



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION

CARRERA INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA:

**“ESTUDIO DE VERMICULITA COMO ÁRIDO PARA
ELABORAR HORMIGONES DE BAJA DENSIDAD Y AISLANTE
TERMICO”**

TUTOR

ING. CIVIL. MSC, MAX DARIO ALMEIDA FRANCO

AUTORES:

FELIPE SANTIAGO GONZÁLEZ BLANC

GUAYAQUIL, 2020

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TITULO Y SUBTITULO:

“ESTUDIO DE VERMICULITA COMO ÁRIDO PARA ELABORAR HORMIGONES DE BAJA DENSIDAD Y AISLANTE”.

AUTOR:

FELIPE SANTIAGO GONZÁLEZ BLANC

TUTOR:

ING. CIVIL. MSC. Max Darío Almeida Franco

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE
ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

FACULTAD:

INGENIERÍA INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2020

N. DE PAGS:

219

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Estructura, Cemento, Diseño, Arena, Desgaste.

RESUMEN:

El hormigón es el material de construcción por excelencia de nuestros tiempos. En efecto, hoy en día resulta casi imposible encontrar una construcción en la que no esté presente en alguna parte de la misma; desde tuberías, pavimentos de carreteras, hasta las grandes obras de la ingeniería civil como los puentes, los túneles o las presas, el hormigón forma parte de nuestra vida. Sin embargo, pocas veces nos paramos a pensar en cómo se ha proyectado tal hormigón, o de qué manera se ha puesto en obra, o en otras cuestiones relacionadas con un material que tanto servicio proporciona, frente a las grandes estructuras de hormigón, aquellas que nos impresionan, cuando solemos plantearnos cuál es el secreto de tal fantástico logro. Y es aquí donde el diseño de mezclas juega un papel primordial. Efectivamente, la dosificación tiene una gran importancia en el resultado final del hormigón y, por lo tanto, de la estructura, de manera que consideramos más que justificada la realización de un estudio que proporcione algunas pautas básicas para el correcto diseño de los hormigones. En este sentido, es importante tener en cuenta que una de las principales ventajas del hormigón como

<p>material de construcción es su capacidad de adaptación a las circunstancias de cada caso concreto, que en gran parte puede obtenerse, también, mediante el dominio del arte de la dosificación.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):		N. DE CLASIFICACIÓN:
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR: GONZÁLEZ BLANC FELIPE SANTIAGO	Teléfono: 0994899891	E-mail: felip.83_4@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. ALEX SALVATIERRA ESPINOZA, DECANO Teléfono: 2596500 EXT. 241 E-mail: asalvatierae@ulvr.edu.ec MSc. Ing. Milton Gabriel Andrade Laborde SUBDECANO (04) 259 6500 Ext. 210 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUDES

ESTUDIO DE VERMICULITA

por Felipe Santiago Gonzalez Blanc

Fecha de entrega: 29-oct-2020 02:44p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1430463962

Nombre del archivo: tesis_vermiculita_septiembre.docx (30.49M)

Total de palabras: 32237

Total de caracteres: 167844

ESTUDIO DE VERMICULITA

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS



Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 1%
Excluir bibliografía Activo

~~Francisco~~ Vermiculita Francisco

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante/egresado GONZÁLEZ BLANC FELIPE SANTIAGO, declaro bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, ESTUDIO DE VERMICULITA COMO ÁRIDO PARA ELABORAR HORMIGONES DE BAJA DENSIDAD Y AISLANTE TERMICO corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.



Firma: -----

FELIPE SANTIAGO GONZÁLEZ BLANC

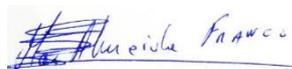
C.I. 0924627268

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación ESTUDIO DE VERMICULITA COMO ÁRIDO PARA ELABORAR HORMIGONES DE BAJA DENSIDAD Y AISLANTE TERMICO, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de ingeniería, industria y construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: ESTUDIO DE VERMICULITA COMO ÁRIDO PARA ELABORAR HORMIGONES DE BAJA DENSIDAD Y AISLANTE TERMICO), presentado por el estudiante FELIPE SANTIAGO GONZÁLEZ BLANC como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma: -----

ING. CIVIL. MSC. MAX DARIO ALMEIDA FRANCO

C.I. 0906706981

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud, sabiduría e inteligencia para poder salir adelante.

A mis padres Isidro González y Martha Blanc, por el apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos por su confianza que depositaron en mí, y por estar pendientes en mi crecimiento profesional.

A mi esposa por estar siempre en mis agotadoras jornadas de estudio.

A mi tutor por el acompañamiento para la elaboración de mi proyecto de investigación.

A mis docentes y compañeros de aula, por compartir con ellos experiencias y aprendizajes día a día a lo largo de la carrera.

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de investigación a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; mucho de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me forjaron como reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias madre y padre.

INDICE

Página

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	vi
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	vii
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Tema.	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Formulación del Problema	3
1.4. Sistematización del Problema	4
1.5. Objetivos de la investigación	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. Justificación de la investigación.....	4
1.7. Delimitación de Problema.	6
1.8. Hipótesis.....	6
1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad.	7
2. MARCO TEORICO	8
2.1. Marco teórico.....	8
2.1.1. Antecedentes históricos	8
2.1.2. Componentes básicos.....	8
2.1.3. Referencias del Tema.	19
2.1.4. Hormigón.....	31
2.1.5. Agregados.....	32
2.1.6. Concepto.	33
2.1.7. Clasificación.....	34
2.2. Marco conceptual	49
2.3. Marco legal.....	51
CAPÍTULO III	54
3. Metodología de la investigación	54
3.1. Metodología de estudio.	54
3.2. Tipo de investigación.....	55
3.3. Enfoque	56
3.4. Técnicas de la investigación.	57
3.5. Población.....	57
3.6. Muestra	58

3.7. Análisis de resultados.....	59
CAPITULO IV	60
4. PROPUESTA	60
4.1. Objetivo general de la propuesta.....	60
4.2. Objetivos específicos de la propuesta.....	60
4.3. Desarrollo experimental.....	60
4.4. Investigación de campo.....	61
4.5. Diseño patrón de hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm ²	61
4.5.1. Contenido de humedad.....	64
4.5.2. Granulometría.	66
4.5.3. Peso unitario.	68
4.5.4. Gravedad específica y absorción.	70
4.5.5. Abrasión.	72
4.5.6. Diseño de hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm ²	74
4.5.7. Ensayos del agregado vermiculita	75
4.5.8. Diseño de hormigón con vermiculita.....	81
4.6. Rotura de cilindros.	83
4.7. Gráfico de roturas.	84
4.8. Análisis del diseño de hormigón.....	84
4.9. Análisis como aislante térmico.....	85
4.10. Conclusiones.	90
4.11. Recomendaciones	92
Bibliografía.....	93
ANEXOS 1.....	95
NORMAS M.T.O.P.....	95
DESCRIPCIÓN	110
ANEXOS 2.....	148
NORMAS INEN	148

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Línea de investigación institucional/facultad	7
Tabla 2: Modulo elástico.....	49
Tabla 3: Contenio de humedad agregado fino	64
Tabla 4: Contenio de humedad agregado grueso	65
Tabla 5: Granulometría agregado fino	66
Tabla 6: Granulometría agregado grueso	67
Tabla 7: Peso unitario agregado fino	68
Tabla 8 Peso unitario agregado grueso	69
Tabla 9: Gravedad específica y absorción agregado fino	70
Tabla 10: Gravedad específica y absorción agregado grueso	71
Tabla 11: Abrasion agregado grueso.....	72
Tabla 12 Diseño de hormigon f'c 210 Kg/cm2	74
Tabla 13: Contenio de humedad agregado vermiculita.....	75
Tabla 14: Granulometría agregado vermiculita	76
Tabla 15: Peso unitario agregado vermiculita.....	77
Tabla 16: Gravedad específica y absorción agregado vermiculita	78
Tabla 17: Abrasion agregado vermiculita	79
Tabla 18: Diseño de hormigon con vermiculita.....	81
Tabla 19: <i>Diseño de hormigón con vermiculita con cemento adicional</i>	82
Tabla 20: Control de rotura de cilindro de hormigon	83
Tabla 21: Grafico de rotura de cilindro de hormigon	84
Tabla 22: Analisis de precios unitarios	87
Tabla 23: Analisis de precios unitarios	88
Tabla 24: Analisis de precios unitarios	89

Índices de figuras

Figura 1: Hormigón	31
Figura 2: Funciones del cemento.....	39
Figura 3: Aridos de granulometria continua	45
Figura 4: Trituración de la grava vermiculita.....	61
Figura 5: Preparación de los materiales para el diseño de hormigón.....	62
Figura 6: Peso volumetrico de la vermiculita	62
Figura 7: Rotura de cilindro de hormigon.....	63
Figura 8 Rotura de cilindro de hormigon.....	63
Figura 9: Toma de temperatura en paneles	85
Figura 10: Toma de temperatura en paneles	86

Introducción

El hormigón es el material de construcción por excelencia de nuestros tiempos. En efecto, hoy en día resulta casi imposible encontrar una construcción en la que no esté presente en alguna parte de la misma; desde tuberías, pavimentos de carreteras, hasta las grandes obras de la ingeniería civil como los puentes, los túneles o las presas, el hormigón forma parte de nuestra vida

Sin embargo, pocas veces nos paramos a pensar en cómo se ha proyectado tal hormigón, o de qué manera se ha puesto en obra, o en otras cuestiones relacionadas con un material que tanto servicio proporciona, frente a las grandes estructuras de hormigón, aquellas que nos impresionan, cuando solemos plantearnos cuál es el secreto de tal fantástico logro.

Y es aquí donde el diseño de mezclas juega un papel primordial. Efectivamente, la dosificación tiene una gran importancia en el resultado final del hormigón y, por lo tanto, de la estructura, de manera que consideramos más que justificada la realización de un estudio que proporcione algunas pautas básicas para el correcto diseño de los hormigones.

En este sentido, es importante tener en cuenta que una de las principales ventajas del hormigón como material de construcción es su capacidad de adaptación a las Circunstancias de cada caso concreto, que en gran parte puede obtenerse, también, mediante el dominio del arte de la dosificación.

Con todo, parece lógico que un material formado por agua, cemento y áridos, aún correctamente dosificado, pueda presentar limitaciones en determinadas situaciones, que se acentúan ante una exigencia cada vez mayor del uso del hormigón en nuevos retos tecnológicos. Esto implica que deban introducirse ciertas modificaciones en su constitución o en su tecnología, básicamente a través de la incorporación de otros materiales que permitan mejorar las propiedades del hormigón en la dirección deseada.

Así, el empleo de fibras, micro sílice, plastificantes y plastificantes, cenizas volantes, aireantes, entre otros productos, es cada vez más habitual en determinadas aplicaciones, siendo una tendencia de futuro clara para obtener un material más

competitivo. No obstante, el modo en que se utilizan estas sustancias se basa, en general, en las indicaciones del fabricante o de alguna normativa y en el buen criterio y experiencia de la persona que diseña la mezcla. La no existencia de procedimientos metódicos implica que resulte imprescindible un buen conocimiento del hormigón y de la influencia de tales materiales en la dosificación y propiedades resultantes de cara a enfrentarnos al diseño de cualquier mezcla de estas características con éxito.

Además de las ya comentadas, existen otras razones que justifican un estudio como en el que en este proyecto de titulación presenta. En la literatura mundial se pueden hallar decenas de métodos de dosificación para hormigones convencionales. Sin embargo, no todos los métodos son válidos para cualquier mezcla que se desee diseñar, es decir, en función de los requisitos que deba cumplir el hormigón en cada caso, de las condiciones locales, de las costumbres del lugar, entre otros aspectos, se elegirá un método u otro de dosificación.

En realidad, el hecho que actualmente la mayor parte de la producción del hormigón se realice en plantas de dosificación ha propiciado que éstas hayan desarrollado su propia metodología, sobre todo para ser más competitivas y obtener el máximo ahorro en el consumo de cemento.

Por otra parte, en la dosificación de hormigones no convencionales, como los de alta resistencia, proyectados, deslizados, compactados con rodillo, y, en definitiva, todos aquellos que salgan de una dosificación típica, se puede constatar la no existencia, en general, de procedimientos de dosificación universalmente aceptados, por lo que su diseño se basa en indicaciones contenidas en alguna normativa, cuando las haya, y, sobre todo, en la experiencia personal y de otros.

Así pues, la poca capacidad de generalización que usualmente presentan los métodos numéricos de dosificación para hormigones normales, además de lo obsoleto de algunos, unido al hecho de que en la actualidad se utilicen de forma mayoritaria métodos de dosificación empíricos, es decir, basados en la experiencia, la no existencia de métodos de dosificación propios para hormigones no convencionales y la incapacidad de adaptarse los métodos normales a éstos, crea un panorama confuso, que hace necesaria la aportación de algunas pautas que permitan tener cierto criterio para enfrentarse al diseño de todo tipo de mezclas.

CAPÍTULO I

1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

Estudio de la vermiculita como árido para elaborar hormigones de baja densidad y aislante térmico.

1.2. Planteamiento del Problema

El mal uso de los materiales y dosificación de los mismos en la elaboración de hormigones de baja densidad para contra pisos. Aceras, bordillos, causa que el hormigón no posea las propiedades de resistencia y duración, deseable, reflejándose en daños posteriores a la ejecución de la obra

Así, los hormigones convencionales con el paso del tiempo generan fisuras en las estructuras; y, para ello, se ha propuesto el uso de vermiculita para brindar una solución a los diversos problemas antes mencionados. Se eligió a la vermiculita porque es un material que se compone de minerales conformado por pequeñas rocas, lo que le hace ideal como reemplazo de otros insumos dentro de la industria de la construcción, siendo muy interesante para estudiar y considerar debido a sus propiedades que le pueden convertir en un árido apropiado para elaborar hormigón (Ruano, 2016)

1.3. Formulación del Problema

¿Cómo sería el uso la vermiculita como agregado para mejorar la resistencia, durabilidad de los hormigones de baja densidad?

1.4. Sistematización del Problema

1. ¿Cuál es la dosificación de la vermiculita para la elaboración de hormigón de baja densidad?
2. ¿Cómo es el comportamiento de los hormigones utilizando la vermiculita?
3. ¿Cómo se comporta la resistencia en hormigones elaborados con la vermiculita?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Diseñar hormigones utilizando la vermiculita como árido, para mejorar la resistencia y durabilidad

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la dosificación para la elaboración del hormigón de baja densidad
- Analizar el comportamiento de la vermiculita en hormigón, mediante ensayos de compresión
- Determinar cómo es el comportamiento del uso de la vermiculita en hormigones de baja densidad en la resistencia a la compresión

1.6. Justificación de la investigación.

Se analiza el estudio de la vermiculita como árido para elaborar hormigones de baja densidad, para mejorar su resistencia, durabilidad, por medio de ensayos del laboratorio como es el de la compresión

Se analizará el comportamiento de la vermiculita como agregado en el hormigón

Se procederá a describir el comportamiento de la vermiculita en la mezcla del hormigón

Se formulará los resultados para la dosificación más idónea del hormigón utilizando la vermiculita

Incorporar a la vermiculita en la mezcla del hormigón como agregado es muy significativo al obtenerse resultados de su resistencia y durabilidad, evaluando los costos beneficios del mismo, ayudando de esta manera al sector de la construcción

La producción de un hormigón óptimo es necesario para garantizar un producto con acabado de calidad, que garantice durabilidad, resistencia, y que sea maleable, ya que de esto último dependen los tiempos de ejecución en obra, traduciéndose en reducción de costos y tiempos de obra

Al utilizar la vermiculita como árido natural se pretende mejorar la resistencia, durabilidad, del hormigón.

El contenido de la presente investigación busca dar cumplimiento y enmarcarse dentro de los objetivos establecidos dentro del Plan del Buen Vivir (PBV) vigente en el Ecuador y actualizado desde el año 2017. Así, la propuesta será de gran aporte e interés para toda la industria de la construcción. En el Plan Nacional del Buen Vivir se hace mención a el impulso y la aplicación de una nueva matriz productiva donde se destaque la generación de los insumos que se producen dentro del territorio ecuatoriano, de ahí que las industrias y actividades económicas que se ejecutan dentro del Ecuador busquen su conformación, adaptación y conversión, así como también la creación de nuevas actividades.

Así, el Plan Nacional del Buen Vivir relaciona su objetivo 10 sobre “Impulsar el cambio de la matriz productiva” teniendo una estrecha relación con la propuesta formulada porque se utilizará un material considerado residuo como la vermiculita como un nuevo árido para un mortero más adherente y con gran aislamiento térmico. Pero también se relaciona con el objetivo 3 sobre “Mejorar la calidad de vida de la

población” y se vincula con la creación de condiciones para satisfacer sus necesidades materiales, psicológicas, sociales y ecológicas.

La propuesta dará cumplimiento de los objetivos descritos y contribuirá con la mejora de los morteros para recubrimiento de paredes, en una industria tan cambiante como innovadora que es la construcción, reduciendo los costos de construcción,

1.7. Delimitación de Problema.

- **Campo:** Educación superior. Tercer nivel.
- **Área:** Ingeniería Civil.
- **Aspecto:** Investigación experimental.

Tema: Estudio de la vermiculita como árido para elaborar hormigones de baja densidad y aislante térmico.

- **Delimitación espacial:** Guayaquil-Ecuador / Planta Piloto ULVR.
- **Tiempo:** Periodo 2019-2020

1.8. Hipótesis

La aplicación de la vermiculita como árido para elaborar hormigones de baja densidad ayudara a obtener mayor resistencia y durabilidad

1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla 1:

Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Línea 3.- Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco- amigable, industria y desarrollo de energías renovables	3.- Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	A. Materiales innovadores para la construcción.
--	---	---

Fuente: FIIC (2019)

Elaborado por: González. F. (2020)

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Marco teórico

2.1.1. Antecedentes históricos

El hormigón desde su invención en el siglo XIX se ha convertido en el material estructural más utilizado. Su evolución desde las primeras construcciones empíricas con grandes errores de diseño hasta las actuales tipas, para cada aplicación ha transcurrido un largo siglo que lo ha consolidado como un material de altas prestaciones. (civil, 2015).

Esta evolución es el resultado de las investigaciones llevadas a cabo en los planos químicos, físicos, mecánicos y estéticos. Su comportamiento al fuego lo convierte en el material estructural más seguro antes ese tipo de siniestro.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. (civil, 2015)

2.1.2. Componentes básicos.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm. (abraham, 2012).

Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en

partículas con resistencia adecuada, así como resistencia a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas. (abraham, 2012)

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta, así como también todos los espacios entre partículas de agregado.

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la cantidad de concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en relación con la cantidad de cemento. A continuación, se presenta algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua: (abraham, 2012)

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
- Se reducen las tendencias de agrietamientos por contracción.

Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto, a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas más rígidas; pero con vibración, aún las mezclas más rígidas pueden ser empleadas. Para una calidad dada de concreto, las mezclas más rígidas son las más económicas. Por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía. (abraham, 2012).

Las propiedades del concreto en estado fresco (plástico) y endurecido, se pueden modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma líquida durante su dosificación. Los aditivos se usan comúnmente para; (abraham, 2012)

- 1) ajustar el tiempo de fraguado o endurecimiento.
- 2) reducir la demanda de agua.

- 3) aumentar la trabajabilidad.
- 4) incluir intencionalmente aire.
- 5) ajustar otras propiedades del concreto.

Después de un proporcionamiento adecuado, así como, dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción resistente, no combustible, durable, con resistencia al desgaste y prácticamente impermeable que requiere poco o nulo mantenimiento. El concreto también es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturizados para ser usado en un número ilimitado de aplicaciones. (abraham, 2012)

2.1.2.1. Cemento Portland

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, mineral de hierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas. (abraham, 2012)

Tipos

Tipos de cemento:

- Tipo GU (Uso General).
- Tipo HE (Alta Resistencia Temprana).
- Tipo HS (Alta Resistencia a los Sulfatos).
- Tipo MS (Moderada Resistencia a los Sulfatos).
- Tipo MH (Mediano Calor de Hidratación).
- Tipo LH (Bajo Calor de Hidratación).

2.1.2.2. Proceso de Fabricación del Cemento

El proceso de fabricación del cemento se inicia con la extracción de calizas y arcillas en las canteras, y su trituración para reducir el tamaño de las rocas hasta partículas de aproximadamente 25 mm. (abraham, 2012).

El material triturado (arcilla y caliza), junto con el mineral de hierro, se almacena en patios desde donde se transporta en bandas hacia los molinos de crudo. De los molinos se obtiene un material muy fino, conocido como harina cruda, que se deposita en los silos de almacenamiento. (abraham, 2012).

La siguiente etapa consiste en la calcinación de los materiales, que se realiza en hornos, a temperaturas cercanas a los 1450 °C, donde se producen reacciones químicas que dan lugar al clínker, el mismo que está compuesto principalmente por los siguientes óxidos: (abraham, 2012).

Óxido de Calcio	CaO
Dióxido de Silicio	SiO ₂
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₃
Óxido Férrico	Fe ₂ O ₃

El clínker, junto con el yeso y las adiciones, se transportan a los molinos donde se obtiene el cemento. Luego se almacena en silos y se distribuye a los clientes en sacos o al granel. (abraham, 2012)

2.1.2.3. Agua

Propiedades físicas y químicas el agua de mezclado

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto. (abraham, 2012)

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad. (abraham, 2012)

El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto. (abraham, 2012)

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos.

Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves. (abraham, 2012).

Cloruros.

La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones de pres fuerzo. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. El nivel de iones cloruro solubles en el agua en el cual la corrosión del acero de refuerzo comienza en el concreto es de aproximadamente 0.15% del peso del cemento. Del contenido total de ión cloruro en el concreto, sólo es soluble en el agua aproximadamente del 50% al 85%: el resto se combina químicamente en reacciones del cemento. (abraham, 2012).

Sulfatos.

El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a

suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se han empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfato de sodio, el límite del producto químico sulfato, como SO_4 , de 3,000 ppm, se deberá respetar a menos que se tomen precauciones especiales. (abraham, 2012).

2.1.2.4. Agregados (Arena Y Grava).

2.1.2.4.1. Fino (arena).

Características generales.

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. (abraham, 2012)

2.1.2.4.2. Agregado Grueso.

Características generales.

Los agregados gruesos consisten en una grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm. Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de

cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. (abraham, 2012).

2.1.2.5. Propiedades de Vermiculita

Fórmula: $Mg_{0.7}(Mg, Fe, Al)_6(Si, Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot 8H_2O$

Dureza :2 Mohs

Color: Amarillos

Clase Minera: Filosilicatos

Aunque se puede conocer a la vermiculita como un producto que sirve principalmente para la jardinería, se trata de un mineral bastante común que proviene de la mica, y que se considera un mineral compuesto, ya que en su composición se puede encontrar desde aluminio, hierro o incluso magnesio. Suele tener un color parduzco, variando según el porcentaje de qué elemento haya en su interior, contando con una estructura en láminas, siendo una cualidad especial el poder encontrar entre cada una de ellas moléculas de agua. (roca, 2017).

Otra de sus características que van a ayudar a identificarla, se encuentra especialmente en su capacidad para expandirse, consiguiendo, cuando se le calienta a una temperatura alta que su volumen pueda agrandarse desde 8 hasta unas 20 veces más de sus dimensiones originales. Esto se consigue gracias a que cuenta en su interior con agua, haciendo que, si se calienta rápidamente a una temperatura que supere los 850 grados, el agua consigue evaporarse y por lo tanto, quedará únicamente vapor que es el encargado de hacer esta reacción. Esto además, ayuda a que la piedra sea más porosa, su densidad sea muy reducida, dando la apariencia de un mineral extremadamente ligero al igual que conseguirá darle el color pardo a la vermiculita. (roca, 2017).

Entre las propiedades físicas de este mineral, se encuentra la ligereza, un dato que ya hemos comentado unas líneas más arriba, y que es seña de identidad de la vermiculita, incluso cuando estás tomando entre tus manos una roca de grandes dimensiones, te sorprende como puede ser tan ligero, pero a la par también se trata de un mineral sumamente frágil, debido sobre todo a su porosidad, y a que en su interior tiene muchas láminas y no conforman una estructura sólida ni compacta. (roca, 2017).

La vermiculita tiene otra peculiaridad relacionada con su expansión, y es que cuando se encuentra en su mayor tamaño es capaz de aislar térmicamente otras rocas o elementos, pudiendo según sus dimensiones, aguantar entre los 200 y los 1200 grados con total eficacia. Por lo tanto, hablamos de un material que no va a dejar pasar el calor con mucha facilidad y, aunque pueda calentarse un poco dicho material, su **conductividad térmica** va a ser muy baja (roca, 2017).

Cada una de las láminas que forman la vermiculita va a ser como pequeñas pantallas que conseguirán dispersar la energía hacia otros puntos, viéndose desde el microscopio como dichas láminas son muy brillantes. (roca, 2017).

Otra de las propiedades físicas que vas a encontrar es que es un excelente aislante acústico, esto es debido sobre todo a la gran cantidad de láminas que contiene en su interior, que van a ir repartiendo el sonido hacia otros lugares y no va a conseguir llegar con suficiente fuerza hasta el otro punto. Además, al expandirse y crear el agua pequeñas burbujas, es aquí donde el sonido se pierde, dificultando que las ondas pasen tranquilamente por su estructura. (roca, 2017).

Una de las características de la vermiculita es su resistencia a las altas temperaturas, y sobre todo al fuego. Puedes poner una piedra de este mineral en un fuego, que hasta que este no alcance los **1370 grados** no va a empezar a fusionarse, mientras que es en los 1250 grados cuando esta piedra se empezará a volverse más blanda y su estructura quedará modificada. A pesar del oxígeno que puede quedar en su interior, y de su composición, es un mineral que no sirve como combustible y que se suele utilizar, como ya veremos más adelante, para proteger del fuego. (roca, 2017).

2.1.2.5.1. Usos de la Vermiculita

La vermiculita se la conoce más como producto comercial que como un mineral, algo que es bastante curioso, sobre todo para aquellos que empiezan en la geología y que no conocen del todo las propiedades de esta piedra ni todos sus usos, centrándose en lo que conocen desde fuera (roca, 2017).

El primero de los usos del que te voy a hablar es quizás, el más conocido, debido sobre todo porque jardineros y trabajadores del campo lo conocen por este nombre pero refiriéndose al nombre del producto y no a su elemento principal en su composición. La vermiculita se trata de un sustrato muy valorado dentro de la **producción agrícola**, siendo utilizado para muchos cultivos, pero especialmente para los hidropónicos. Lo que vas a conseguir con la utilización de este producto es que, una vez que se encuentre en el sustrato principal de tus plantaciones y las riegues, este mineral va a absorber y retener en su interior una gran proporción de agua, por lo que la planta va a encontrarse siempre hidratada, tomando no solo este elemento, sino también otros minerales del que cuenta la vermiculita y que le ayudarán a crecer mucho mejor de lo que esperabas. (roca, 2017).

Si se busca crear un hormigón para una edificación o una construcción, pero se busca que esta sea de muy baja densidad, que no pese apenas nada y que aun así pueda darse forma y aisle del exterior, la vermiculita es ideal para fabricar hormigón, debiéndola triturar con antelación y mezclarla con otros elementos para hacer una mezcla correcta. (roca, 2017).

Otro de los usos más comunes y de los que ya te hemos hablado es como aislante, tanto acústico como térmico. En muchos **recintos profesionales de música**, se realizan placas que se colocan entre los muros para que el sonido no pase de un estudio a otro y pueda haber interferencias. De la misma manera se usa como aislante térmico, dando unos resultados increíbles, aunque debe de encontrarse ya en su temperatura óptima y expandida, ya que si se aplicase calor cuando no ha aumentado su masa, podría causar problemas de estructura. (roca, 2017).

Es un excelente absorbente de la humedad, usándose en muchas construcciones para evitar inundaciones, al igual que se usa para evitar contaminaciones por medios líquidos, quedando todo dentro de sus láminas. (roca, 2017).

Es un mineral que se llega a utilizar incluso en la fabricación de medicamentos, siendo una pieza fundamental en la elaboración de excipientes, ya que en cantidades menores, no es dañino para el organismo. Por otro lado, en ciertos invernaderos que cultivan setas y hongos se utiliza como sustrato para su elaboración óptima. (roca, 2017)

2.1.2.6. Hormigones resistentes de baja densidad

Aplicaciones

- Especialmente indicados en la ejecución de forjados aligerados, cubiertas planas e inclinadas, losas aligeradas, rehabilitación de forjados, etc. (LAFARGER, 2015).
- Los hormigones ligeros estructurales permiten soluciones técnicas adecuadas para ser aplicados en edificios de gran altura, construcciones con cimentaciones sobre terrenos límites, cubiertas de grandes luces, puentes y viaductos, voladizos, marquesinas, etc. (LAFARGER, 2015)
- Aplicaciones refractarias, en hornos de cocción y chimeneas, reductoras de frecuencia de vibraciones, en estructuras sismo resistentes y fundaciones de maquinaria industrial, etc. (LAFARGER, 2015)

2.1.2.6.1. Ventajas •

El hormigón Ultra Series Ligero se suministra mezclado, sustituyendo total o parcialmente los áridos gruesos por áridos ligeros normalizados, seleccionados y dosificados según cada especificación. (LAFARGER, 2015)

- Puede suministrarse atendiendo tanto a exigencias de densidad, cuando se trate de Hormigones Ligeros Aislantes con densidades inferiores a 1.200 Kg/m³ , o

solicitaciones conjuntas referidas a densidad y resistencias a compresión, cuando se trate de Hormigones Ligeros Estructurales con densidades superiores a 1.500 Kg/m³, mediante probetas cilíndricas 15x30 cm. (LAFARGER, 2015)

- El hormigón Ultra Series Ligeró, se fabrica en centrales de Lafarge Áridos y Hormigones y se entrega, “listo para su uso”, directamente para su colocación en el lugar del hormigonado.
- El hormigón ligero, es perfectamente bombeable sin limitación de altura.
- Las propiedades de nuestros hormigones, uniformidad, ligereza y poder aislante, permiten paliar los grandes inconvenientes que presentan los hormigones tradicionales: elevada densidad (2.300 - 2.500 Kg/m³) y deficiente aislamiento térmico. (LAFARGER, 2015)

- Dependiendo de la disminución del peso propio solicitado es posible, además, garantizar resistencias a compresión comprendidas entre 15 y 25 N/m² lo que permite su utilización en cualquier elemento estructural. Para resistencias superiores a 25 N/m², consulte con nuestro Departamento Técnico. (LAFARGER, 2015)

- Los hormigones ligeros estructurales permiten disminuciones entre un 20 - 40% del peso propio de un hormigón convencional. Una baja densidad del hormigón se traduce en un aumento proporcional de la sobrecarga que un elemento estructural puede soportar, lo que afecta al diseño y a la economía de una estructura. La utilización de hormigones ligeros estructurales permite resolver problemas de grandes luces, losas aligeradas, voladizos, etc. (LAFARGER, 2015)

2.1.2.6.2. Características

Baja conductividad térmica

- El comportamiento térmico de los hormigones Ultra Series Ligeró está directamente relacionado con su densidad. El aire contenido en la estructura porosa del árido ligero reduce considerablemente la conductividad térmica del hormigón así obtenido. (LAFARGER, 2015)

- Nuestros hormigones ligeros presentan importantes disminuciones en sus coeficientes de dilatación térmica frente al hormigón convencional con lo que la posibilidad de fisuración, por dilatación térmica, es mucho menor, sobre todo si se tiene en cuenta su mayor elasticidad. • En aquellos casos en que prime el factor ligereza y aislamiento frente a la resistencia, se podrán requerir hormigones ligeros aislantes cuya característica principal es la de ser hormigones con densidades inferiores a los 1.200 Kg/m³. Buen comportamiento acústico (LAFARGER, 2015)
- La propagación de las ondas de baja frecuencia, derivadas de vibraciones producidas por impactos, no sufre atenuación por la cantidad de masa interpuesta sino por la interposición de materiales que absorban la vibración. (LAFARGER, 2015)
- La estructura porosa de los áridos ligeros actúa como amortiguador de las ondas vibratorias consiguiendo un aislamiento efectivo. Lógicamente el comportamiento acústico de los hormigones Ultra Series Ligero estará estrechamente ligado a la relación entre la cantidad y tipo de árido ligero utilizado y la masa de la pasta en la matriz. Resistente al fuego. (LAFARGER, 2015)
- Los hormigones de baja densidad son más resistentes al fuego que los hormigones convencionales. La baja conductividad térmica del hormigón ligero mejora su estabilidad frente a las altas temperaturas. (LAFARGER, 2015)
- Su mayor elasticidad reduce los riesgos de choque térmico. A igualdad de resistencia, los hormigones Ultra Series Ligero protegen las armaduras y mantienen su capacidad resistente durante periodos más prolongados que los hormigones convencionales en caso de incendio. (LAFARGER, 2015)

2.1.3. Referencias del Tema.

En este capítulo se ha creado un marco de referencia con trabajos de autores en los temas de interés para este estudio, que forma parte del conocimiento técnico de información, para la elaboración de nuestro tema de estudio, todas estas recopilaciones la obtenemos por medio de la herramienta informática del internet.

Universidad: Universidad Central del Ecuador Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática carrera de Ingeniería Civil

Tema: Análisis comparativo entre hormigón convencional y hormigón de baja densidad para emplearlo en estructuras

Autor: Milton Rolando Angamarca Tene; Rubén Alejandro Cáceres Chico

Fecha: QUITO, ECUADOR JUNIO 2015

Resumen:

(ANGAMARCA & CACERES, 2015) Con el presente trabajo de investigación se pretende comparar las propiedades del hormigón convencional con el hormigón de baja densidad elaborado con agregados livianos (piedra pómez) a través de ensayos en el Laboratorio. Los agregados usados en este estudio se obtuvieron de la mina “El Guabo” ubicado en la parroquia de San Antonio de Pichincha, pertenecientes a la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha. Esta investigación intenta demostrar que el uso del agregado liviano permite bajar la densidad del hormigón sin que este pierda sus características de calidad. Los resultados finales obtenidos demuestran que los costos de construcción bajan, mediante la disminución de las secciones de los elementos estructurales y la cantidad de acero de refuerzo.

Conclusión:

(ANGAMARCA & CACERES, 2015) La utilización de hormigón de baja densidad estructural en nuestro país es innovadora y eficaz para ser empleado en proyectos civiles.

- El hormigón de baja densidad con piedra pómez obtenido en esta investigación cumple con parámetros de calidad para ser utilizado en elementos estructurales establecidos según los lineamientos del A.C.I.
- Manteniendo la dosificación y el mismo método para un hormigón convencional y un hormigón de baja densidad se alcanza una resistencia aceptable según el reglamento del A.C.I.

