga maquinados o pulidos con un espesor mayor o igual a 19 mm ($3/4$ "), que cumplan con los requerimientos de aplanamiento de las superficies de carga de las muestras que se señalan en el numeral 3.a) y los requerimientos de dureza para los bloques de carga especificados en el numeral 1. Los platos de carga deben ser de tales dimensiones que las caras de contacto sean primordialmente cuadradas, y tengan las mismas dimensiones que el ancho nominal de la viga ensayada. El plato de carga superior debe colocarse directamente sobre el plato inferior.

CONDICIONES GENERALES

3. La longitud de la porción rota de las vigas seleccionadas para el ensayo a la compresión deben ser al menos 50 mm (2") más larga que el ancho. Las muestras seleccionadas para el ensayo deben estar libres de grietas, superficies imperfectas, u otros defectos obvios.

Preparación de las muestras

- a) La superficie de carga de las muestras, no tendrá desviaciones del plano en más de 0.05 mm (0.002"); las que no estén planas deben pulirse o recubrirse para satisfacer la tolerancia anterior. Los procedimientos de recubrimiento deben cumplir con los requisitos señalados en el Método H0303. El recubrimiento debe cubrir el ancho completo de la viga y debe tener tal longitud, que permita que el plato de carga superior pueda colocarse directamente sobre el plato de carga inferior.
- b) Durante el período que transcurre entre el ensayo de las muestras a la flexión, o después del recubrimiento, y el rompimiento de las porciones a compresión, la muestra debe mantenerse en las mismas condiciones indicadas en el Método H0302.

PROCEDIMIENTO

4. La orientación de las muestras debe ser tal que el ancho "B", debe ser igual o menor que la altura "D". Si la viga tiene una sección transversal cuadrada, las superficies de carga pueden ser los lados de la viga, como originalmente se fundió.
5. Céntrense los platos de carga en la máquina de ensayo de tal forma, que el punto de apoyo del bloque con rótula esté alineado con el centro de los platos de carga. Aplíquese la carga a los platos por medio de una cabeza ajustable.
6. Velocidad de carga
Aplíquese la carga en forma continua, sin impactos o interrupciones. La cabeza móvil de la máquina de ensayo tipo tornillo, deberá desplazarse a una velocidad aproximada de 1.3 mm/min (0.05"/min), cuando la máquina de ensayo esté moviéndose sin transmitir esfuerzo. En las máquinas hidráulicas, ajústese la carga, a una relación constante entre los límites 241 + 104 kPa/s (35 + 15 psi/s).
7. Ensáyense los especímenes hasta que se produzca la falla. Regístrese la carga total señalada por la máquina en el momento de la falla de la muestra ensayada.

CALCULOS

8. Calcúlese la resistencia a la compresión unitaria, con una precisión de 69 kPa (10 psi). Determínese el área de la sección transversal de la muestra, como el promedio de al menos dos medidas de la dimensión "B", tanto del plato de carga superior como de la inferior, determinadas con una precisión de 0.25 mm (0.01").

$$\text{Resistencia a la compresión unitaria} = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Área de la sección transversal de la muestra}}$$

INFORME

El informe de los resultados debe incluir lo siguiente:

- a) El método utilizado en la determinación de la resistencia a la compresión, y su valor.
- b) El número de identificación de la muestra.
- c) Las dimensiones "B" y "D" en mm (ó pulg).
- d) Área de la sección transversal en cm² (ó pulg²).
- e) Carga Máxima, N (lbf).
- f) Edad de las muestras y detalles del curado.
- g) Tipo de falla y aspecto del hormigón.
- h) Orientación de la muestra con respecto a la parte superior de la viga fundida.
- i) Condiciones de curado de las muestras y condiciones de humedad durante el ensayo.

H0310. MÉTODO DE ENSAYE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS (ASTM C 78 Y C293 AASHTO T97 Y T77)

OBJETO

1. Este método establece los procedimientos para efectuar el ensaye de tracción por flexión a la rotura de probetas prismáticas de hormigón simplemente apoyadas.
2. Este método, se aplicará al ensaye de tracción por flexión de probetas y se ajustará al procedimiento correspondiente, según la dimensión básica de la probeta. Tenga presente que los dos procedimientos que se describen a continuación no son alternativos y sus resultados no son comparables

Para probetas de dimensión básica 150 mm, aplique cargas P/2 en los límites del tercio central de la luz de ensaye.

Para probetas de dimensión básica 100 mm aplique la carga P en el centro de la luz de ensaye.

EQUIPOS Y MATERIALES.

3. Prensa de ensaye

Tendrá la rigidez suficiente para resistir los esfuerzos del ensaye sin alterar las condiciones de distribución y ubicación de la carga y lectura de resultados.

La sensibilidad de la prensa será tal que la menor división de la escala de lectura sea menor o igual al 1% de la carga máxima.

La exactitud de la prensa tendrá una tolerancia de $\pm 1\%$ de la carga dentro del intervalo utilizable de la(s) escala(s) de lectura.

En general, el intervalo utilizable se considera comprendido entre el 10% y el 90% de la respectiva escala de lectura.

Se deben contrastar las prensas de ensaye de uso habitual por lo menos una vez al año, y las de faena al inicio de la obra.

4. Dispositivo de tracción por flexión

Deberá tener piezas para apoyo de la probeta y piezas para aplicar la carga, con sus correspondientes accesorios los que deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Los elementos de contacto con la probeta tendrán la superficie cilíndrica (de este modo se logra un contacto rectilíneo).
- b) Se aplicarán la carga y sus reacciones en forma vertical y estarán dispuestas de modo que las líneas de contacto sean paralelas entre sí y perpendiculares a la luz de ensaye.
- c) Contarán con accesorios que permitan fijar y mantener la luz de ensaye.
- d) Tendrán rótulas regulables, a fin de evitar excentricidades.
- e) Tendrán una longitud igual o mayor que el ancho "b" de las probetas.

5. Regla rectificadora.

Tendrá una longitud igual o mayor que 500 mm.

6. Regla graduada o huincha.

Deberá ser graduada en milímetros y de una longitud igual o mayor que 1m.

PROCEDIMIENTO.

7. Retiro de las probetas curadas

Las probetas que estaban sumergidas en agua por 24 h. para su curado final según se indica en los Métodos H0301 o H0302, retirelas de ésta inmediatamente antes de ensayar, protéjalas con arpilleras húmedas hasta el momento de colocarlas en la máquina de ensaye, para evitar el secamiento en la cara apoyada que es la que recibe la máxima tracción.

8. Aplicación de la carga

La luz de ensaye debe cumplir con las siguientes condiciones, según la forma de aplicación de la carga:

- a) Cargas P/2 aplicadas en los límites del tercio central:

$$L \geq 3h$$

(Ver Figura H0310_1, Fig.1)

Donde:

L: Luz de ensaye.

h: Altura de la probeta.

- b) Carga P centrada:

$$L \geq 2h$$

(Ver Figura H0310 Fig.2)

- c) La distancia "x" entre cada línea de apoyo y el extremo más cercano de la probeta será igual o mayor que 2,5 cm.

9. Trace rectas finas sobre las cuatro caras mayores que marquen las secciones de apoyo y de carga en forma indeleble y que no alteren el tamaño, forma o características estructurales de las probetas.

Nota 1: Al realizar el trazado, verifique la rectitud de los contactos con la regla rectificadora; no debe pasar luz entre la cara de la probeta y la regla.

10. Verifique y registre la luz de ensaye, expresándola en milímetros con aproximación a 1 mm, medida en la cara inferior de la probeta en la posición para ensayar.

11. Limpie la superficie de las piezas de apoyo y de carga y las zonas de contacto de la probeta.

12. Coloque la probeta en la prensa de ensaye, dejando la cara de llenado en un plano vertical, y haciendo coincidir las líneas de trazado con las piezas de apoyo y de carga correspondientes.

13. El contacto entre la probeta y cada pieza de apoyo o de carga debe ser total, con las tolerancias y condiciones siguientes:

- Acepte una separación igual o menor que 0,05 mm.
- Si la separación es mayor que 0,05 mm y menor que 0,5 mm, use láminas de cuero natural o sintético interpuestas en el contacto. Esas láminas tendrán un espesor uniforme igual o mayor que 5 mm, un ancho igual o mayor que 25 mm y un largo igual o mayor que el ancho de la probeta. Deseche las láminas que presenten deformaciones apreciables a simple vista.
- Si la separación es igual o mayor que 0,5 mm y menor que 2 mm, proceda a refrentar.
- Si la separación es mayor que 2 mm, deseche la probeta.

14. Antes de aplicar la carga verifique que:

- Todos los contactos cumplen con lo indicado en 13.
- Las distancias entre las piezas de apoyo y de carga se mantienen constantes, con una tolerancia de ± 1 mm.

15. Aplique la carga en forma continua y uniforme, sin choques. La velocidad de tensión, calculada según 4. deberá estar comprendida entre 0,015 y 0,02 N/mm²/s).

16. Una vez fijada la velocidad, no haga modificaciones de ella hasta el término del ensaye.

17. Registre la carga máxima P expresada en N.

18. Mida el ancho (b) y la altura (h) medios de la probeta en la sección de rotura con aproximación a 1mm. Registre b y h.

CALCULOS

19. Ensaye con cargas P/2 en los límites del tercio central de la luz de ensaye

- a) Si la fractura de la probeta se produce en el tercio central de la luz de ensaye, calcule la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$f_t = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

Donde:

f_t : Tensión de rotura, (MPa).

P: Carga máxima aplicada, (N).

L: Luz de ensaye de la probeta, (mm).

b: Ancho promedio de la probeta en la sección de rotura, (mm).

h: Altura promedio de la probeta en la sección de rotura, (mm).

- b) Si la fractura se produce fuera del tercio central de la luz de ensayo, en la zona comprendida entre la línea de aplicación de carga y una distancia de 0,05 L de esa línea, calcule la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$f_t = \frac{3 \times P \times a}{b \times h^2}$$

Donde:

a: distancia entre la sección de rotura y el apoyo más próximo, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la probeta, (mm).

- c) Si la fractura se produce fuera del tercio central de la luz de ensayo y más allá de la zona indicada en b), deseche los resultados del ensayo.
d) Expresar los resultados en MPa aproximando a 0,1 MPa.

20. Ensayo con Carga P en el Punto Medio de la Luz de Ensayo

- a) Calcule la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de la rotura según la fórmula siguiente:

$$f_t = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2}$$

Donde:

f_t: Tensión de rotura, (MPa).

P: Carga máxima aplicada, (N).

L: Luz de ensayo de la probeta, (mm).

b: Ancho promedio de la probeta en la sección de rotura, (mm).

h: Altura promedio de la probeta en la sección de rotura, (mm).

- b) Expresar los resultados en MPa aproximando a 0,1 MPa.

Nota 2: Si la prensa de ensayo entrega resultados en kgf, se debe considerar la siguiente equivalencia:
1 MPa = 10,1972 kgf/cm²

INFORME

En el informe incluya lo siguiente:

21. Antecedentes generales.

El registro de los antecedentes generales de las probetas de acuerdo con lo que se indica en los Métodos H0301 o H0302, según corresponda.

22. Antecedentes de cada probeta.

- Nombre del contrato y del contratista.
- Fecha y edad de la probeta en el momento del ensayo.
- Dimensión básica de la probeta, (mm).
- Procedimiento de aplicación de la carga.
- Luz de ensayo (mm).
- Defectos exteriores de la probeta, indicando si fue refrentada o si se usaron láminas para ajuste de piezas de carga.
- Tipo de curado.
- Carga de rotura de la probeta, (N).
- Resistencia a la tracción por flexión (calculada de acuerdo con 19 ó 20 según corresponda),
- (MPa).
- Observaciones relativas al hormigón después de la rotura (oquedades, porosidad, adherencias insuficientes, segregación, etc.)
- Cualquier otra información específica del ensayo, útil para su mejor interpretación.
- Referencia a este método.

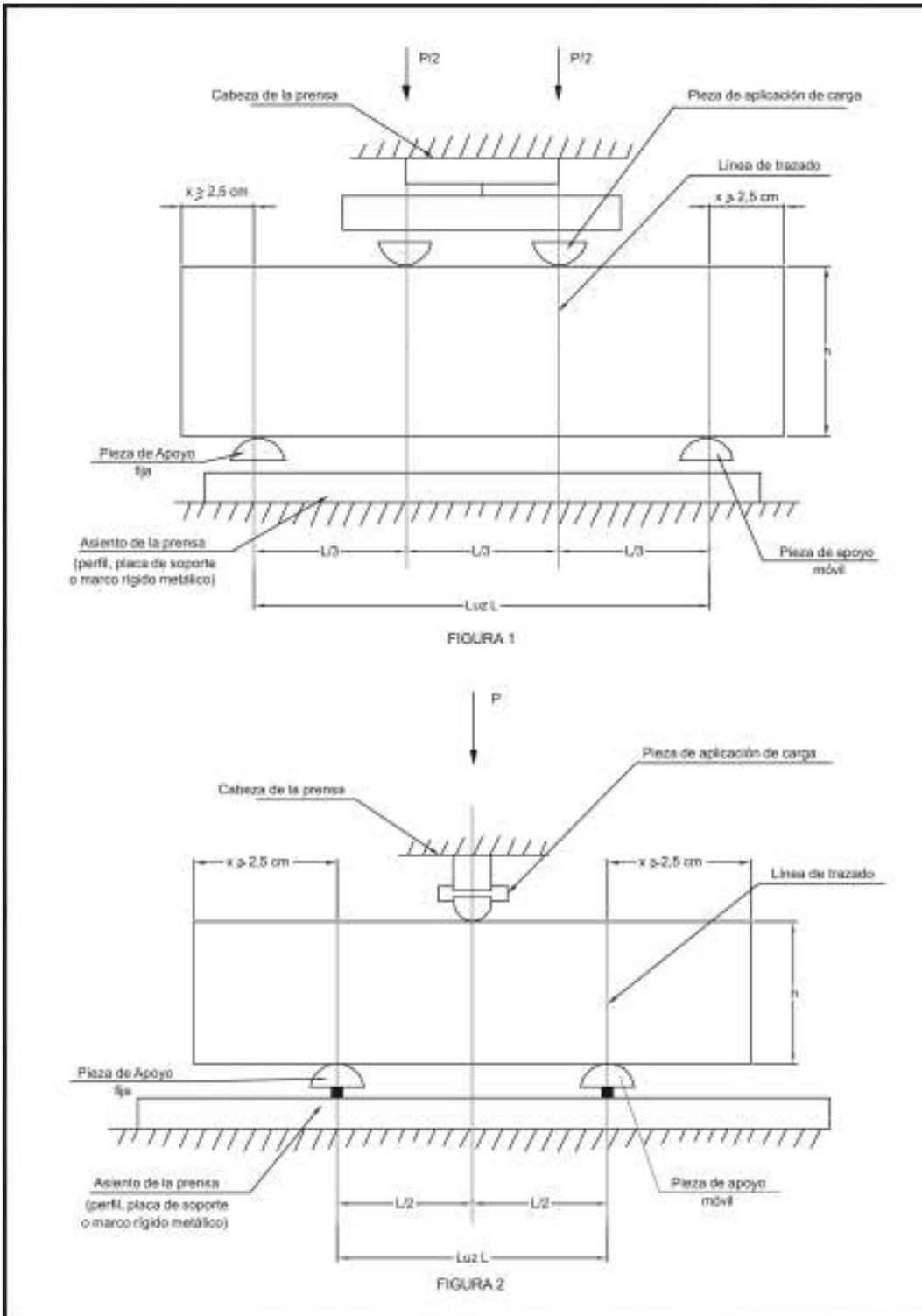


FIGURA H0310_1 ESQUEMA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN POR FLEXIÓN

H0311. MÉTODO DE ENSAYE A LA TRACCIÓN POR HENDIMIENTO DE PROBETAS CILÍNDRICAS (ASTM C 496)

OBJETO

Este método establece el procedimiento para efectuar el ensaye de tracción por hendimiento a la rotura de probetas cilíndricas de hormigón. El método se aplica a probetas preparadas según los Métodos H0301 o H0302, según corresponda

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Prensa de ensaye

La prensa deberá cumplir con lo dispuesto en el Método H0307.