- La consistencia obtenida para el hormigón de baja densidad utilizando piedra pómez fue de 4 cm medido con el cono de Abrams, en comparación con el hormigón convencional que fue de 7 cm, esta consistencia se puede mejorar con el uso de un aditivo plastificante que permita un mejor desempeño en obra.
- La viga del proyecto “Residencia Cáceres Saltos” utilizada en el análisis económico elaborada con hormigón convencional tiene un valor de 52,18 dólares por metro lineal, la misma viga elaborada con un hormigón de baja densidad tiene un valor de 49,82 dólares por metro lineal lo que representa un ahorro de 4.6% en el costo de este elemento.
- El hormigón de baja densidad presenta un costo mayor que el hormigón convencional, pero este valor puede ser compensado con las menores dimensiones de elementos estructurales que producen variaciones en volumen total de hormigón y rendimientos al elaborar elementos estructurales.
- Al reemplazar la mitad del agregado grueso por piedra pómez se logró reducir la densidad del hormigón llegando a un valor entre 1873 kg/m³ y 1891 kg/m³ a diferentes edades de curado, lo que representa una reducción del 14% a la densidad de un hormigón convencional, la resistencia a la compresión de las muestras tomadas disminuye en un 13% en cada etapa de ensayo de muestras frente a la resistencia del hormigón convencional dosificado la cual cumple con la resistencia.

Recomendación:

(ANGAMARCA & CACERES, 2015) Al momento de diseñar un hormigón de baja densidad se debe tomar en cuenta que los materiales no convencionales presentan diferentes propiedades que ayudan o perjudican a la resistencia del hormigón.

- Al realizar la dosificación del hormigón de baja densidad se debe tomar en cuenta que la variación de la relación agua/cemento influye en la resistencia del hormigón por lo cual hay que prestar atención a este parámetro.

- Durante la compactación de un hormigón de baja densidad con piedra pómez, debido las propiedades de la mezcla, se recomienda realizar este proceso evitando destruir al agregado de baja densidad.
- No se recomienda mezclar demasiado el hormigón de baja densidad por que la pasta agua cemento no se adhiere bien a los agregados.
- Se recomienda para el o los próximos investigadores de este tema usar aditivos u otro tipo de cemento con mejores características a la resistencia y usar una dosificación utilizando otros materiales de baja densidad.

Universidad: Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil

Tema: Diseño de un hormigón liviano elaborado con ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino

Autor: Karol Natalí Vivas Villarreal

Fecha: Ambato – Ecuador 2016

Resumen:

(VIVAS, 2016) La presente investigación abarca el diseño de un hormigón elaborado con ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino, para lo cual se planteó un hormigón base de 180 kg/cm^2 y hormigones con 30, 50 y 70% de reemplazo. Se efectuaron ensayos de laboratorio de todos los componentes del hormigón como: granulometría, densidad real y aparente, capacidad de absorción; información necesaria para la dosificación calculada por el método de la densidad óptima y para la elaboración de especímenes de prueba que comprende una muestra de 36 probetas cilíndricas evaluadas a los 7,14 y 28 días. Posteriormente se hizo un análisis de la densidad real endurecida y la resistencia a compresión, cuyos resultados evidenciaron la influencia de la ceniza de madera en dichas propiedades. Las densidades de $2233,75 \text{ kg/m}^3$, $2210,38 \text{ kg/m}^3$ y $2176,96 \text{ kg/m}^3$ que disminuyen progresivamente de acuerdo a los porcentajes de reemplazo no permiten una clasificación dentro de los hormigones livianos pues se sobrepasa el límite considerado de 2.000 kg/m^3 . Con respecto a la resistencia a compresión que presenta

una disminución se determinó que para cumplir con el diseño el reemplazo no excederá el 30%. En definitiva este hormigón podría ser empleado en la construcción de aceras y bordillos, construcciones de mampostería prefabricadas usadas en la división de ambientes y para hormigón ciclópeo.

Conclusión:

(VIVAS, 2016) El hormigón obtenido sustituyendo parcialmente al agregado fino con ceniza de madera, no alcanza la clasificación de hormigón liviano porque su densidad no se encuentra en el rango de 1.200 a 2.000 kg/m³. - El hormigón con 30% de sustitución presenta una disminución en su densidad real de 2,66% con referencia al hormigón convencional (de 2294,73 kg/m³ a 2233,75 kg/m³). - El hormigón con 50% de sustitución evidencia una disminución en su densidad real de 3,68% con referencia al hormigón convencional (de 2294,73 kg/m³ a 2210,38 kg/m³). - El hormigón con 70% de sustitución muestra una disminución en su densidad real de 5,13% con referencia al hormigón convencional (de 2294,73 kg/m³ a 2176,92 kg/m³). - La inclusión de la ceniza de madera mantiene la homogeneidad del hormigón en vista de su correcta distribución con los componentes de la mezcla. - El hormigón con 30% de sustitución manifiesta una disminución en la resistencia a compresión de 3,45% respecto del hormigón convencional. (De 186,49 kg/cm² a 180,06 kg/cm²). - El hormigón con 50% de sustitución indica una disminución en la resistencia a compresión de 7,31% respecto del hormigón convencional. (De 186,49 kg/cm² a 172,85 kg/cm²).

Recomendación:

(VIVAS, 2016) La finura de la ceniza de madera genera mayor demanda de agua de amasado en el hormigón por tanto se debe realizar la corrección por humedad y si fuese necesario incorporar un aditivo superplastificante, para mantener un asentamiento entre 6 y 9 centímetros. - A más de sustituir parcialmente el agregado fino, se puede optar por el reemplazo parcial o total del agregado grueso por agregados ligeros, dado que en peso y volumen es el componente de mayor presencia en el hormigón. - Para acelerar el proceso de combustión, usar madera que se encuentre superficialmente seca. - Usar un horno industrial ya que el mismo permite

controlar la temperatura y que la calcinación de la madera sea uniforme. - Tamizar la ceniza obtenida con la finalidad de eliminar residuos de carbón y conseguir un material de granulometría homogénea. - Almacenar la ceniza producida en sacos dobles de plástico, así como en un ambiente seco y fresco. - Trabajar con una dosificación al volumen para que el contenido de ceniza de madera no dificulte la trabajabilidad de la mezcla. - Emplear una relación de contenido: porcentaje máximo de agregado grueso/porcentaje máximo de agregado fino de 50/50, lo que implica mayor cantidad de ceniza de madera en reemplazo del agregado fino y por ende reducción en la densidad real del hormigón.

Universidad: Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil

Tema: Influencia de las perlas de poliestireno expandido (eps) en el peso y en la resistencia a compresión del hormigón

Autor: Mónica Cristina Lituma Vicuña; Brigida Tatiana Zhunio Cárdenas

Fecha: Cuenca – Ecuador Octubre 2015.

Resumen:

(LITUMA & ZHUNIO, 2015) En los últimos años, la industria de la construcción ha introducido el uso de nuevos materiales como alternativas para la producción de hormigones ligeros. Estos hormigones se caracterizan por ser más livianos comparados con un hormigón de peso normal (arena, cemento, grava y agua), lo cual puede inducir al uso de elementos con secciones más pequeñas y con ello una reducción en los gastos de transporte y montaje, provocando una disminución en los costos y tiempo de ejecución de obra. Uno de los materiales que ha sido empleado universalmente con este fin es el poliestireno expandido (EPS), el mismo se ha utilizado como sustituto tanto del árido grueso como del fino. Es por esto que, el objetivo de este Trabajo de Titulación es determinar la influencia del reemplazo de distintos porcentajes de arena por perlas de poliestireno expandido, en el peso (densidad) y en la resistencia a compresión del hormigón, para lo cual se realizaron ensayos a los 7, 14 y 28 días de edad con un enfoque a los resultados obtenidos a los 28 días de edad ya que a esta edad el hormigón alcanza cerca del 100% de su

resistencia. Dado que la resistencia a compresión y el peso del hormigón fueron determinados mediante el ensayo de probetas cilíndricas tomadas como muestra y con el fin de obtener resultados que puedan interpretarse con un grado de confiabilidad, se realizó un diseño experimental, con el cual se obtuvo como principal resultado el tamaño de la muestra (número de probetas) necesarias para llevar a cabo la fase de experimentación. Los hormigones utilizados para la elaboración de probetas se obtuvieron a partir del diseño del hormigón de peso normal, como referencia, y su modificación, que dio como resultado el diseño de hormigón con perlas de EPS. Además, en el hormigón con EPS se incorporó un aditivo químico, la elección del tipo de aditivo se hizo en base a la bibliografía consultada. La incorporación del aditivo se dio debido a la baja densidad que poseen las perlas de EPS y con el fin de mejorar la homogeneidad de la mezcla. Una vez ensayadas las probetas se procesaron estadísticamente los resultados, y acerca de la densidad se encontró una disminución provocada por la baja densidad de las perlas de EPS en comparación con la arena. Para los porcentajes de sustitución de 30%, 45%, 60%, 75%, 90% y 100% se obtuvieron respectivamente reducciones del 3,43%, 6,68%, 8,60%, 9,81%, 13,97% y 16,90% de la densidad del hormigón de peso normal, llegándose a obtener una densidad promedio de 1800 kg/m³ para una sustitución total.

Conclusión:

(LITUMA & ZHUNIO, 2015) La sustitución de árido fino (arena) por perlas de EPS en la masa del hormigón reduce de manera directa su densidad a cualquier edad, lo que confirma los resultados esperados, por ser la densidad de la arena significativamente mayor a la densidad del EPS.

Se confirma el hecho de que mientras aumenta el porcentaje de sustitución de arena por EPS en el hormigón, la resistencia a compresión disminuye con respecto al hormigón de peso normal.

Todos los hormigones obtenidos en esta investigación presentan valores de resistencia a compresión aptos para su uso como hormigón estructural, ya que el mínimo valor obtenido en la resistencia es de 205 kg/cm² , sin embargo los

hormigones que superan el 60% de sustitución de arena por EPS presentan un grado de confiabilidad menor al 95% establecido en el diseño experimental.

Los hormigones aligerados con EPS son una alternativa que puede ser usada en elementos no estructurales, como paneles divisorios u otros elementos que no soportan carga y también como material de relleno, pero además son una alternativa de hormigón estructural en construcciones a pequeña escala como viviendas de hasta dos niveles sin grandes luces, o proyectos de vivienda social.

Recomendación:

(LITUMA & ZHUNIO, 2015). Se recomienda identificar los cambios que experimentaría el hormigón no solo al sustituir la arena por el EPS sino también la grava, incluso se pueden utilizar perlas con otras densidades y granulometrías.

Se pueden ensayar hormigones con tamaños mayores de árido grueso para identificar la posible variabilidad en la resistencia y el peso de los mismos.

Con el fin de identificar la factibilidad del uso de estos hormigones en la industria de la construcción, se puede llevar a cabo un análisis económico.

Universidad: Universidad de Guayaquil Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Tema: “Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural”.

Autor: George Alfredo Cañarte Baque

Fecha: GUAYAQUIL – ECUADOR 2016.

Resumen:

(CAÑARTE, 2016) El presente trabajo de investigación documentó el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la piedra pómez en un ambiente controlado, así como estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez. La piedra pómez es una roca volcánica de peso liviano que se lo encuentra en gran cantidad en la provincia de Cotopaxi en Ecuador, este material es empleado para la fabricación de hormigón liviano, no existe normas técnicas de procedimientos y control para determinar la resistencia a la compresión de tipo estructural, esto se debe a la falta de investigación en la tecnología del hormigón

liviano con piedra pómez. La presente investigación se justifica porque aporta con conocimiento sobre aumento de resistencia de hormigón liviano estructural con piedra pómez. La investigación es factible porque se puede analizar y registrar las características de la piedra pómez en el laboratorio Ruffilli de la Universidad de Guayaquil. Tiene como objetivo: el estudio de aumento de resistencia a la compresión, durabilidad de hormigón liviano con piedra pómez de dimensiones 4,76 mm y 9,51 mm como solución estructural y económica de la construcción edilicia. La investigación se realizó mediante la modalidad cuantitativa cualitativa, el tipo fue exploratoria descriptiva, la selección de la población y muestra se realizó mediante la característica de no probabilística intencional; en la propuesta se realizaron pruebas de resistencia a la compresión de tipo estructural del hormigón liviano con piedra pómez. Los resultados que emitió el trabajo de investigación serán la base para que estudiantes universitarios de Arquitectura e Ingeniería continúen con nuevos planteamientos de estudios sobre el hormigón liviano estructural con piedra pómez.

Conclusión:

(CAÑARTE, 2016) Es importante mencionar que el costo beneficio del hormigón liviano con piedra pómez, ya que al ser una material de origen volcánico ubicado en un yacimiento muy importante en la provincia a de Cotopaxi, considerado como uno de los más grandes e importantes a nivel mundial, el costo por transporte sería mayor hacia Guayaquil donde se podría emplear, pero los beneficios son muy buenos, tales como, menor peso de la estructura edilicia, que influye en ahorro en el mejoramientos de suelos, menor cuantía de acero, además de optimizar la mano de obra. 144

¿Qué beneficios presta el uso del hormigón liviano en el diseño estructural? Primordialmente reduce la carga muerta y esto conlleva a la disminución del tamaño de la fundación, elementos estructurales, y acero de refuerzo de manera que el costo del proyecto también se reduce.

El hormigón estructural de peso liviano se define en el ACI (213R,1987) define que tiene una densidad entre 1440 a 1840 kg/m³, de resistencia a la compresión superior a 175,95 kg/cm²; en cuanto el hormigón tradicional presenta densidad entre 2240 a 2400 kg/m³, con resistencia a la compresión cubica superior a 195,8 kg/cm²

El hormigón liviano estructural aplicado en una construcción edilicia aporta con el aumento de la capacidad de tomar cargas vivas, debido a que se reduce la carga muerta de las estructuras, además contribuye con la reducción de las fuerzas sísmicas, que son proporcionales al peso de la estructura.

Los hormigones livianos por su tipo de aplicación se clasifican en: hormigón de relleno, hormigón aislante, hormigón estructural de alto desempeño.

De acuerdo al análisis físico mecánico se determina que se puede utilizar a la piedra pómez como árido liviano para elaborar concreto hidráulico, es importante mantener un control de calidad eficiente para proceder a ejecutar los diseño de $f'c$ a los hormigones de carácter estructural planteados, los agregados livianos deben de estar cubiertos hasta el momento del ensayo evitando el contacto agentes contaminantes.

Recomendación:

(CAÑARTE, 2016) Realizar un control de calidad de la piedra pómez desde el sitio de explotación, durante el procesamiento, análisis del material en el laboratorio de ensayos de materiales, más aún en la fabricación del hormigón liviano de carates estructural, de manera que la resistencia buscada sea la óptima.

Mantener en constante estudio este tipo de hormigón hidráulico liviano con piedra pómez de manera que se consiga aportar con mayor información sobre el tema, de manera que se pueda difundir el conocimiento de este noble material de construcción. Es importante considerar que el hormigón liviano con piedra pómez se puede emplear en la fabricación de elementos estructurales y prefabricados aplicables en la construcción edilicia.

Universidad: Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil.

Tema: “El hormigón de baja densidad y su aplicación en bloques para la construcción de viviendas”

Autor: Alex Bladymir Fonseca Acosta

Fecha: Ambato – Ecuador 2015.

Resumen:

(FONSECA, 2015), Para la ejecución de este proyecto de investigación se realizó el estudio de los agregados de dos canteras de la provincia de Cotopaxi de las cuales se explotan la arena y la piedra pómez, estas canteras son las más comunes y las que más venden su producto a constructores y fabricantes de pre fabricados y mampostería para la construcción, estos agregados fueron examinados y controlados tal como especifica la norma NTE INEN 872. Se procedió a realizar la dosificación respectiva con estos agregados para una resistencia $f'c = 60 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 45 \text{ kg/cm}^2$ en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil utilizando el método de dosificación de hormigones por la densidad máxima de la Universidad Central del Ecuador, también se utilizaron aditivos para mejorar la trabajabilidad del hormigón y un aditivo impermeabilizante para determinar la permeabilidad de los hormigones elaborados con y sin aditivo. Con la elaboración de estos hormigones se tomaron muestras cilíndricas para ser curadas y no curadas y para ser ensayadas a los (7, 14, 21, 28) días con la finalidad de determinar cuáles son los hormigones que alcanzan una resistencia mayor Con la finalidad de determinar la permeabilidad del hormigón se utilizó un aditivo impermeabilizante en la dosificación de los hormigones realizados con las cantidades recomendadas por el fabricante dando así muy buenos resultados en la elaboración del hormigón de baja densidad.

Conclusión:

(FONSECA, 2015). Mediante los ensayos del laboratorio se pudo observar y determinar las propiedades mecánicas del hormigón como la homogeneidad, densidad, trabajabilidad etc. Ajustándolas y comparándolas a las especificaciones y normas técnicas que se encuentran en los códigos vigentes. La resistencia de las muestras curadas y no curadas tienen una pequeña variación esto es debido a que en los dos casos se utilizó un aditivo plastificante para poder llegar a obtener los asentamientos recomendados para elaboración de un hormigón de baja densidad.

El porcentaje para una resistencia $f'c = 60 \text{ kg/cm}^2$ para las muestras cilíndricas no curadas alcanzó el 104,9% de la resistencia especificada a los 28 días de edad, la cual se encuentra dentro de los límites permitidos y de esta manera se puede determinar que la dosificación realizada en los laboratorios es la adecuada y que las muestras

curadas alcanzan mayor resistencia que las muestras no curadas. El porcentaje para una resistencia $f'c = 60\text{kg/cm}^2$ para las muestras cilíndricas curadas alcanzó el 106,1% de la resistencia especificada a los 28 días de edad, la cual se encuentra dentro de los límites admisibles, se pudo determinar en los ensayos realizados que las muestras no curadas tienen una resistencia final menor que las muestras curadas.

El porcentaje para una resistencia $f'c = 45\text{kg/cm}^2$ para las muestras cilíndricas no curadas alcanzó el 100,4% de la resistencia especificada a los 28 días de edad, la cual se encuentra dentro de los límites permitidos, y de esta manera se puede determinar que la dosificación realizada en los 27 Ing Carlos Ortiz SPC Impermeabilizantes integrales para el Hormigón. 99 laboratorios es la adecuada para la elaboración de un hormigón de baja densidad.

Recomendación:

(FONSECA, 2015), Se recomienda tener mucho cuidado con la relación w/c al momento de dosificar el hormigón, pues al aumentar la cantidad de agua baja notablemente la resistencia final del hormigón.

Es recomendable usar la cantidad adecuada de aditivo pues al excederse en la dosificación tardará mucho el tiempo de fraguado y disminuirá la resistencia del hormigón. Tener en cuenta que es necesario curar el hormigón mínimo de tres a siete días para que este pueda llegar a tener las resistencias deseadas.

No ensayar las muestras a compresión cuando estas sean sacadas de la piscina de curado, se recomienda dejar que se sequen por lo menos un par de horas pues el hormigón cuando se encuentra saturado por completo no alcanza la resistencia deseada. 101

Tener en cuenta que no todos los aditivos se dosifican de la misma manera todos los aditivos varía de acuerdo a su composición, fabricantes, y usos a los cuales vayan a ser destinados en la construcción.

Nivelar correctamente las muestras cilíndricas al momento de elaborar el hormigón ya que esto puede incidir a que los cabezales con las placas de neopreno de la máquina de compresión no distribuyan correctamente la carga y de esta manera afecte a los resultados finales.

2.1.4. Hormigón.

El hormigón es un material que se utiliza en la construcción. Suele elaborarse mezclando cal o cemento con grava, arena y agua: cuando se seca y fragua, el hormigón se endurece y gana resistencia. La fórmula del hormigón, también llamado concreto, implica la combinación de un aglomerante (el cemento), agregados (áridos como la grava y la arena) y agua. En ocasiones se recurre también a diversos aditivos para modificar sus características. Según la variación de las proporciones de los distintos componentes, el hormigón tiene diferentes propiedades. Puede diferenciarse, en este marco, entre el hormigón ligero (con una densidad de 1800 kg/m³), el hormigón normal (densidad de unos 2200 kg/m³) y el hormigón pesado (densidad de más de 3200 kg/m³). Aunque presenta una muy buena resistencia a los esfuerzos de compresión, el hormigón no reacciona de igual forma ante otras clases de esfuerzos (de flexión, tracción, etc.). Por lo tanto, muchas veces se lo asocia a estructuras de acero, dando lugar al llamado hormigón armado. (Perez & Merino, 2020).



Figura 1: Hormigón.

Fuentes: (Perez & Merino, 2020)

Elaborado por: González. F. (2020)

2.1.4.1. Hormigón de baja densidad.

Es un concreto con un peso por metro cúbico inferior al de las mezclas convencionales, que permite reducir el peso muerto en las estructuras, pero con prestaciones mecánicas similares a las de un concreto convencional. (CEMEX, 2018).

Beneficios:

- Permite optimizar el diseño de las secciones de elementos estructurales al disminuir las cargas muertas en las estructuras.
- Debido a su alta relación de interfaces vacíos/sólidos absorbe más sonido que una mezcla convencional.
- Su alta trabajabilidad favorece las operaciones de colocación sin requerir de energía de compactación (vibrado).
- Debido a su bajo peso, el transporte y rotación dentro de la obra es más fácil, reduciendo el consumo de energía de los equipos.

Usos y aplicaciones:

- Para elementos divisorios en lugares de reunión en los que se requieran baja conductividad térmica.
- Para nivelación de pisos y losas donde se requiera disminuir la carga muerta de la estructura.
- Para aligeramiento en placas de cubierta.
- Elementos prefabricados, como paneles de concreto.

2.1.5. Agregados.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna se establece que siendo este material el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto. La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importantes no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido. La norma de concreto E-060, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin

embargo debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto. (AVILA, 2015).

2.1.6. Concepto.

Generalmente se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados: Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros). Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm. Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones. la pasta cementicia (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa de concreto y como tal es en gran medida responsable de la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad del concreto. Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular entre sí. Cada elemento tiene su rol dentro de la masa de concreto y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía. (AVILA, 2015).

2.1.7. Clasificación.

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

2.1.7.1. Por su naturaleza:

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global). (AVILA, 2015)

a. El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

b. El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

c. El hormigón, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

2.1.7.2. Por su densidad:

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75. (AVILA, 2015)

2.1.7.3. Por el origen, forma y textura superficial:

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser: (AVILA, 2015)

- Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes

2.1.7.4. Por el tamaño del agregado:

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras).

2.1.7.5. Áridos y arenas:

El tamiz que separa un agregado grueso de uno fino es el de 4,75 mm. Es decir, todo agregado menor a 4,75 mm es un agregado fino (arena). La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas o se obtiene de la trituración de las mismas, y cuyo tamaño es inferior a los 5mm. Para su uso se clasifican las arenas por su tamaño. A tal fin se les hace pasar por unos tamices que van reteniendo los granos más gruesos y dejan pasar los más finos. (AVILA, 2015)

-Arena fina: es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son retenidos por otro de 0.25mm.

- Arena media: es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.

- **Arena gruesa:** es la que sus granos pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

Las arenas de granos gruesos dan, por lo general, morteros más resistentes que las finas, si bien tienen el inconveniente de necesitar mucha pasta de conglomerante para rellenar sus huecos y será adherente. En contra partida, el mortero sea plástico, resultando éste muy poroso y poco adherente. (AVILA, 2015)

El hormigón es un material formado por cemento, áridos de diferentes granulometrías, agua y aditivos que, mezclado en diferentes proporciones, permite obtener el hormigón que es distribuido en camiones hormigoneras. Es un material vivo, no almacenable, ya que su tiempo de uso se limita a 90 minutos; a partir de los cuales el hormigón pierde sus propiedades. Las características especiales de este material obligan a fabricar bajo pedido, adecuando la producción a la situación geográfica, al horario y ritmo de cada obra, debiendo optimizar los recursos para ofrecer no sólo un producto de calidad sino un buen servicio al cliente. Cualquiera sea el tipo de material utilizado, sus partículas deben ser duras y resistentes, ya que el concreto, como cualquier otro material se romperá por su elemento más débil. Si el agregado es de mala calidad sus partículas se romperán antes que la pasta cementicia, o el mortero. (AVILA, 2015)-

2.1.7.6. Agregado fino:

Un agregado fino con partículas de forma redondeada y textura suave ha demostrado que requiere menos agua de mezclado, y por lo tanto es preferible en los HAD. Se acepta habitualmente, que el agregado fino causa un efecto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso. Los primeros tienen una mayor superficie específica y como la pasta tiene que recubrir todas las superficies de los agregados, el requerimiento de pasta en la mezcla se verá afectado por la proporción en que se incluyan éstos. Una óptima granulometría del árido fino es determinante por su requerimiento de agua en los HAD, más que por el acomodamiento físico. La experiencia indica que las arenas con un módulo de finura (MF) inferior a 2.5 dan hormigones con consistencia pegajosa, haciéndolo difícil de compactar. Arenas con un módulo de finura de 3.0 han dado los mejores resultados en cuanto a trabajabilidad resistencia a la compresión. (AVILA, 2015)

2.1.7.7. Agregado grueso:

Numerosos estudios han demostrado que para una resistencia a la compresión alta con un elevado contenido de cemento y baja relación agua-cemento el tamaño máximo de agregado debe mantenerse en el mínimo posible (12,7 a 9,5). En principio el incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas. Se ha encontrado que la adherencia a una partícula de 76 mm. es apenas un 10% de la correspondiente a una de 12,5 mm., y que excepto para agregados extremadamente buenos o malos, la adherencia es aproximadamente entre el 50 a 60% de la resistencia de la pasta a los 7 días. (AVILA, 2015)

Las fuerzas de vínculo dependen de la forma y textura superficial del agregado grueso, de la reacción química entre los componentes de la pasta de cemento y los agregados. Otro aspecto que tiene que ver con el tamaño máximo del agregado es el hecho de que existe una mayor probabilidad de encontrar fisuras o fallas en una partícula de mayor tamaño provocadas por los procesos de explotación de las canteras (dinamitado) y debido a la reducción de tamaño (trituración), lo cual lo convertirá en un material indeseable para su utilización en concreto. También se considera que la alta resistencia producida por agregados de menor tamaño se debe a una baja en la concentración de esfuerzos alrededor de las partículas, la cual es causada por la diferencia de los módulos elásticos de la pasta y el agregado. Se ha demostrado que la grava triturada produce resistencias mayores que la redondeada. Esto se debe a la trabazón mecánica que se desarrolla en las partículas angulosas. Sin embargo, se debe evitar una angulosidad excesiva debido al aumento en el requerimiento de agua y disminución de la trabajabilidad a que esto conlleva. El agregado ideal debe ser limpio, cúbico, anguloso, triturado 100%, con un mínimo de partículas planas y elongadas. (AVILA, 2015).

2.1.7.8. Agregado vermiculita:

Este agregado es que utilizaremos en nuestro estudio, lo utilizaremos en vez del agregado grueso en un diseño de hormigón de $f'c$ 210Kg/cm².

La VERMICULITA es uno de los minerales más singulares del mundo. Silicato de Aluminio y Magnesio hidratado, es ligero, inorgánico (incombustible), compresible, altamente absorbente y no reactivo y se utiliza en miles de aplicaciones, incluyendo suelos para macetas y mezclas de cultivo. La vermiculita se utiliza en miles de aplicaciones, desde suelos para macetas, **hormigón ligero**, materiales de construcción para la protección contra incendios, aplicaciones intumescentes, como material de embalaje aprobado por la ONU para el envío seguro de líquidos peligrosos, texturizantes en pinturas y recubrimientos, y más recientemente como nanocompuestos para películas, recubrimientos y aplicaciones de barrera. Cuando se somete a calor, la vermiculita tiene la inusual propiedad de exfoliarse o expandirse en piezas parecidas a gusanos (el nombre de vermiculita se deriva del latín vermiculita para criar gusanos). Esta característica de la exfoliación, base de la utilización comercial del mineral, es el resultado de la separación mecánica de las capas mediante la rápida conversión del agua contenida en vapor. El aumento del volumen a granel de las calidades comerciales es de 8 a 12 veces, pero los copos individuales pueden exfoliar hasta 30 veces. Hay un cambio de color durante la expansión que depende de la composición de la vermiculita y de la temperatura del horno. La densidad aparente de la vermiculita cruda o del concentrado de vermiculita está en el rango de 640-1120 kg/m³ y la vermiculita exfoliada o expandida está en el rango de 64-160 kg/m³, (ARCHIEXPO, 2017)

2.1.7.9. Funciones del concreto:

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado Módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. (AVILA, 2015).

Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados. Si se fractura una piedra, como se observa en la figura, se reducirá su tamaño y aparecerán nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de piedra. Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura. (AVILA, 2015).

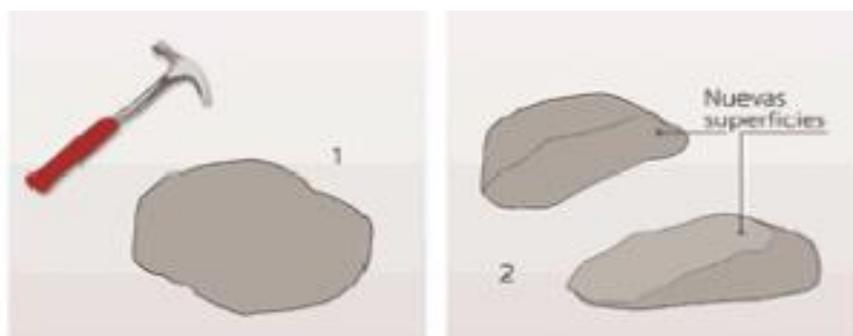


Figura 2: Funciones del concreto.

Fuentes: (AVILA, 2015)

Elaborado por: González. F. (2020)

2.1.7.9.1. Textura del material.

Se dice que tan lisa o rugosa es la superficie del material es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos además que producen concretos menos plásticos. Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía. Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm. Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5 mm y 38mm. Algunos depósitos naturales de agregado, a veces llamados gravas de mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino. (AVILA, 2015)

El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementicia y además económicos. Por lo tanto, conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.

Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del mortero (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es "áspero", "pedregoso" y "poco dócil". En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la pasta cementicia tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena). (AVILA, 2015)

La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias. Se debe optimizar la proporción de cada material de

forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo. El concreto reciclado, o concreto de desperdicio triturado, es una fuente factible de agregados y una realidad económica donde escaseen agregados de calidad. (AVILA, 2015)

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistosas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de horsteno deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja resistencia al intemperismo y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones. (AVILA, 2015)

2.1.7.10. Propiedades.

2.1.7.10.1. Granulometría.

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100(150 micras) hasta 9.52 mm. Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 enlista los trece números de tamaño de la ASTM C 33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula. La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción. (AVILA, 2015).

2.1.7.10.2. Granulometría de los agregados finos:

Depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y el tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua – cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango de granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia. (AVILA, 2015)

Entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía. Estas especificaciones permiten que los porcentajes mínimos (en peso) del material que pasa las mallas de 0.30mm (No. 50) y de 15mm (No. 100) sean reducidos a 15% y 0%, respectivamente, siempre y cuando: (AVILA, 2015)

- El agregado que se emplee en un concreto que contenga más de 296 Kg de cemento por metro cubico cuando el concreto no tenga inclusión de aire.
- Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, el agregado fino se deberá rechazar a menos de que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones el agregado fino y grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0.30 mm (No. 50) y de 1.15 mm (No. 100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial, y el sangrado del concreto. El módulo de finura (FM) del agregado grueso o del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C 125, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100. El módulo de finura es un índice de la finura del agregado entre mayor sea el modo de finura, más grueso será el agregado. El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto. (AVILA, 2015)

2.1.7.10.3. Granulometría de los agregados gruesos:

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para revenimiento de aproximadamente 7.5 cm para un amplio rango de tamaños de agregado grueso. El número de tamaño de la granulometría (o tamaño de la granulometría). El número de tamaño se aplica a la cantidad colectiva de agregado que pasa a través de un arreglo mallas. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño. Por ejemplo, el agregado de número de tamaño 67 tiene un tamaño máximo de 25 mm y un tamaño máximo nominal de 19 mm. De noventa a cien por ciento de este agregado debe pasar la malla de 19 mm y todas sus partículas deberán pasar la malla 25 mm. (AVILA, 2015)

Por lo común el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe pasar:

- Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
- Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
- Un tercio del peralte de las losas.

2.1.7.10.4. Agregado con granulometría discontinua

Consisten en solo un tamaño de agregado grueso siendo todas las partículas de agregado fino capaces de pasar a través de los vacíos en el agregado grueso compactado. Las mezclas con granulometría discontinua se utilizan para obtener texturas uniformes en concretos con agregados expuestos. También se emplean en concretos estructurales normales, debido a las posibles mejoras en densidad, permeabilidad, contracción, fluencia, resistencia, consolidación, y para permitir el uso de granulometría de agregados locales. Para un agregado de 19.0 mm de tamaño máximo, se pueden omitir las partículas de 4.75 mm a 9.52 mm sin hacer al concreto excesivamente áspero o propenso a segregarse. En el caso del agregado de 38.1 mm, normalmente se omiten los tamaños de 4.75 mm a 19.0 mm. (AVILA, 2015)

Una elección incorrecta, puede resultar en un concreto susceptible de producir segregación o alveolado debido a un exceso de agregado grueso o en un concreto de baja densidad y alta demanda de agua provocada por un exceso de agregado fino. Normalmente el agregado fino ocupa del 25% al 35% del volumen del agregado total. Para un acabado terso al retirar la cimbra, se puede usar un porcentaje de agregado fino respecto del agregado total ligeramente mayor que para un acabado con agregado expuesto, pero ambos utilizan un menor contenido de agregado fino que las mezclas con granulometría continúan. El contenido de agregado fino depende del contenido del cemento, del tipo de agregado, y de la trabajabilidad. (AVILA, 2015)

Para mantener la trabajabilidad normalmente se requiere de inclusión de aire puesto que las mezclas con granulometría discontinua con revenimiento bajo hacen uso de un bajo porcentaje de agregado fino y a falta de aire incluido producen mezclas ásperas. Se debe evitar la segregación de las mezclas con granulometría discontinua, restringiendo el revenimiento al valor mínimo acorde a una buena consolidación. Este puede variar de cero a 7.5 cm dependiendo del espesor de la sección, de la cantidad de refuerzo, y de la altura de colado. Si se requiere una mezcla áspera, los agregados con granulometría discontinua podrían producir mayores resistencias que los agregados normales empleados con contenidos de cemento similares. Sin embargo, cuando han sido proporcionados adecuadamente, estos concretos se consolidan fácilmente por vibración. (AVILA, 2015).

2.1.7.10.5. Áridos de granulometría continua – mínimos vacíos

Para esto las granulometrías deben ser "continuas", es decir que no debe faltar ningún tamaño intermedio de partícula. La pasta cementicia debe recubrir todas las partículas de agregado para "lubricarlas" cuando el concreto está fresco y para unir las cuando el concreto está endurecido. Por lo tanto, cuanto mayor sea la superficie de los agregados mayor será la cantidad de pasta necesaria. Se ve que el tamaño máximo debe ser el mayor posible, esto es el máximo compatible con la estructura. Por ejemplo: para un tabique será de 19mm, para un pavimento 50 mm, para el concreto en masa de una presa 120mm. (AVILA, 2015).