2. Placa suplementaria

Si el diámetro o la mayor dimensión de las piezas de carga o de apoyo de la prensa de ensaye es inferior a la longitud del cilindro por ensayar, emplee una placa suplementaria de acero, de ancho igual o superior a 50mm, largo igual o superior a la longitud del cilindro y espesor igual o superior a 50mm. Rectifique las caras de modo de obtener una superficie plana con una tolerancia de $\pm 0,25$ mm.

3. Tablillas de apoyo

Serán de madera contrachapada de 4 ± 1 mm de espesor, de 15 ± 5 mm de ancho y de longitud igual o ligeramente mayor que la de la probeta.

4. Regla graduada

Estará graduada en milímetros (mm) y tendrá una longitud igual o mayor que 400 mm.

5. 6.- Balanza

Tendrá una capacidad superior a 20kg y una precisión mínima de 1 g.

PROCEDIMIENTO

6. Curado

Cure las probetas de acuerdo con los Métodos H0301 o H0302, según corresponda.

7. Trazado

Trace con línea fina un diámetro en cada una de las bases del cilindro; ambos deberán estar dentro de un mismo plano. Una ambas rectas mediante el trazado de dos generatrices que definan claramente las líneas de contacto con las tablillas de apoyo. Se recomienda emplear dispositivo de trazado. Ver Figura H0311_1

8. Medición de las probetas

- Determine y registre el diámetro de la probeta como el promedio aritmético de 3 diámetros medidos sobre las líneas de contacto en el centro y cerca de ambos extremos de la probeta, aproximando a 1mm.
- Determine y registre la longitud de la probeta como el promedio aritmético de las longitudes medidas sobre las dos líneas de contacto, aproximando a 1 mm.
- Determine y registre la masa de la probeta en condición húmeda, con una aproximación igual o inferior a 20g.
- Calcule y registre la densidad aparente de la probeta, expresada en kg/m^3 , con una aproximación igual o inferior a 10 kg/m^3 .

9. Ensaye

- Limpie las superficies de las placas y de las líneas de contacto de la probeta.
- Coloque una tablilla de apoyo centrada sobre el eje de la placa inferior de la prensa.
- Coloque la probeta sobre la tablilla de apoyo y alinéela de modo que las líneas de trazado diametral queden verticales y centradas sobre la tablilla.

- d) Coloque la segunda tablilla de apoyo centrada sobre la línea de contacto superior de la probeta. Se recomienda emplear un dispositivo de alineación (ver Figura H0311_2).
- e) Antes de aplicar la carga verifique, que las líneas de trazado diametral se mantengan verticales y centradas respecto de las tablillas y piezas de apoyo y carga.
- f) Realizada la verificación, aplique la carga en forma continua y uniforme, sin choques, a una velocidad entre 0,01 y 0,02 N/mm²/s hasta la rotura.
- g) Registre la carga máxima P expresada en N.

CÁLCULOS

Calcule la resistencia a la tracción por hendimiento como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$f_h = \frac{2 \times P}{\pi \times l \times d}$$

Donde:

f_h : Resistencia a tracción por hendimiento, (MPa).

P: Carga máxima aplicada por la máquina de ensaye, (N).

l: Longitud de la probeta, (mm).

d: Diámetro de la probeta, (mm).

Nota 1: Si la prensa de ensaye entrega resultados en kgf, se debe considerar la siguiente equivalencia:
1 MPa = 10,1972 kgf/cm²

Expresar el resultado con una aproximación igual a 0,1 MPa.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y del contratista.
- b) El registro de antecedentes de las probetas, de acuerdo con los Métodos H0301 o H0302, según corresponda.
- c) Fecha y edad de la probeta al momento del ensaye.
- d) Dimensiones de la probeta.
- e) Masa de la probeta, (kg).
- f) Densidad aparente de la probeta, (kg/m³)
- g) Defectos exteriores en la probeta.
- h) Tipo de curado de la probeta.
- i) Carga de rotura máxima registrada, (N).
- j) Resistencia a la tracción por hendimiento, (MPa).
- k) Cualquier información específica sobre el ensaye o la probeta, útil para su mejor interpretación.

La referencia a este método.