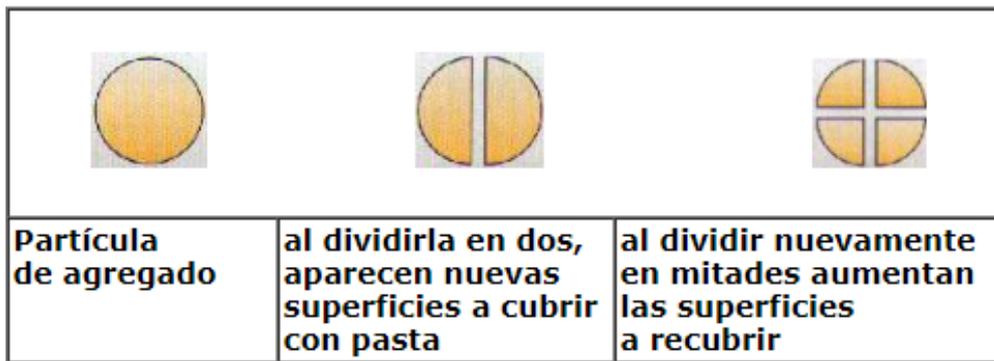


Figura 3: Áridos de granulometría continua..

Fuentes: (AVILA, 2015)

Elaborado por: González. F. (2020)

2.1.7.11. Módulo de Fineza

Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando. (AVILA, 2015).

2.1.7.12. Contenido De Finos

El contenido de finos o polvo no se refiere al contenido de arena fina ni a la cantidad de piedras de tamaño menor, sino a la suciedad que presentan los agregados (tamaños inferiores a 0,075 mm). (AVILA, 2015)

El contenido de finos es importante por dos aspectos:

- a mayor suciedad habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo tanto también aumentará el contenido de cemento si se quiere mantener constante la relación agua/cemento;
- si el polvo está finamente adherido a los agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto la interfase mortero-agregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del concreto.

Es difícil de apreciar a simple vista si las arenas tienen finos, pero se puede evaluar cualitativamente de las siguientes maneras: (AVILA, 2015)

- Observando los acopios, pueden notarse en su superficie costras duras originadas por el desecamiento de estos finos.

- Haciendo una simple prueba consiste en colocar un poco de arena en un recipiente traslúcido con agua, agitar enérgicamente y dejar reposar un par de minutos. Si la arena está sucia se diferenciará claramente en el fondo del recipiente el depósito de arena y sobre éste, el de material fino.

2.1.7.13. Propiedades físicas:

2.1.7.13.1. Densidad

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción. (AVILA, 2015)

2.1.7.13.2. Porosidad

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad. (AVILA, 2015)

2.1.7.13.3. Peso Unitario

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. (AVILA, 2015)

2.1.7.13.4. Porcentaje de Vacíos

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la expresión recomendada por ASTM C 29. (AVILA, 2015).

$$\% \text{ vacios} = \frac{(S*W - P.U.C.)}{S*W} * 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

2.1.7.13.5. Humedad

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma: (AVILA, 2015)

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

2.1.7.14. Propiedades resistentes:

2.1.7.14.1. Resistencia

La resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; la textura la estructura y composición de las partículas del agregado influyen sobre la resistencia. Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del

agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante. (AVILA, 2015)

2.1.7.14.2. Tenacidad

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material (AVILA, 2015)

2.1.7.14.3. Dureza

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes. Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarzita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas. (AVILA, 2015)

2.1.7.14.4. Módulo de elasticidad

Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse. (AVILA, 2015)

Tabla 2:

Módulo elástico

Tipo de agregado	Módulo Elástico
GRANITOS	610000 kg/ cm ²
ARENISCAS	310000 kg/ cm ²
CALIZAS	280000 kg/ cm ²
DIABASAS	860000 kg/ cm ²
GABRO	860000 kg/ cm ²

Elaborado por: González. F. (2020)

2.2. Marco conceptual

Vermiculita: Es un mineral de la familia de la mica compuesto básicamente por silicatos de aluminio, magnesio y de hierro. Su forma natural es la de una mica de color pardo y estructura laminar, conteniendo agua ínter laminada

Arena: Se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm.

Arena triturada: es un producto con tamaño de sus partículas entre 0 y 4 milímetros resultado de la molienda y cribado a un tamaño menor de 4 mm en el circuito secundario en nuestra planta de fabricación de áridos.

Grava triturada: La grava triturada garantiza una mayor resistencia del hormigón, gracias a la conexión de las partículas angulosas. El agregado anguloso es el utilizado por excelencia en el campo de la construcción, aunque requiere más agua y esfuerzo para el amasado.

Granulometría de la arena: La granulometría constituye una de las propiedades físicas de los agregados (arena y piedra) que impacta directamente en la resistencia y el consumo de cemento del hormigón elaborado. Conceptualmente la granulometría es la distribución, en porcentaje, de los diversos tamaños del agregado en una muestra.

Granulometría del agregado grueso: La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). ... Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 enlista los trece números de tamaño de la ASTM C 33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso.

Curva granulométrica: La curva granulométrica de un suelo es una representación gráfica de los resultados obtenidos en un laboratorio cuando se analiza la estructura del suelo desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo forman.

Contenido de humedad: El contenido de humedad es la relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los 105-110 C.

Pesa unitario: Es el peso, por unidad de volumen, de la parte sólida (partículas) de un suelo. (Se considera el volumen total). El peso específico o peso unitario de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen.

Gravedad específica: La gravedad específica es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad del agua. La gravedad específica es adimensional y numéricamente coincide con la densidad

Absorción: La absorción es el incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado periodo de tiempo. Sin incluir el agua adherida a la superficie extrema de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.

Ensayo de Abrasión: que se emplea para determinar el comportamiento de cualquier material frente al desgaste que producirá un agente externo.

Cemento: Es un material que resulta de la combinación de arcilla molida con materiales calcáreos de polvo, en tanto, una vez que entran en contacto con el agua se solidifica y vuelve duro. Es mayormente empleado a instancias de la construcción, justamente por esa solidez que reviste, como adherente y aglutinante.

Diseño de hormigón: El diseño de mezcla es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para

una edad determinada, así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado.

Manejabilidad: Esta depende principalmente de las propiedades y características de los agregados y la calidad del cemento. Cuando se necesita mejorar las propiedades de manejabilidad, se puede pensar en incrementar la cantidad de mortero.

Resistencia del concreto: Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa.

Durabilidad del concreto: El ACI define la durabilidad del concreto de cemento Portland como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, abrasión, y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras.

Dosificación del concreto: La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas.

Curado del concreto: El curado consiste en mantener la temperatura y humedad satisfactorias por un periodo de tiempo que comienza inmediatamente después de la colocación y del acabado.

Resistencia a la compresión: Resistencia a compresión: de 150 a 500 kg/cm² (15 a 50 MPa) para el concreto ordinario. Existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta 2000 kg/cm² (200 MPa).

2.3. Marco legal

En nuestra estudio y trabajos a realizar emplearemos los criterios emitidos por MTOP Ministerio de Transporte y Obras Publicas de acuerdo MOP - 001-F 2002 ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES en el capítulo 800 materiales, secciones 801 – 802 – 803 y 804, donde se emiten los lineamientos en cuanto al uso, procedimientos de trabajos, tipo de materiales a

emplearse, de acuerdo a la medidas consideradas para obtener un diseño acorde a las normas establecidas para esta investigación.

Todos los ensayos se los realiza, mediante sus normas respectivas como son la Norma A.S.T.M. (Asociación Americana de Ensayos de Materiales), AASHTO (La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), NLT (No Less Than, no menor a) y INV (Instituto Nacional de Vías):

Ministerio y Transporte de Obras Publicas en sus capítulos.

- | | | |
|---------------|---------------------------------|---------|
| • SECCION 801 | Hormigón de Cemento Pórtland | VIII-1 |
| • SECCION 802 | Cemento Pórtland | VIII-22 |
| • SECCION 803 | Agregados para Hormigón | VIII-26 |
| • SECCION 804 | Agua para Hormigones y Morteros | VIII-45 |

Normas Técnicas Ecuatorianas

- INEN NTE 696 y 697 Ensayos granulométricos.
- INEN NTE 0860 Ensayos de Abrasión.
- INEN NTE 0858 Determinación de la masa unitaria en agregado.
- INEN NTE 0857 Determinación del peso específico en agregado grueso.
- INEN NTE 0856 Determinación del peso específico en agregado fino.
- NTE INEN 0695 Muestreo de agregados
- NTE INEN 0154 Designación de tamices
- NTE INEN 0691 Limite Líquido
- NTE INEN 0692 Limite Plástico

Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM)

- ASTM C 136 Ensayos Granulométricos
- ASTM C 131 Ensayo de Abrasión
- ASTM C 127 Determinación del peso específico en agregado grueso
- ASTM C 128 Determinación del peso específico en agregado fino
- ASTM C 29 Determinación de la masa unitaria en agregado
- ASTM C 88 Sulfato
- ASTM C 172 Toma de muestra de concreto.
- ASTM C 192 Elaboración y curado de muestra de concreto
- ASTM C 39 Resistencia a la compresión.

CAPÍTULO III

3. Metodología de la investigación

3.1. Metodología de estudio.

Una investigación es un proceso que se lleva a cabo mediante la aplicación de un método científico o experimental encaminado a conseguir información valorable para concebir, comprobar o corregir o el conocimiento del tema de estudio. Para lograr un efecto claro y precisa es necesario emplear algún método de investigación a seguir, ya que la misma posee una serie de diversos caminos para lograr un objetivo programado o para conseguir la información requerida. (Web y Empresas, 2018).

La investigación tiene como principal herramienta el método científico, que es el método de estudio sistemático por excelencia, el cual incluye técnicas de observación, razonamiento y predicción. Para todo tipo de investigación existe un proceso y objetivos puntuales. Todo buen trabajo de investigación debe tener en cuenta algunos elementos básicos en la enunciación de un proyecto, fundamentados en interrogantes como: ¿qué se va a realizar?, ¿con qué?, ¿Cómo se va a realizar?, ¿Cuánto cuesta?, ¿Cuánto dura? entre otras. Reflejadas en pasos posteriores de justificación, además teniendo en cuenta la perspectiva social y económica, los objetivos, la metodología a seguir, el presupuesto y recursos de la misma. (Web y Empresas, 2018).

El método aplicado en el presente estudio es el Descriptivo con enfoque cuantitativo, por el medio del cual se recabará la información necesaria que permita llegar a conclusiones que den respuesta a los objetivos planteados en la presente investigación. El objetivo principal de este informe es comparar la resistencia teórica a compresión calculada con ensayos experimentales de cilindros de hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm² con materiales que cumpla las especificaciones establecidas y comparar esta resistencia a la compresión con nuestro diseño reemplazando el agregado grueso con nuestro agregado vermiculita.

3.2. Tipo de investigación.

Existen varios tipos de investigación, y dependiendo de los fines que se persiguen, los investigadores se decantan por un tipo de método u otro o la combinación de más de uno. En este artículo describiremos tres tipos o métodos de investigación: la descriptiva, la exploratoria y la explicativa. Clasificar una investigación de tipo descriptiva, exploratoria o explicativa tiene que ver con la profundidad de la misma; es decir, según el nivel de conocimiento que se desea alcanzar (TIPOS DE INVESTIGACION, 2017)

Investigación Exploratoria Las investigaciones de tipo exploratorias ofrecen un primer acercamiento al problema que se pretende estudiar y conocer. La investigación de tipo exploratoria se realiza para conocer el tema que se abordará, lo que nos permita “familiarizarnos” con algo que hasta el momento desconocíamos. Los resultados de este tipo de tipo de investigación nos dan un panorama o conocimiento superficial del tema, pero es el primer paso inevitable para cualquier tipo de investigación posterior que se quiera llevar a cabo. Con este tipo de investigación o bien se obtiene la información inicial para continuar con una investigación más rigurosa, o bien se deja planteada y formulada una hipótesis (que se podrá retomar para nuevas investigaciones, o no). (TIPOS DE INVESTIGACION, 2017)

Investigación Descriptiva La investigación descriptiva es la que se utiliza, tal como el nombre lo dice, para describir la realidad de situaciones, eventos, personas, grupos o comunidades que se estén abordando y que se pretenda analizar. En este tipo de investigación la cuestión no va mucho más allá del nivel descriptivo; ya que consiste en plantear lo más relevante de un hecho o situación concreta. De todas formas, la investigación descriptiva no consiste únicamente en acumular y procesar datos. El investigador debe definir su análisis y los procesos que involucrará el mismo. A grandes rasgos, las principales etapas a seguir en una investigación descriptiva son: examinar las características del tema a investigar, definirlo y formular hipótesis, seleccionar la técnica para la recolección de datos y las fuentes a consultar. (TIPOS DE INVESTIGACION, 2017).

Investigación Explicativa La investigación de tipo explicativa ya no solo describe el problema o fenómeno observado, sino que se acerca y busca explicar las causas que originaron la situación analizada. En otras palabras, es la interpretación de una realidad o la explicación del por qué y para qué del objeto de estudio; a fin de ampliar el “¿Qué?” de la investigación exploratoria y el “¿cómo?” de la investigación descriptiva.

La investigación de tipo explicativa busca establecer las causas en distintos tipos de estudio, estableciendo conclusiones y explicaciones para enriquecer o esclarecer las teorías, confirmando o no la tesis inicial (TIPOS DE INVESTIGACION, 2017).

Se realizará una investigación del tipo descriptivo con enfoque cuantitativo, en donde se estudiará a la vermiculita como agregado del hormigón. Las pruebas realizadas posteriormente a los cilindros de hormigón con vermiculita están sujetas a normativas aplicadas en los ensayos de laboratorio, para determinar de esta forma si la vermiculita cumple con los parámetros de las normas establecidas.

3.3. Enfoque

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (Fernandez, 2016).

La investigación se enfocará en explorar y describir las propiedades que aporta la vermiculita al hormigón, comprobando por medio de esto la viabilidad de la estructura diseñada.

3.4. Técnicas de la investigación.

Las técnicas de investigación son procesos e instrumentos que se utilizan al iniciar el estudio de un fenómeno determinado. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de esta forma se logra el principal objetivo de toda investigación, que es adquirir nuevos conocimientos. La elección de la técnica de investigación más adecuada depende del problema que se desea resolver y de los objetivos planteados, motivo por el cual esta elección resulta ser un punto fundamental en todos los procesos investigativos. (lifeder, 2020).

La vermiculita para llevar a cabo las pruebas de la presente investigación procede de las canteras de la ciudad de Guayaquil. El primer paso, obtener la vermiculita de las canteras, proceder a realizar su ensayo de dosificación en base a al diseño establecido con los materiales óptimos para un hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm², una vez obtenida la mezcla se procede a elaborar los cilindros respectivo para luego realizar su rotura a la edad establecida y su comparación con el diseño patrón seleccionado.

3.5. Población

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Cuando se vaya a llevar a cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio.

Entre éstas tenemos:

Homogeneidad - que todos los miembros de la población tengan las mismas características según las variables que se vayan a considerar en el estudio o investigación.

Tiempo - se refiere al período de tiempo donde se ubicaría la población de interés. Determinar si el estudio es del momento presente o si se va a estudiar a una población de cinco años atrás o si se van a entrevistar personas de diferentes generaciones.

Espacio - se refiere al lugar donde se ubica la población de interés. Un estudio no puede ser muy abarcador y por falta de tiempo y recursos hay que limitarlo a un área o comunidad en específico.

Cantidad - se refiere al tamaño de la población. El tamaño de la población es sumamente importante porque ello determina o afecta al tamaño de la muestra que se vaya a seleccionar, además que la falta de recursos y tiempo también nos limita la extensión de la población que se vaya a investigar.

3.6. Muestra

La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población.

ALEATORIA - cuando se selecciona al azar y cada miembro tiene igual oportunidad de ser incluido.

ESTRATIFICADA - cuando se subdivide en estratos o subgrupos según las variables o características que se pretenden investigar. Cada estrato debe corresponder proporcionalmente a la población.

SISTEMÁTICA - cuando se establece un patrón o criterio al seleccionar la muestra. Ejemplo: se entrevistará una familia por cada diez que se detecten.

El muestreo es indispensable para el investigador ya que es imposible entrevistar a todos los miembros de una población debido a problemas de tiempo, recursos y esfuerzo. Al seleccionar una muestra lo que se hace es estudiar una parte o un subconjunto de la población, pero que la misma sea lo suficientemente representativa de ésta para que luego pueda generalizarse con seguridad de ellas a la población.

El tamaño de la muestra depende de la precisión con que el investigador desea llevar a cabo su estudio, pero por regla general se debe usar una muestra tan grande como sea posible de acuerdo a los recursos que haya disponibles. Entre más grande la muestra mayor posibilidad de ser más representativa de la población.

En la investigación experimental, por su naturaleza y por la necesidad de tener control sobre las variables, se recomienda muestras pequeñas que suelen ser de por lo menos 30 sujetos.

En la investigación descriptiva se emplean muestras grandes y algunas veces se recomienda seleccionar de un 10 a un 20 por ciento de la población accesible.

3.7. Análisis de resultados.

El análisis consiste básicamente en dar respuesta a los objetivos o hipótesis planteadas a partir de las mediciones efectuadas y los datos resultantes. Para plantear el análisis es conveniente plantear un plan de análisis o lo que se conoce como un plan de explotación de datos. En él se suele detallar de manera flexible cómo vamos a proceder al enfrentarnos a los datos, cuáles serán las principales líneas de análisis, qué orden vamos a seguir, y qué tipo de pruebas o técnicas de análisis aplicaremos sobre los datos. (tecnica de investigacion social, 2017).

Los análisis a realizar serán los estipulados para este tipo de diseño de acuerdo a las Especificaciones del Ministerio y Transporte de Obras Públicas, de la misma manera se obtendrá y evaluará la diferencia entre los diseños con agregado grueso distintos, determinando como se lo puede utilizar en la construcción.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA

4.1. Objetivo general de la propuesta.

Se realizó el diseño de hormigones utilizando la vermiculita como árido, para determinar si mejora la resistencia y durabilidad.

4.2. Objetivos específicos de la propuesta.

- Se determinó la dosificación para la elaboración del hormigón de baja densidad
- Se analizó el comportamiento de la vermiculita en hormigón, mediante ensayos de compresión
- Se determinó cómo es el comportamiento del uso de la vermiculita en hormigones de baja densidad en la resistencia a la compresión

4.3. Desarrollo experimental

Para el desarrollo de este capítulo, se realizó un diseño de mezcla de concreto $f'c$ 210 Kg/cm² con materiales que cumplen con las normas especificadas en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), para su comparación con nuestro diseño de hormigón con el material grueso reemplazado por la vermiculita como material granular.

4.4. Investigación de campo.

Los ensayos realizados se ejecutaron de acuerdo a las Norma INEN respectivas y siguiéndolas Especificaciones del MTOP para este diseño, los porcentajes de los agregados utilizado para este diseño de $f'c$ 210Kg/cm² nos basamos al libro de TECNOLOGIA DEL CONCRETO, en su capítulo 8 dosificación de mezcla de concreto, en nuestro diseño solo reemplazamos el agregado grueso por nuestra material vermiculita para tener las mismas proporciones y así un mejor resultado comparativo en resistencia.

4.5. Diseño patrón de hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm².

Para obtener este diseño, realizamos los ensayos respectivos a los materiales grueso y finos de acuerdo a las normas INEN, y las recomendaciones del Ministerio de Trabajo y Obras Públicas, obteniendo los resultados de cada ensayo realizado al material grueso y como al material fino, podemos conocer el diseño respectivo para una resistencia a la compresión de $f'c$ 210 Kg/cm². Los ensayos realizados son:

Preparación de los agregados



Figura 4: trituración de la grava vermiculita.

Elaborado por: González. F. (2020)



Figura 5: preparación de los materiales para el diseño de hormigón..
Elaborado por: González. F. (2020)



Figura 6: peso volumétrico de la vermiculita..
Elaborado por: González. F. (2020)



Figura 7: rotura del cilindro de hormigón.

Elaborado por: González. F. (2020)



Figura 8: resistencia cilindro de hormigón.

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.1. Contenido de humedad

Tabla 3:

Contenido de humedad agregado fino.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	arena de rio	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	febrero 20 del 2020	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		2,000.0	g
Masa de la muestra seca		1,897.5	g
Contenido de humedad		5.1	%
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4.75	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	
			
Laboratorista			

Elaborado por: González. F. (2020)

Tabla 4:*Contenido de humedad agregado grueso.*

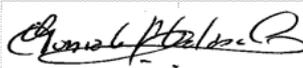
GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	grava triturada	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	febrero 20 del 2020	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		8,000.0	g
Masa de la muestra seca		7,954.2	g
Contenido de humedad		0.6	%
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4.75	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	
			
Laboratorista			

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.2. Granulometría.

Tabla 5:

Granulometría agregado fino.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS							
NORMA ASTM C 136									
Muestra:	1			Solicitante:					
Origen:	arena de río			Ensayado:	G.V.				
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.				
Fecha:	21 de febrero del 2020			Nº Laborat:					
Descripción:		Peso seco inicial (g), ver tabla:			1897.5				
Tamiz	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa				
3/8"	9.50		0.0	0	100				
Nº 4	4.75	26.0	26.0	1	99				
Nº 8	2.36	112.0	138.0	7	93				
Nº 16	1.18	359.0	497.0	26	74				
Nº 30	0.60	587.0	1084.0	57	43				
Nº 50	0.30	433.0	1517.0	80	20				
Nº 100	0.15	267.0	1784.0	94	6				
BANDEJA		113.5	1897.5	100	0				
Módulo de finura:				2.66					
Tamaño de la muestra agregado con:		Peso mínimo (g)							
Al menos el 95% pasa 2.36 mm (tamiz No. 8)		100							
Al menos el 85% pasa 4.75 mm (tamiz No. 4) y más del 5% es retenido en 2.36 mm (tamiz No. 8)		500							
Curva Granulométrica									
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">---</td> <td style="text-align: center;">Límites ASTM C 33</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">—●—</td> <td style="text-align: center;">Agregado fino</td> </tr> </table>						---	Límites ASTM C 33	—●—	Agregado fino
---	Límites ASTM C 33								
—●—	Agregado fino								
									
Laboratorista									

Elaborado por: González. F. (2020)

Tabla 6:

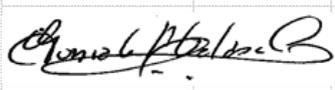
Granulometría agregado grueso.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS GRUESO			
NORMA ASTM C 136					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Grava triturada			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	21 de febrero del 2020			Nº Laborat:	
Descripción:				Peso seco inicial (g), ver tabla:	7954.2
Tamiz	Abertura	Ret. Parcial	Ret. Acumulado	% Retenido	% Que pasa
Nº	(mm)	(gr)	(gr)		
3/4"	19		0.0	0	100
1/2"	12.50	436.0	436.0	5	95
3/8"	9.5	2854.0	3290.0	41	59
Nº 4	4.75	3974.0	7264.0	91	9
Nº 8	2.4	542.0	7806.0	98	2
			7806.0	98	2
			7806.0	98	2
BANDEJA		148.2	7954.2	100	0

Curva Granulométrica

Malla Nº

--- Límites ASTM C 33	— Agregado fino
--	---



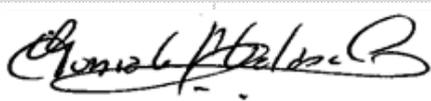
Laboratorista

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.3. Peso unitario.

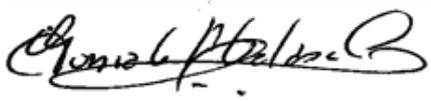
Tabla 7:

Peso unitario del agregado fino.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO	
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Arena de rio	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	22 de febrerto del 2020	Informe N°	
Descripción:	arena fina		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2,795	cm ³	
T: masa del recipiente	1,867	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	6,133	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	6,384	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	4,266	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	4,517	g	
Peso unitario suelto	1,526	kg/m³	
Peso unitario compactado	1,616	kg/m³	
		Tamaño máximo nominal	Capacidad del recipiente
		mm (plg)	pie ³ (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
 Laboratorista			

Elaborado por: González. F. (2020)

Tabla 8:*Peso unitario del agregado grueso.*

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO	
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	agregado grueso	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	22 de febrero del 2020	Informe N°	
Descripción:	Grava triturada gris		
V: volumen del recipiente, ver tabla		2,795	cm ³
T: masa del recipiente		1,867	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente		6,523	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		6,658	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T		4,656	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		4,791	g
Peso unitario suelto		1,666	kg/m³
Peso unitario compactado		1,714	kg/m³
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
			
Laboratorista			

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.4. Gravedad específica y absorción.

Tabla 9:

Gravedad específica y absorción del agregado fino.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO			
NORMA ASTM C 128					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Arena de rio			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	22 de febreto del 2020			Informe N°	
Datos:					
A: Peso seco de la muestra en aire			62.0	g	
B: Peso del picnómetro lleno con agua			155.0	g	
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)			63.3	g	
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca			192.6	g	
Densidad y absorción:					
Gs: gravedad específica seca			2,412	kg/m ³	
Gsss: gravedad específica en sss			2,463	kg/m ³	
G: gravedad específica aparente			2,541	kg/m ³	
Po: porcentaje de absorción de agua			2.10	%	
Fórmulas:					
$G_s = A/(B+S-C)$		$G = A/(A+B-C)$			
$G_{sss} = S/(B+S-C)$		$P_o = (S-A)/A \times 100$			
					
Laboratorista					

Elaborado por: González. F. (2020)

Tabla 10:

Gravedad específica y absorción del agregado grueso.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		
NORMA ASTM C 127				
Muestra:	1		Solicitante:	
Origen:	agregado grueso		Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis		Calculado:	G.V.
Fecha:	22 de febrero del 2020		Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm		
Datos:				
A: Peso seco de la muestra en aire, ver tabla			3,200.0	g
B: Peso en estado sss de la muestra en aire			3,267.0	g
C: Peso en agua de la muestra saturada			2,007.0	g
Densidad y absorción:				
Gs: gravedad específica seca		2,540	kg/m ³	
Gsss: gravedad específica en sss		2,593	kg/m ³	
G: gravedad específica aparente		2,682	kg/m ³	
Po: porcentaje de absorción de agua		2.09	%	
Fórmulas:		Tamaño nominal	Peso mínimo de	
Gs = A/(B-C)	G = A/(A-C)	mm (plg)	muestra (kg)	
Gsss = B/(B-C)	Po = ((B-A)/A) x100	12.5 (1/2)	2	
		19.0 (3/4)	3	
		25.0 (1)	4	
		37.5 (1 1/2)	5	
		50.0 (2)	8	
		63.0 (2 1/2)	12	
		75.0 (3)	18	
				
Laboratorista				

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.5. Abrasión.

Tabla 11:

Abrasión agregado grueso.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE PEQUEÑO TAMAÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE "LOS ANGELES"			
NORMA ASTM C 131					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Grava triturada			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	22 de febrero del 2020			Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	37.5	mm			
Gradación A, B, C ó D, ver tabla			A		
Peso inicial de la muestra con tamaño menor a (37.5 mm)			5,005	g	
Número de esferas, ver tabla			12		
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 100 revoluciones			4,805	g	
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 500 revoluciones			3,545	g	
Relación entre la pérdida a las 100 revoluciones y la pérdida a las 500 revoluciones, uniformidad de desgaste			0.14		
Porcentaje de pérdida			29	%	
Tamiz No, mm (p/g)		Gradación			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
37.5 (11/2)	25 (1)	1.250 +/- 25	-	-	-
25 (1)	19 (3/4)	1.250 +/- 25	-	-	-
19 (3/4)	12.5 (1/2)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
12.5 (1/2)	9.5 (3/8)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
9.5 (3/8)	6.3 (1/4)	-	-	2.500 +/- 10	-
6.3 (1/4)	4.75 (No. 4)	-	-	2.500 +/- 10	-
4.75 (No. 4)	2.36 (No. 8)	-	-	-	5.000 +/- 10
Total		5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10
Número de esferas		12	11	8	6
Peso de esferas (carga) g		5.000 +/- 25	4.584 +/- 25	3.330 +/- 20	2.500 +/- 15
					
Laboratorista					

Elaborado por: González. F. (2020)

Con estos ensayos realizados y efectuado los cálculos respectivos para cada ensayo procedemos a realizar el diseño de hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm², el diseño lo realizamos por medio de lo especificado en el libro de técnica de hormigón en el capítulo 8, diseño de hormigón. Con este diseño será nuestra unidad de patrón para comparar el diseño con el agregado vermiculita reemplazando al árido grueso. El diseño se presenta a continuación.

4.5.6. Diseño de hormigón de f'c 210 Kg7cm2

Tabla 12:

Diseño de hormigón f'c 210 Kg7cm2

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m ³)		1526	1666
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m ³)			1714
DENSIDAD S S S (Kg/m ³)		2463	2593
M.F.		2.66	
% ABSORCION		2.1	2.09
DATOS TECNICOS REQUERIDOS			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm2)	210	Cantidad de agua(Its)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm2)	250	Cantidad de cemento(Kg)	400
coeficiente volumetrico de la piedra	0.66	Relacion agua/cemento (A/C)	0.5
		Densidad cemento (Kr/m3)	2850
CALCULOS			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.140	Cemento	400
Aire	0.02	Piedra	1131.24
Piedra	0.436	Arena	500.9
Volumen total	0.797	Masa total	2232.2
Arena	0.203		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S.)		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	400.000	Cemento	41.0
Piedra	1154.88	Piedra	115.9
Arena	511.45	Arena	51.3
Masa total	2266.33		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMNACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0696	Piedra	2.2
Arena	0.0336	Arena	1.1

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.7. Ensayos del agregado vermiculita

4.5.7.1. Contenido de humedad

Tabla 13:

Contenido de humedad.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	grava vermiculita	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	febrero 20 del 2020	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		6,000.0	g
Masa de la muestra seca		5,375.7	g
Contenido de humedad		10.4	%
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4.75	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	
			
Laboratorista			

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.7.2. Granulometría.

Tabla 14:

Granulometría.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS			
NORMA ASTM C 136					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Grava vermiculita			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	24 de febrero del 2020			Nº Laborat:	
Descripción:				Peso seco inicial (g), ver tabla:	5000.0
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa
3/4"	19	0.0	0.0	0	100
1/2"	12.50	305.0	305.0	6	94
3/8"	9.5	1783.0	2088.0	42	58
Nº 4	4.75	2327.0	4415.0	88	12
Nº 8	2.4	498.0	4913.0	98	2
			4913.0	98	2
			4913.0	98	2
BANDEJA		87.0	5000.0	100	0

Curva Granulométrica

Malla Nº	% Que Pasa (Agregado fino)	% Que Pasa (Límites ASTM C 33)
3/4"	100	100
1/2"	94	94
3/8"	58	70
Nº 4	12	12
Nº 8	2	2

--- Límites ASTM C 33 —●— Agregado fino

Laboratorista

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.7.3. Peso unitario.

Tabla 15:

Peso unitario.

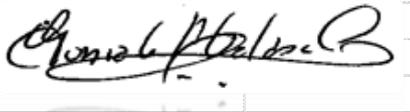
GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO	
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	agregado vermiculita	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	22 de febrero del 2020	Informe N°	
Descripción:	Grava triturada gris		
V: volumen del recipiente, ver tabla		2,795	cm ³
T: masa del recipiente		1,867	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente		5,672	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		5,876	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T		3,805	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		4,009	g
Peso unitario suelto		1,361	kg/m ³
Peso unitario compactado		1,434	kg/m ³
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
			
Laboratorista			

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.7.4. Gravedad específica y absorción.

Tabla 16:

Gravedad específica y absorción.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		
NORMA ASTM C 127				
Muestra:	1		Solicitante:	
Origen:	agregado vermiculita		Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis		Calculado:	G.V.
Fecha:	22 de febrero del 2020		Informe N°	
Tamaño máximo nominal:			mm	
Datos:				
A: Peso seco de la muestra en aire, ver tabla			3,000.0	g
B: Peso en estado sss de la muestra en aire			3,267.0	g
C: Peso en agua de la muestra saturada			1,698.0	g
Densidad y absorción:				
Gs: gravedad específica seca			1,912	kg/m ³
Gsss: gravedad específica en sss			2,082	kg/m ³
G: gravedad específica aparente			2,304	kg/m ³
Po: porcentaje de absorción de agua			8.90	%
Fórmulas:			Tamaño nominal	Peso mínimo de
Gs = A/(B-C)		G = A/(A-C)	mm (plg)	muestra (kg)
Gsss = B/(B-C)		Po = ((B-A)/A) x100	12.5 (1/2)	2
			19.0 (3/4)	3
			25.0 (1)	4
			37.5 (1 1/2)	5
			50.0 (2)	8
			63.0 (2 1/2)	12
			75.0 (3)	18
				
Laboratorista				

Elaborado por: González. F. (2020)

4.5.7.5. Abrasión.

Tabla 17:

Abrasión.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE PEQUEÑO TAMAÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE "LOS ANGELES"			
NORMA ASTM C 131					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	agregado vermiculita			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	22 de febrero del 2020			Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	37.5	mm			
Gradación A, B, C ó D, ver tabla			A		
Peso inicial de la muestra con tamaño menor a (37.5 mm)			5,007	g	
Número de esferas, ver tabla			12		
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 100 revoluciones			3,967	g	
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 500 revoluciones			2,041	g	
Relación entre la pérdida a las 100 revoluciones y la pérdida a las 500 revoluciones, uniformidad de desgaste			0.35		
Porcentaje de pérdida			59	%	
Tamiz No, mm (plg)		Gradación			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
37.5 (11/2)	25 (1)	1.250 +/- 25	-	-	-
25 (1)	19 (3/4)	1.250 +/- 25	-	-	-
19 (3/4)	12.5 (1/2)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
12.5 (1/2)	9.5 (3/8)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
9.5 (3/8)	6.3 (1/4)	-	-	2.500 +/- 10	-
6.3 (1/4)	4.75 (No. 4)	-	-	2.500 +/- 10	-
4.75 (No. 4)	2.36 (No. 8)	-	-	-	5.000 +/- 10
Total		5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10
Número de esferas		12	11	8	6
Peso de esferas (carga) g		5.000 +/- 25	4.584 +/- 25	3.330 +/- 20	2.500 +/- 15
					
Laboratorista					

Elaborado por: González. F. (2020)

Con estos ensayos realizados al material grueso como es la vermiculita y efectuado los cálculos respectivos para cada ensayo procedemos a realizar el diseño de hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm², el diseño lo realizamos por medio de lo especificado en el libro de técnica de hormigón en el capítulo 8, diseño de hormigón. Este material grueso como es la vermiculita no cumple con las normas para ser considerado como parte del hormigón por presentar una adsorción y desgaste muy elevado a lo permitido en las especificaciones respectivas, igual realizamos el diseño conservando las mismas proporciones del diseño tradicional para ver que resistencia a la compresión a los 28 días obtendremos,

A continuación, realizamos el diseño respectivo con el agregado vermiculita, adicionalmente se realizó otro diseño con vermiculita agregando más cemento para obtener la resistencia adecuada esto lo presentamos a continuación.