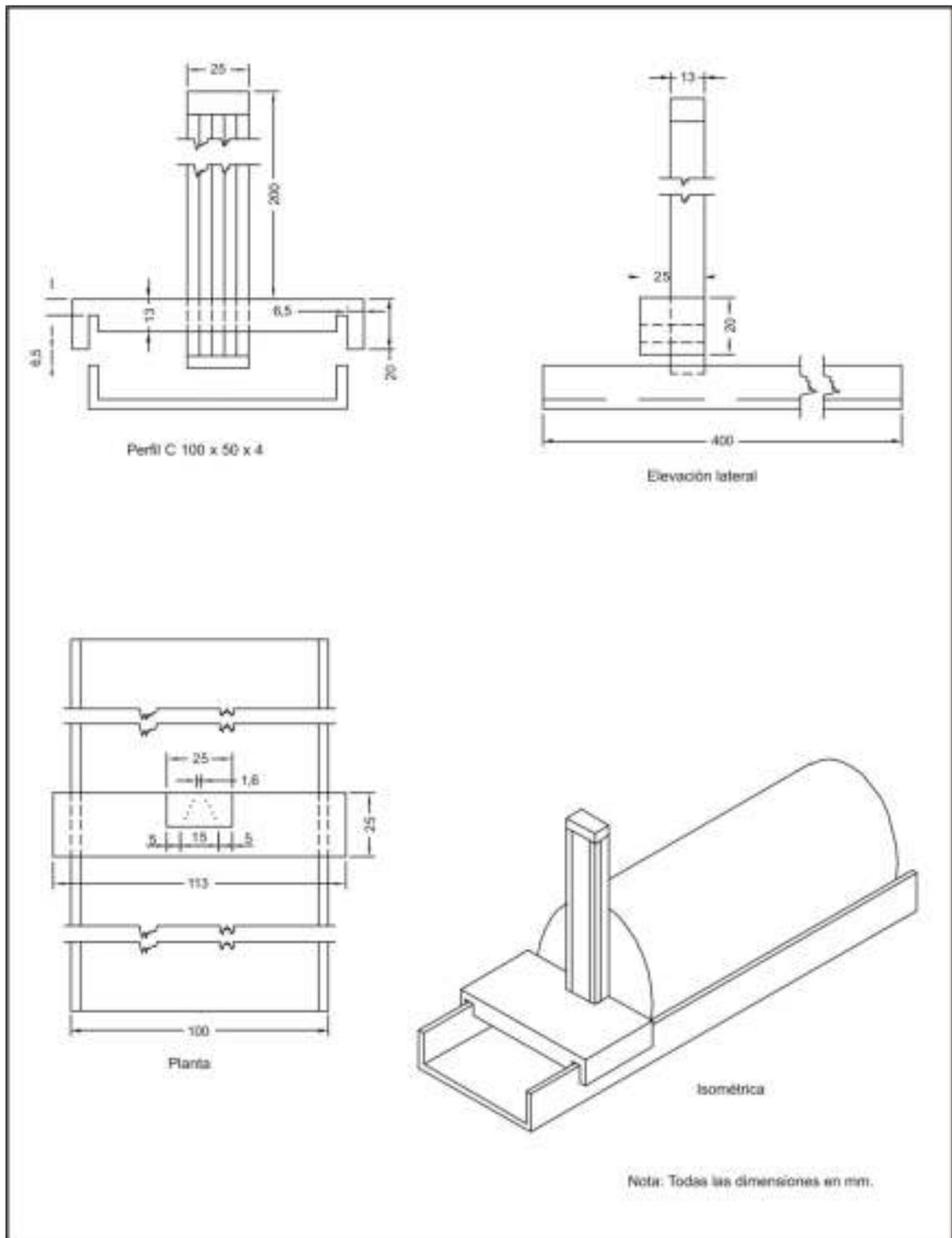


FIGURA H0311_1 DISPOSITIVO DE TRAZADO

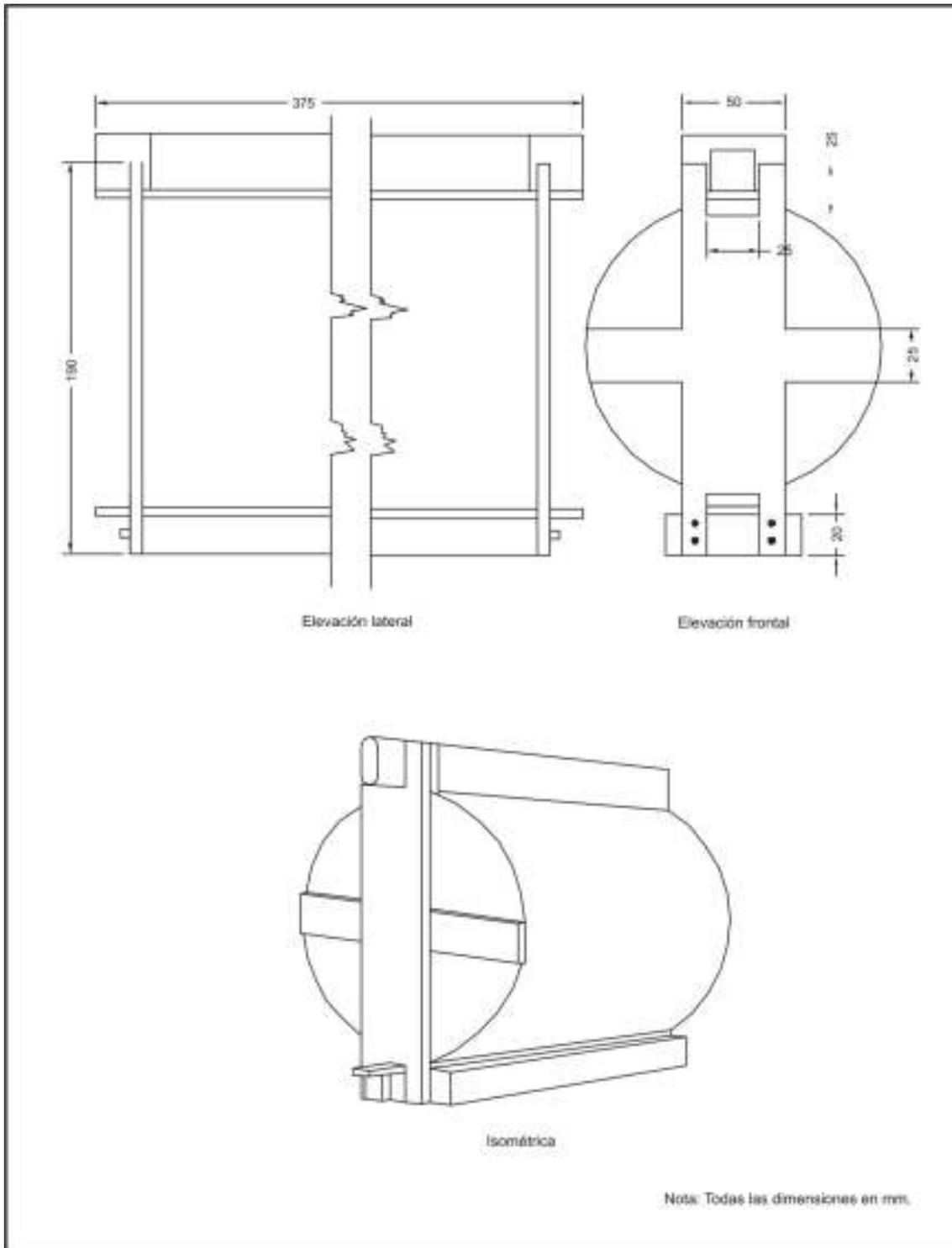


FIGURA H0311_2 DISPOSITIVO DE ALINEACIÓN

H0312. FLUJO PLÁSTICO DEL HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN (ASTM C 512)

OBJETO

Este método de ensayo sirve para la determinación del flujo plástico (creep) de cilindros moldeados de hormigón, que se someten a la acción de una carga longitudinal compresiva. El método se limita a hormigones con tamaño máximo de árido no mayor de 50 mm (2").

DEFINICIONES

1. Este método mide la deformación por compresión inducida por la carga dependiente del tiempo, para edades escogidas del hormigón, bajo una serie arbitraria de condiciones ambientales controladas.
2. Este método se puede usar para comparar los potenciales de flujo plástico de distintos hormigones. Un procedimiento posible, consiste en utilizar la ecuación desarrollada (o método gráfico) para calcular esfuerzos, a partir de datos de deformación en estructuras masivas de hormigón no reforzado. Para aplicaciones de diseño más específicas, las condiciones del ensayo fijadas más adelante en este método deberán modificarse para simular lo más cercanamente posible, las condiciones anticipadas de curado, térmicas, de exposición y duración de carga, para la estructura prototipo.
3. Ante la ausencia de hipótesis satisfactorias que gobiernen el fenómeno del flujo plástico, se han considerado algunas suposiciones, que generalmente están siendo confirmadas mediante ensayos y por la práctica.

-El flujo plástico es proporcional al esfuerzo de compresión para valores entre el 0 y 40% de la resistencia a la compresión del hormigón.

-Se ha demostrado concluyentemente que el flujo plástico es directamente proporcional al contenido de pasta, para el rango de contenidos de pasta utilizados normalmente en el hormigón. Así es como las características de flujo plástico de mezclas de hormigón que tienen áridos con tamaño máximo mayor de 50mm (2"), pueden determinarse a partir del flujo plástico de la porción que pasa por el tamiz de 50mm (2"), multiplicando este valor, por la relación de contenidos de pasta de cemento (en volumen) entre la mezcla completa y la porción tamizada.

4. El uso de una expresión logarítmica (numeral 7), no implica que la relación entre el flujo plástico y el tiempo de deformación, sea necesariamente una función logarítmica exacta; sin embargo, para un período de un año, la expresión se aproxima al comportamiento normal con suficiente exactitud, para hacer posible el cálculo de parámetros que son útiles para el propósito de comparar hormigones.
5. No hay datos que podrían fundamentar la extrapolación de los resultados de este ensayo a esfuerzos de torsión y tensión.

EQUIPOS Y MATERIALES

6. Moldes

Serán cilíndricos y cumpliendo los requerimientos de el Método H0302.

7. Dispositivo de carga

Capaz de aplicar y mantener la carga requerida sobre el espécimen sin importar cualquier cambio en las dimensiones del mismo. En su forma más simple, el dispositivo de carga consistirá en cabezales planos de apoyo sobre los extremos del espécimen, un elemento para mantener la carga, que puede ser: un resorte, una cápsula hidráulica o ambos y varillas con roscas, para tomar las reacciones del sistema cargado. Las superficies de carga se desviarán del plano no más de 0,025mm (0.001"). En un dispositivo de carga, se pueden apilar varios especímenes para ensayarlos simultáneamente.

Cuando se utiliza un elemento hidráulico para mantener la carga, se pueden atender simultáneamente varios dispositivos de carga, por medio de una unidad central hidráulica de

regulación de presión, que la integran: un acumulador, un regulador, manómetros y una fuente de alta presión tal como un cilindro de nitrógeno o una bomba de alta presión.

Pueden utilizarse resortes como los del sistema amortiguador de ferrocarriles, para mantener la carga sobre dispositivos similares a los que se describieron antes. La compresión inicial se aplicará por medio de un gato portátil o una máquina de ensayo. Cuando se usen resortes, deberá cuidarse que se disponga de una cabeza apoyada sobre una rótula y que la placa de apoyo esté suficientemente bien agarrada para asegurar una carga uniformemente aplicada a los cilindros. Se dispondrá de medios adecuados para medir la carga con una aproximación del 2% de la carga total aplicada. Puede ser un manómetro con instalación fija o un gato hidráulico con celdas de carga que se colocan en el dispositivo, a medida que la carga se aplica o ajusta.

8. Dispositivos medidores de deformación

Los aparatos utilizados deberán tener dispositivos para medir la deformación longitudinal en el espécimen, con aproximación a las diezmillonésimas. El dispositivo puede estar integrado al aparato, puede ser instalado o ser portátil. Si se utilizan los portátiles, los puntos de contacto deberán marcarse sobre el espécimen en forma notoria. No se permitirá el uso de deformímetros que dependen de contacto por fricción. Si se utiliza un medidor integrado, deberá estar situado en forma que su movimiento de deformación ocurra a lo largo del eje longitudinal del cilindro.

Si se utilizan aparatos externos, las deformaciones serán medidas por lo menos sobre dos líneas medidoras espaciadas uniformemente alrededor de la periferia del espécimen. Los medidores pueden ser instrumentados para que la deformación media sobre todas las líneas del medidor puedan leerse directamente. La línea de medida efectiva será al menos tres veces el tamaño máximo del árido del hormigón.

Los aparatos de medir deformaciones, deberán ser capaces de medir por lo menos durante un año, sin cambios en la calibración.

EXTRACCIÓN Y PREPARACION DE LA MUESTRA

9. Tamaño del espécimen

El diámetro de cada espécimen será de $150 \pm 1,6$ mm ($6 \pm 1/16$ ") y la longitud será de 292 mm ($11\frac{1}{2}$ "), por lo menos. Cuando los extremos del espécimen están en contacto con los platos de carga de acero, la longitud del espécimen será igual a la longitud del aparato medidor de deformaciones más el diámetro del espécimen. Si los extremos del espécimen están en contacto con otros especímenes de hormigón similares al que se está ensayando, la longitud del espécimen será, por lo menos, igual a la del medidor de longitudes del dispositivo de medición de deformaciones, más 38 mm ($1\frac{1}{2}$ "). Entre el espécimen de ensayo y el plato de carga de acero, en cada extremo de una pila, deberá instalarse un cilindro adicional no instrumentado cuyo diámetro sea igual al del cilindro que se ensaya, y cuya longitud sea al menos igual a la mitad de su diámetro.

10. Fabricación de especímenes

El tamaño máximo del árido que se vaya a utilizar no deberá exceder de 50 mm (2"). Los cilindros fundidos verticalmente se fabricarán conforme a lo indicado en el Método H0302; los extremos de cada cilindro cumplirán los requisitos del Método H0303.

Los cilindros fundidos horizontalmente se consolidarán por métodos apropiados para la consistencia del hormigón. Deberá ponerse mucha atención para que la varilla o el vibrador no golpeen el medidor de deformación. Cuando se utilice vibración, el hormigón se colocará en una capa y el elemento vibrador no tendrá más de 32 mm ($1\frac{1}{4}$ ") de diámetro. Si la compactación se hace por apisonado, el hormigón se colocará en dos capas aproximadamente iguales y cada capa recibirá 25 golpes de varilla uniformemente distribuidos a cada lado del medidor de deformación.

Después de la consolidación, el hormigón será nivelado con un palustre o llana, manipulándolo lo menos posible para conformar el hormigón en la apertura. Una plantilla curvada con el radio del espécimen puede utilizarse como un emparejador para darle forma y acabado más precisos al hormigón en la abertura.

Las exigencias de aplanamiento de los extremos de los especímenes cilíndricos pueden lograrse por refrentado, recubrimiento, o al momento de fundir, fijando los extremos con platos de apoyo normales al eje del cilindro.

11. Número de especímenes

Para cada condición de ensayo se harán no menos de seis (6) especímenes de una bachada de hormigón dada. Se ensayarán dos por resistencia a la compresión, dos se cargarán y se observarán para la deformación total, y dos permanecerán sin carga para usarlos como controles para indicar deformaciones debidas a causas distintas a las cargas. Cada uno de los especímenes para deformación y control estará sometido a los mismos tratamientos de almacenamiento y curado, que el espécimen cargado.

12. Curado normal

Antes de desmoldarlos, los especímenes serán almacenados a $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ($73 \pm 3^{\circ}\text{F}$) y cubiertos para evitar la evaporación. Los especímenes se extraerán de los moldes no antes de 20 horas ni después de 48 horas de su fabricación, y se almacenarán bajo condiciones húmedas a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ($73 \pm 3^{\circ}\text{F}$) hasta los 7 días. La condición húmeda, es cuando se mantiene agua libre sobre toda la superficie de los especímenes, permanentemente. No se someterán a chorros de agua corriente, ni serán almacenados dentro de depósitos llenos de agua. Después de terminado el curado húmedo, los especímenes se almacenarán a temperatura de $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($73 \pm 2^{\circ}\text{F}$) y con una humedad relativa del $50 \pm 4\%$, hasta la terminación del ensayo.

13. Curado básico para flujo plástico

Si se desea evitar la pérdida o ganancia de agua durante el almacenamiento y el período de ensayo, los especímenes en el momento de su fabricación o desmolde, serán encerrados y sellados dentro de cubiertas impermeables para evitar pérdidas de humedad por evaporación y permanecerán sellados durante el período de almacenamiento y curado.

14. Otras condiciones de curado

Otras condiciones sobre ambientes de curado y edad para el ensayo pueden ser utilizadas, sustituyendo las fijadas, cuando se requiera esta información para aplicaciones específicas. En este caso, se incluirán en el reporte del ensayo dichas condiciones, cuidadosamente detalladas.

PROCEDIMIENTO

15. Edad para el ensayo

Cuando el propósito del ensayo, es comparar el potencial de flujo plástico de diferentes hormigones, inicialmente se cargan los especímenes a una edad de 28 días. Cuando se quiere conocer el comportamiento completo del flujo plástico de un hormigón dado, se deberán preparar especímenes para carga inicial a los 2, 7, 28 y 90 días, y un año. Si se necesita la información para otras edades de carga, señálense esas edades en el informe.