4.5.8. Diseño de hormigón con vermiculita.

Tabla 18:

Diseño de hormigón con vermiculita

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO VERMICULITA
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m ³)		1526	1361
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m ³)			1434
DENSIDAD S S S (Kg/m ³)		2463	2082
M.F.		2.66	
% ABSORCION		2.1	8.9
DATOS TECNICOS REQUERIDOS			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire (%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm ²)	210	Cantidad de agua (Its)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm ²)	250	Cantidad de cemento (Kg)	400
coeficiente volumetrico de la piedra	0.66	Relacion agua/cemento (A/C)	0.5
		Densidad cemento (Kr/m ³)	2850
CALCULOS			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.140	Cemento	400
Aire	0.02	Piedra	946.44
Piedra	0.455	Arena	455.8
Volumen total	0.815	Masa total	2002.3
Arena	0.185		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S.)		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	400.000	Cemento	41.0
Piedra	1030.67	Piedra	97.0
Arena	465.39	Arena	46.7
Masa total	2096.07		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMNACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0713	Piedra	2.2
Arena	0.0306	Arena	1.0

Elaborado por: González. F. (2020)

Tabla 19:

Diseño de hormigón con vermiculita f'c 210 Kg/cm² con cemento adicional para cumplir con la resistencia solicitada

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO VERMICULITA
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m ³)		1526	1361
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m ³)			1434
DENSIDAD S S S (Kg/m ³)		2463	2082
M.F.		2.66	
% ABSORCION		2.1	8.9
DATOS TECNICOS REQUERIDOS			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	10 a 15 cm	Cantidad de aire (%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm ²)	210	Cantidad de agua (lts)	205
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm ²)	290	Cantidad de cemento (Kg)	502
coeficiente volumetrico de la piedra	0.66	Relacion agua/cemento (A/C)	0.41
		Densidad cemento (Kr/m ³)	2850
CALCULOS			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.205	Agua	205.0
Cemento	0.176	Cemento	502.45
Aire	0.02	Piedra	946.44
Piedra	0.455	Arena	355.0
Volumen total	0.856	Masa total	2008.9
Arena	0.144		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S.)		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	205	Agua	21.0
Cemento	502.45	Cemento	51.5
Piedra	1030.67	Piedra	97.0
Arena	362.42	Arena	36.4
Masa total	2100.54		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMINACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0713	Piedra	2.2
Arena	0.0238	Arena	0.7

Elaborado por: González. F. (2020)

4.6. Rotura de cilindros.

Tabla 20:

Control de rotura.

FECHA DE TOMA	ELEMENTO	f'c	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm ²	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm ²	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm ²	PROM.	%	OBSERVACIONES
29/2/2020	DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADOS APROBADOS	210	7	7/3/2020	145.6	148.8	71%	21	21/3/2020	193.2	193.6	92%	28	28/3/2020	209.4	211.3	101%	SE TOMO 9 CILINDROS
					152.7					192.4					213.6			
					148.2					195.3					210.8			
29/2/2020	DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO VERMICULITA	210	7	7/3/2020	112.7	112.3	53%	21	21/3/2020	153.8	155.2	74%	28	28/3/2020	170.8	170.9	81%	SE TOMO 9 CILINDROS
					108.5					158.9					170.8			
					115.8					152.8					171.2			
7/3/2020	DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO VERMICULITA	210	7	14/3/2020	143.7	142.4	68%	21	28/3/2020	188.6	189.4	90%	28	4/4/2020	211.6	210.9	100%	SE TOMO 9 CILINDROS DISEÑO f'c 210 Kg/cm ²
					140.7					190.3					208.5			
					142.7					189.3					212.6			

Elaborado por: González. F. (2020)

4.7. Gráfico de roturas.

Tabla 21:

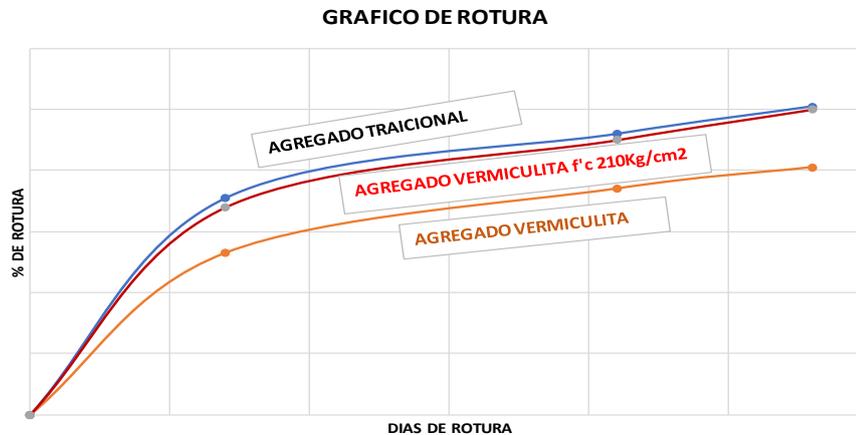


Gráfico de rotura.

Elaborado por: González. F. (2020)

4.8. Análisis del diseño de hormigón.

Para comprobar nuestro tema de tesis, si nuestro agregado como es la vermiculita puede ser considerado o utilizado como un hormigón de alta resistencia, lo comprobamos con un diseño con agregados tradicionales de una resistencia de $f'c$ 210 Kg/cm², los resultados obtenidos no cumple con las normas respectivas, ya que el desgaste tiene que ser inferior al 50% y nuestro agregado de vermiculita tiene 59%, igual lo utilizamos para ver su resistencia y poder recomendar su utilización, la resistencia obtenida a los 28 días es de $f'c$ 170,9 Kg/cm² esta mezcla con la misma dosificación del diseño de $f'c$ 210 Kg/cm² no cumple su resistencia los 28 días, por ese motivo realizamos un nuevo diseño que cumpla con el diseño establecido, para esto agregamos más cemento y c redujo sus proporciones de agregados para cumplir con el diseño el resultado a los 28 días es de $f'c$ 210,9 Kg/cm² cumpliendo lo especificado en resistencia pero cabe recalcar que para trabajabilidad existe dificultades por lo que es necesario utilizar aditivo.

4.9. Análisis como aislante térmico.

Para comprobar su funcionalidad como agente térmico, construimos unos paneles utilizando el mismo diseño y comprobando su temperatura en la parte exterior e interior de nuestro panel, dando lecturas satisfactorias, en la parte exterior tenemos temperatura que varía de acuerdo al clima de 33°C a 37°C y en la parte interior la temperatura se ha mantenido en 25° C, con esto queda comprobado que si funciona como un aislante térmico.



Figura 9: toma de temperatura en paneles.

Elaborado por: González. F. (2020)

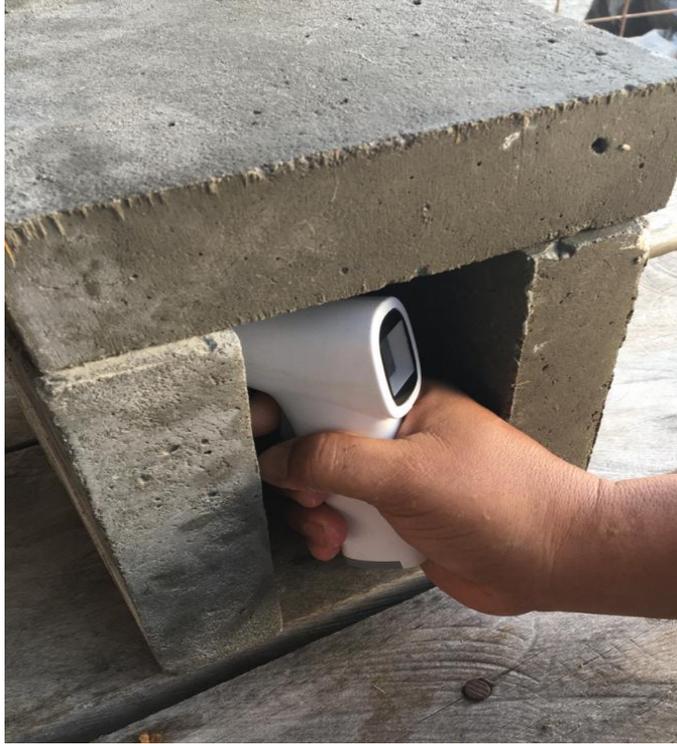


Figura 10: toma de temperatura en paneles.

Elaborado por: González. F. (2020)

Con los datos obtenidos podemos concluir que este material vermiculita no puede ser utilizado como hormigón de alta resistencia, pero puede ser una alternativa utilizarlo en los sectores que cuente con este yacimiento y poder recomendarlo en sus obras sociales como son viviendas de una planta, que se los elaboraría con paneles elaborado de este hormigón vermiculita, uno de los sectores que podría beneficiarte de esta alternativa ya que cuenta en su sector con este yacimiento es la parroquia los Vergeles del Cantón Pajan de la Provincia de Manabí, pero solo obras sociales de una planta.

Tabla 22

Análisis de precio unitario

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	Estudio de la vermiculita como arido para elaborar hormigones de baja densidad y aislante termico					
FECHA:	10 de septiembre 2020					
RUBRO:	Hormigon simple			UNIDAD:	m3	
CODIGO:				RENDIMIENTO:	R=0.26	
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
herramienta menor 5% M/O					0.43	
vibrador	1.00	3.13	3.13	0.260	0.81	
concretera	1.00	1.88	1.88	0.260	0.49	
SUBTOTAL (M)					1.73	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Maestro de obra	1.00	4.04	4.04	0.260	1.05	
Albañil	2.00	3.65	7.30	0.260	1.90	
peon	6.00	3.60	21.60	0.260	5.62	
SUBTOTAL (N)					8.56	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
cemento	m3	8.00	8.00	64.00		
arena	m3	0.203	11.00	2.23		
pedra	m3	0.436	14.00	6.10		
agua	m3	0.2	1.00	0.20		
SUB TOTAL (O)					72.54	
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
SUBTOTAL (P)					0.00	
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					82.83	
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 22.00%					18.22	
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					101.05	

Elaborado por: González. F. (2020)

Tabla 23:

Análisis de precio unitario

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	Estudio de la vermiculita como arido para elaborar hormigones de baja densidad y aislante termico					
FECHA:	10 de septiembre 2020					
RUBRO:	Hormigon simple				UNIDAD:	m3
CODIGO:					RENDIMIENTO:	R=0.26
EQUIPOS						
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	ENDIMIEN	COSTO
herramienta menor 5% M/O						0.43
vibrador		1.00	3.13	3.13	0.260	0.81
concretera		1.00	1.88	1.88	0.260	0.49
SUBTOTAL (M)						1.73
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra		1.00	4.04	4.04	0.260	1.05
Albañil		2.00	3.65	7.30	0.260	1.90
peon		6.00	3.60	21.60	0.260	5.62
SUBTOTAL (N)						8.56
MATERIALES						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
cemento			m3	8.00	8.00	64.00
arena			m3	0.185	11.00	2.04
Vermiculita			m3	0.455	14.00	6.37
agua			m3	0.2	1.00	0.20
SUB TOTAL (O)						72.61
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL (P)						0.00
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						82.90
INDIRECTOS Y UTILIDADES:				22.00%	18.24	
COSTO TOTAL DEL RUBRO:						101.14

Elaborado por: González. F. (2020)

Tabla 24:

Análisis de precio unitario

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	Estudio de la vermiculita como arido para elaborar hormigones de baja densidad y aislante termico					
FECHA:	10 de septiembre 2020					
RUBRO:	Hormigon simple				UNIDAD:	m3
CODIGO:					RENDIMIENTO:	R=0.26
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
herramienta menor 5% M/O					0.43	
vibrador	1.00	3.13	3.13	0.260	0.81	
concretera	1.00	1.88	1.88	0.260	0.49	
SUBTOTAL (M)					1.73	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Maestro de obra	1.00	4.04	4.04	0.260	1.05	
Albañil	2.00	3.65	7.30	0.260	1.90	
peon	6.00	3.60	21.60	0.260	5.62	
SUBTOTAL (N)					8.56	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
cemento	m3	10.00	8.00	80.00		
arena	m3	0.144	11.00	1.58		
Vermiculita	m3	0.455	14.00	6.37		
agua	m3	0.205	1.00	0.21		
SUB TOTAL (O)					88.16	
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
SUBTOTAL (P)					0.00	
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				98.45		
INDIRECTOS Y UTILIDADES:				22.00%	21.66	
COSTO TOTAL DEL RUBRO:				120.11		

Elaborado por: González. F. (2020)

4.10. Conclusiones.

Para nuestro tema de tesis, elaboramos un diseño de hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm², con material que cumplan con las normas especificadas en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, la finalidad es para que nos sirva de guía y poder compararlo con nuestro diseño utilizando el agregado grueso vermiculita, las proporciones las mantenemos solo cambiamos el material grueso por la grava vermiculita que es parte de nuestro tema de tesis.

Los ensayos realizados al material vermiculita para ver si cumple con las normas establecidas para utilizarlo como diseño de hormigón, no cumple con el ensayo de desgaste que debe tener el agregado grueso, el ensayo respectivo realizado es el de abrasión nos da que este material tiene un desgaste del 59 % cuando por norma debe ser inferior al 50 %, esta disposición esta se encuentra en libro del Ministerio de Transporte y Obras Publicas en el capítulo 803 - 2.2, los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 500 revoluciones, determinado según los métodos de ensayo especificados en las normas INEN 860 y 861.

Realizamos tres diseños de hormigón para $f'c$ 210 Kg/cm², nuestro diseño patrón y dos con nuestro agregado vermiculita, la resistencia a la compresión a los 28 días debe llegar a un 100 % de la resistencia solicitada, nuestro diseño con vermiculita obtuvimos una resistencia a la compresión de un 81 % a los 28 días eso nos da una resistencia de $f'c$ 170.9 Kg/cm², en este diseño no tuvimos una buena ductilidad en nuestra pasta de hormigón debido a que nuestro agregado vermiculita posee una adsorción del 8.9 % haciendo que nuestra pasta fragüe más rápido, secando nuestro diseño, esto no permite una trabajabilidad adecuada para la elaboración de los cilindros de hormigón, por ese motivo realizamos un tercer diseño aumentando el porcentaje de cemento , disminuyendo las proporciones de los agregados para poder cumplir con el diseño establecido la resistencia a la compresión fue de 100 % a los 28 días eso nos da una resistencia de $f'c$ 210,9 Kg/cm².

Con los resultados obtenidos podemos determinar que la grava vermiculita que es la propuesta de nuestro tema de tesis, nos determina que por el alto porcentaje que presenta en los resultados de los ensayos efectuados como es el desgaste y adsorción,

no puede ser considerado como material de agregado grueso para un diseño de hormigón de alta resistencia, así mismo con estos resultados obtenidos de la compresión de los cilindros de hormigón a los 28 días de nuestro diseño propuesto, con el agregado grueso de vermiculita se lo puede considerar como un hormigón de baja resistencia, el cual se lo puede emplear, dependiendo del elemento a hormigonar, aumentando la cantidad de cemento y disminuyendo las proporciones de los agregados puede ser una alternativa para utilizarlo como hormigón de $f'c$ 210 Kg/cm².

Con los datos obtenidos podemos concluir que este material vermiculita no puede ser utilizado como hormigón de alta resistencia, pero puede ser una alternativa utilizarlo en los sectores que cuente con este yacimiento y poder recomendarlo en sus obras sociales como son viviendas de una planta, que se los elaboraría con paneles elaborado de este hormigón vermiculita, uno de los sectores que podría beneficiarse de esta alternativa ya que cuenta en su sector con este yacimiento es la parroquia los Vergeles del Cantón Pajan de la Provincia de Manabí, pero solo obras sociales de una planta.

4.11. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios de los sitios donde se encuentren este material vermiculita, para obtener un volumen aproximado de la cantidad de este mineral y también su localización para considerarlos en las obras que se requiere hormigón de baja densidad, que se realicen cerca de este yacimiento, así como también el costo que representaría su extracción, acarreo y comercialización a las empresas que requieran este producto.

Realizar varios ensayos de este material vermiculita para obtener parámetros de comportamiento de este mineral, así como también diversos diseños de hormigones de baja resistencia realizando los ensayos de compresión a diversas edades menores y mayores a 28 días hasta cuando su resistencia se vuelva lineal, esto nos permitirá obtener un parámetro de comportamiento del diseño a diversas edades en cuanto a su resistencia, así nos facilitara un mejor control de este mineral como elemento estructural.

Se sugiere realizar ensayos combinados de los materiales gruesos, se los realizaría con porcentajes variados, mezclando grava seleccionada con el mineral vermiculita, hasta obtener una combinación de ambas que cumpla con las normas establecidas en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, para utilizarlo como material grueso en el diseño de hormigón, y así poder elaborar un estudio para obtener un concreto de alta resistencia, realizando esta combinación obtendríamos de estos materiales un desgaste que sea menor al 50 % permitido y así mismo su porcentaje de adsorción disminuiría, lo que quedaría es elaborar el diseño respectivo y poder determinar si su resistencia a la compresión este dentro de los parámetros para ser considerado un hormigón de alta resistencia.

Bibliografía

(s.f.).

- abraham, P. (2012). *course hero*. Recuperado el agosto de 2019, de course hero website: <https://www.coursehero.com/file/p74ke2dk/1-Definici%C3%B3n-de-concreto-El-concreto-es-b%C3%A1sicamente-una-mezcla-de-dos/>
- ANGAMARCA, M., & CACERES, R. (15 de JULIO de 2015). *dspace.uce.edu.ec/*. Recuperado el MARZO de 2020, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5292/1/T-UC-0011-189.pdf>
- ARCHIEXPO. (18 de julio de 2017). *archiexpo.e*. Recuperado el ENERO de 2020, de <https://www.archiexpo.es/prod/inpro/product-59788-142735.html>
- AVILA, G. (1 de abril de 2015). <http://teconcreto123.blogspot.com/>. Recuperado el ENERO de 2020, de <http://teconcreto123.blogspot.com/p/los-agregados.html>
- CAÑARTE, G. (5 de OCTUBRE de 2016). <http://repositorio.ug.edu.ec/>. Recuperado el MARZO de 2020, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12002/1/TESIS-MTE-UG-GEORGE%20CA%C3%91ARTE-2016.pdf>
- CEMEX. (1 de enero de 2018). *cemexcolombia.com/*. Recuperado el ABRIL de 2020, de <https://www.cemexcolombia.com/concretos/baja-densidad>
- civil, e. d. (2015). *bib.upct.es/*. Recuperado el agosto de 2019, de https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod_resource/content/1/Hormigon_02._Tipos_y_propiedades.pdf
- Fernandez, J. (12 de julio de 2016). *jorgelfdez.wordpress*. Recuperado el JUNIO de 2020, de <https://jorgelfdez.wordpress.com/2016/07/12/el-enfoque-cuantitativo/>
- FONSECA, A. (15 de FEBRERO de 2015). *repositorio.uta.edu.ec/*. Recuperado el ENERO de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11740/1/Tesis%20883%20-%20Fonseca%20Acosta%20Alex%20Bladimir.pdf>
- Gonzales, D. (8 de enero de 2020). <http://lefis.unizar.es/>. Recuperado el junio de 2020, de http://lefis.unizar.es/lefispedia/doku.php?id=es:piramide_de_kelsen
- LAFARGER. (2015). *lafarge.generadordeprecios.info/*. Recuperado el agosto de 2019, de http://lafarge.generadordeprecios.info/lafarge_ligero/
- Leon, K. (13 de mayo de 2016). *academia.edu*. Recuperado el 2020, de https://www.academia.edu/13808426/Deterioro_de_Pavimentos
- lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
- LITUMA, M., & ZHUNIO, B. (23 de OCTUBRE de 2015). <http://dspace.ucuenca.edu.ec/>. Recuperado el MARZO de 2020, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23112/1/Tesis.pdf>

- noticias.universia.c.* (4 de septiembre de 2017). Recuperado el mayo de 2020, de <https://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html>
- Perez, J., & Merino, M. (28 de febrero de 2020). *definicion.de/*. Recuperado el 2020 de abril, de <https://definicion.de/hormigon/>
- roca, m. y. (18 de julio de 2017). *mineralesyrocas.com/*. Recuperado el agosto de 2019, de <https://mineralesyrocas.com/vermiculita/>
- Ruano, B. (2016). *Evaluación del uso de vermiculita y perlita como alternativas al Phytigel® en la propagación in vitro de camote (Ipomoea batatas L.)*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5888/1/CPA-2016-T085.pdf>
- tecnicadeinvestigacion social. (12 de octubre de 2017). *tecnicadeinvestigacion social*. Recuperado el junio de 2020, de <https://sites.google.com/site/tecnicadeinvestigacionsocial/temas-y-contenidos/tema-1-la-investigacion-social/fases-de-la-investigacion-social/analisis-e-interpretacion-de-resultados>
- VIVAS, K. (6 de ABRIL de 2016). *repositorio.uta.edu.ec*. Recuperado el MARZO de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24052/1/Tesis%201052%20-%20Vivas%20Villarreal%20Karol%20Natal%C3%AD.pdf>
- Web y Empresas. (6 de marzo de 2018). *webyempresas*. Recuperado el junio de 2020, de <https://www.webyempresas.com/metodologia-de-la-investigacion/>

ANEXOS 1

NORMAS M.T.O.P.

CAPITULO 800.**M A T E R I A L E S**

SECCION 801. HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND.**801-1. Generalidades.**

801-1.01. Objetivos. - La presente especificación tiene por objeto establecer los requisitos que debe cumplir el hormigón de cemento Portland, para su utilización en la construcción de piezas estructurales de este material, incluyendo los pavimentos rígidos.

801-1.02. Alcance y limitaciones. - Esta especificación se aplica a toda estructura o elemento que requiera para su construcción, hormigón de cemento Portland.

801-1.03. Clases de hormigón. - Con la finalidad de establecer una guía en el uso de las diferentes clases de hormigón, cuando no se indican en los planos, se recomienda usar la Tabla 801-1.1.

801-1.04. Adicionales o especiales. - El Constructor presentará los diseños del hormigón al Fiscalizador, quien realizará por su cuenta ensayos de comprobación. Si existen divergencias entre ellos, se realizará un tercer ensayo en presencia del Fiscalizador y Contratista. Si los resultados de este tercer ensayo son satisfactorios se mantendrá el diseño; caso contrario, el Fiscalizador ordenará el cambio del diseño, hasta conseguir que se cumplan con los requisitos especificados para la obra.

Si se requiere de aditivos para la fabricación de hormigón, estos deberán cumplir lo estipulado en el Capítulo 805 de las presentes especificaciones.

801-2. Fabricación del Hormigón.

801-2.01. Almacenamiento de agregados. - El manipuleo y almacenamiento de agregados para hormigones se hará en forma tal que se evite la segregación de los tamaños componentes o la mezcla con materiales extraños.

El Contratista deberá efectuar el almacenamiento separado de los agregados en silos o plataformas especiales, convenientemente localizadas.

Los acopios se prepararán en capas aproximadamente horizontales, de un espesor no mayor de 1,0 metro.

Los agregados que provengan de diferentes fuentes de origen no deberán almacenarse juntos, y cada tamaño o fracción de agregado deberá almacenarse separadamente.

TABLA 801-1.1

CLASES Y USOS DE HORMIGONES DE CEMENTO PÓRTLAND

CLASE	TIPO DE HORMIGÓN	RESISTENCIA ESPECIFICADA A COMPRESIÓN f_c Mpa	RESISTENCIA ESPECIFICADA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN M_R Mpa	RELACION AGUA/CEMENTO *	USO GENERAL (solamente información)
A	Estructura Especial	> 28	N/A	0.44	Obras de gran envergadura Puentes. Losa superior de alcantarillas de tráfico directo. Elementos prefabricados. Tanques y reservorios
B	Estructural	Entre 21 y 28	N/A	0.58	Losas, vigas, viguetas, columnas, nervaduras de acero, alcantarillas de cajón, estribos, muros, zapatas armadas.
C	Para elementos trabajando a tracción	N/A	> 3.5	0.46	Pavimentos rígidos, tanques y reservorios cilíndricos o cónicos
D	Para compactar con rodillo o con pavimentadora	N/A	> 3.5	0.36	Pavimentos, presas de gravedad
E	No estructural	Entre 14 y 18	N/A	0.65	Zapatas sin armar, replantillos, bordillos, contrapisos
F	Ciclópeo	> 12	N/A	0.70	Muros, estribos y plintos no estructurales
G	Relleno fluido	Entre 0.5 y 8	N/A	--	Rellenos para nivelación, bases de pavimentos, rellenos de zanjas y excavaciones

El transporte de los agregados, desde los depósitos de almacenamiento a la planta dosificadora, se efectuará de manera que el manipuleo no altere la granulometría propia de los agregados.

No se emplearán los agregados que, durante su manipuleo o transporte, se mezclaren con tierra o material extraño.

801.b Almacenamiento de materiales

El cemento, y agregados livianos, deben permanecer siempre en lugares ventilados y ubicados de tal manera que la Fiscalización, pueda chequear fácilmente. Deben ser almacenados de tal manera que se asegure la conservación de sus cualidades y aptitudes para la obra. Los materiales de almacenamiento aun cuando hayan sido aprobados antes de ser almacenados, deben ser inspeccionados antes que se utilicen en la obra, todos los materiales tienen que ser manejados con precaución evitando que se pierdan o deterioren sus propiedades de diseño.

Solamente con el permiso de la Fiscalización se puede permitir que cantidades pequeñas de sacos abiertos de cemento permanezcan almacenados en pisos o plataformas bajo techo, pero no deben sobrepasar el tiempo máximo de 48 horas.

801.c Almacenamiento de agregados

Cuando el almacenamiento de los agregados del concreto se realiza a mano, lo más importante es prevenir la contaminación con otros materiales.

Para el uso de los agregados es conveniente no remover por lo menos 15 cm. de la parte inferior.

El agregado debe ser almacenado en el menor tiempo posible para reducir el contenido libre de humedad.

Para asegurar un concreto uniforme, los agregados almacenados deberían mantenerse en un razonable contenido de humedad uniforme.

801.d Almacenamiento de aditivos

Es necesario mantener una lista de presentación y aprovisionamiento de aditivos. Esta lista deberá contener la dosificación para ser usada; además se debería solicitar una certificación de que el material ha sido proporcionado para tal requerimiento. Cuando el caso lo amerite y la Fiscalización lo solicite, es necesario obtener una certificación del laboratorio.

En obras de gran importancia se debería solicitar:

- 1.- El contenido químico, con su peso respectivo y sus tolerancias.
2. - Una muestra de 250 ml de aditivos.
3. - Cada 6 meses certificar la garantía para comprobar que el producto no ha sido cambiado.

Los chequeos pueden referirse al ASTM C 260 y ASTM C 494.

801-2.02. Planta y equipo de dosificación. - La planta dosificadora será de un tipo adecuado, e incluirá tolvas de almacenamiento con compartimientos separados para cada fracción de agregados.

Los controles de pesaje permitirán graduar la salida del material, incluyendo el retiro de cualquier exceso, si se sobrepasa el peso de un agregado.

Las tolvas de pesaje serán construidas de tal manera que puedan descargar totalmente los materiales y no produzcan vibraciones en las balanzas.

La planta de dosificación estará montada de tal manera que sus piezas estructurales se conserven niveladas perfectamente, con las tolerancias respectivas en los mecanismos de pesaje.

Las balanzas serán del tipo aprobado por el Fiscalizador y constituirán parte integrante de la planta dosificadora.

Los errores máximos permisibles para balanzas de agregados o de cemento serán:

- a) Para calibración: 0.5% de la carga neta.
- b) Para cemento: 1% de la carga neta en trabajo.
- c) Para agregados: 2% de la carga neta en trabajo.

Para efectos de verificar el peso de las balanzas se dispondrá de por lo menos 12 pesas de 20 kilogramos, y puede requerirse tal calibración cuando el Fiscalizador lo crea conveniente.

El Fiscalizador exigirá que las tolvas de agregados o las mezcladoras de hormigón dispongan de dispositivos satisfactorios, para pesar o medir aditivos en polvo o líquidos.

801-2.03. Requisitos Adicionales. - La planta mezcladora funcionará para cada dosificación por separado; cada carga se colocará en la planta, en forma completa.

Para el mezclado en planta, y si se utiliza cemento a granel, éste será pesado por separado y colocado dentro de una tolva en las cantidades estipuladas. Los agregados finos y cada uno de los tamaños de los agregados gruesos serán pesados y colocados en las cantidades fijadas dentro de las tolvas correspondientes.

Para el mezclado al pie de la obra los agregados serán pesados en la planta de dosificación y transportados al sitio en cajas de vehículos u otros recipientes diseñados para el objeto; cada compartimento del recipiente contendrá una mezcla completa de dosificación y se asegurará su separación mediante tabiques, que impedirán el paso de materiales de un compartimento a otro durante el transporte o descarga. El cemento a granel será transportado en un recipiente separado y cerrado herméticamente. El cemento en sacos podrá ser transportado sobre los agregados, y el número de sacos de cemento que correspondan a cada mezcla o carga de dosificación irá sobre los agregados de esa carga.

Si en una determinada obra el volumen de hormigón necesario resulta pequeño y no se justifica el montaje de una planta central de dosificación, el Contratista podrá, con permiso previo y por escrito del Fiscalizador, efectuar la dosificación de los materiales pesándolos en balanzas de plataforma aprobadas o midiéndolos en volúmenes sueltos.

Para el segundo caso, el Fiscalizador exigirá que las cantidades sean medidas por separado, de tal forma que asegure una dosificación uniforme, para lo cual se podrán emplear cajones cuyos volúmenes hayan sido establecidos cuidadosamente y estén contruidos de un material que resista

el uso. Los cajones que estén deteriorados o semidestruidos por el uso, serán retirados de la obra.

Para determinar los volúmenes de los agregados se exigirá un continuo control, a fin de evitar las posibles variaciones por efecto de la humedad de los agregados.

801-3. Mezclado y Transporte.

801-3.01. Generalidades. - En lo que sigue, se referirá a los procedimientos y normas de mezcla y transporte del hormigón, a los cuales se sujetará estrictamente el Contratista, bajo el control del Fiscalizador.

El hormigón podrá ser mezclado en obra, en una planta mezcladora central o en una mezcladora móvil, del tipo y capacidad aprobados por el Fiscalizador.

El equipo y los procedimientos para mezclar, transportar y colocar el hormigón deberán hacerse conocer al Fiscalizador por lo menos 10 días antes de comenzar el trabajo, para su aprobación.

801-3.02. Hormigón mezclado en obra. - Los materiales se colocarán en el tambor de la mezcladora, de modo que una parte del agua de amasado se coloque antes que los materiales secos; a continuación, el orden de entrada a la mezcladora será: parte de los agregados gruesos, cemento, arena, el resto del

Agua y finalmente el resto de los agregados gruesos. El agua podrá seguir ingresando al tambor hasta el final del primer cuarto del tiempo establecido para el mezclado. Los aditivos inclusores de aire deberán

agregarse al agua, en las

Cantidades especificadas en el diseño, en la forma aconsejada por su fabricante o durante el tiempo fijado por el Fiscalizador.

El tambor de la mezcladora se operará a la velocidad recomendada por el fabricante y dentro de la capacidad especificada por él.

El tiempo de mezclado será 60 segundos como mínimo para mezcladoras de capacidad menor de 0,75 metros cúbicos, y de por lo menos 90 segundos para mezcladores con capacidad de 0,75 metros cúbicos o más; en ningún caso deberá sobrepasar los 5 minutos. El tiempo de mezclado se medirá desde el momento en que todos los ingredientes, excepto el agua, se hayan introducido al tambor. La mezcladora deberá disponer de dispositivos adecuados para el control del tiempo de mezclado.

Cuando las condiciones de la obra impongan el empleo de aditivos que no se hayan establecido en los documentos contractuales, su utilización será permitida previo permiso escrito del Fiscalizador.

No se permitirá el exceso de mezclado ni el reamasado que requiera de adición de agua para conservar la consistencia requerida.

La capacidad mínima de una mezcladora será la equivalente a la de un saco de cemento. El volumen de una mezcla de hormigón deberá prepararse para una cantidad entera de sacos de cemento, excepto cuando se utilice cemento al granel.

Los sacos de cemento que por cualquier razón hayan sido parcialmente usados o que contengan cemento endurecido serán retirados. La mezcladora deberá limpiarse periódica y minuciosamente, de manera que se asegure una correcta preparación del hormigón cuando se reanude la operación.

801-3.03. Hormigón mezclado en planta. - El mezclado en planta central cumplirá con los requisitos para mezclado en obra. Si se usa para el transporte

del hormigón una mezcladora de tambor giratorio, del tipo cerrado y hermético, el tiempo inicial del mezclado en planta central podrá reducirse a 50 segundos y completarse el proceso durante el transporte, siendo este tiempo igual al especificado en el siguiente numeral.

801-3.04. Hormigón mezclado en camión. - Las mezcladoras sobre camión serán del tipo de tambor giratorio, impermeables y de construcción tal que el hormigón mezclado forme una masa completamente homogénea.

Los agregados y el cemento serán medidos con precisión en la planta central, luego de lo cual se cargará el tambor que transportará la mezcla. La mezcladora

Del camión estará equipada con un tanque para medición de agua; solamente se llenará el tanque con la cantidad de agua establecida, a menos que se tenga un dispositivo que permita comprobar la cantidad de agua añadida. La cantidad de

Agua para cada carga podrá añadirse directamente, en cuyo caso no se requiere tanque en el camión.

La capacidad de las mezcladoras sobre camión será la fijada por su fabricante, y el volumen máximo que se transportará en cada carga será el 60 % de la capacidad nominal para mezclado, o el 80 % del mismo para la agitación en transporte.

El mezclado en tambores giratorios sobre camiones deberá producir

hormigón de una consistencia adecuada y uniforme, la que será comprobada por el Fiscalizador cuando él lo estime conveniente. El mezclado se empezará hasta dentro de 30 minutos luego de que se ha añadido el cemento al tambor y se encuentre éste con el agua y los agregados. Si la temperatura del tambor está sobre los 32 grados centígrados y el cemento que se utiliza es de fraguado rápido, el límite de tiempo antedicho se reducirá a 15 minutos.

La duración del mezclado se establecerá en función del número de revoluciones a la velocidad de rotación señalada por el fabricante. El mezclado que se realice en un tambor giratorio no será inferior a 70 ni mayor que 100 revoluciones. Para verificar la duración del mezclado, se instalará un contador adecuado que indique las revoluciones del tambor; el contador se accionará una vez que todos los ingredientes del hormigón se encuentren dentro del tambor y se comience el mezclado a la velocidad especificada.