16. Detalles de carga

Inmediatamente antes de cargar los especímenes de flujo plástico, determínese la resistencia a la compresión de los cilindros de resistencia, de acuerdo con el Método H0307. En el momento que los especímenes de flujo no sellados son colocados en el dispositivo de carga, cúbranse los extremos de los cilindros de control para evitar la pérdida de humedad. Cárguese el espécimen con una intensidad de carga no mayor que el 40% de la resistencia a la compresión a la edad de carga.

Tómense lecturas de deformación en forma inmediata, antes y después de la carga, 2 y 6 horas más tarde, después diariamente, durante 1 semana, semanalmente durante 1 mes y mensualmente durante 1 año. Antes de tomar cada lectura de deformación, mídase la carga. Si la carga varía más del 2% del valor correcto, deberá ajustarse. Tómense lecturas de deformación sobre los especímenes de control para el mismo calendario de los especímenes cargados.

CALCULOS

17. Calcúlese la deformación total inducida por la carga unitaria, en cualquier momento, como la diferencia entre el valor de deformación promedio del espécimen cargado y el espécimen de control, dividido por el esfuerzo promedio.

Para determinar la deformación por flujo plástico, por kPa (lb/pulg²) para cualquier edad, réstese de la deformación inducida por la carga unitaria para esa edad, por kPa (lb/pulg²), la deformación por kilo Pascal (lb/pulg²) inmediatamente después de cargado.

Si se desea, puede, graficarse la deformación total por kPa (lb/pulg²) sobre un sistema de coordenadas semilogarítmico, en el cual el eje logarítmico representa el tiempo, para determinar las constantes 1/E y F(k), para la siguiente ecuación:

$$\epsilon = (1/E + F(k)\ln(t + 1))$$

Donde:

ϵ = Deformación total por kPa (lb/pulg²)

E = Módulo elástico instantáneo kPa (lb/pulg²)

F(k)= Tasa de flujo plástico, calculada como la pendiente de la recta que representa la curva de flujo plástico en un gráfico semilogarítmico.

t = Tiempo después de la carga, días

El valor 1/E es la deformación inicial elástica por kPa (lb/pulg²) y se determina de las lecturas de deformaciones, tomadas inmediatamente antes y después de la carga del espécimen. Si la carga no se desarrolló rápidamente, puede ocurrir algo de flujo antes de que la deformación después de la carga haya sido observada, en cuyo caso, la extrapolación al tiempo cero puede hacerse por el método de los mínimos cuadrados, para determinar este valor.

INFORME

El informe deberá incluir lo siguiente:

- a) Contenido de cemento, relación agua cemento, tamaño máximo del árido, asentamiento.
- b) Posición del cilindro cuando fue fundido.
- c) Tipo y origen del cemento, mezcla de áridos y agua de mezclado.
- d) Condiciones de almacenamiento antes y después de la carga.
- e) Edad y duración de la carga.
- f) Resistencia a la compresión a la edad de carga.
- g) Tipo de aparato para medir esfuerzos.
- h) Magnitud de cualquier precarga.
- i) Intensidad de la carga aplicada.
- j) Esfuerzo elástico inicial
- k) Esfuerzo de flujo plástico en kPa (lb/pulg²) a las edades indicadas y a un año.
- l) Tasa de flujo plástico, F (k), si se determina.

H0313. CALIDAD DEL AGUA PARA HORMIGONES (AASHTO T26)

OBJETO

Este método establece el procedimiento para determinar la acidez o alcalinidad y el contenido de sólidos totales y materia orgánica.

ACIDEZ Y ALCALINIDAD

1. La acidez o alcalinidad se deberán determinar por alguno de los métodos A o B que se describen a continuación. Si se requiere gran precisión, se deberá emplear el método B.
 - a) La acidez o alcalinidad se determinarán con soluciones patrón 0.1.N alcalina o ácida, respectivamente, usando no menos de 200 ml del agua bajo control. Se podrán usar como indicadores fenolftaleína o naranja metílica. Excesivas acidez o alcalinidad indican la necesidad de ensayos adicionales.
 - b) La concentración del ión hidrógeno se determinará por los métodos electrométrico o colorimétrico en conjunto con el indicador adecuado y se deberá expresar en unidades de pH ($pH = \log(1/H^+)$)
Cuando el pH sea inferior a 4.5 o mayor de 8.5 se requieren ensayos adicionales. (El valor pH es el logaritmo del inverso de la concentración del ión hidrógeno (H^+) en moles por litro. Por ejemplo, una solución con pH de 4.5 tiene una concentración de ión hidrógeno de $10^{-4.5}$).
 - c) El procedimiento para asegurar los valores de pH deberá ser controlado totalmente por el método empleado, sea el electrométrico o el colorimétrico. El procedimiento a seguir en la determinación se basará en el tipo de aparato usado y estará de acuerdo con los métodos e instrucciones suministrados por el fabricante del aparato en uso. Los aparatos empleados, sean electrométricos o colorimétricos, deberán tener un rango de trabajo aceptable para el ensayo que se esté realizando.
2. Método de garantía A: Concentración del ión cloruro
Se deberá determinar conforme lo establece la norma ASTM D-512, "Ión cloruro en agua industrial y agua industrial de desecho".
3. Método de garantía B: Concentración del ión sulfato
Se determinará de acuerdo con la norma ASTM D-516, "Ión sulfato en agua industrial y agua industrial de desecho". Método de garantía (gravimétrico).

SÓLIDOS TOTALES Y MATERIA ORGANICA

4. Se evaporarán, hasta la sequedad, 500 ml en un recipiente tarado. Para este propósito, es conveniente un recipiente de platino de 100 a 200 ml de capacidad. El recipiente se llenará casi en su totalidad con agua y se colocará en un baño de agua, adicionando periódicamente porciones a la muestra de agua, hasta completar los 500 ml.
El contenido del recipiente se evaporará hasta la sequedad y se colocará en un horno a 132°C (270°F) por una hora, después de la cual se retirará el recipiente del horno, se enfriará en un desecador y se pesará. El peso del residuo en gramos, dividido por 5, será el porcentaje total de sólidos en el agua.
5. Los sólidos obtenidos pueden estar constituidos por materia orgánica, materia inorgánica o una combinación de ellas. El recipiente de platino se encenderá a bajo calor rojo y el oscurecimiento del residuo durante la primera etapa del calentamiento suele indicar la presencia de materia orgánica. El porcentaje perdido por la ignición a bajo rojo es una indicación del contenido de materia orgánica, pero debe tenerse presente que algunas sales minerales tienden a volatilizarse o descomponerse parcialmente con el calor.
6. La determinación de la composición de la materia mineral en el agua requiere un análisis químico completo que no se suele efectuar, a no ser que la proporción de sólidos sea muy elevada o el agua

tienda a dar resultados anormales en otros ensayos Los resultados se indicarán de manera separada por componentes, en partes por millón.

7. Se puede hacer una comparación del agua bajo ensayo con agua destilada, mediante la expansión en autoclave del cemento Portland, el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante la aguja de Vicat, o el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante la aguja de Gillmore y la resistencia a compresión de los morteros de cemento hidráulico, empleando el mismo cemento con cada agua.

Los límites sugeridos de estos ensayos, son los siguientes: Cualquier indicación de falta de solidez, cambios marcados en los tiempos de fraguado, o una reducción de más de 10% en la resistencia con respecto a la mezcla elaborada con el agua destilada, pueden ser motivos suficientes para rechazar el agua bajo ensayo.

H0314. TOMA DE NÚCLEOS Y VIGAS EN HORMIGONES ENDURECIDOS (ASTM C 42 AASHTO T24)

OBJETO

1. Este método se refiere al procedimiento de obtención, preparación y ensayo de (a) núcleos extraídos de estructuras de hormigón para determinaciones de longitud o resistencia a la compresión o a la tracción indirecta, y (b) vigas aserradas de estructuras de hormigón para determinaciones de resistencia a la flexión.