801-3.05. Transporte de la mezcla. - La entrega del hormigón para estructuras se hará dentro de un período máximo de 1,5 horas, contadas a partir del ingreso del agua al tambor de la mezcladora; en el transcurso de este tiempo la mezcla se mantendrá en continua agitación. En condiciones favorables para un fraguado más rápido, como tiempo caluroso, el Fiscalizador podrá exigir la entrega del hormigón en un tiempo menor al señalado anteriormente.

El vaciado del hormigón se lo hará en forma continua, de manera que no se produzca, en el intervalo de 2 entregas, un fraguado parcial del hormigón ya colocado; en ningún caso este intervalo será más de 30 minutos.

Para el transporte del hormigón se emplearán camiones con tambores giratorios del tipo que se describe en el numeral 801-3.04.

En el transporte, la velocidad de agitación del tambor giratorio no será inferior a 4 RPM. ni mayor a 6 RPM. Los métodos de transporte y manejo del hormigón serán tales que faciliten su colocación con la mínima intervención manual y sin causar daños a la estructura o al hormigón mismo.

801-3.06. Cantidad de agua y consistencia. - El agua será medida en volumen o al peso. Si el agua se dosifica por volumen, se incluirá un tanque auxiliar desde el cual se llenará el tanque de medición del agua. Dicho tanque de medición estará equipado con una toma y válvulas exteriores para obtener una correcta medida o cualquier otro dispositivo que garantice una rápida y exacta cantidad del agua entregada por el tanque auxiliar. El volumen del tanque auxiliar deberá ser mayor que el del tanque de medición.

Los equipos de medición de agua deberán tener una precisión tal que permitan una tolerancia que se encuentre dentro del 1% de las cantidades indicadas. Para verificar esta tolerancia, se podrá requerir pruebas de calibración.

La consistencia del hormigón será establecida en el diseño aprobado por el Fiscalizador y se la determinará según el método de ensayo propuesto por la norma AASHTO T 119. Para mantener la relación agua/cemento, manteniendo la misma consistencia del hormigón, se deberá considerar el contenido de agua propio de los agregados, ya que el agua superficial o agua libre entra como una adición al agua total de la mezcla.

801-3.07. Mezclado y transporte del hormigón para pavimentos. - La fabricación de hormigón de cemento Portland para pavimentos se realizará conforme se estipula en los numerales 801-3.02 a 801-3.06 de este capítulo,

Salvo lo expresamente indicado en esta sección.

El tiempo de mezclado en planta central o en la obra no será menor de 50 segundos ni mayor de 3 minutos. Cualquier carga mezclada por un tiempo menor del mínimo mencionado será desechada fuera de la obra.

El hormigón que haya sido mezclado en una planta central será transportado a la obra en camiones agitadores o mezclador sobre camión. El tiempo transcurrido desde el momento en que se agregue el agua a la mezcla hasta que se coloque el hormigón en la obra no deberá pasar de 60 minutos. Se permitirá agregar agua a la mezcla y efectuar el mezclado adicional correspondiente, cuando esto sea necesario para lograr una mezcla con la consistencia especificada, siempre y cuando se lo efectúe dentro de los 45 minutos después de haberse iniciado el mezclado original.

El equipo de transporte deberá ser capaz de proporcionar el abastecimiento de hormigón al sitio de colocación, sin segregación ni interrupciones que den lugar a pérdida de plasticidad entre vertidas sucesivas.

Cuando el mezclado del hormigón de cemento Portland se efectúe en tiempo caluroso, el Fiscalizador podrá exigir que el Contratista tome medidas apropiadas, para evitar que la temperatura de mezcla exceda los 35 grados centígrados.

No se efectuará el mezclado del hormigón en tiempo frío si la temperatura es menor de 4 grados centígrados, salvo que se provea de un equipo adecuado para calentar los agregados, antes de su introducción a la mezcladora. Los medios empleados serán tales que se calienten uniformemente los agregados sin ocasionarles ningún daño. De no especificarse de otra manera, la temperatura de

la mezcla, al momento de colocarla en la obra, deberá fluctuar entre los 10 y 26 grados centígrados.

801-4. Curado del Hormigón.

801-4.01. Disposiciones comunes a todos los métodos de curado. - Para el curado correcto del hormigón es necesario que no se permita la evaporación del agua de la mezcla, hasta que el hormigón haya adquirido su resistencia. Se podrá usar para el curado cualquiera de los métodos que se describen en los siguientes numerales.

801.e Curado del hormigón

El contratista debe informar a la Fiscalización, los métodos propuestos para el curado; deben proveerse de equipos y materiales en cantidad adecuada, con anterioridad al colocado del hormigón.

Si no existe ninguna indicación en los planos, el contratista tiene la opción de escoger el método del curado, a excepción que la Fiscalización requiera algunos métodos de curado para secciones especiales de una estructura.

Métodos inadecuados de curado, deberán ser la causa para que la Fiscalización retrase la colocación del hormigón en el trabajo, hasta que se tome la acción necesaria para remediar esta situación.

De no existir ninguna especificación en los planos, se seguirá la siguiente recomendación.

Todo hormigón debe ser curado para períodos de cuatro (4) días excepto los indicados en la siguiente tabla:

TABLA 8 – 801.e

EXCEPCION PARA EL CURADO DE 4 DIAS

DESCRIPCIÓN	TIPO DE CEMENTO	DIAS REQUE- RIDOS PARA EL CURADO
Las superficies superiores de losas de puentes, las losas superiores de alcantarillas sujetas al tráfico directo y hormigón para recubrimiento	I o III	8
	II o I/II*	10
	Todos los tipos con agregados livianos	10
Hormigón para pilotes	Todos	6

* Cumplirán los requisitos de los dos: tipos I y tipo II.

801-4.02. Humedecimiento con agua.- El agua para curado del hormigón debe ser limpia, libre de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar, materia orgánica, y debe cumplir además con los requisitos de la norma INEN 1108. Las aguas potables sí son consideradas satisfactorias.

Dentro de lo posible, todas las superficies de hormigón deben mantenerse a una temperatura de más de 10 grados centígrados y en condición húmeda, mediante

Rociados convenientemente espaciados, por lo menos durante los 7 primeros días después de su colocación, si se ha usado cemento Portland normal, o durante 3 días, si el cemento empleado es de fraguado rápido.

801-4.03. Membranas impermeables. - Son aquellos componentes que se rocían sobre todas las superficies expuestas del hormigón fresco, tanto horizontales como verticales, y que forman una fina membrana que impide la pérdida de agua durante el primer período de endurecimiento. También reducen la alta temperatura del concreto expuesto a la radiación del sol.

Los compuestos para formar este tipo de membranas deberán cumplir lo especificado en la norma AASHTO M-148, y se los clasifica en las siguientes categorías:

TIPO 1 Claro o translúcido sin teñir

TIPO 1-D Claro o translúcido con un teñido temporal

TIPO 2 Blanco pigmentado

Estas membranas podrán aplicarse: 1) Antes de que se inicie el curado inicial del hormigón. 2) Después de retirar el encofrado. 3) Después de iniciado el curado húmedo, según se haya propuesto al Fiscalizador y aceptado por él.

Los componentes Tipo 1 y 1-D deben formar una membrana traslúcida sin color o ligeramente coloreada; si se usa el Tipo 1 D, se deberá notar la capa coloreada, luego de 4 horas desde su aplicación. El color de la membrana, cualquiera que sea, debe desaparecer luego de que hayan transcurrido 7 días desde su aplicación, si ha sido directamente expuesta a los rayos solares.

El Tipo 2 consistirá de un pigmento blanco y el diluyente necesario, los cuales vendrán premezclados para uso inmediato. El compuesto presentará

una apariencia blanca uniforme al ser aplicado sobre una superficie nueva de hormigón a la proporción recomendada por el fabricante.

Los componentes líquidos para las membranas deberán tener una consistencia adecuada, a fin de que puedan ser aplicados fácilmente por rociado, con rodillo o con brocha; según se especifique, se los debe aplicar en forma uniforme y a una temperatura superior a los 4 grados centígrados.

El compuesto deberá adherirse al concreto fresco en obra, cuando éste se encuentre húmedo, endurecido o lo suficientemente resistente para recibir el tratamiento, formando una capa continua que no deberá resquebrajarse o fisurarse, y que sea flexible, sin agrietamientos visibles o agujeros; no será pegajosa ni resbaladiza, y si se camina sobre ella, tampoco dejará marcada huella alguna, debiendo mantener estas propiedades por lo menos 7 días después de su aplicación.

Los componentes que forman estas membranas no se deteriorarán al unirse con el concreto.

Los componentes que forman la membrana podrán almacenarse por lo menos 6 meses sin sufrir deterioro, siempre que se cumplan con las especificaciones del fabricante para almacenamiento.

La porción volátil de los componentes no será tóxica o inflamable ni contaminará el aire.

La prueba de retención de agua en este tipo de membranas, dará como resultado una pérdida de agua de no más de 0.55 Kg/m^2 de superficie en 72 horas.

El compuesto blanco pigmentado (Tipo 2) deberá tener una reflexión no menor del 60 % de la correspondiente al óxido de magnesio.

801-4.04. Láminas impermeables de papel o polietileno. - Son aquellas láminas de polietileno o papel impermeable que se colocan sobre la superficie fresca del hormigón, para evitar la evaporación, durante el período de curado de los hormigones.

Las láminas reflejantes de color blanco son utilizadas, además, como aislantes de temperatura, cuando el hormigón se halla expuesto a las radiaciones solares. Las láminas impermeables pueden ser de uno de los siguientes tipos:

- a) Papel impermeable: color natural y blanco.
- b) Lámina de polietileno: color natural y blanco opaca.
- c) Lámina de polietileno, color blanco, con trama de fibra de cáñamo

Las láminas impermeables deberán cumplir lo estipulado en la norma AASHTO M-171, cuyos principales requisitos se presentan en la Tabla 801-4.1

Si las láminas impermeables se someten a la prueba de retención de agua, la pérdida de agua contenida en una muestra deberá limitarse a un máximo de $0,055 \text{ gr/cm}^2$ en el momento de su colocación.

El papel impermeable estará formado por dos hojas unidas con un material bituminoso, en que se halle una malla de hilos de fibra con una separación de 3,5 cm como máximo. El papel será de color natural, con una apariencia uniforme y libre de defectos a simple vista.

El papel impermeable blanco deberá tener este color por lo menos en una de sus caras y debe cumplir con todos los demás requisitos señalados anteriormente.

La lámina de polietileno será transparente, de espesor uniforme, sin impresiones, y no se emplearán colorantes en su fabricación, excepto la lámina de polietileno coloreada, la cual será de color blanco opaco; la lámina estará libre de defectos visibles y tendrá una apariencia uniforme.

La lámina de polietileno, color blanco, con trama de fibra de cáñamo, estará constituida por capas unidas de tela y polietileno blanco opaco, que formarán una lámina uniforme de 0,10 mm de espesor mínimo; estas capas estarán adheridas firmemente para evitar que existan desprendimientos durante su manipuleo y colocación. El polietileno cumplirá con lo señalado en el párrafo anterior y la tela deberá pesar no menos de 300 gr/m².

801-4.05. Vapor. - El curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad u otro proceso aceptado, se emplea para acelerar el tiempo requerido por el hormigón hasta obtener la resistencia especificada y reducir en igual forma su tiempo de curado, el tiempo de curado del hormigón.

Para este procedimiento, después de colocar el hormigón en una cámara adecuada, los elementos o piezas se mantendrán en condición húmeda por un período de 4 horas, antes de aplicar el vapor. Las piezas se colocarán y cubrirán de tal manera que se permita la libre circulación del vapor entre ellos, evitando

Tabla 801-4.1.

ESPECIFICACIONES FISICAS PARA LAMINAS IMPERMEABLES DE PAPEL O POLIETILENO

TIPO DE MATERIALES		Espesor nominal	RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION				% de alargamiento mínimo		% de reflectancia mínimo	
			Kg/cm. de ancho		Kg/cm2					
		Medida en dirección de la elaboración						Longitud.		Transv.
		mm.	Longitud.	Transv.	Longitud.	Transv.				
Papel impermeable	Color Natural		5,4	2,7						
	Blanco		5,4	2,7					50	
Lámina de polietileno	Color Natural	0,10			120	85	225	350		
	Blanca	0,10			120	85	225	350	70	
Lámina de polietileno blanco Con trama de fibra de cáñamo									70	

FUENTE: Manual de especificaciones AASHTO, norma M 171

Escapes. Durante la aplicación del vapor entre ellos, el incremento de la temperatura no deberá exceder de 22 grados centígrados por hora. La temperatura máxima será de 65 grados centígrados, la cual se mantendrá constante hasta que el hormigón haya desarrollado la resistencia requerida, o durante el tiempo especificado para este tipo de curado.

801-4.06. Conservación de los encofrados en su lugar. - Si el curado se efectúa sin retirar los moldes o encofrados, éstos deberán permanecer en su lugar un mínimo de 7 días después de la colocación del hormigón.

801-5. Protección del Hormigón.

801-5.01. Generalidades. - Bajo condiciones lluviosas, la colocación del hormigón se interrumpirá, antes de que la cantidad de agua en la superficie provoque un escurrimiento o lavado de la superficie de hormigón, a menos que el Contratista proporcione una protección adecuada contra daños.

Todo el hormigón que haya sufrido congelación antes de su fraguado final o se haya deteriorado por otras causas durante el fraguado, será retirado y reemplazado por el Contratista, a su costo.

801-5.02. Protección de las estructuras de hormigón. - Todas las estructuras de hormigón se mantendrán a una temperatura no menor de 7 grados centígrados, durante las 72 horas posteriores a su colocación, y a una temperatura no menor de 4 grados centígrados durante 4 días adicionales.

Cuando lo solicite el Fiscalizador, el Contratista deberá remitir por escrito, en líneas generales, los métodos propuestos para la protección del hormigón.

801-5.03. Protección del pavimento de hormigón. - El pavimento de hormigón se mantendrá a una temperatura no menor de 4 grados centígrados por el lapso de 72 horas. Cuando lo solicite el Fiscalizador, el Contratista deberá remitir por escrito, en líneas generales, los métodos que propone utilizar para la protección del hormigón. Los métodos adoptados deberán ceñirse a lo estipulado en la Sección 409 relacionado con la protección del pavimento.

El nuevo pavimento permitirá rápidamente el tráfico, y si lo autoriza el Fiscalizador, el hormigón deberá ser fabricado con cemento Portland Tipo III. En este caso, el pavimento podrá entrar en servicio tan pronto como el hormigón desarrolle un módulo de ruptura de 39 kg/cm^2 . El módulo de ruptura será determinado de acuerdo con el método de ensayo ASTM C 689.

801-6. Resistencia y Otros Requisitos.

801-6.01. Generalidades. - Los requisitos de resistencia a la compresión del hormigón consistirán en una resistencia mínima que deberá alcanzar el hormigón antes de la aplicación de las cargas, y si éste es identificado por su resistencia, en una resistencia mínima a la edad de 28 días. Las varias resistencias que se requieran son especificadas en los capítulos correspondientes o se indicarán en los planos.

801-6.02. Resistencia del Hormigón. - La resistencia a la compresión del hormigón se determinará en base al ensayo establecido en las normas AASHTO T 22 o ASTM C 39, y la resistencia a la flexión se determinará en base al ensayo establecido en las normas AASHTO T 97 (ASTM C 78) o AASHTO 198 (ASTM C 496) con especímenes de hormigón elaborados y

curados de acuerdo con los métodos que se indican en la norma AASHTO T 23 (ASTM C 31) o T 126 (ASTM C 192).

Para cada ensayo de resistencia deben elaborarse por lo menos dos especímenes de ensayo (cilindros o vigas) elaborados con material tomados de la misma mezcla de hormigón. Un ensayo será el resultado del promedio de las resistencias de los especímenes ensayados a la edad especificada. Si un espécimen muestra evidencia de baja resistencia con respecto a los demás, debido a un muestreo, manejo, curado o ensayo inadecuados, se debe descartar y la resistencia de los especímenes restantes será considerada como resultado del ensayo.

Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de hormigón, deberán tomarse al menos una vez diaria, y una vez por cada 150 m³ de hormigón o por cada 500 m² de superficie fundida, lo que fuere menor en todo caso el hormigón empleado y que se planille, deberá estar respaldado por los ensayos correspondientes.

El contratista o el fiscalizador podrán realizar ensayos adicionales a edades diferentes a las especificadas a fin de obtener información acerca de la evolución en el desarrollo de la resistencia, verificar la efectividad del curado y la protección del hormigón, o para determinar el tiempo de remoción de los encofrados o cuando la estructura puede ser puesta en servicio.

La resistencia de una clase determina de hormigón será considerada satisfactoria si cumple con los dos requisitos siguientes:

Para el caso de resistencia a la compresión:

El promedio de todos los conjuntos de tres resultados de ensayos consecutivos de resistencia debe ser igual o superior a la resistencia especificada $f'c$; y, ningún resultado individual de resistencia puede estar 3.5 Mpa por debajo de la resistencia especificada $f'c$.

Para el caso de resistencia a la tracción por flexión:

El promedio de todos los conjuntos de tres resultados de ensayos consecutivos de resistencia debe ser igual o superior al Módulo de Rotura (MR) especificado; y, ningún resultado individual de resistencia puede estar 0,5 Mpa por debajo del MR especificado.

Si el fiscalizador de la obra cree conveniente comprobar el curado y protección del hormigón en obra, deberá solicitar que se realicen ensayos a la compresión o a la tracción por flexión en especímenes curados en obra, de acuerdo al método de ensayo establecido en la Norma ASTM C31. Tales especímenes deben ser moldeados al mismo tiempo y de las mismas muestras que los especímenes de ensayo curados en laboratorio para la aceptación del hormigón.

Si la resistencia de los cilindros curados en obra, a la edad especificada, es menor que el 85% de la resistencia de los especímenes compañeros curados en laboratorio, deberán mejorarse los procedimientos de protección y curado del hormigón. Si las resistencias de los especímenes curados en laboratorio son apreciablemente mayores que las resistencias especificadas ($f'c$ o MR), las resistencias de los especímenes curados en obra no necesitan exceder de $f'c$ en más de 3,5 Mpa o de MR en más de 0,5 Mpa cuando no se cumpla el criterio del 85%.

Si los ensayos individuales de especímenes curados en laboratorio presentan resistencias menores que $f'c - 3,5$ Mpa o que $MR - 0,5$ Mpa, o si los ensayos de los especímenes curados en obra indican deficiencia en la

protección y curado, deben tomarse medidas para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no está en peligro, si se confirma, luego de adoptar todos los procedimientos no destructivos de control actualmente aceptados, que el hormigón es de dudosa resistencia y los cálculos indicaren que la capacidad de carga de la estructura se habría reducido significativamente, deberán obtenerse de los sectores en duda especímenes extraídos de acuerdo con la Norma ASTM C-42. En este caso, deberán obtenerse tres especímenes por cada resultado de resistencia que este por debajo de $f'c - 3,5 \text{ Mpa}$ o de $MR - 0,5 \text{ Mpa}$.

Si el hormigón de la estructura va a estar seco durante las condiciones de servicio, los especímenes deberán secarse al aire (temperatura entre 15 y 30°C , humedad relativa menor al 60%) durante 7 días antes de la prueba y deberán ensayarse secos.

Si el hormigón de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo durante las condiciones de servicio, los especímenes deberán sumergirse en agua por lo menos por 48 horas y ensayarse húmedos.

Cuando se haya especificado resistencia a la compresión, el hormigón del sector representado por los ensayos se considerará estructuralmente adecuado, si el promedio de las resistencias de los 3 núcleos es por lo menos igual al 85% de $f'c$, y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75% de $f'c$.

Cuando se haya especificado resistencia a la tracción, el hormigón del sector representado por los ensayos se considerará estructuralmente adecuado cuando se cumpla con una de las condiciones siguientes:

- El promedio de las resistencias de las vigas, ensayadas según la Norma ASTM-C78, resulte por lo menos igual al 85% del MR especificado y ninguna viga tenga una resistencia menor que el 75% de dicho modulo.

- El promedio de las resistencias de los núcleos ensayados según la Norma ASTM-C42, resulte por lo menos igual al 60% del MR especificado y ningún núcleo tenga una resistencia menor del 54% de dicho modulo.

Si estos criterios de aceptación de resistencia no se cumplen mediante los ensayos de los especímenes extraídos, y si las condiciones estructurales permanecen en duda, la autoridad responsable puede ordenar que se hagan pruebas de carga de acuerdo a lo especificado en el Capítulo 20 del Código Ecuatoriano de la Construcción, para la parte dudosa de la estructura u ordenar la demolición de la obra defectuosa y su correspondiente reemplazo.

Cuando un elemento de hormigón pre colado es curado al vapor, la resistencia a la compresión del hormigón será evaluada en base de ensayos individuales representativos, de porciones específicas de la producción. Cuando dicho hormigón es designado por su resistencia a la compresión a los 28 días, el hormigón se considerará aceptable si su resistencia a la compresión alcanza el valor especificado, aun cuando dicha resistencia se alcance después del curado y hasta los 30 días posteriores al colado del elemento.

Cuando el hormigón se designe por su resistencia a la compresión, será necesario especificar el ensayo de mezclas de prueba de los materiales, la fabricación, el equipo de mezclado y los procedimientos a emplearse. Para cada mezcla de prueba, los materiales, el equipo de mezclado, procedimientos y el tamaño de la parada serán los mismos que los usados en el trabajo. El contenido de aire de las mezclas de prueba será igual o mayor que el especificado para el hormigón, sin considerar reducciones debido a tolerancias.

La colocación del hormigón en obra no se efectuará hasta que la mezcla

800 - Materiales
de prueba, de acuerdo al diseño aprobado, haya sido elaborada por el Contratista, ensayada por el Fiscalizador y hallada conforme con los requisitos de resistencia especificada en los planos.

Una vez que los materiales, dosificación de la mezcla, equipo de mezclado y procedimientos han sido aprobados para su uso, se necesitará de una nueva autorización, previos los ensayos correspondientes, antes de efectuar cualquier cambio.

El Contratista solicitará con la debida anticipación la autorización para efectuar las mezclas de prueba, y será el único responsable de los atrasos que la obra sufra si no cumpliere oportunamente con este requisito.

Tratándose de elementos de hormigón prefabricado, que son manufacturados en una planta establecida, el Contratista determinará la dosificación de la mezcla, la cual deberá ser aprobada por el Fiscalizador.

SECCION 802. CEMENTO PORTLAND

802-1. Cemento Portland.

802-1.01. Objetivos. - Esta especificación tiene como objeto determinar las características y requisitos que debe cumplir el cemento Portland.

802.a Cemento portland

Las normas establecidas por el MOP bajo los lineamientos del INEN regirán para todos los procesos constructivos y cuando se requiere alguna especificación no contemplada en esta norma se deberá considerar los requerimientos del AASHTO M 85 “PORTLAND CEMENT”, con sus modificaciones: a), b) y c).

802-1.02. Alcance y limitaciones. - Esta especificación se aplica a todos los Tipos de cemento Portland indicados en el numeral 802-1.04. Correspondientes a la norma INEN 152.

802-1.03. Definiciones específicas. - Cemento Portland es el producto que se obtiene de la pulverización del clinker, el cual está constituido esencialmente por silicatos de calcio hidratado, adicionado con agua o sulfato de calcio o los dos materiales, en proporciones tales que cumplan los requisitos químicos relativos a las cantidades máximas de anhídrido sulfúrico y pérdidas por calcinación.

802-1.04. Tipos de cemento. - El cemento Portland se clasifica en 5 Tipos que, de acuerdo con la norma INEN 152, son los siguientes:

TIPO I Cemento de uso general, al que no se exigen propiedades especiales.

TIPO II Para uso en construcciones de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos o cuando se requiere de moderado calor de hidratación.

TIPO III Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia inicial.

TIPO IV Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere bajo calor de hidratación.

TIPO V Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Los cementos de los Tipo IV y V no se hallan comúnmente en el mercado, por lo que su fabricación será sobre pedido, con la debida anticipación.

Los cementos Tipo I, II y III pueden utilizarse con incorporadores de aire, de acuerdo a lo previsto en la Sección 805 de estas especificaciones.

Sí en los planos o documentos contractuales no se indicare el Tipo de cemento a usarse en una obra, se entenderá que debe emplearse el cemento Portland del Tipo I.

En cualquier estructura o pavimento se utilizará un solo Tipo de cemento, si de otro modo no se indica en los planos.

802-1.05. Requisitos. - El cemento Portland debe cumplir con los requisitos químicos y físicos establecidos en las Tablas 2.1, 3.1 y 3.2 de la norma INEN 152, de acuerdo al Tipo del cual se trate.

A criterio del fabricante, pueden utilizarse aditivos durante el proceso de fabricación del cemento, siempre que tales materiales, en las cantidades utilizadas, hayan demostrado que cumplen con los requisitos especificados en la norma INEN 1504.

El cemento deberá almacenarse en un depósito adecuado que lo proteja de la intemperie, para reducir a un mínimo su hidratación durante el almacenamiento y de tal manera que permita un fácil acceso para la inspección e identificación adecuadas.

El cemento se podrá entregar envasado en sacos o a granel. Si se entrega ensacado, cada saco tendrá una masa neta de 50 kg., y se acepta hasta una diferencia del 1% de ésta.

Si la entrega es a granel, el proveedor certificará la cantidad entregada, mediante balanzas calibradas periódicamente por el INEN.

En lo referente a rotulado, todos los sacos deben llevar impreso con letras legibles e indelebles las siguientes indicaciones:

- a) Nombre del cemento “CEMENTO PORTLAND”
- b) Tipo de cemento.
- c) Contenido neto en kilogramos, “50 kg.”
- d) Marca de fábrica.
- e) Razón social de la empresa fabricante.

Cuando el cemento se despache al granel, deberá incluirse una guía de transporte con las indicaciones mencionadas.

802-1.06. Ensayos y Tolerancias. - Todos los ensayos y tolerancias referentes a los requisitos químicos y físicos que deben cumplir los 5 Tipos

800 - Materiales
de cemento Portland, se basarán en las normas INEN correspondientes, de acuerdo a lo que indica la norma INEN 152.

El cemento Portland que permanezca almacenado al granel más de 6 meses o almacenado en sacos por más de 3 meses, será nuevamente muestreado y ensayado y deberá cumplir los requisitos previstos, antes de ser usado.

La comprobación del cemento se referirá a:

TIPO DE ENSAYO	ENSAYO INEN
Análisis químico	INEN 152
Finura	INEN 196, 197
Tiempo de fraguado	INEN 158, 159
Consistencia normal	INEN 157
Resistencia a la compresión	INEN 488
Resistencia a la flexión	INEN 198
Resistencia a la tracción	AASHTO T-132

Si los resultados de las pruebas efectuadas no satisfacen los requisitos especificados, el cemento será rechazado.

Cuando se disponga de varios tipos de cemento, éstos deberán almacenarse por separado y se los identificará convenientemente, para evitar que sean mezclados.

Los sacos de cemento que contengan terrones de cemento aglutinado o que hayan fraguado parcialmente por cualquier causa serán rechazados. El

uso del cemento proveniente de sacos rechazados no será permitido.

El Contratista tiene la obligación de proveer los medios adecuados para almacenar el cemento en un depósito de amplia capacidad y de fácil acceso para el Fiscalizador. Este depósito deberá ser seco, abrigado y protegido de la humedad.

Los cementos se muestrearán y ensayarán de acuerdo a los métodos descritos en las normas INEN correspondientes y podrán ser muestreados en la fábrica o en el lugar de trabajo. A opción del Fiscalizador, se podrá aceptar el cemento en base a certificados de cumplimiento que satisfagan los requerimientos de la subsección 103-3 de las presentes especificaciones.

El cemento podrá ser utilizado en la obra, una vez que se hayan realizado los ensayos y pruebas correspondientes y el Fiscalizador haya autorizado por escrito su empleo.

El Contratista llevará un registro preciso de las entregas de cemento y de su uso en la obra. Copias de estos registros se entregarán al Fiscalizador.

SECCION 803. AGREGADOS PARA HORMIGON**803.1. Generalidades.**

803-1.01. Objetivos. - El objetivo de esta especificación es determinar los requisitos que deben cumplir los áridos para ser utilizados en la preparación de hormigón de cemento Portland.

803-1.02. Alcance y limitaciones. - Esta especificación comprende los áridos naturales y los obtenidos por trituración de grava o piedra naturales.

803-1.03. Definiciones específicas. - Tamaño máximo del agregado: Es la menor dimensión nominal de la abertura del tamiz INEN a través del cual pasa toda la cantidad del árido (INEN 694).

Árido: Material granular que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas, o que se obtiene mediante la trituración de ellas.

Árido grueso: Árido cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN 4,75 mm. (N° 4).

Árido fino: Árido cuyas partículas atraviesan el tamiz INEN 4,75 mm y son retenidas en el tamiz INEN 75 mm (N° 200).

803-2. Árido Grueso.

803-2.01. Descripción. - Los agregados gruesos para el hormigón de cemento Portland estarán formados por grava, roca triturada o una mezcla de éstas que cumpla con los requisitos de la norma INEN 872. Los agregados se compondrán de partículas o fragmentos resistentes y duros, libres de material vegetal, arcilla u otro material inconveniente, sin exceso de partículas alargadas o planas.

803-2.02. Requisitos. - Salvo que las especificaciones particulares designen otra cosa, los agregados para el hormigón de cemento Portland cumplirán las exigencias granulométricas que se indican en la Tabla 803-2.1., de acuerdo a lo establecido en la norma INEN 872 (Tabla 3).

803-2.03. Ensayos y Tolerancias. - Las exigencias de granulometría serán comprobadas por el ensayo granulométrico INEN 696.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 857.

Los agregados gruesos no podrán contener material o sustancias perjudiciales que excedan de los porcentajes de la Tabla 803-2.2., según INEN 872.

**TABLA 803-
2.1**

**REQUISITOS DE GRADUACION DEL ARIDO
GRUESO**

TAMIZ INEN Abertura Cuadrada (mm)	TAMIZ AST M (plg)	Porcentaje en masa que debe pasar por los tamices INEN indicados en la columna (1) para ser considerado como árido grueso de Grado:									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		90 - 37,5 (mm)	6,3 - 3,75 (mm)	6,3 - 4,75 (mm)	37,5 - 4,75 (mm)	26,5 - 4,75 (mm)	19 - 4,75 (mm)	13,2 - 4,75 (mm)	9,5 - 2,36 (mm)	53 - 26,5 (mm)	37,5 - 19 (mm)
106		100									
90		90- 100									
75	3		100								
63	2 1/4	25-60	90-100	100						100	
53			35-70	95-100	100					90- 100	100
37,5	1 1/2	0-15	0-15		95-100	100				35-70	90- 100
26,5				35-70		95-100	100			0-15	20-55
19	3/4	0-5	0-5		35-70		90- 100	100			0-15
13,2				10-30		25-60		90-100	100	0-5	
9,5	3/8				10-30		20-55	40-70	85-100		0-5
4,75	No. 4			0-5	0-5	0-10	0-10	0-15	10-30		
2,36	No. 8					0-5	0-5	0-5	0-10		
									0-5		

Fuente: Norma INEN
872, Tabla N° 3

Tabla 803-2.2.

LIMITES PARA LAS SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN EL ÁRIDO GRUESO PARA EL HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND		
SUSTANCIA PERJUDICIAL	% MAX EN MASA	METODO DE ENSAYO INEN **
<p>Terrones de arcilla y partículas desmenuzables.</p> <p>a) Para hormigón sometido a abrasión</p> <p>b) Para cualquier otro hormigón</p>	<p>5</p> <p>10</p>	<p>698</p>
<p>Material más fino que el tamiz INEN 75 µm (N° 200). *</p> <p>a) Para hormigón sometido a abrasión</p> <p>b) Para cualquier otro hormigón</p>	<p>1</p> <p>1</p>	<p>697</p>
<p>Partículas livianas.</p> <p>a) Para hormigón sometido a abrasión</p> <p>b) para cualquier otro hormigón</p>	<p>0,5</p> <p>1</p>	<p>699</p>
<p>Resistencia a la abrasión</p> <p>a) Para hormigón sometido a abrasión</p> <p>b) Para cualquier otro hormigón</p>	<p>50</p> <p>50</p>	<p>860</p> <p>861</p>
<p>Resistencia a la disgregación (pérdida de masa después de 5 ciclos de inmersión y secado)</p> <p>a) Si se utiliza sulfato de magnesio</p> <p>b) Si se utiliza sulfato de sodio</p>	<p>18</p> <p>12</p>	<p>863</p>

- En el caso de áridos gruesos triturados, si el material más fino que el tamiz INEN 75 µm es polvo resultante de trituración, libre de arcilla o esquisto, el porcentaje se puede aumentar a 1.5

** El método propuesto por el INEN es obligatorio.

FUENTE: Norma INEN 872

El peso unitario del agregado se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 858.

Los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 500 revoluciones, determinado según los métodos de ensayo especificados en las normas INEN 860 y 861.

Los agregados gruesos no deberán experimentar una desintegración ni pérdida total mayor del 12 % en peso, cuando se los someta a cinco ciclos de la prueba de durabilidad al sulfato de sodio, según lo especificado en la norma INEN 863.

Las muestras para los ensayos deben ser representativas de la naturaleza y características o condiciones de los materiales que se encuentran en los yacimientos naturales, en los depósitos comerciales o en obra, según corresponda; y deben tomarse siguiendo los requisitos de muestreo que se especifican en la norma INEN 695.

Los áridos gruesos que presenten resultados de ensayos que excedan los límites especificados en el cuadro anterior, pueden aceptarse, siempre que el hormigón de propiedades comparables, hecho de árido similar proveniente de la misma fuente, haya mostrado un servicio satisfactorio al estar expuesto a una condición similar, a la cual va a estar sometido el hormigón por elaborarse con dicho árido grueso; o, en ausencia de un registro de servicio, siempre que mezclas de prueba preparadas con dicho árido grueso presenten características satisfactorias, al ser ensayadas en el laboratorio.

803-3. Árido Fino.

803-3.01. Descripción. - Los agregados finos para hormigón de cemento Portland estarán formados por arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas.

Los agregados finos se compondrán de partículas resistentes y duras, libres de material vegetal u otro material inconveniente.

Los agregados finos provenientes de diferentes minas o fuentes de origen no podrán ser almacenados conjuntamente; se los colocará en depósitos separados, a distancias suficientes, para evitar posibles mezclas entre los materiales de diferentes depósitos.

Los agregados finos obtenidos de diferentes fuentes de origen, no podrán ser utilizados en forma alternada en la misma obra que se está construyendo, sin contar con permiso escrito del Fiscalizador.

803.a Agregados en pilas de acopio

Descripción Este trabajo consiste en la construcción de pilas de acopio de agregado en sitios existentes o preparados por el contratista en conformidad razonable con estas especificaciones y en las ubicaciones indicadas en los planos o establecidas por la Fiscalización.