EQUIPO Y MATERIALES

2. Sacanúcleos

Para obtener probetas cilíndricas. Si las probetas deben ser extraídas por taladrado perpendicular a una superficie horizontal, resulta satisfactorio un taladro de percusión; pero si las probetas deben ser taladradas en otra dirección o si su diámetro se debe determinar con exactitud para un cálculo más preciso de la resistencia a la compresión, se emplearán brocas de diamante.

3. Sierra

Para obtener probetas en forma de viga del tamaño adecuado para efectuar ensayos de resistencia a la flexión. La sierra deberá tener un borde cortante de diamante o carburo de silicio y deberá poder cortar las probetas con las dimensiones prescritas, sin calor excesivo o impacto.

CONDICIONES GENERALES

4. Generalidades

Las muestras de hormigón endurecido para uso en la preparación de probetas para ensayos de resistencia, no se deberán tomar hasta que el hormigón haya endurecido lo suficiente para permitir la remoción de la muestra sin perturbar la adhesión entre el mortero y el árido grueso. En general, el hormigón deberá tener una edad de catorce (14) días antes de la extracción de las probetas. Cuando se preparen probetas para ensayos de resistencia de muestras de hormigón endurecido, se deberán descartar aquellas que presenten defectos o que se hayan deteriorado durante el proceso de extracción.

Las probetas que contengan acero de refuerzo no se deberán usar para determinar la resistencia a la tracción indirecta. En caso de ensayos para determinar la resistencia a la flexión, no se usarán probetas que tengan refuerzo en la porción sometida a tensión.

Nota 1. Los núcleos que contengan refuerzo y estén destinados a la determinación de la resistencia a la compresión, pueden dar resultados mayores o menores que los núcleos sin acero embebido y, en lo posible, se deben evitar o recortar para eliminar el refuerzo, proporcionando simultáneamente una relación L/D de 1.0 o mayor.

5. Extracción de núcleos

Siempre que sea posible, los núcleos se extraerán perpendicularmente a una superficie horizontal, de manera que su eje sea perpendicular a la capa de hormigón tal como se colocó originalmente y cuidando de no hacerlo en vecindades de juntas o bordes obvios del elemento construido. Las probetas tomadas en dirección perpendicular a una superficie vertical o a una superficie irregular, se deberán extraer lo más cerca que sea posible del centro de la pieza y nunca cerca de juntas o bordes de ella.

6. Remoción de losas

Se deberá remover una losa de tamaño suficiente para asegurar las probetas de ensayo deseadas, excluyendo todo hormigón agrietado, astillado, mal cortado o con cualquier otra irregularidad.

NUCLEOS

7. Probetas para determinación de longitud

Deberán tener un diámetro de cuando menos cien (100) milímetros. La medida de la longitud de los núcleos se hará conforme se describe en el Método H0315.

8. Resistencia a compresión

Probetas de Ensayo

Los diámetros de los núcleos para la determinación de la resistencia a compresión deberán ser, como mínimo, iguales a tres (3) veces el tamaño máximo nominal del árido grueso del hormigón. Su longitud, luego del refrentado, deberá ser lo más aproximada posible al doble del diámetro. No se deberán ensayar núcleos cuya altura sea inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de su diámetro antes del refrentado o menor de su diámetro después dicha operación.

Preparación de las bases

Las bases de los núcleos que van a ser ensayados a la compresión, deberán ser sensiblemente lisas, perpendiculares a su eje longitudinal y del mismo diámetro del cuerpo del núcleo. De ser necesario, las bases se deberán aserrar o maquinarse hasta cumplir los siguientes requisitos:

- Las salientes, si las hay, no se deberán extender más allá de 0.2 pulgadas (5mm) de la superficie de la base.
- Las superficies de las bases no se podrán apartar de la perpendicularidad al eje longitudinal en más de 5°, y
- El diámetro de las bases no deberá diferir en más de 0.1 pulgadas (2,5mm) del diámetro medio del núcleo.

9. Acondicionamiento en humedad

Las probetas de ensayo se deberán sumergir en agua saturada de cal a $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ ($73.4 \pm 3.0^{\circ}\text{F}$) por un período no inferior a 40 horas, antes someterlas al ensayo de resistencia a la compresión. Durante el lapso transcurrido entre el retiro de las probetas del agua y el ensayo, se deberán cubrir con una sábana, una arpillera húmeda u otra tela absorbente que resulte adecuada.

Nota 2. Cuando lo exija la entidad para la cual se realizan las pruebas, los núcleos se podrán ensayar en una condición de humedad diferente a la alcanzada por la inmersión durante un mínimo de 40 horas. Los factores de corrección por la relación longitud/diámetro que se muestran en el numeral 5.7, son aplicables tanto al hormigón seco, como al sometido a inmersión en agua. Instrucciones para la consideración del ensayo en condiciones diferentes a las alcanzadas por inmersión por 40 horas o más, se pueden hallar en el capítulo 17 del documento ACI-301 y en el capítulo 4 del ACI-318.

10. Refrentado

Las bases de los núcleos se deberán refrentar antes del ensayo de acuerdo con el procedimiento prescrito en la sección pertinente de la norma del Método H0303. Las superficies refrentadas deberán cumplir los requisitos de uniformidad exigidos en la misma norma.

11. Medida

Antes del ensayo, se deberá medir la longitud del núcleo refrentado con aproximación a la décima de pulgada (2.5mm), longitud que se empleará para el cálculo de la relación longitud/diámetro. El diámetro se determinará promediando dos (2) medidas tomadas en ángulos rectos entre sí, aproximadamente en la mitad de la probeta. Siempre que sea posible, la medida del diámetro se realizará con aproximación a la centésima de pulgada (0.25mm), pero como mínimo a la décima de pulgada (2.5mm).

Nota 3. La mayoría de los núcleos no tienen la lisura suficiente para justificar medidas del diámetro con aproximación mayor a la décima de pulgada (2,5mm).

12. Ensayo

El ensayo a compresión de los núcleos se efectuará tal como se describe en el Método H0307, "Resistencia a la compresión de cilindros de hormigón".

13. Cálculos

El cálculo de la resistencia a la compresión de cada probeta se realizará utilizando su sección transversal basada en el diámetro medio determinado según se indicó en 11. Si la relación longitud/diámetro es apreciablemente inferior a dos (2), la resistencia a compresión calculada se deberá multiplicar por un factor de corrección, como se indica a continuación:

Relación L/D	Factor de corrección de resistencia
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

- d) Estos factores de corrección se aplicarán a hormigón liviano (1.600 a 1.920 kg/m³) y a hormigón normal, y son aplicables tanto a hormigón seco como húmedo en el momento del ensayo.

Los valores que no estén indicados en la tabla, se obtendrán por interpolación.

Los factores de corrección son aplicables para resistencias nominales a la compresión entre 13,8 a 41,4 MPa (2000 y 6000 libras por pulgada cuadrada). (Los factores de corrección dependen de diferentes condiciones, tales como la resistencia y el módulo elástico. Los valores que se dan en la tabla son promedio).

14. Informe

Los resultados se informarán como lo exige el Método H0307, adicionando los siguientes datos:
Longitud de la probeta antes y después del refrentado.

Resistencia a la compresión aproximada a 68,9 kPa (10 libras/pulgada cuadrada) cuando el diámetro se haya medido con aproximación a 0,25mm (centésima de pulgada), y a 344,5 kPa cuando el diámetro se haya medido con aproximación a 2,5mm (la décima de pulgada), luego de la corrección longitud/diámetro, si ella se requiere.

Dirección de aplicación de la carga en la probeta con respecto al plano horizontal del hormigón.