Materiales Los agregados en pilas de acopio tienen que cumplir con los requisitos de la sección indicados en la partida de pago en el itinerario de la licitación. El contrato especificará los procedimientos aplicables de muestreo y ensayos de aceptación.

Requisitos para la construcción

Sitios de acopio Los sitios existentes tienen que ser preparados por el contratista en la medida que se estime necesario para dar cabida al agregado a ser acopiado.

Cuando se indique en el contrato, el contratista tiene que construir el (los) sitio(s) indicado(s) por la Fiscalización luego de ser efectuadas las operaciones de desbosque, y una vez realizado el acondicionamiento de todos los árboles, troncos, arbustos y desechos, de acuerdo con lo estipulado en la sección del MOP 302. “Desbroce, desbosque y limpieza”.

El sitio tiene que ser nivelado, conformado, y compactado para lograr una sección transversal razonablemente uniforme que drene satisfactoriamente. Se tiene que compactar la superficie en todo su ancho con un mínimo de tres pasadas completas con equipo de compactación, aprobado de acuerdo con los requisitos estipulados en la sección del MOP 305. “Terraplenados”.

Después que el sitio haya sido nivelado y compactado, se tiene que colocar y compactar una capa de agregado triturado sobre toda el área de pilas de acopio y las tiene que hacer suficientes para estabilizar el suelo del sitio y las carreteras de acceso para prevenir la contaminación de las pilas de acopio con suelo u otros materiales perniciosos.

Acopio de agregados en pilas El equipo y los métodos usados para acopiar agregados en pilas tienen que ser tales que no ocurra degradación ni segregación perjudiciales del agregado. No se incorporará al agregado ninguna cantidad apreciable de material extraño. No se permitirá que se entremezclen los materiales de las pilas de acopio.

La contaminación de las pilas de acopio por el transporte o colocación de equipos no se permitirá, y cualquier agregado así contaminado se retirará de la pila de acopio y se eliminará.

Las pilas de acopio tienen que ser construidas en capas que no excedan de 1.5 m. de espesor.

Cuando los materiales se acopien en pilas por medio de cintas transportadoras, los conos se limitarán a 1.8 metros.

Método de medición La cantidad de agregado a pagarse será el número de metros cúbicos o de toneladas ordenadas y colocadas en pilas de acopio autorizadas.

Cuando se requiera el pago por metro cúbico en el itinerario de la licitación, las pilas de acopio terminadas se medirán y calcularán por el método de área terminada promedio.

Cuando se señalen la escoria y la piedra (o grava) como materiales alternativos para partidas de paga en el itinerario de la licitación y el pago se realice por peso, las cantidades estimadas se basarán en las gravedades específicas volumétricas promedio de los materiales alternativos disponibles.

Base para el pago Las cantidades aceptadas, determinadas en las formas provistas anteriormente, se pagará el precio unitario contractual licitado, respectivamente, por cada una de las partidas de pago particulares enumeradas a continuación que figuran en el itinerario de la licitación, cuyos precios y pagos constituirán la compensación total por el trabajo prescrito en esta sección, con excepción de que cuando se especifique en el contrato, los agregados triturados colocados en la pila de acopio se aceptarán sobre una base estadística, de acuerdo con lo dispuesto en la “EVALUACION ESTADISTICA DE LOS MATERIALES PARA SU ACEPTACIÓN”.

El pago se realizará para la

Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

Agregados en pilas de acopio,

Sección..., graduación...Metro cúbico (m3).

Agregado en pilas de acopio

Sección....., graduación.....,Toneladas (ton).

Preparación del sitio de pilas de

Acopio.....Hectáreas (ha).

803. b Evaluación estadística de los materiales para su aceptación

Cuando las especificaciones requieren que a un material se le tome muestras y se le hagan pruebas con un fundamento estadístico, el material será evaluado para su aceptación de acuerdo a esta subsección. Todos los resultados de pruebas para su lote serán analizados colectiva y estadísticamente con el Método de Análisis de Nivel de Calidad-Desviación Estándar, utilizando los procedimientos especificados para determinar el porcentaje total estimado del lote que está dentro de los límites de las especificaciones. El Análisis de Nivel de Calidad es un procedimiento estadístico para estimar el porcentaje de cumplimiento a una especificación y es efectuado por cambios en el promedio

Aritmético (\bar{X}) y por la desviación estándar de la muestra (\bar{s}). El análisis de cada parámetro de prueba será basado en un **Nivel Aceptable de Calidad (NAC)** de 95.0 y un riesgo del productor de 0.05. El NAC puede ser visto como el porcentaje menor de material de las especificaciones que es aceptable como un promedio del proceso. El riesgo del productor es la probabilidad de que cuando el contratista esté produciendo material a exactamente el NAC, los materiales recibirán menos de un factor de pago de 1.00.

Como un incentivo para adquirir el material de calidad, un factor de pago mayor de 1.00 se puede obtener. El factor de pago máximo obtenible es de 1.05.

Un lote que contenga material que no esté de acuerdo con las especificaciones (un factor de pago menor de 1.00), puede ser aceptado si el factor de pago es por lo menos 0.75 y no existe defectos aislados identificados por la Fiscalización. La Fiscalización puede ordenar la remoción del material que no está de acuerdo con las especificaciones.

Un lote que contenga material que falle en obtener por lo menos un factor de pago de 0.75, será rechazado por la Fiscalización. Todo el material rechazado tiene que ser

removido del trabajo, incluyendo todas las partes del trabajo en las cuales se haya utilizado dicho material que no está de acuerdo con las especificaciones, a menos que exista un pedido por escrito del contratista para que acepte el material a un precio reducido, y que exista una decisión de la Fiscalización de que el material que no está de acuerdo con las especificaciones, puede ser aceptado y permitido su uso o que permanezca en el trabajo terminado.

Cualquier lote del cual se hayan obtenido por lo menos tres muestras y todos los resultados de las pruebas llenen los siguientes criterios recibirán un factor de pago por lo menos de 1.00 si:

- Todos los resultados de las pruebas se encuentran dentro de la desviación permisible especificada para esa parte, o
- Todos los resultados de las pruebas son mayores o iguales a un límite mínimo de especificación, o
- Todos los resultados de las pruebas son menores o iguales a un límite máximo de especificación, el que sea apropiado.

El cómputo del Nivel de Calidad en estos casos, será para determinar la cantidad de cualquier bono que pueda ser garantizado.

Si menos de tres muestras han sido obtenidas en el momento en que se termine un lote, el material en el lote restringido será incluido como parte de un lote adyacente al factor de pago calculado para ese lote revisado.

El contratista puede escoger y remover cualquier material defectuoso y reponerlo con material nuevo para evitar un factor de pago menor de 1.00. A cualquier material defectuoso nuevo que se le tomarán muestras, se le harán pruebas y se le evaluará para su aceptación de acuerdo a esta subsección.

La Fiscalización puede rechazar cualquier cantidad de material que parezca defectuoso de acuerdo a una inspección visual o resultados de pruebas. Dicho material rechazado no puede ser utilizado en el trabajo y los resultados de las pruebas hechas en el material rechazado no serán incluidos en las pruebas de aceptación de lote.

Análisis del nivel de calidad.- Los procedimientos del Método de Desviación Estándar son como siguen:

- (a) Determine el promedio aritmético (\bar{X}) de los resultados de las pruebas:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde, \sum = sumatoria de

x = valor individual de la prueba

n = número total de valores de pruebas

- (b) Calcule la desviación estándar de la muestra (s):

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

Donde, $\sum (x^2)$ = sumatoria de los cuadrados de los valores individuales de las pruebas.

$(\sum x)^2$ = sumatoria de los valores individuales al cuadrado de las pruebas.

(c) Calcule el índice superior de calidad (Q_s) :

$$Q_s = \frac{USL - \bar{X}}{S}$$

Donde, USL (límite superior de especificación) = valor que se busca más la desviación permitida.

(d) Calcule el índice menor de calidad (Q_I)

$$Q_I = \frac{\bar{X} - LSL}{S}$$

Donde, LSL (límite inferior de especificación) = valor que se busca menos la desviación permitida.

(e) Determine P_s (el porcentaje dentro del límite superior de la especificación que corresponde a un Q_s dado) de la Tabla 8 - 803.1. Nota: Si un USL no es especificado, P_s será 100.

(f) Determinar P_I (el porcentaje dentro del límite inferior de la especificación que corresponde a un Q_I dado) de la tabla 8 - 803 - 1. Nota: Si un LSL no es especificado, P_I será 100.

(g) Determine el Nivel de Calidad (el porcentaje total dentro de los límites de la especificación).

$$\text{Nivel de Calidad} = (P_s + P_I) - 100$$

(h) Utilizando el Nivel de Calidad del paso (g) , determine el factor de pago del lote de la Tabla 8 - 803 - 2.

Nota: Para valores negativos de Q_s o Q_I , P_s o P_I , es igual a 100 menos el valor de P_s o P_I , que figura en la tabla . Si el valor de Q_s o Q_I , no corresponde exactamente a una figura en la tabla, utilice el próximo valor más alto.

TABLA 8- 803 – 1 (Cont.)

Ps o P _I DENTRO DE LOS LIMITES DE VALORES POSITIVOS DE Q _s o Q _I	ANALISIS DEL NIVEL DE CALIDAD POR EL METODO DE DESVIACION ESTANDAR														
	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 12	n = 15	n = 19	n = 26	n = 38	n = 70	n=201
								a n = 11	A n = 14	a n = 18	A n = 25	a n = 37	a n = 69	a n=200	a n=∞
73	0.76	0.69	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61
72	0.74	0.66	0.63	0.62	0.61	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58
71	0.71	0.63	0.60	0.59	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55
70	0.68	0.60	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52
69	0.65	0.57	0.54	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
68	0.62	0.54	0.51	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
67	0.59	0.51	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44
66	0.56	0.48	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41
65	0.52	0.45	0.43	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
64	0.49	0.42	0.40	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
63	0.46	0.39	0.37	0.36	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
62	0.43	0.36	0.34	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
61	0.39	0.33	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
60	0.36	0.30	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25
59	0.32	0.27	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
58	0.29	0.24	0.23	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
57	0.25	0.21	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
56	0.22	0.18	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
55	0.18	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
54	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
53	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
52	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
51	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: Para valores negativos de Q_s o Q_L , P_s o P_L , es igual a 100 menos el valor de P_s o P_L , que figura en la tabla. Si el valor de Q_s o Q_L , no corresponde exactamente a una figura en la tabla, utilice el próximo valor más alto.

NOTA: Para obtener un factor de pago dado, el nivel de calidad computado tiene que igualar o exceder el valor en la tabla.

TABLA 8 - 803 – 2 (CONT.)

NIVEL DE CALIDAD REQUERIDO PARA UN TAMAÑO DE MUESTRA DADO (n) Y UN FACTOR DE PAGO DADO															
FACTOR DE PAGO	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	N = 9	n = 10	n = 12	n = 15	n = 19	n = 26	n = 38	n = 70	n = 201
								a n = 11	A n = 14	a n = 18	A n = 25	a n = 37	a n = 69	a n = 200	a n = ∞
0.84	45	49	52	55	56	58	59	60	62	64	65	67	69	72	75
0.83	44	48	51	53	55	57	58	59	61	63	64	66	68	71	74
0.82	42	46	50	52	54	55	57	58	60	61	63	65	67	70	72
0.81	41	45	48	51	53	54	56	57	58	60	62	64	66	69	71
0.80	40	44	47	50	52	53	54	55	57	59	61	63	65	67	70
0.79	38	43	46	48	50	52	53	54	56	58	60	62	64	66	69
0.78	37	41	45	47	49	51	52	53	55	57	59	61	63	65	68
0.77	36	40	43	46	48	50	51	52	54	56	57	60	62	64	67
0.76	34	39	42	45	47	48	50	51	53	55	56	58	61	63	66
0.75	33	38	41	44	46	47	49	50	51	53	55	57	59	62	65
RECHAZO	NIVELES DE CALIDAD MENOR QUE AQUELLOS ESPECIFICADOS PARA UN FACTOR DE PAGO DE 0.75														

NOTA: Para obtener un factor de pago dado, el nivel de calidad computado tiene que igualar o exceder el valor en la tabla.

803-3.02. Requisitos.- Los agregados finos para el hormigón de cemento Portland, deberán cumplir los requerimientos de granulometría especificados en la Tabla 803-3.1., de acuerdo con la norma INEN 872 (Tabla 1).

Tabla 803-3.1.

REQUISITOS DE GRADACION DEL ARIDO FINO	
TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (N° 4)	95 - 100
2,36 mm (N° 8)	80 - 100
1,18 mm (N° 16)	50 - 85
600 mm (N° 30)	25 - 60
300 mm (N° 50)	10 - 30
150 mm (N° 100)	2 - 10

El porcentaje mínimo indicado en la Tabla 803-3.1 para el material que pasa por los tamices INEN 300 mm y 150 mm, puede reducirse a 5 y 0 respectivamente, si el árido se lo va a utilizar en la elaboración de hormigón con incorporador de aire que contenga más de 250 kg de cemento por metro cúbico de hormigón, o en hormigón sin incorporador de aire que contenga más de 300 kg de cemento por metro cúbico de hormigón, o si se utiliza un aditivo mineral aprobado, a fin de suplir la deficiencia en porcentaje que atraviesa estos tamices. Se considera aquí que hormigón con incorporador de aire es aquel que contiene cemento incorporador de aire o un agente incorporador, con un contenido de aire de más del 3%.

Entre dos tamices cualesquiera consecutivos de aquellos que se indica en la Tabla 803-3.1, no debe quedar retenido más del 45% del árido fino, y su módulo de finura no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1.

Si el módulo de finura varía en más de 0,20 del valor supuesto al seleccionar las proporciones para el hormigón, el árido fino debe ser rechazado, a menos que se hagan ajustes adecuados en las proporciones del hormigón para compensar la deficiencia de gradación.

El árido fino que no cumpla con los requisitos de gradación y módulo de finura puede ser utilizado, siempre que mezclas de prueba preparadas con este árido fino cumplan con los requisitos de las especificaciones particulares de la obra.

803-3.04. Ensayos y Tolerancias.- Las exigencias de granulometría serán comprobadas por el ensayo granulométrico especificado en la norma INEN 697.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo estipulado en la norma INEN 856.

El peso unitario del agregado se determinará de acuerdo al método de ensayo determinado en la norma INEN 858.

El árido fino debe estar libre de cantidades dañinas de impurezas orgánicas, para lo cual se empleará el método de ensayo INEN 855. Se rechazará todo el material que produzca un color más oscuro que el patrón.

Un árido fino rechazado en el ensayo de impurezas orgánicas puede ser utilizado, si la decoloración se debe principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas discretas similares. También puede ser aceptado si, al ensayarse para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia de morteros, la resistencia relativa calculada a los 7 días, de acuerdo con la norma INEN 866, no sea menor del 95%.

El árido fino por utilizarse en hormigón que estará en contacto con agua, sometido a una prolongada exposición de la humedad atmosférica o en contacto con la humedad del suelo, no debe contener materiales que reaccionen perjudicialmente con los álcalis del cemento, en una cantidad suficiente para producir una expansión excesiva del mortero o del hormigón. Si tales materiales están presentes en cantidades dañinas, el árido fino

puede utilizarse, siempre que se lo haga con un cemento que contenga menos del 0,6% de álcalis calculados como óxido de sodio, o con la adición de un material que haya demostrado previene la expansión perjudicial debida a la reacción árido-álcalis.

El árido fino sometido a cinco ciclos de inmersión y secado para el ensayo de resistencia a la disgregación (norma INEN 863), debe presentar una pérdida de masa no mayor del 10%, si se utiliza sulfato de sodio; o 15%, si se utiliza sulfato de magnesio. El árido fino que no cumple con estos porcentajes puede aceptarse, siempre que el hormigón de propiedades comparables, hecho de árido similar proveniente de la misma fuente, haya mostrado un servicio satisfactorio al estar expuesto a una intemperie similar a la cual va a estar sometido el hormigón por elaborarse con dicho árido.

Todo el árido fino que se requiera para ensayos, debe cumplir los requisitos de muestreo establecidos en la norma INEN 695.

La cantidad de sustancias perjudiciales en el árido fino no debe exceder los límites que se especifican en la Tabla 803-3.2., de acuerdo con lo estipulado en la norma INEN 872, para árido fino.

803-4. Agregados Livianos.

803-4.01. Descripción.- Los agregados livianos consistirán en pizarras o arcillas expandidas en hornos giratorios, y tendrán una superficie sellada por cocción. Los agregados livianos se sujetarán a las especificaciones de la norma ASTM C 330.

SECCION 804. AGUA PARA HORMIGONES Y MORTEROS

804-1. Generalidades.

804-1.01. Objetivos.- La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir el agua que se emplea en la construcción de hormigones y morteros.

804-1.02. Alcance y limitaciones.- Esta especificación se aplica para el agua que se va a emplear en cualquier tipo de construcción y que se mezclará con cemento Portland en el proceso.

804-2. Requisitos.- El agua que se emplea en hormigones y morteros deberá ser aprobada por el Fiscalizador; será limpia, libre de impurezas, y carecerá de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar y materia orgánica.

El agua potable será considerada satisfactoria para emplearla en la fabricación de morteros y hormigones.

804-3. Ensayos y Tolerancias.- El agua para la fabricación de morteros y hormigones podrá contener como máximo las siguientes impurezas en porcentajes, que se presentan en la Tabla 804-3.1.

Tabla 804-3.1.

IMPUREZAS	%
Acidez y alcalinidad calculadas en términos de carbonato de calcio.	0,05
Sólidos orgánicos total.	0,05
Sólidos inorgánicos total.	0,05

804.a Agua

El agua para mezcla de hormigones y morteros, no debe tener sustancias nocivas tales como:

DETERMINACION

LIMITACION

PH	Mayor o igual a 5
Sustancias disueltas	Menor o igual 15 gr./ litro
Sulfatos	Menor o igual 1 gr. / litro
Sustancias orgánicas	
Solubles en éter	Menor o igual 15 gr. / litro
Ion cloro	Menor o igual 6 gr. /litro
Hidratos de carbono	No deben contener

Es más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas para su curado que su amasado.

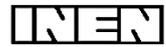
Si el Fiscalizador lo solicita, se someterá el agua a un ensayo de comparación con agua destilada.

La comparación se realizará mediante ensayos de durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero según las normas INEN correspondientes.

Cualquier indicio de falta de durabilidad, cambio en el tiempo de fraguado en más de 30 minutos, o reducción de más del 10% en la resistencia del mortero, será causa suficiente para el rechazo del agua sometida a comparación.

ANEXOS 2

NORMAS INEN



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 695:2010
Primera revisión

ÁRIDOS. MUESTREO.

Primera Edición

STANDARD PRACTICE FOR SAMPLING AGGREGATES.

First Edition

DESCRIPTORES: Áridos, finos y gruesos, muestreo .
CO 02.03-201
CDU: 691.322
CIU: 2901
ICS: 91.100.15

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694, además las siguientes:

3.1.1 *Tamaño máximo del árido.* En las especificaciones para el árido o en su descripción, es la abertura más pequeña de tamiz a través de la cual debe pasar la totalidad del árido.

3.1.2 *Tamaño máximo del árido (para pavimento asfáltico sistema Superpave).* En las especificaciones para el árido o en su descripción, es el tamaño inmediatamente mayor que el tamaño máximo nominal del árido.

3.1.3 *Tamaño máximo nominal del árido.* En las especificaciones para el árido o en su descripción, es la abertura más pequeña de tamiz a través de la cual se permite que pase la totalidad del árido.

3.1.4 *Tamaño máximo nominal del árido (para pavimento asfáltico sistema Superpave).* En las especificaciones para el árido o en su descripción, es el tamaño inmediatamente mayor al primer tamiz que retiene más del 10% del árido.

3.1.4.1 *Comentario.* Las especificaciones sobre los áridos generalmente estipulan una abertura de tamiz a través de la cual todo el árido puede pasar, pero no necesariamente, de tal manera que porciones de áridos de forma alargada, esto es uno de sus lados posee una dimensión considerablemente mayor a las otras, puedan ser retenidas en ese tamiz. En estas condiciones la abertura de ese tamiz se denomina tamaño máximo nominal.

3.1.4.2 *Comentario.* Las definiciones de los numerales 3.1.2 y 3.1.4 se aplican a las mezclas de asfalto en caliente (HMA), diseñadas únicamente mediante el sistema Superpave y difieren de las definiciones publicadas en la norma ASTM D 8.

4. MUESTREO

4.1 Toma de muestras

4.1.1 *General.* Cuando sea posible, las muestras a ser ensayadas para control de calidad deben ser tomadas del producto terminado. En la preparación de los ensayos para abrasión, las muestras del producto terminado a ser ensayadas no deben ser objeto de posterior trituración o reducción manual del tamaño de las partículas, a menos que el tamaño del producto terminado sea tal que necesite una reducción complementaria para la realización de los ensayos.

4.1.2 *Inspección.* El material debe ser inspeccionado para determinar si existen variaciones apreciables. El vendedor debe proporcionar el equipo necesario e idóneo para una adecuada inspección y un correcto muestreo.

4.2 Procedimiento

4.2.1 *Muestreo de un flujo de áridos (desde contenedores o desde una cinta de descarga).* Seleccionar las unidades a ser muestreadas de la producción mediante un método aleatorio, como lo indica la norma ASTM D 3 665. Obtener al menos tres porciones aproximadamente iguales, seleccionadas al azar, de la unidad a ser muestreada y combinarlos para formar una muestra in situ, cuya masa será igual o superior al mínimo recomendado en el numeral 4.3.2. Tomar cada porción de toda la sección transversal del material que se está descargando. Generalmente, es necesario tener en cada planta un dispositivo especialmente fabricado para este objetivo. Este dispositivo consiste en una bandeja de suficiente tamaño para interceptar toda la sección transversal de la corriente de descarga y mantener la cantidad necesaria de material sin desbordarse. Pueden ser necesarias un conjunto de rieles para apoyo de la bandeja, para que ésta pase debajo de la corriente de descarga. En la medida de lo posible, mantener los contenedores de descarga continuamente llenos o casi llenos para reducir la segregación, (ver nota 4)

NOTA 4. El muestreo de la descarga inicial o final, de unas pocas toneladas, desde contenedores o desde una cinta transportadora aumenta las posibilidades de obtención de material segregado y debe ser evitado.

(Continúa)

4.2.2 Muestreo desde la cinta transportadora. Seleccionar las unidades a ser muestreadas de la producción mediante un método aleatorio, como lo indica la norma ASTM D 3 665. Obtener al menos tres porciones aproximadamente iguales, seleccionadas al azar, de la unidad a ser muestreada y combinarlas para formar una muestra in situ, cuya masa sea igual o superior al mínimo recomendado en el numeral 4.3.2. Detener la cinta transportadora mientras se están tomando las porciones de muestra. Insertar dos separadores cuya forma debe ajustarse a la forma de la cinta del flujo de áridos y a un intervalo tal que, el material contenido entre ellas cumpla con la masa requerida para la porción. Cuidadosamente transferir todo el material entre los separadores a un recipiente adecuado y recolectar los finos de la cinta con una brocha y un recogedor de polvo y agregar al recipiente.

4.2.3 Muestreo en un almacenamiento o en las unidades de transporte. Evitar, siempre que sea posible, el muestreo de árido grueso o de la mezcla de áridos, grueso y fino en el almacenamiento o en las unidades de transporte, sobre todo cuando el muestreo se realiza con el propósito de determinar las propiedades del árido que puedan depender de la graduación de la muestra. Si las circunstancias lo hacen necesario, para obtener muestras del almacenamiento de árido grueso o del almacenamiento de una mezcla de áridos grueso y fino, diseñar un programa de muestreo para el caso específico considerado. Este programa, aprobado por las partes interesadas, permitirá al laboratorio que realiza la toma de muestras utilizar un plan de muestreo que dará confianza en los resultados obtenidos. El programa de muestreo debe definir el número de muestras necesarias que representen los lotes y sublotos de tamaños específicos. Para el muestreo en camiones, vagones de ferrocarril, barcazas u otras unidades de transporte, son aplicables los principios generales del muestreo en un almacenamiento. Para obtener más orientación general en la toma de muestras en un almacenamiento, ver los apéndices.

4.2.4 Muestreo en las vías (bases y subbases). Tomar muestras de las unidades para la construcción, seleccionadas mediante un método aleatorio, como lo indica la norma ASTM D 3 665. Obtener al menos tres porciones aproximadamente iguales, seleccionadas al azar, de la unidad a ser muestreada y combinarlas para formar una muestra in situ cuya masa será igual o superior al mínimo recomendado en el numeral 4.3.2. Tomar todas las porciones de la vía, de toda la profundidad del material, teniendo cuidado de excluir cualquier material subyacente. Marcar claramente las áreas específicas de las que se va a retirar cada porción; separadores de metal colocados sobre la zona son una gran ayuda en la obtención de las porciones con masas aproximadamente iguales.

4.3 Número y masa de las muestras in situ:

4.3.1 El número de muestras in situ requeridas (obtenidas por uno de los métodos descritos en el numeral 4.2) depende de la importancia de las propiedades a ser medidas y de su variación. Seleccionar cada unidad de la cual se debe obtener una muestra in situ, antes de la toma de muestras. El número de muestras in situ de la producción debe ser suficiente para dar la confianza deseada en los resultados de los ensayos (ver nota 5).

4.3.2 Las masas de las muestras in situ indicadas en la tabla 1 son referenciales. Las masas deben basarse en el tipo y número de ensayos a los que el material va a ser sometido y se debe obtener suficiente material para permitir la adecuada ejecución de los ensayos. En las normas INEN para aceptación y control de ensayos normalizados se especifica la masa de la muestra in situ necesaria para cada ensayo específico. En términos generales, las cantidades especificadas en la tabla 1 proporcionan una cantidad adecuada de material para el ensayo rutinario de granulometría y de los análisis de calidad. Las porciones para ensayo extraídas de la muestra in situ deben ser obtenidas de acuerdo a la NTE INEN 2 566 o como sea requerido por otros métodos de ensayo aplicables.

4.4 Envío de muestras

4.4.1 Transportar los áridos en sacos u otros contenedores construidos de tal forma que se evite la pérdida o contaminación de cualquier parte de la muestra o daños en el contenido de la misma, por una inadecuada manipulación durante el transporte.

NOTA 5. Una orientación para la determinación del número de muestras necesarias para obtener el nivel de confianza deseado en los resultados de los ensayos se puede encontrar en las normas ASTM D 2 234, ASTM E 105, ASTM E 122 y ASTM E 141.

(Continúa)

4.4.2 Los contenedores para el envío de las muestras de áridos, deben tener identificación individual apropiada, tanto adjunta como en su interior de manera que se facilite la presentación de informes de campo, registros de laboratorio e informes de ensayo.

TABLA 1. Tamaño de muestras

Tamaño del árido ^A mm	Masa mínima de la muestra in situ ^B kg	Volumen mínimo de la muestra in situ, litros
Áridos finos		
2,36	10	8
4,75	10	8
Áridos gruesos		
9,5	10	8
12,5	15	12
19,0	25	20
25,0	50	40
37,5	75	60
50	100	80
63	125	100
75	150	120
90	175	140

^A Para los áridos procesados, utilizar el tamaño máximo nominal que se indica en la norma respectiva o en la descripción. Si la norma o descripción no indican un tamaño máximo nominal (por ejemplo, una abertura de tamiz que contemple un pasante del 90% al 100%), utilizar el tamaño máximo (la abertura de tamiz que pase el 100%).

^B Para áridos gruesos y finos combinados (por ejemplo, áridos para bases o subbases) la masa mínima debe ser la masa mínima del árido grueso más 10 kg

(Continúa)

APÉNDICE W
(Información opcional)

MUESTREO DE ÁRIDOS EN UN ALMACENAMIENTO O DESDE LAS UNIDADES DE TRANSPORTE

W.1 Alcance. En algunos casos es obligatorio muestrear áridos que han sido almacenados en pilas o cargados en vagones de ferrocarril, barcazas o camiones. En tales casos, el procedimiento debe asegurar que la segregación no introduzca una desviación importante en los resultados.

W.2 Muestreo desde una pila

W.2.1 En el muestreo de material desde una pila es muy difícil asegurar muestras sin desviación, debido a la segregación que se produce frecuentemente cuando el material está en la pila, con las partículas más gruesas rodando hacia fuera de la base. Para árido grueso o mezcla de áridos grueso y fino, se debe hacer todos los esfuerzos necesarios obtener los servicios de equipos mecánicos para preparar una pequeña pila de muestreo separada, compuesta de materiales extraídos desde distintos niveles y ubicaciones de la pila principal, luego se pueden combinar varias porciones para componer la muestra in situ. Si es necesario demostrar el grado de variabilidad existente dentro de la pila principal, se pueden extraer muestras separadas de diversas áreas de la pila.

W.2.2 Cuando no están disponibles los equipos mecánicos, la muestra obtenida desde la pila debe estar compuesta por lo menos de tres porciones tomadas en el tercio superior, en el punto medio y en el tercio inferior del volumen de la pila. Un tablero colocado verticalmente en la pila justo por encima del punto de muestreo ayuda en la prevención de la segregación posterior. En el muestreo de la pila de árido fino, se debe remover la capa exterior, la cual puede tener alguna segregación y tomar la muestra del material que está debajo. Se pueden insertar en la pila tubos muestreadores de aproximadamente 30 milímetros de diámetro por 2 metros de longitud mínima, en lugares escogidos al azar, para extraer un mínimo de cinco porciones de material para formar la muestra.

W.3 Muestreo desde las unidades de transporte. En el muestreo de áridos gruesos en vagones de ferrocarril o barcazas, se deben hacer todos los esfuerzos necesarios para obtener los servicios de equipos mecánicos para exponer y muestrear el material a diversos niveles y ubicaciones escogidas al azar. Cuando no están disponibles los equipos mecánicos, un procedimiento común requiere la excavación de tres o más zanjas a lo largo de toda la unidad, en los puntos que, por apariencia visual, pueden tener una estimación razonable de las características de la carga. El fondo de la zanja debe ser aproximadamente nivelada, tener por lo menos un ancho y una profundidad de 0,3 m bajo la superficie. Se debe tomar un mínimo de 3 porciones, en puntos aproximadamente equidistantes a lo largo de cada zanja, empujando una pala hacia abajo en el material. La toma de muestras de árido grueso en camiones, se realiza esencialmente de la misma manera que para vagones de ferrocarril o barcazas, a excepción de que se debe ajustar el número de porciones en función del tamaño del camión. Para árido fino en unidades de transporte, se pueden utilizar tubos muestreadores como los descritos en W.2.2, para extraer un número adecuado de porciones para formar la muestra.

(Continúa)

APÉNDICE X

(Información opcional)

EXPLORACIÓN DE FUENTES POTENCIALES DE ÁRIDOS

X.1 Alcance. La toma de muestras para la evaluación de fuentes potenciales de árido debe ser realizada por una persona responsable, con entrenamiento y experiencia. Debido a la amplia variedad de condiciones en las se realiza la toma de muestras, no es posible describir los procedimientos aplicables a todas las circunstancias. Este apéndice tiene por objeto proporcionar una orientación general y señalar las referencias más comprensivas.

X.2 Muestreo de rocas de canteras o de plataformas rocosas

X.2.1 Inspección. Se debe inspeccionar la superficie de la plataforma rocosa o de la cantera para determinar las variaciones perceptibles o estratificaciones. Se deben registrar las diferencias de color y estructura.

X.2.2 Muestreo y tamaño de la muestra. Se deben obtener muestras separadas de cada estrato identificable, con una masa de al menos 25 kg. La muestra no debe incluir material degradado hasta tal punto que ya no sea adecuado para el propósito previsto. Una o más piezas de cada muestra deben tener un tamaño de al menos 150 mm por 150 mm por 100 mm, con el plano de estratificación claramente marcado y debe estar libre de fisuras o fracturas.

X.2.3 Registro. Además de la información general que acompaña a todas las muestras, en las muestras tomadas de la superficie de las plataformas rocosas o de las canteras, se debe incluir la siguiente información:

X.2.3.1 Cantidad disponible aproximada. (Si la cantidad es muy grande, se puede registrar como prácticamente ilimitada).

X.2.3.2 Cantidad y naturaleza del material de recubrimiento

X.2.3.3 Un registro detallado que muestre los límites y la ubicación del material representado por cada muestra (ver nota X.1)

X.3 Muestreo en depósitos de arena y grava

X.3.1 Inspección. Las fuentes potenciales de un banco de arena y grava pueden incluir zonas de extracción trabajadas anteriormente, de las que existe una cara expuesta o depósitos potenciales descubiertos a través de la interpretación de fotos aéreas, exploración geofísica u otros tipos de investigación del terreno.

X.3.2 Muestreo. Las muestras deben ser escogidas de cada estrato diferenciado en el depósito identificado para el muestreo. Debe realizarse una estimación de la cantidad de los diferentes materiales. Si se trabaja el depósito como un banco abierto o un pozo, se deben tomar muestras mediante la apertura de un canal en la superficie en sentido vertical, de abajo hacia arriba, con el fin de representar los materiales propuestos para el uso. El material de recubrimiento o material degradado no debe ser incluido en la muestra. Se deben excavar o realizar perforaciones de prueba en numerosos lugares del depósito, para determinar la calidad del material y la extensión de los yacimientos a mayor profundidad que la cara expuesta, si la hay. El número y la profundidad de las perforaciones de prueba, dependerá de la cantidad del material necesario, la topografía de la zona, la naturaleza del depósito, las características del material y el valor potencial del material en el depósito. Si la inspección visual indica que existe una variación considerable en el material, las muestras individuales deben ser seleccionadas a partir del material de cada estrato bien definido. Cada muestra debe ser mezclada íntegramente y cuarteada, si es necesario, para que la muestra in situ obtenida sea de por lo menos 12 kg para la arena y de 35 kg si el depósito contiene una cantidad apreciable de árido grueso.

NOTA X.1. Para este propósito se recomienda: un dibujo planimétrico y de perfil, que indique el espesor y la ubicación de las diferentes capas.

(Continúa)

X.3.3 Registro. Además de la información general que acompaña a todas las muestras, en las muestras tomadas de los bancos de arena y grava, se debe incluir la siguiente información:

X.3.3.1 Localización del suministro.

X.3.3.2 Estimación de la cantidad disponible aproximada.

X.3.3.3 Cantidad y naturaleza del material de recubrimiento.

X.3.3.4 Distancia al sitio de trabajo propuesto.

X.3.3.5 Características de la vía (tipo de camino, pendientes máximas, entre otras)

X.3.3.6 Detalles de la extensión y localización del material representado por cada muestra. (Ver nota X.2).

NOTA X.2. Para este propósito se recomienda: un dibujo planimétrico y de perfil, que indique el espesor y la ubicación de las diferentes capas.

(Continúa)

APÉNDICE Y**(Información opcional)****NÚMERO Y TAMAÑO DE LAS PORCIONES NECESARIAS PARA ESTIMAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD MUESTREADA**

Y.1 Alcance. Este apéndice presenta los criterios utilizados por el Subcomité en el desarrollo de esta norma.

Y.2 Descripción de términos específicos de esta norma

Y.2.1 Muestra in situ. Cantidad del material a ser ensayado, suficiente para proporcionar una estimación aceptable de la calidad promedio de una unidad.

Y.2.2 Lote. Cantidad considerable de material a granel, separado y de una sola fuente; se asume que tiene que ser producido mediante el mismo proceso (por ejemplo, la producción de un día o una masa o volumen específico).

Y.2.3 Muestra de ensayo. Cantidad de material suficiente, extraído de una muestra in situ más grande, mediante un procedimiento diseñado para garantizar una representación precisa de la muestra in situ y por lo tanto de la unidad muestreada.

Y.2.4 Unidad. Cantidad o subdivisión medible de un lote de material a granel (por ejemplo, un camión o un área específica cubierta).

Y.3 Unidad de ensayo, tamaño y variabilidad

Y.3.1 La unidad a ser representada por una sola muestra in situ, no debe ser tan grande como para ocultar los efectos de la variabilidad significativa dentro de la unidad, ni ser tan pequeña como para verse afectada por la variabilidad inherente entre pequeñas porciones de cualquier material a granel.

Y.3.2 Una unidad de material a granel compuesto por áridos graduados o mezclas de áridos puede consistir en un camión completo. Si fuera posible, se debería ensayar toda la carga; sin embargo en la práctica, una muestra in situ se compone de tres o más porciones de material escogidos al azar a medida que se carga o descarga del camión. Investigaciones han demostrado que este procedimiento permite una estimación aceptable del promedio de graduación que se puede medir en 15 o 20 porciones del camión.

Y.3.3 La variabilidad significativa con un lote de material, si esta existe, debe ser indicada por mediciones estadísticas tales como la desviación estándar entre las unidades, seleccionadas al azar, dentro del lote.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo</i>
Norma ASTM D 8	<i>Terminología relacionada con materiales para vías y pavimentos</i>
Norma ASTM D 2 234	<i>Práctica para la recolección de una muestra bruta de carbón</i>
Norma ASTM D 3 665	<i>Práctica para el muestreo aleatorio de materiales de construcción</i>
Norma ASTM D 3 666	<i>Especificación para los requisitos mínimos para laboratorios de ensayo e inspección de materiales para vías y pavimentos</i>
Norma ASTM E 105	<i>Práctica para el muestreo probabilístico de materiales</i>
Norma ASTM E 122	<i>Práctica para el cálculo del tamaño de muestra para estimar, con la precisión especificada, el promedio para las características de un lote o proceso</i>
Norma ASTM E 141	<i>Práctica para la aceptación de evidencia basada en los resultados del muestreo probabilístico</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM D 75 – 09. *Standard Practice for Sampling Aggregates*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2009.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 695 Primera revisión	TÍTULO: ÁRIDOS. MUESTREO.	Código: CO 02.03-201
---	----------------------------------	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 485 del 1983-09-19 publicado en el Registro Oficial No. 597 del 1983-10-12 Fecha de iniciación del estudio: 2010-04-05
---	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**

Fecha de iniciación: 2010-04-12

Fecha de aprobación: 2010-04-29

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Ing. José Arce (Vicepresidente)

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

Ing. Jaime Salvador

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC.

Ing. Raúl Ávila

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR, APRHOPEC.

Ing. Hugo Egúez

HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS

Ing. Raúl Cabrera

HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES

Sr. Carlos Aulestia

LAFARGE CEMENTOS S. A.

Ing. Xavier Arce

CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL.

Ing. Marlon Valarezo

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Arq. Soledad Moreno

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Carlos González

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Víctor Buri

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

Ing. Douglas Alejandro

MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.

Ing. Verónica Miranda

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA / HORMIGONERA EQUINOCCIAL

Ing. Diana Sánchez

FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Ing. Stalin Serrano

HORMIGONERA EQUINOCCIAL.

Ing. Xavier Herrera

HORMIGONERA QUITO

Dr. Juan José Recalde

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Mireya Martínez

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Rubén Vásquez

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

Ing. Víctor Luzuriaga

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

Ing. Patricio Torres

DICOPLAN CIA. LTDA.

Ing. Luis Balarezo

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

Ing. Eric Galarza

SIKA ECUATORIANA S. A.

Ing. Nelson Alvear

SIKA ECUATORIANA S. A.

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC

Otros trámites: ♦ La NTE INEN 695:1983, sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 695:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 695:1983

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-10-29

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 126-2010 de 2010-11-30

Registro Oficial No. 347 de 2010-12-23

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 696:2011
Primera revisión

ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR SIEVE ANALYSIS OF FINE AND COARSE AGGREGATES.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos grueso y fino, ensayo, granulometría.
CO 02.03-301
CDU: 691.322 :620.173.2
CIU: 2901
ICS: 91.100.15

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.	NTE INEN 696:2011 Primera revisión 2011-05
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para hormigón o utilizarlos como áridos para otros propósitos. Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos. La información también puede ser útil en el desarrollo de relaciones para estimar la porosidad y el arreglo de las partículas.</p> <p>2.2 En esta norma se incluyen instrucciones para el análisis granulométrico de áridos que contienen mezclas de fracciones finas y gruesas.</p> <p>2.3 Mediante el uso de este método de ensayo, no se puede lograr una determinación precisa del material más fino que el tamiz de 75 µm (No. 200). Para el tamizado del material más fino que el tamiz de 75 µm mediante lavado, se debe emplear la NTE INEN 697.</p> <p>3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 694.</p> <p>4. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>4.1 Algunas especificaciones para áridos las cuales hacen referencia a este método de ensayo contienen requisitos para graduación de las fracciones gruesa y fina. En esta norma se incluyen las instrucciones para los análisis granulométricos de tales áridos.</p> <p>4.2 Para los métodos de muestreo y ensayo de los áridos de alta densidad, se debe referir a la norma ASTM C 637.</p> <p>4.3 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p> <p>5. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>5.1 Resumen. Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de partículas.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos grueso y fino, ensayo, granulometría.</p>		

5.2 Equipos

5.2.1 Balanzas. Las balanzas utilizadas en el ensayo del árido fino y grueso deben tener una legibilidad y exactitud como la que se indica a continuación:

5.2.1.1 Para árido fino, debe ser legible hasta 0,1 g y tener una precisión de 0,1 g o del 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto, dentro del rango de uso.

5.2.1.2 Para árido grueso o mezclas de áridos fino y grueso, debe ser legible y tener una precisión de 0,5 g o 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.

5.2.2 Tamices. La tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado. La tela y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154. Los marcos de tamiz no normalizados deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154 que sean aplicables (ver nota 1).

5.2.3 Agitador de tamices mecánico. Un dispositivo de tamizado mecánico, si se utiliza, debe crear un movimiento en los tamices que produzca que las partículas reboten y caigan, u otro tipo de movimiento que presente diferente orientación a la superficie de tamizado. La acción de tamizado debe ser tal que se cumpla el criterio para un tamizado adecuado, descrito en el numeral 5.4.4, en un período de tiempo razonable (ver nota 2).

5.2.4 Horno. Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

5.3 Muestreo

5.3.1 Muestrear el árido de conformidad con NTE INEN 695. El tamaño de la muestra de campo debe ser la cantidad indicada en la NTE INEN 695 o cuatro veces la cantidad requerida en los numerales 5.3.4 y 5.3.5 (excepto como se ha modificado en el numeral 5.3.6), el que sea mayor.

5.3.2 Mezclar completamente la muestra y reducirla a una cantidad adecuada para el ensayo, utilizando los procedimientos descritos en la norma ASTM C 702. La muestra para el ensayo debe ser, aproximadamente, la cantidad deseada en seco y se la debe obtener como resultado final de la reducción. No se permite una reducción a una cantidad exacta predeterminada (ver nota 3).

5.3.3 Árido fino. El tamaño de la muestra para el ensayo, luego de secarla, debe ser como mínimo 300 gramos.

5.3.4 Árido grueso. El tamaño de la muestra para el ensayo de árido grueso debe cumplir con lo señalado en la tabla 1.

NOTA 1. Para ensayos de árido grueso se recomienda utilizar tamices montados en marcos más grandes que el normalizado de 203,2 mm de diámetro, para reducir la posibilidad de sobrecargar los tamices. Ver el numeral 5.4.3.

NOTA 2. Se recomienda el uso de un agitador de tamices mecánico cuando el tamaño de la muestra es de 20 kg o más, aunque puede ser utilizado para muestras más pequeñas, incluyendo árido fino. Un tiempo excesivo (mayor a 10 minutos aproximadamente) puede resultar en la degradación de la muestra. El mismo agitador de tamices mecánico puede no resultar práctico para todos los tamaños de muestras, ya que se necesita un área de tamizado mayor para el tamizado efectivo de un árido grueso de mayor tamaño nominal y muy probable puede ocasionar la pérdida de una porción de la muestra si se lo utiliza con una muestra pequeña de árido grueso o árido fino.

NOTA 3. En caso de que el análisis granulométrico, incluyendo la determinación del material más fino que el tamiz de 75 µm, sea el único ensayo a realizarse, se puede reducir en el campo el tamaño de la muestra para evitar el envío de cantidades excesivas de material adicional al laboratorio.

(Continúa)

TABLA 1. Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

5.3.5 Mezclas de áridos grueso y fino. El tamaño de la muestra para el ensayo de las mezclas de árido grueso y fino, debe ser el mismo que para el árido grueso indicado en el numeral 5.3.4.

5.3.6 Muestreo del árido grueso de gran tamaño. El tamaño de la muestra requerida para árido con un tamaño nominal máximo de 50 mm o mayor, debe ser tal que se evite la reducción de la muestra y se ensaye como una unidad, excepto si se utilizan grandes separadores mecánicos y agitadores de tamices. Como una opción, cuando dicho equipo no está disponible, en lugar de combinar y mezclar incrementos de la muestra y luego reducir la muestra de campo al tamaño de ensayo, realizar el tamizado en un número de porciones de muestra aproximadamente iguales tal que la masa total ensayada cumpla con los requisitos del numeral 5.3.4.

5.3.7 En el caso de que se determine la cantidad de material más fino que el tamiz de 75 μm (No. 200) mediante el método de ensayo de la NTE INEN 697, proceder de la siguiente manera:

5.3.7.1 Para áridos con un tamaño nominal máximo de 12,5 mm o menor, utilizar la misma muestra para los ensayos que se realizan con esta norma y con la NTE INEN 697. Primero ensayar la muestra de conformidad con la NTE INEN 697, luego realizar la operación de secado final y tamizar la muestra seca de acuerdo a lo estipulado en los numerales 5.4.2 al 5.4.7 de esta norma.

5.3.7.2 Para áridos con un tamaño nominal máximo superior a 12,5 mm, utilizar una única muestra de ensayo, según lo descrito en el numeral 5.3.7.1 u opcionalmente utilizar muestras separadas para los ensayos según la NTE INEN 697 y esta norma.

5.3.7.3 Cuando las especificaciones requieran la determinación de la cantidad total del material más fino que el tamiz de 75 μm por lavado y por tamizado en seco, proceder según lo descrito en el numeral 5.3.7.1.

5.4 Procedimiento

5.4.1 Secar la muestra hasta masa constante a una temperatura de 110 $^{\circ}\text{C} \pm 5 ^{\circ}\text{C}$ (ver nota 4).

5.4.2 Seleccionar los tamices necesarios y adecuados que cubran los tamaños de las partículas del material a ensayarse, con el propósito de obtener la información requerida en las especificaciones. Utilizar tantos tamices adicionales como se desee o como sean necesarios para proporcionar información adicional, tal como el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Ordenar los tamices en forma decreciente según el tamaño de su abertura, de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de aparatos mecánicos durante un período suficiente, ya sea establecido por el ensayo o también controlado por medio de la masa de la muestra de ensayo, de tal forma que cumpla con el criterio de conformidad o de tamizado descritos en el numeral 5.4.4.

NOTA 4. Para propósitos de control, especialmente cuando se desean resultados rápidos, no es necesario secar el árido grueso para el ensayo del análisis granulométrico. Los resultados son poco afectados por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño nominal máximo sea menor que 12,5 mm; (2) el árido grueso contenga apreciable cantidad de material más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4); o (3) el árido grueso tenga una absorción muy alta (por ejemplo, un árido de densidad baja). Además, se pueden secar las muestras a altas temperaturas mediante el uso de planchas calientes, sin afectar los resultados, siempre que el vapor se escape sin generar presión suficiente para fracturar la partículas y las temperaturas no sean tan altas como para causar una descomposición química del árido.

5.4.3 Limitar la cantidad de material sobre un determinado tamiz de manera que todas las partículas tengan oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz algunas veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas más pequeñas que 4,75 mm (No. 4), la cantidad que se retiene sobre cualquier tamiz al finalizar la operación de tamizado no debe exceder 7 kg/m² en la superficie de tamizado (ver nota 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (No. 4) y más grandes, la cantidad retenida en kg no debe exceder del producto de 2,5 X (la abertura del tamiz, en mm y X (el área efectiva de tamizado, en m²)). Esta cantidad se muestra en la tabla 2, para cinco diferentes dimensiones del marco de tamiz entre circulares, cuadrados y rectangulares, los que son de mayor uso. En ningún caso la cantidad retenida debe ser tan grande como para causar una deformación permanente de la tela de tamiz.

TABLA 2. Máxima cantidad permitida de material retenido sobre un tamiz, en kg.

Tamaño de abertura del tamiz (mm)	Tamiz de dimensiones nominales				
	Ø = 203,2 mm ^A	Ø = 254 mm ^A	Ø = 304,8 mm ^A	350 X 350 mm	372 X 580 mm
	Área de tamizado, (m ²)				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	B	B	B	B	67,4
100	B	B	B	30,6	53,9
90	B	B	15,1	27,6	48,5
75	B	8,6	12,6	23,0	40,5
63	B	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,5
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

^A El área para los tamices de marcos redondos se basa en un diámetro efectivo de 12,7 mm, menor que el diámetro nominal del marco, porque la NTE INEN 154 permite que el sello entre la tela del tamiz y el marco se extienda a 6,35 mm sobre la tela del tamiz. Así el diámetro efectivo de tamizado para un tamiz con un marco de diámetro de 203,2 mm es de 190,5 mm. En tamices elaborados por algunos fabricantes el sello no se extiende en la tela del tamiz los 6,35 mm completos.

^B Los tamices indicados tienen menos de cinco aberturas completas y no deben ser utilizados para el ensayo de tamizado, excepto por lo indicado en el numeral 5.4.6.

5.4.3.1 Evitar una sobrecarga de material sobre un tamiz individual, mediante alguno de los siguientes métodos:

- Insertar un tamiz adicional con un tamaño intermedio de abertura entre el tamiz que puede estar sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior al tamiz en el conjunto original de tamices.
- Dividir la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individualmente. Combinar las masas de las varias porciones retenidas sobre un tamiz específico antes de calcular el porcentaje de la muestra en el tamiz.
- Utilizar tamices con un tamaño de marco más grande y que proporcione un área mayor de tamizado.

NOTA 5. Los 7 kg/m² equivalen a 200 g en un tamiz habitual de 203,2 mm de diámetro (con un diámetro de la superficie efectiva de tamizado de 190,5 mm).

(Continúa)

5.4.4 Continuar tamizando por un período suficiente de forma tal que, después de la finalización, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase el tamiz durante 1 min de tamizado manual continuo realizado de la siguiente manera: sostener el tamiz individual, provisto con una bandeja inferior y una tapa, en una posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear un lado del tamiz fuertemente y con un movimiento hacia arriba contra la base de la otra mano, a razón de aproximadamente 150 veces por minuto, girar el tamiz, aproximadamente una sexta parte de una revolución, en intervalos de alrededor de 25 golpes. En la determinación de la efectividad del tamizado para tamaños mayores que el tamiz de 4,75 mm (No. 4), limitar el material sobre el tamiz a una sola capa de partículas. Si el tamaño de los tamices de ensayo montados hace que el movimiento descrito de tamizado no sea práctico, utilizar tamices con diámetro de 203 mm para verificar la efectividad del tamizado.

5.4.5 Evitar la sobrecarga de los tamices individuales según el numeral 5.4.3.1 para el caso de mezclas de áridos grueso y fino.

5.4.5.1 Opcionalmente, reducir la porción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) utilizando un reductor mecánico de acuerdo con la norma ASTM C 702. Si se sigue este procedimiento, calcular la masa de cada fracción de tamaño de la muestra original de la siguiente manera:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B \quad (1)$$

Donde:

- A = masa corregida en base a la muestra total,
- W_1 = masa de la fracción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) en la masa total,
- W_2 = masa reducida del material más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) actualmente tamizado, y
- B = masa de la fracción en cada porción reducida tamizada.

5.4.6 A menos que se utilice un agitador de tamices mecánico, tamizar a mano las partículas mayores de 75 μ m mediante la determinación de la abertura más pequeña de tamiz por la cual puede pasar cada partícula. Iniciar el ensayo con el tamiz más pequeño a ser utilizado. Girar las partículas, si es necesario, a fin de determinar si van a pasar a través de una abertura particular, sin embargo, no se debe forzar a las partículas para pasar a través de una abertura.

5.4.7 Determinar las masas de cada incremento de tamaño en una balanza que cumpla con los requisitos especificados en el numeral 5.2.1, con una precisión de 0,1% de la masa total de la muestra seca original. La masa total del material después del tamizado debe ser similar a la masa original de la muestra colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,3%, respecto a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.

5.4.8 Si se ha ensayado previamente la muestra por el método de ensayo de la NTE INEN 697, agregar la masa más fina que el tamiz de 75 μ m (No. 200) determinado por ese método de ensayo, a la masa que pasa por el tamiz de 75 μ m (No. 200) en el tamizado en seco de la misma muestra por este método de ensayo.

5.5 Cálculos

5.5.1 Calcular los porcentajes pasantes, los porcentajes retenidos totales o porcentajes en fracciones de varios tamaños con una aproximación de 0,1% sobre la base de la masa total de la muestra seca inicial. Si la misma muestra de ensayo fue ensayada previamente por el método de ensayo de la NTE INEN 697, incluir en el cálculo del análisis por tamizado, la masa del material más fino que el tamiz de 75 μ m (No. 200) determinada por lavado, utilizando la masa seca total de la muestra antes del lavado como base para el cálculo de todos los porcentajes.

5.5.1.1 Cuando los incrementos de la muestra sean ensayados según lo dispuesto en el numeral 5.3.6, sumar las masas de la porción de los incrementos retenidas en cada tamiz y utilizar estas masas para calcular los porcentajes según el numeral 5.5.1.

(Continúa)

5.5.2 Cuando se lo requiera, calcular el módulo de finura mediante la sumatoria de los porcentajes totales de material que es más grueso que cada uno de los siguientes tamices (porcentajes retenidos acumulados) y dividiendo la suma para 100: 150 μm (No. 100), 300 μm (No. 50), 600 μm (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2,36 mm (No. 8), 4,75 mm (No. 4), 9,5 mm, 19,0 mm, 37,5 mm y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

5.6 Informe de resultados. Dependiendo de la forma de las especificaciones para el uso del material sometido a ensayo, se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido,
- d) Porcentaje total del material pasante de cada tamiz, o
- e) Porcentaje total del material retenido sobre cada tamiz, o
- f) Porcentaje del material retenido entre tamices consecutivos,
- g) Informar los porcentajes con una aproximación al número entero más próximo, excepto si el porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) es inferior al 10%, este debe ser informado con una precisión de 0,1%,
- h) El módulo de finura, cuando se lo requiera, con una precisión de 0,01,
- i) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra y cualquier desviación de alguno de los enunciados de esta muestra.

5.7 Precisión y desviación

5.7.1 Precisión. La estimación de la precisión de este método de ensayo se muestran en la tabla 3. Las estimaciones se basan en los resultados del AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, con ensayos realizados con el método de ensayo de las normas ASTM C 136 y AASHTO No. T 27. Los datos se basan en el análisis de los resultados de los ensayos de 65 a 233 laboratorios que ensayaron 18 pares de muestras de ensayos de árido grueso para comparación y resultados de ensayos de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de muestras de ensayos de árido fino para comparación (muestras No. 21 a 90). Los valores de la tabla se refieren a diferentes rangos de porcentaje total de áridos que pasa por un tamiz.

5.7.1.1 Los valores de precisión para el árido fino indicados en la tabla 3 se basan en muestras de ensayo nominales de 500 g. La revisión de este método de ensayo en 1994, permitió que el tamaño de la muestra de ensayo del árido fino sea de 300 g como mínimo. El análisis de los resultados de los ensayos en muestras de ensayo de 300 g y 500 g de las muestras de árido para comparación 99 y 100 (las muestras 99 y 100 eran esencialmente idénticas) produjo los valores de precisión que se muestran en la tabla 4, que indica solo las menores diferencias debido al tamaño de la muestra de ensayo (ver nota 6).

5.7.2 Desviación. Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

NOTA 6. Los valores para el árido fino indicados en la tabla 3 serán revisados para reflejar el tamaño de la muestra de 300 g cuando un número suficiente de ensayos de competencia en áridos sean realizados utilizando ese tamaño de la muestra para proporcionar datos confiables.

(Continúa)

TABLA 3. Precisión

	Porcentaje total de material pasante	Desviación estándar (1s), % ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % ^A
Árido grueso. ^B Precisión para un solo operador	< 100 ≥ 95	0,32	0,9
	< 95 ≥ 85	0,81	2,3
	< 85 ≥ 80	1,34	3,8
	< 80 ≥ 60	2,25	6,4
	< 60 ≥ 20	1,32	3,7
	< 20 ≥ 15	0,96	2,7
	< 15 ≥ 10	1,00	2,8
	< 10 ≥ 5	0,75	2,1
	< 5 ≥ 2	0,53	1,5
	< 2 > 0	0,27	0,8
Precisión multilaboratorio	< 100 ≥ 95	0,35	1,0
	< 95 ≥ 85	1,37	3,9
	< 85 ≥ 80	1,92	5,4
	< 80 ≥ 60	2,82	8,0
	< 60 ≥ 20	1,97	5,6
	< 20 ≥ 15	1,60	4,5
	< 15 ≥ 10	1,48	4,2
	< 10 ≥ 5	1,22	3,4
	< 5 ≥ 2	1,04	3,0
	< 2 > 0	0,45	1,3
Árido fino: Precisión para un solo operador	< 100 ≥ 95	0,26	0,7
	< 95 ≥ 60	0,55	1,6
	< 60 ≥ 20	0,83	2,4
	< 20 ≥ 15	0,54	1,5
	< 15 ≥ 10	0,36	1,0
	< 10 ≥ 2	0,37	1,1
< 2 > 0	0,14	0,4	
Precisión multilaboratorio	< 100 ≥ 95	0,23	0,6
	< 95 ≥ 60	0,77	2,2
	< 60 ≥ 20	1,41	4,0
	< 20 ≥ 15	1,10	3,1
	< 15 ≥ 10	0,73	2,1
	< 10 ≥ 2	0,65	1,8
< 2 > 0	0,31	0,9	

^A Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, descritos en la norma ASTM C 670.
^B La precisión estimada basada en áridos con un tamaño máximo nominal de 19,0 mm .

(Continúa)

TABLA 4. Datos de precisión para muestras de ensayo de 300 gramos y 500 gramos

Resultado del ensayo	Tamaño de la muestra (g)	Números de laborat.	Promedio	Dentro del laboratorio		Entre laboratorios	
				1s	d2s	1s	d2s
Norma ASTM C 136 / AASHTO No. T 27							
Total de material pasante por el tamiz No. 4 (%)	500 300	285 276	99,992 99,990	0,027 0,021	0,066 0,060	0,037 0,042	0,104 0,117
Total de material pasante por el tamiz No. 8 (%)	500 300	281 274	84,10 84,32	0,43 0,39	1,21 1,09	0,63 0,69	1,76 1,92
Total de material pasante por el tamiz No. 16 (%)	500 300	286 272	70,11 70,00	0,53 0,62	1,49 1,74	0,75 0,76	2,10 2,12
Total de material pasante por el tamiz No. 30 (%)	500 300	287 276	48,54 48,44	0,75 0,87	2,10 2,44	1,33 1,36	3,73 3,79
Total de material pasante por el tamiz No. 50 (%)	500 300	286 275	13,52 13,51	0,42 0,45	1,17 1,25	0,98 0,99	2,73 2,76
Total de material pasante por el tamiz No. 100 (%)	500 300	287 270	2,55 2,52	0,15 0,18	0,42 0,52	0,37 0,32	1,03 0,89
Total de material pasante por el tamiz No. 200 (%)	500 300	278 266	1,32 1,30	0,11 0,14	0,32 0,39	0,31 0,31	0,85 0,85

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigones y áridos para elaborar hormigón. Terminología</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos para hormigón. Determinación de los materiales más finos que 75 µm.</i>
Norma ASTM C 136	<i>Método de ensayo para el análisis por tamizado de áridos finos y gruesos</i>
Norma ASTM C 637	<i>Especificaciones para áridos para hormigón para protección de la radiación.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica Para la Preparación de Informes de Precisión y Desviación para Métodos de Ensayo para Materiales de Construcción</i>
Norma ASTM C 702	<i>Práctica para reducción de muestras de árido hasta el tamaño de ensayo.</i>
Norma AASHTO No. T 27	<i>Análisis por tamizado de áridos finos y gruesos</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 136 – 06. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2006.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 696 Primera revisión	TÍTULO: ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.	Código: CO 02.03-301
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 484 del 1983-09-19 publicado en el Registro Oficial No. 597 del 1983-10-12 Fecha de iniciación del estudio: 2009-10-05	
Fechas de consulta pública: de _____ a _____		

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**

Fecha de iniciación: 2009-10-08

Fecha de aprobación: 2009-10-22

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR

Ing. José Arce
Ing. Jaime Salvador

HORMIGONES HÉRCULES S. A.
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
DEL CONCRETO. INECYC.

Ing. Raúl Ávila

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE
HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR.
APRHOPEC.

Ing. Hugo Egüez
Ing. Raúl Cabrera
Sr. Carlos Aulestia
Ing. Xavier Arce

HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES
LAFARGE CEMENTOS S. A.
CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE
GUAYAQUIL.

Ing. Marlon Valarezo

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE
LOJA

Arq. Soledad Moreno
Ing. Carlos González
Ing. Víctor Buri
Ing. Douglas Alejandro
Ing. Verónica Miranda

INTACO ECUADOR S. A.
INTACO ECUADOR S. A.
HORMIGONES HÉRCULES S. A.
MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.

Ing. Diana Sánchez

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE
PICHINCHA / HORMIGONES EQUINOCCIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Ing. Stalin Serrano
Ing. Xavier Herrera
Ing. Mireya Martínez
Ing. Rubén Vásquez
Ing. Víctor Luzuriaga
Ing. Patricio Torres
Ing. Luis Balarezo

HORMIGONES EQUINOCCIAL.
HORMIGONERA QUITO
CAMINOSCA CIA. LTDA.
CEMENTO CHIMBORAZO C. A.
INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
DICOPLAN CIA. LTDA.

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
DEL CONCRETO. INECYC.

Otros trámites: ♦¹ La NTE INEN 696:1983 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 696:2011 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 696:1983

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-12-17

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 150-2010 de 2010-12-17

Registro Oficial No. Edición especial 151 de 2011-05-26

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inenencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 858:2010

Primera revisión

ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR BULK DENSITY ("UNIT WEIGHT") AND VOIDS IN AGGREGATE.

First Edition

DESCRIPTORES: Áridos, Determinación de la masa.
CO 02.03-309
CDU: 691.322
CIU: 2901
ICS: 91.100.15

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS	NTE INEN 858:2010 Primera revisión 2010-12
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la masa unitaria (peso volumétrico) del árido, en condición compactada o suelta y calcular los vacíos entre las partículas en los áridos: fino, grueso o en una mezcla de ellos, basándose en la misma determinación.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 Este método de ensayo es aplicable a los áridos que no exceden de un tamaño máximo nominal de 125 mm, (ver nota 1).</p> <p>2.2 Este método es frecuentemente utilizado para determinar los valores de masa unitaria (peso volumétrico), que son necesarios, en varios métodos, para la selección de las dosificaciones para las mezclas de hormigón.</p> <p>2.3 El valor de la masa unitaria (peso volumétrico) también puede ser utilizada para la determinación de la relación masa / volumen, para las conversiones en la compra de áridos. Sin embargo, con este método de ensayo no se puede determinar la relación entre el grado de compactación de los áridos en una unidad de transporte o en el almacenamiento. Con este método de ensayo se determina la masa unitaria en condición seca, en cambio los áridos en las unidades de transporte y en el almacenamiento suelen contener humedad absorbida y superficial (esta última afecta su volumen).</p> <p>2.4 Se incluye un procedimiento para el cálculo del porcentaje de vacíos entre las partículas del árido, basado en la masa unitaria (peso volumétrico) determinada por este método de ensayo.</p> <p>3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:</p> <p>3.1.1 <i>Masa unitaria (peso volumétrico) del árido.</i> Masa de una unidad de volumen correspondiente al árido total, en el cual se incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de los vacíos entre las partículas. Expresada en kg/m³.</p> <p>3.1.1.1 <i>Comentario.</i> Peso es igual a la masa del cuerpo multiplicada por la aceleración gravitacional. El peso puede ser expresado en unidades absolutas (newtons) o en unidades gravitacionales (kgf); por ejemplo: sobre la superficie de la tierra, un cuerpo con una masa de 1 kg tiene un peso de 1 kgf (aproximadamente 9,81 N). Puesto que el peso es igual a la masa por la aceleración gravitacional, el peso de un cuerpo puede variar según el lugar en que se determina el peso, mientras que la masa del cuerpo se mantiene constante. En la superficie de la tierra, la fuerza gravitacional produce a un cuerpo que está en caída libre, una aceleración de aproximadamente 9,81 m/s².</p> <p>3.1.2 <i>Vacíos, en volumen unitario de árido.</i> Espacio entre las partículas de una masa de árido, no ocupado por la materia mineral sólida.</p> <p>3.1.2.1 <i>Comentario.</i> Los vacíos dentro de las partículas, tanto permeables como impermeables, no se incluyen en los vacíos determinados por este método de ensayo</p> <p>NOTA 1. Masa unitaria es la terminología tradicional utilizada para describir la propiedad determinada por este método de ensayo, que es la masa por unidad de volumen o densidad.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Áridos, Determinación de la masa</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Resumen. Se coloca el árido en un molde con una capacidad adecuada, se lo compacta mediante alguno de los tres procedimientos señalados en este método de ensayo, se calcula la masa unitaria (peso volumétrico) del árido y el contenido de vacíos mediante las fórmulas indicadas en esta norma.

5.2 Equipos

5.2.1 Balanza. Que tenga una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, con graduaciones de al menos 0,05 kg. Se debe considerar que el rango de uso se extiende desde la masa del molde vacío, hasta la masa del molde más su contenido el cual se considera que tiene una masa unitaria de 1 920 kg/m³.

5.2.2 Varilla de compactación. Debe ser una varilla recta, lisa, de acero, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo el extremo de compactación o los dos extremos redondeados con punta semiesférica, cuyo diámetro es de 16 mm.

5.2.3 Molde. Recipiente cilíndrico de metal, preferiblemente provisto de asas. Impermeable, con la parte superior y el fondo, rectos y uniformes. Suficientemente rígido para mantener su forma bajo condiciones agresivas de uso. El molde debe tener una altura aproximadamente igual a su diámetro, pero en ningún caso la altura debe ser menor al 80% ni superior al 150% del diámetro. La capacidad del molde debe cumplir con los límites indicados en la tabla 1, de acuerdo al tamaño del árido a ser ensayado. El espesor del metal en el molde debe cumplir con lo que se describe en la tabla 2. El borde superior debe ser liso y plano dentro de 0,25 mm y debe ser paralelo al fondo con una tolerancia de 0,5° (ver nota 2). La pared interior del molde debe ser una superficie lisa y continua.

TABLA 1. Capacidad de los moldes

Tamaño máximo nominal del árido mm	Capacidad nominal del molde ^A m ³ [litros]
12,5	0,0028 [2,8]
25,0	0,0093 [9,3]
37,5	0,014 [14]
75,0	0,028 [28]
100,0	0,070 [70]
125,0	0,100 [100]

^A Capacidad del molde a utilizar para ensayar áridos de un tamaño máximo nominal igual o menor que el correspondiente en la lista. El volumen real del molde debe ser de al menos el 95% del volumen nominal indicado.

NOTA 2. El borde superior es satisfactoriamente plano, si un calibrador de sondeo de 0,25 mm, no puede ser insertado entre el borde y una placa de vidrio, de 6 mm o más gruesa, colocada sobre el molde. La parte superior e inferior son satisfactoriamente paralelas si la pendiente entre la placa de vidrio en contacto con el borde superior y el fondo, no excede de 0,87% en cualquier dirección.

(Continúa)

TABLA 2. Requisitos para los moldes

Capacidad del molde	Espesor mínimo del metal		
	Fondo	38 mm superiores de la pared ^A	Resto de la pared
Menor que 11 (litros)	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
De 11 litros a 42 litros incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 litros a 80 litros incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 litros a 133 litros incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

^A El espesor adicional, se puede obtener mediante la colocación de una banda de refuerzo en la parte superior del molde.

5.2.3.1 Si el molde es también utilizado para el ensayo de la masa unitaria (peso volumétrico) del hormigón fresco, de acuerdo a la norma ASTM C 138, el molde debe ser fabricado de acero o de otro metal adecuado, que no sea fácilmente atacable por la pasta de cemento. Se permiten materiales reactivos, tales como las aleaciones de aluminio, cuando como consecuencia de una reacción inicial, se forma una película superficial que protege el metal contra la corrosión futura.

5.2.3.2 Los moldes de capacidad nominal mayor a 28 litros, deben ser fabricados de acero por su rigidez. Para otros metales los espesores mínimos que se indican en la tabla 2 deben ser adecuadamente incrementados.

5.2.4 *Pala o cucharón.* De tamaño conveniente para llenar el molde con el árido.

5.2.5 *Equipo de calibración:* Además de la balanza.

5.2.5.1 *Placa de vidrio.* De al menos 6 mm de espesor y por lo menos 25 mm mayor que el diámetro del molde a ser calibrado.

5.2.5.2 *Grasa.* Un suministro de grasa liviana automotriz o similar.

5.2.5.3 *Termómetro.* Con un rango de al menos entre 10 °C y 32 °C y que permita una lectura de por lo menos 0,5 °C.

5.3 Calibración del molde

5.3.1 Los moldes deben ser calibrados por lo menos una vez al año o cada vez que exista motivos para dudar de su precisión.