Condición de humedad en el momento del ensayo, y

Tamaño máximo nominal del árido del hormigón.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

15. Probetas para ensayo

Estarán de acuerdo con los requisitos sobre dimensiones, indicados en el punto 8. Las bases no se deberán refrentar.

16. Condiciones de humedad

Antes de ensayarlos, los núcleos deberán ser acondicionados como se describe en el punto 9.

17. Superficies de soporte

La línea de contacto entre la probeta y cada pieza de apoyo deberá ser recta y libre de salientes o depresiones mayores de 0.01 pulgadas (0,25mm). En caso contrario, la probeta deberá ser rectificadas o refrentadas de manera de producir líneas de apoyo que cumplan estos requisitos. No se usarán probetas con salientes o depresiones superiores a 0.1 pulgadas (2,5mm). Cuando se emplee refrentado, la capa deberá ser tan delgada como sea posible y deberá estar formada de pasta de yeso de alta resistencia.

18. Ensayo

Las probetas se ensayarán de acuerdo con lo indicado en el Método H0307.

19. Cálculos e informe

El cálculo de la resistencia y el informe se harán conforme lo indica el Método H0307. Cuando se haya requerido rectificación o refrentado de las probetas, el diámetro se deberá medir entre las superficies terminadas. Se deberá indicar que la probeta es un núcleo y su condición de humedad en el momento del ensayo

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

20. Probetas para ensayo

Una viga para el ensayo de resistencia a la flexión deberá tener, en general, una sección de 150mm X 150mm (6X6 pulgadas) (Nota 4). El espécimen deberá tener, cuando menos, 533mm (21 pulgadas) de longitud, pero cuando se vayan a realizar dos ensayos de resistencia a la flexión sobre un espécimen, éste deberá tener no menos de 838mm (33 pulgada) de longitud. La operación de aserrado se deberá efectuar de manera que el hormigón no se vea debilitado por golpes o por calor. Las superficies aserradas deberán ser lisas, planas, paralelas y libres de huellas, salientes y ranuras. Se deberá tener cuidado durante el manejo de las vigas aserradas, con el fin de evitar astillamientos o agrietamientos.

Nota 4. En muchos casos, particularmente con prismas cortados de losas de pavimentos, el ancho estará gobernado por el tamaño del árido y la profundidad por el espesor de la losa.

21. Acondicionamiento en humedad

Las probetas de ensayo se deberán sumergir en agua saturada de cal a $23\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ ($73.4\pm 3.0^{\circ}\text{F}$) por un período no inferior a 40 horas antes de efectuar el ensayo a flexión. El ensayo se deberá efectuar con la mayor prontitud luego de sacar las probetas del agua. Durante el lapso transcurrido entre la remoción del agua y el ensayo, se deberán cubrir con una sábana, una arpillera húmeda u otra tela absorbente que resulte adecuada.

Nota 5: Cuando lo exija la entidad para la cual se realizan las pruebas, las vigas se podrán ensayar en una condición diferente a la alcanzada por inmersión durante un mínimo de 40 horas.

Cantidades relativamente pequeñas de secado de la superficie de vigas para ensayo de resistencia a la flexión, inducen esfuerzos de tensión en las fibras extremas, los cuales reducen notoriamente la resistencia a la flexión.

22. Ensayo

Las probetas se ensayarán de acuerdo con las disposiciones del Método H0310.

Nota 6. Las resistencias a compresión de porciones de vigas rotas a la flexión, se pueden determinar ensayando dichas porciones como cubos modificados, de acuerdo con el Método H0311.

Nota 7. El aserrado puede producir reducciones sustanciales de la resistencia a la flexión; por lo tanto, las vigas se deberán ensayar con una superficie moldeada en tensión siempre que sea posible. Deberá indicarse la ubicación de la cara de tensión respecto a la posición del hormigón como fue colocado, así como la posición de las superficies aserradas.

INFORME

Los resultados se deberán informar de acuerdo con lo que resulte aplicable del Método H0310 y los requerimientos de este método, incluyendo la condición de humedad de las vigas en el momento de ensayo.

H0315. MEDIDA DE LA LONGITUD DE NÚCLEOS DE HORMIGÓN (ASTM C 174 AASHTO T148)

OBJETO

Este método cubre el procedimiento para determinar la longitud de un núcleo extraído de una estructura de hormigón, en particular de un pavimento rígido.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. El aparato será un calibrador que servirá para medir la longitud de los elementos axiales del núcleo. Los detalles de su diseño mecánico no se encuentran prescritos, pero deberá cumplir los requerimientos indicados en los numerales 3 a 7.
2. El aparato deberá tener un diseño tal, que el núcleo pueda ser sostenido con su eje axial en posición vertical por tres (3) soportes simétricamente colocados descansando contra el extremo inferior.
3. El calibrador deberá permitir el acomodo de núcleos de diferente longitud, en un rango de 100 a 250 milímetros, cuando menos.
4. El calibrador deberá estar diseñado de manera que sea posible hacer una medida de longitud en el centro del extremo superior de la probeta y en ocho (8) puntos adicionales espaciados a iguales intervalos a lo largo de la circunferencia de un círculo cuyo centro coincida con el del área de la base de la probeta y cuyo radio no sea menor de un medio (1/2) ni mayor de tres cuartos (3/4) del radio de la probeta.
5. La vara de medida u otro dispositivo que haga contacto con la superficie de la base del núcleo deberá doblarse con un radio de 3,2mm (1/8pg). La escala en la cual se medirán las longitudes deberá marcarse con graduaciones claras, definidas y espaciadas a intervalos exactos.
6. El aparato deberá ser estable y suficientemente rígido para mantener su forma y alineamiento sin distorsión o deflexión mayor a 0,25mm durante las operaciones normales de medida.
7. Los núcleos usados como probetas para la medida de la longitud, deberán ser representativos del hormigón en la estructura de la cual se han extraído. El núcleo deberá ser taladrado con el eje en posición normal a la superficie de la estructura, y las bases deberán encontrarse libres de condiciones que no sean características de las superficies de la estructura. No se deberán emplear núcleos que presenten defectos importantes o que se hayan dañado considerablemente durante el barrenado.

PROCEDIMIENTO

8. Antes de medir la longitud del núcleo, se deberá calibrar el aparato, de manera que se conozcan los errores debidos a sus imperfecciones mecánicas. Cuando los errores excedan de 0,25mm, se deberán aplicar correcciones adecuadas a las medidas de longitud.
9. La probeta se colocará en el aparato de medida con el extremo liso del núcleo, es decir, el extremo que representa la superficie superior de una losa de pavimento o la superficie conformada en el caso de otras estructuras, colocado hacia abajo para que quede apoyado contra los tres soportes de acero endurecido. La probeta deberá quedar colocada sobre los soportes de manera que la posición central de medida del aparato quede directamente sobre el punto medio de la base superior de la probeta.
10. Se deberán efectuar nueve (9) medidas de longitud en cada probeta, una en la posición central y una en cada una de las ocho (8) posiciones adicionales espaciadas a iguales intervalos a lo largo de la circunferencia del círculo de medida descrito en 5. Cada una de estas nueve (9) medidas deberá leerse directamente con aproximación de 2,5mm (0.1pg) y 1,27mm (0.05pg).

Nota.-Si en el transcurso de la operación de medida se descubre que uno o más de los puntos de medida de la superficie de la probeta no es representativo del plano general de la base del núcleo a causa de una pequeña saliente o depresión, la probeta deberá rotarse levemente alrededor de su eje, efectuando las nueve (9) medidas en la nueva posición.

INFORME

Las medidas individuales se deben registrar al 1,27mm (0.05pg) más cercano y el promedio de las nueve (9) medidas, aproximado a los 2,5mm (0.1pg) más cercanos, se informará como longitud del núcleo de hormigón.