5.3.2 Determinar la masa de la placa de vidrio y del molde, con una aproximación de 0,05 kg.

5.3.3 Colocar una fina capa de grasa en el borde del molde para prevenir la fuga de agua.

5.3.4 Llenar el molde con agua a temperatura ambiente y cubrirlo con la placa de vidrio de tal manera de eliminar las burbujas y el exceso de agua. Eliminar cualquier porción de agua que pueda haberse desbordado sobre el molde o la placa de vidrio.

5.3.5 Determinar la masa del agua, la placa de vidrio y el molde, con una aproximación de 0,05 kg.

5.3.6 Medir la temperatura del agua con una aproximación de 0,5 °C y determinar su densidad de acuerdo a la información de la tabla 3, interpolando si es necesario.

5.3.7 Calcular el volumen V, del molde. Alternativamente, calcular del factor F, para el molde (ver nota 3).

NOTA 3. Para el cálculo de la masa unitaria (peso volumétrico), el volumen del molde en unidades del SI debe ser expresado en metros cúbicos, o el factor como 1/m³. Sin embargo, por comodidad el tamaño del molde puede ser expresado en litros.

(Continúa)

TABLA 3. Densidad del agua

Temperatura °C	Densidad kg/m ³
15,0	999,19
17,0	998,86
19,0	998,49
21,0	998,08
23,0	997,62
25,0	997,13
27,0	996,59
29,0	996,02
31,0	995,41

5.4 Muestreo. Tomar la muestra del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695 y reducirla hasta obtener una muestra de ensayo, de acuerdo con la NTE INEN 2 566.

5.5 Preparación de la muestra de ensayo. El tamaño de la muestra debe ser de aproximadamente 125% a 200% respecto de la cantidad necesaria para llenar el molde y debe ser manejada de tal manera que se evite la segregación. Secar la muestra hasta obtener masa constante, de preferencia en un horno a 110 °C ± 5 °C.

5.6 Selección del procedimiento. El procedimiento por paladas para la masa unitaria (peso volumétrico) suelta debe ser utilizado únicamente cuando se lo estipule específicamente. De lo contrario, se debe determinar la masa unitaria (peso volumétrico) compactada por el procedimiento por varillado, para áridos que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menos, o con el procedimiento por sacudidas, para áridos que tengan un tamaño máximo nominal superior a 37,5 mm y que no excedan de 125 mm.

5.7 Procedimiento por varillado

5.7.1 Llenar la tercera parte del molde y nivelar la superficie con los dedos. Compactar la capa de áridos, con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llenar los dos tercios del molde, nuevamente nivelar y compactar de la forma indicada anteriormente. Por último, llenar el molde a rebosar y compactar nuevamente en la misma forma mencionada anteriormente. Nivelar la superficie del árido con los dedos o una regleta, de tal manera que cualquier proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde.

5.7.2 En la compactación de la primera capa, no se debe permitir que la varilla golpee fuertemente el fondo del molde. La compactación de la segunda y tercera capas debe ser vigorosa evitando que la varilla de compactación penetre la capa anterior del árido (ver nota 4).

5.7.3 Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

5.8 Procedimiento por sacudidas

5.8.1 Colocar el molde sobre una base firme, como un piso de hormigón, llenar el molde en tres capas aproximadamente iguales, como se describe en el numeral 5.7.1, levantar los lados opuestos del molde alternativamente unos 50 mm y permitir que el molde caiga de tal manera que el golpe sea seco y fuerte. Las partículas del árido, con este procedimiento, se acomodan por sí mismas en una condición muy compacta. Compactar cada capa dejando caer el molde 50 veces en la forma descrita, 25 veces en cada lado. Nivelar la superficie del árido con los dedos o con una regleta, de tal manera que cualquier ligera proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde.

NOTA 4. En la compactación de árido grueso de tamaños grandes, puede que no sea posible penetrar la capa que se está consolidando, especialmente con los áridos angulares. La compactación se llevará a cabo si se utiliza un esfuerzo vigoroso.

(Continúa)

5.8.2 Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

5.9 Procedimiento por paladas

5.9.1 Llenar el molde a rebosar por medio de una pala o cucharón, descargar el árido desde una altura no superior a 50 mm por encima de la parte superior del molde. Tener cuidado para prevenir, tanto como sea posible, la segregación de las partículas que componen la muestra. Nivelar la superficie del árido con los dedos o con una regleta, de tal manera que cualquier ligera proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde.

5.9.2 Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

5.10 Cálculos

5.10.1 *Masa unitaria (peso volumétrico)*. Calcular la masa unitaria (peso volumétrico) mediante los procedimientos de varillado, de sacudidas o de paladas, de la siguiente manera:

$$M = (G - T) / V \quad (1)$$

o

$$M = (G - T) \times F \quad (2)$$

Donde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m³

G = masa del árido más el molde, kg

T = masa del molde, kg

V = volumen del molde, m³, y

F = factor del molde, 1/m³.

5.10.1.1 Si se desea el valor de la masa unitaria (peso volumétrico) en condición saturada superficialmente seca (SSS), utilizar el mismo procedimiento descrito en este método de ensayo y a continuación, calcular la masa unitaria (peso volumétrico) SSS aplicando la siguiente fórmula:

$$M_{sss} = M [1 + (A / 100)] \quad (3)$$

Donde:

M_{sss} = masa unitaria (peso volumétrico) en condición SSS, kg/m³, y

A = % de absorción, determinado de acuerdo con la NTE INEN 857 o la NTE INEN 856.

5.10.2 *Contenido de vacíos*. Calcular el contenido de vacíos en el árido utilizando la masa unitaria (peso volumétrico) determinada mediante los procedimientos de varillado, de sacudidas o de paladas, de la siguiente manera:

$$\text{Vacíos, \%} = \frac{[(S \times M) - Da] \times 100}{(S \times Da)} \quad (4)$$

Donde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m³

S = gravedad específica (en condición seca), determinada de acuerdo con la NTE INEN 857 o la NTE INEN 856.

Da = densidad del agua, 998 kg/m³.

(Continúa)

5.10.3 Volumen del molde. Calcular el volumen del molde, de la siguiente manera:

$$V = (W - M) / D \quad (5)$$

$$F = D / (W - M) \quad (6)$$

Donde:

- V = volumen del molde, m³
- W = masa del agua, placa de vidrio y molde, kg.
- M = masa de la placa de vidrio y molde, kg
- D = densidad del agua para la temperatura de medición, kg/m³, y
- F = factor del molde, 1/m³.

5.11 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido,
- d) Resultado de la masa unitaria (peso volumétrico), con una aproximación de 10 kg/m³, ya sea para el método por varillado, por sacudidas o suelta,
- e) Resultado de contenido de vacíos, con una aproximación de 1%, ya sea: vacíos en el árido compactado por varillado, vacíos en el árido compactado por sacudidas o vacíos en el árido suelto.
- f) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

5.12 Precisión y desviación

5.12.1 Las siguientes estimaciones de precisión para este método de ensayo, se basan en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO (AMRL), los ensayos fueron realizados de acuerdo a la norma ASTM C 29 y a la norma AASHTO T 19/T19M. No existen diferencias significativas entre estos dos métodos de ensayo. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios.

5.12.2 Árido grueso (masa unitaria (peso volumétrico)):

5.12.2.1 Precisión para un solo operador. Se ha encontrado que la desviación estándar para un solo operador es de 14 kg/m³ (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en un material similar, no deben diferir en más de 40 kg/m³ (d2s).

5.12.2.2 Precisión multilaboratorio. Se ha encontrado que la desviación estándar multilaboratorio es de 30 kg/m³ (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por dos laboratorios diferentes, en un material similar, no deben diferir en más de 85 kg/m³ (d2s).

5.12.2.3 Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. Las estimaciones de precisión fueron obtenidas del análisis de los datos de muestra de AMRL para la masa unitaria (peso volumétrico) de áridos de densidad normal, mediante el procedimiento de varillado, que tienen un tamaño máximo nominal de 25,0 mm y utilizando un molde de 14 litros.

5.12.3 Árido fino (masa unitaria (peso volumétrico)):

5.12.3.1 Precisión para un solo operador. Se ha encontrado que la desviación estándar para un solo operador es de 14 kg/m³ (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en un material similar, no deben diferir en más de 40 kg/m³ (d2s).

5.12.3.2 Precisión multilaboratorio. Se ha encontrado que la desviación estándar multilaboratorio es de 44 kg/m³ (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por dos laboratorios diferentes, en un material similar, no deben diferir en más de 125 kg/m³ (d2s).

(Continúa)

5.12.3.3 Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. Las estimaciones de precisión fueron obtenidas del análisis de los datos de muestras de AMRL para la masa unitaria (peso volumétrico) suelta de laboratorios que utilizan un molde de 2,8 litros.

5.12.4 No están disponibles datos de precisión sobre el contenido de vacíos. Sin embargo, como el contenido vacíos en el árido se calcula a partir de la masa unitaria (peso volumétrico) y la gravedad específica, la precisión del contenido de vacíos refleja la precisión de estos parámetros de medición señalados en los numerales 5.12.2 y 5.12.3 de esta norma y de la NTE INEN 857 y la NTE INEN 856.

5.12.5 *Desviación.* El procedimiento de este método de ensayo para la medición de la masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos, no tiene desviación puesto que los valores para masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos pueden ser definidos solamente en términos de un método de ensayo.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 856	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo.</i>
Norma ASTM C 138	<i>Método de ensayo para determinar la densidad (masa unitaria), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del hormigón.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma AAASHTO T 19	<i>Método de ensayo para determinar la masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos en el árido.</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 29 – 09. *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2009.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 858 **TÍTULO:** ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA **Código:** CO 02.03-309
Primera revisión **VACÍOS** **UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE**

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No. 501 del 1983-09-27 publicado en el Registro Oficial No. 597 del 1983-10-12 Fecha de iniciación del estudio: 2010-03-10
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**
 Fecha de iniciación: 2010-03-16 Fecha de aprobación: 2010-04-29
 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Guillermo Realpe (Presidente)	FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Ing. José Arce (Vicepresidente)	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Jaime Salvador	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN, INECYC.
Ing. Raúl Ávila	ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR, APRHOPEC.
Ing. Hugo Egúez	HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
Ing. Raúl Cabrera	HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES
Sr. Carlos Aulestia	LAFARGE CEMENTOS S. A.
Ing. Xavier Arce	CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL.
Ing. Marlon Valarezo	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
Arq. Soledad Moreno	INTACO ECUADOR S. A.
Ing. Carlos González	INTACO ECUADOR S. A.
Ing. Víctor Buri	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Douglas Alejandro	MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.
Ing. Verónica Miranda	COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA / HORMIGONERA EQUINOCCIAL
Ing. Diana Sánchez	FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
Ing. Stalin Serrano	HORMIGONERA EQUINOCCIAL.
Ing. Xavier Herrera	HORMIGONERA QUITO
Ing. Mircya Martínez	CAMINOSCA CIA. LTDA.
Ing. Rubén Vásquez	CEMENTO CHIMBORAZO C. A.
Ing. Víctor Luzuriaga	INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
Ing. Patricio Torres	DICOPLAN CIA. LTDA.
Ing. Luis Balarezo	CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
Ing. Eric Galarza	SIKA ECUATORIANA S. A.
Ing. Nelson Alvear	SIKA ECUATORIANA S. A.
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN, INECYC

Otros trámites: ♦⁴ La NTE INEN 858:1983 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 858:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 858:1983
 El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-10-29

Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. 128-2010 de 2010-11-30
 Registro Oficial No. 348 de 2010-12-24

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gob.ec
URL: www.inen.gob.ec**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 856:2010
Primera revisión

ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY, RELATIVE DENSITY (SPECIFIC GRAVITY), AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE.

First Edition

DESCRIPTORES: Árido, árido fino, determinación de la densidad.
CO 02.03-307
CDU: 691.322
CIU: 2901
ICS: 91.100.15

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO	NTE INEN 856:2010 Primera revisión 2010-12
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido fino.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido fino (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.</p> <p>2.2 Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.</p> <p>2.3 Este método de ensayo no es aplicable para ser utilizado con áridos livianos.</p> <p>2.4 El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo. Estas notas, exceptuando aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.</p> <p>2.5 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:</p> <p>3.1.1 <i>Absorción</i>. Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado periodo de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.</p> <p>3.1.2 <i>Densidad</i>. Masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico.</p> <p>3.1.2.1 <i>Densidad (SH)</i>. Masa de las partículas del árido, seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables, sin incluir los vacíos entre partículas.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Árido, árido fino, determinación de la densidad.</p>		

3.1.2.2 Densidad (SSS). Masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas.

3.1.2.3 Densidad aparente. Masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido.

3.1.3 Seco al horno (SH), relacionado a las partículas del árido. Condición en la cual los áridos han sido secados por calentamiento en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por el tiempo necesario para conseguir una masa constante.

3.1.4 Densidad relativa (gravedad específica). Relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales.

3.1.4.1 Densidad relativa (gravedad específica) (SH). Relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

3.1.4.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS). Relación entre la densidad (SSS) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

3.1.4.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). Relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

3.1.5 Saturado superficialmente seco (SSS), relacionado a las partículas del árido. Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado período de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos, incluyendo hormigón de cemento portland, hormigón bituminoso y otras mezclas que son dosificadas o analizadas en base al volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se la utiliza para el cálculo de vacíos entre partículas en el árido, de acuerdo a la NTE INEN 858. La densidad relativa (gravedad específica)(SSS) se la utiliza en la determinación de la humedad superficial del árido fino mediante desplazamiento de agua de acuerdo a la NTE INEN 859. La densidad relativa (gravedad específica) se la utiliza si el árido está húmedo, esto es, si ha alcanzado su absorción; por el contrario, la densidad relativa (gravedad específica) (SH) se la utiliza para los cálculos cuando el árido está seco o se asume que está seco.

4.2 La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) corresponden al material sólido que conforman las partículas constitutivas, sin incluir los vacíos de poros dentro de las partículas, a los cuales es accesible el agua. Este valor no es muy utilizado en la tecnología de construcción con áridos.

4.3 Los valores de absorción se utilizan para calcular los cambios en la masa de un árido debido al agua absorbida por los poros de las partículas constitutivas, comparado con la condición seca, cuando se considera que el árido ha estado en contacto con agua el suficiente tiempo para satisfacer la mayoría del potencial de absorción. El valor de absorción determinado en el laboratorio, se consigue después de sumergir en agua el árido seco por un determinado período. Los áridos extraídos de una mina bajo la superficie del agua, comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método, si se utilizan sin secarlos. Por el contrario, algunos áridos que no han sido conservados en una condición continua de humedad hasta ser utilizados, probablemente contendrán una cantidad de agua absorbida menor que en la condición de saturado en 24 horas. Para un árido que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina restando el valor de la absorción, del valor total de humedad que contiene el árido, determinado por secado según la NTE INEN 862.

(Continúa)

4.4 Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son válidos para la determinación de la absorción de áridos que han sido sometidos a condiciones de saturación diferentes que la inmersión en agua por 24 horas, tales como agua en ebullición o saturación al vacío. Los valores de absorción obtenidos mediante otros métodos de ensayo, serán diferentes de los valores obtenidos mediante la saturación indicada en este método, así como también los valores de densidad (SSS) o de densidad relativa (gravedad específica) (SSS).

4.5 Los poros en los áridos livianos, después de la inmersión por 24 horas, no están necesariamente llenos con agua. En realidad, la absorción potencial para muchos de estos áridos no se alcanza luego de algunos días inmersos en agua. Por lo tanto, este método de ensayo no es apropiado para uso con áridos livianos.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Resumen. Se sumerge en agua por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se coloca la muestra (o parte de esta) en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina nuevamente su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

5.2 Equipos

5.2.1 Balanza. Que tenga una capacidad de 1 kg o más, con una sensibilidad de 0,1 g o menos y una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso para este método de ensayo. La diferencia entre lecturas debe tener una precisión dentro de 0,1 g, en cualquier rango de 100 g de carga.

5.2.2 Picnómetro (para uso con el procedimiento gravimétrico). Matraz u otro contenedor apropiado, en el cual la muestra de ensayo de árido fino, pueda ser introducida fácilmente y en el cual el volumen contenido pueda ser legible dentro de $\pm 0,1 \text{ cm}^3$. El volumen del contenedor lleno hasta la marca debe ser por lo menos 50% mayor que el requerido para acomodar la muestra de ensayo. Para una muestra de ensayo de 500 g del árido más fino, es adecuado un matraz o un recipiente de 500 cm^3 de capacidad, adaptado con un picnómetro en la parte superior.

5.2.3 Matraz (para uso con el procedimiento volumétrico). Para una muestra de ensayo de aproximadamente 55 g, es adecuado un frasco de Le Chatelier, como el que se describe en la NTE INEN 156.

5.2.4 Molde y compactador para ensayo de humedad superficial. El molde metálico debe tener la forma de un cono truncado, con las siguientes dimensiones: $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interno superior, $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interno en la base y $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una masa de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$ y una cara compactadora circular y plana, de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro.

5.2.5 Horno. De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.3 Muestreo. Tomar las muestras del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695. Mezclar íntegramente la muestra y reducirla hasta obtener una muestra de ensayo de aproximadamente 1 kg, utilizando el procedimiento indicado en la NTE INEN 2 566.

5.4 Preparación de la muestra de ensayo

5.4.1 Colocar la muestra en una bandeja o en otro recipiente apropiado y secarla en el horno a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, hasta conseguir una masa constante, dejarla que se enfríe hasta una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente $50 \text{ }^\circ\text{C}$), luego cubrirla con agua, ya sea por inmersión o por adición de agua, hasta alcanzar al menos 6% de humedad en el árido fino y dejar que repose por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.

(Continúa)

5.4.1.1 Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del numeral 5.4.1 sobre el secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito del numeral 5.4.1 sobre la inmersión por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, también es opcional (ver nota 1)

5.4.2 Decantar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos (ver apéndice X), extender la muestra sobre una superficie plana, no absorbente, expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla frecuentemente para asegurar un secado homogéneo. Si se desea, se pueden utilizar equipos mecánicos como un agitador, para ayudar a alcanzar la condición saturada superficialmente seca. Continuar esta operación hasta que la muestra se aproxime a una condición de flujo libre. Seguir el procedimiento indicado en el numeral 5.4.3 para determinar si la humedad superficial todavía esta presente en las partículas constituyentes del árido fino. Realizar el primer ensayo para esta determinación cuando todavía exista agua superficial en la muestra. Continuar secando con agitación constante y probar a intervalos frecuentes hasta que el ensayo indique que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca. Si el primer ensayo de determinación de humedad superficial indica que la humedad no esta presente en la superficie, significa que se ha secado más allá de la condición saturada superficialmente seca; en este caso, mezclar íntegramente el árido fino con algunos cm^3 de agua y dejar que la muestra repose en un recipiente cubierto por 30 minutos. A continuación, reanudar el proceso de secado y ensayos a intervalos frecuentes hasta determinar el inicio de la condición de superficie seca.

5.4.3 *Ensayo para determinar la humedad superficial.* Mantener firmemente el molde sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar en el molde en forma suelta, una porción del árido fino parcialmente seco, hasta llenarlo colocando material adicional en la parte superior manteniendo firme el molde con la mano, compactar el árido fino con 25 golpes ligeros del compactador. Cada caída debe iniciar aproximadamente 5 mm sobre la superficie del árido. Permitir que el compactador caiga libremente bajo la atracción gravitacional en cada golpe. Ajustar la altura de inicio a la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuirlos sobre la superficie. Remover el árido fino que ha caído alrededor de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad superficial todavía esta presente, el árido fino mantendrá la forma del molde. Cuando el árido fino se desmorona ligeramente, ello indica que se ha alcanzado la condición de superficie seca.

5.4.3.1 Algunos áridos finos con partículas de forma predominantemente angular o con una alta proporción de finos, pueden no desmoronarse en el ensayo del cono, al alcanzar la condición de superficie seca. Este problema se puede verificar si al dejar caer desde una altura de 100 mm a 150 mm sobre una superficie, un puñado de árido fino, tomado de la muestra ensayada, se pueden observar partículas individuales muy finas. Para estos materiales, se considera que han alcanzado la condición saturada superficialmente seca, en el punto en que, luego de remover el molde, un lado del árido fino apenas se derrumba. En el Apéndice W se describen algunos criterios que se han utilizado en materiales que no se desmoronan fácilmente.

5.5 Procedimiento

5.5.1 Ensayar, ya sea por el procedimiento gravimétrico indicado en el numeral 5.5.2 o por el procedimiento volumétrico indicado en el numeral 5.5.3. Realizar todas las determinaciones de masa con una aproximación al 0,1 g.

5.5.2 *Procedimiento gravimétrico (picnómetro):*

5.5.2.1 Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir en el picnómetro $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ de árido fino saturado superficialmente seco, preparado como se describe en el numeral 5.4 y llenar con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad. Agitar el picnómetro como se describe, manualmente en el literal a) o mecánicamente en el literal b) de este numeral.

NOTA 1. Los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) (SSS) pueden ser significativamente más altos en áridos que no se los ha secado en el horno antes de la inmersión, respecto al mismo árido tratado de acuerdo con el numeral 5.4.1.

(Continúa)

- a) Manualmente: rodar, invertir y agitar el picnómetro (o utilizar una combinación de estas tres acciones) para eliminar las burbujas visibles de aire (ver nota 2).
- b) Mecánicamente: agitar el picnómetro mediante una vibración externa, de una forma que no degrade la muestra. Para promover la eliminación de aire sin degradación, es suficiente un nivel de agitación ajustado para solamente mantener las partículas individuales en movimiento. Se puede considerar aceptable un agitador mecánico, si en ensayos de comparación para cada período de seis meses de uso, muestra variaciones menores que el rango aceptable de dos resultados (2ds) indicados en la tabla 1, respecto a los resultados de la agitación manual en el mismo material.

5.5.2.2 Luego de eliminar todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, si es necesario media nte inmersión parcial en agua circulante; y llevar el nivel de agua en el picnómetro hasta la marca de calibración. Determinar la masa total del picnómetro, muestra y agua.

5.5.2.3 Retirar el árido fino del picnómetro, secarlo en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta conseguir una masa constante y enfriarlo a temperatura ambiente por $1\text{ h} \pm \frac{1}{2}\text{ h}$, determinar su masa.

5.5.2.4 Determinar la masa del picnómetro lleno hasta la marca de calibración, con agua a $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.5.3 *Procedimiento volumétrico (frasco de Le Chatelier):*

5.5.3.1 Llenar el frasco, inicialmente con agua hasta un punto en el cuello, entre las marcas 0 cm^3 a 1 cm^3 . Registrar esta lectura inicial con el frasco y su contenido dentro de un rango de temperatura de $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Añadir $55\text{ g} \pm 5\text{ g}$ de árido fino en condición saturado superficialmente seco (u otra cantidad medida, según sea necesario). Después de que todo el árido fino ha sido introducido, colocar el tapón en el frasco y rodarlo en posición inclinada o hacerlo girar suavemente en círculos horizontales, de manera de desalojar todo el aire atrapado, continuando hasta que no suban a la superficie más burbujas (ver nota 3). Tomar la lectura final con el frasco y su contenido a una temperatura dentro de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ respecto de la inicial.

5.5.3.2 Para la determinación de la absorción, utilizar una porción separada de $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$ de árido fino en condición saturada superficialmente seca, secarlo hasta conseguir una masa constante y determinar su masa seca.

5.6 Cálculos

5.6.1 *Símbolos*

- A = masa de la muestra seca al horno, g
 B = masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, g
 C = masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración, g
 R₁ = lectura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm³
 R₂ = lectura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm³
 S = masa de muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica) o para determinar la absorción, con ambos procedimientos), g
 S₁ = masa de la muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento volumétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica)), g

5.6.2 *Densidad relativa (gravedad específica):*

5.6.2.1 *Densidad relativa (gravedad específica) (SH).* Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

NOTA 2. Normalmente se necesita alrededor de 15 min a 20 min, para eliminar las burbujas de aire, por métodos manuales. Para dispersar la espuma que algunas veces se genera cuando se eliminan las burbujas

NOTA 3. Para eliminar la espuma que aparece en la superficie, se puede utilizar una pequeña cantidad medida de alcohol isopropílico (no mayor a 1 cm^3). El volumen de alcohol utilizado debe ser restado de la lectura final registrada. (R₂).

(Continúa)

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{A}{(B + S - C)} \quad (1)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (2)$$

5.6.2.2 *Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)*. Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (3)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (4)$$

5.6.2.3 *Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)*. Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)} \quad (5)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad (6)$$

5.6.3 *Densidad:*

5.6.3.1 *Densidad (SH)*. Calcular la densidad del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B + S - C)} \quad (7)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (8)$$

(Continúa)

5.6.3.2 Densidad (SSS). Calcular la densidad del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S}{(B + S - C)} \quad (9)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (10)$$

5.6.3.2 Densidad aparente. Calcular la densidad aparente de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B + A - C)} \quad (11)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad (12)$$

5.6.4 Absorción. Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(S - A)}{A} \times 100 \quad (13)$$

(Ver nota 4)

5.7 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- Fecha de muestreo y ensayo,
- Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- Identificación de la muestra de árido fino,
- Resultados de densidad con una aproximación de 10 kg/m³, resultados de densidad relativa (gravedad específica) con una aproximación de 0,01 e indicar la condición del árido para densidad o densidad relativa (gravedad específica), ya sea (SH), (SSS) o aparente,
- Resultado de absorción con una aproximación de 0,1%,
- Si los valores de densidad, densidad relativa (gravedad específica) fueron determinados sin el secado preliminar del árido, según lo permitido en el numeral 5.4.1.1, registrar este particular en el informe,
- Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

NOTA 4. El valor constante (997,5 kg/m³), utilizado en los cálculos de los numerales 5.6.2 a 5.6.4 es la densidad del agua destilada a 23 °C. Algunas autoridades recomiendan utilizar la densidad del agua destilada a 4 °C (1 000 kg/m³ o 1,000 Mg/m³), valores suficientemente precisos.

(Continúa)

5.8 Precisión y desviación

5.8.1 Precisión. La estimación de la precisión de este método de ensayo, que figura en la tabla 1, se basa en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO, los ensayos fueron realizados de acuerdo a la norma ASTM C 128 y a la norma AASHTO T 84. La diferencia significativa entre estos métodos es que la norma ASTM C 128 requiere un período de saturación de 24 h \pm 4 h mientras que la norma AASHTO T 84 requiere un período de saturación de 15 h a 19 h. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto insignificante sobre los índices de precisión. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios. La estimación de la precisión para densidad fue calculada a partir de valores determinados de densidad relativa (gravedad específica), utilizando la densidad del agua destilada a 23 °C para la conversión.

TABLA 1. Precisión

	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
Precisión para un solo operador:		
Densidad (SH), kg/m ³	11	13
Densidad (SSS), kg/m ³	9,5	27
Densidad aparente, kg/m ³	9,5	27
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,011	0,032
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,0095	0,027
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,0095	0,027
Absorción, % ^B	0,11	0,31
Precisión multilaboratorio:		
Densidad (SH), kg/m ³	23	64
Densidad (SSS), kg/m ³	20	56
Densidad aparente, kg/m ³	20	56
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,023	0,066
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,020	0,056
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,020	0,056
Absorción, % ^B	0,23	0,66
^A Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. La estimación de la precisión fue obtenida del análisis de los resultados de las muestras de referencia combinadas del laboratorio de materiales de la AASHTO, obtenidos de laboratorios que utilizaron un tiempo de saturación de 15 h a 19 h y otros laboratorios que utilizaron 24 h \pm 4 h de saturación. El ensayo se realizó en áridos de masa normal y comenzó con los áridos en condición seca al horno.		
^B La estimación de la precisión está basada en áridos con absorciones menores de 1% y pueden variar en áridos finos producto de trituración, así como en áridos que tengan valores de absorción mayores de 1%.		

5.8.2 Desviación. Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

(Continúa)

APÉNDICE W
(Información opcional)

CRITERIOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA CONDICIÓN SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA, EN MATERIALES QUE NO SE DESMORONAN FÁCILMENTE

W.1 En materiales que no se desmoronan fácilmente se han utilizado los siguientes criterios:

W.1.1 *Ensayos provisionales de cono.* Realizar el ensayo del molde cónico como se describe en el numeral 5.4.3, excepto que se debe aplicar solamente 10 golpes. Añadir más árido fino y aplicar 10 golpes nuevamente. A continuación, agregar material dos veces más, aplicando 3 y 2 golpes del compactador, respectivamente. Nivelar el material al ras de la parte superior del molde, retirar el material suelto en la base y levantar el molde verticalmente.

W.1.2 *Ensayo provisional de la superficie.* Si se observan los finos en el aire cuando se tiene un árido fino que no se desmorona cuando se encuentra en una condición de humedad, agregar más humedad al árido fino y cuando se considera que el material está en la condición de superficie seca, colocar con la mano aproximadamente 100 g de material sobre una superficie plana, no absorbente, seca, limpia, oscura o gris, como una plancha de caucho, una superficie de acero, galvanizada o una superficie de metal pintada de negro. Después de 1 s a 3 s, retirar el árido fino. Si se muestra humedad visible en la superficie de ensayo por más de 1 s a 2 s, entonces se considera que la humedad superficial está aún presente en el árido fino.

W.1.3 Procedimientos colorimétricos, descritos por Kandhal y Lee, en Highway Research Record No. 307, página 44.

W.1.4 Para alcanzar la condición saturada superficialmente seca en un material de un solo tamaño, que se desmorona cuando está húmedo, se pueden utilizar toallas de papel con textura áspera para secar la superficie del material hasta el punto donde se alcanza la condición, que es cuando la toalla de papel no parece estar recogiendo humedad de las superficies de las partículas del árido fino.

(Continúa)

APÉNDICE X
(Información opcional)

DIFERENCIAS POTENCIALES EN LA DENSIDAD RELATIVA Y LA ABSORCIÓN DEBIDO A LA PRESENCIA DE MATERIAL MÁS FINO QUE 75 μm

X.1 Se ha encontrado que puede haber diferencias significativas en la densidad relativa y la absorción, entre muestras de árido fino ensayadas con material más fino que 75 μm (tamiz No. 200) presente y no presente en las muestras. Las muestras en las que no se ha retirado el material más fino que 75 μm , por lo general dan una mayor absorción y una menor densidad relativa en comparación con el resultado del ensayo del mismo árido fino del cual se ha retirado el material más fino que 75 μm , siguiendo los procedimientos de la NTE INEN 697. En las muestras que contienen material más fino que 75 μm , se puede crear una capa que recubre las partículas más gruesas del árido fino, durante el proceso de secado superficial. El resultado de la medición de la densidad relativa y absorción, es el de las partículas aglomeradas y recubiertas y no el del material original. La diferencia en la absorción y en la densidad relativa determinada entre las muestras en las que no se ha retirado el material más fino que 75 μm y las muestras en las que si se lo ha retirado, depende tanto de la cantidad presente del material más fino que 75 μm como de la naturaleza del material. Cuando la presencia del material más fino que 75 μm es menor que aproximadamente el 4% en masa, la diferencia en la densidad relativa entre las muestras lavadas y sin lavar es inferior a 0,03. Cuando la presencia del material más fino que 75 μm es mayor que aproximadamente el 8% en masa, la diferencia en la densidad relativa obtenida entre las muestras lavadas y sin lavar puede ser tan grande como 0,13. Se ha encontrado que la densidad relativa determinada en áridos finos de los cuales se ha retirado el material más fino que 75 μm antes del ensayo, refleja con mayor precisión la densidad relativa del material.

X.2 Se puede suponer que el material más fino que 75 μm , que se extrae, tiene la misma densidad relativa del árido fino. Alternativamente, la densidad relativa (gravedad específica) del material más fino que 75 μm puede ser también evaluada, utilizando el procedimiento descrito en la norma ASTM D 854, sin embargo, este ensayo determina la densidad relativa aparente y no la densidad relativa.

(Continúa)

APÉNDICE Y
(Información opcional)

**INTERRELACIÓN ENTRE DENSIDADES RELATIVAS (GRAVEDADES ESPECÍFICAS) Y
ABSORCIÓN, SEGÚN SE DEFINEN EN LAS NTE INEN 857 Y NTE INEN 856**

Y.1 Este apéndice proporciona relaciones matemáticas entre los tres tipos de densidad relativa (gravedad específica) y la absorción. Estos valores pueden ser útiles para controlar la correspondencia de los datos reportados o calcular un valor que no se ha reportado mediante el uso de otros datos reportados.

Y.2 Donde:

S_d = densidad relativa (gravedad específica) (SH),
 S_s = densidad relativa (gravedad específica) (SSS),
 S_a = densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), y
 A = absorción en %.

Calcular los valores de cada uno, de la siguiente manera:

$$S_s = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (\text{Y.1})$$

$$S_s = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (\text{Y.2})$$

$$\text{ó } S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[\frac{A}{100}(S_s - 1)\right]} \quad (\text{Y.3})$$

$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1\right) 100 \quad (\text{Y.4})$$

$$A = \left(\frac{S_a - S_s}{S_a(S_s - 1)}\right) 100 \quad (\text{Y.5})$$

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 156	<i>Cemento hidráulico. Determinación de la densidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos. Determinación del material más fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 μM (No. 200), mediante lavado.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858	<i>Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 859	<i>Áridos para hormigón. Determinación de la humedad superficial en el árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862	<i>Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo</i>
Norma ASTM C 128	<i>Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del árido fino.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma ASTM D 854	<i>Método de ensayo para determinar la gravedad específica de los suelos sólidos por medio del picnómetro con agua.</i>
Norma AAASHTO T 84	<i>Gravedad específica y absorción del árido fino.</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 128 – 07a. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2007.

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail:direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail:certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail:verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail:inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec
URL:www.inen.gov.ec**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 860:2011
Primera Revisión

ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.

Primera Edición

STANDARD OF TEST METHOD FOR RESISTANCE TO DEGRADATION OF COARSE AGGREGATE PARTICLES SMALLER THAN 37.5 mm USING THE LOS ANGELES MACHINE.

First Edition

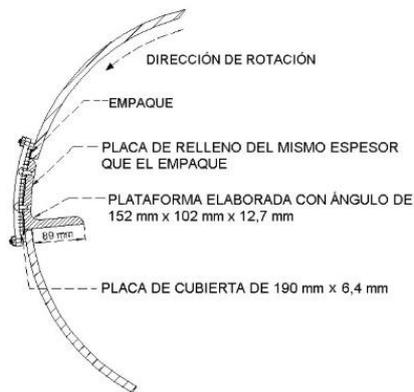
DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, árido grueso, ensayo, degradación
CO 02.03-316
CDU: 691.322 :620.178.16
CIU: 2901
ICS: 91.100.15

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ANGELES	NTE INEN 860:2011 Primera Revisión 2011-06
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar el valor de la degradación del árido grueso de tamaño inferior a 37,5 mm, mediante la pérdida de masa por desgaste e impacto utilizando la máquina de Los Ángeles (ver nota 1).</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 El valor de la degradación es utilizado como indicador de la calidad relativa o de la competencia de áridos y fuentes de áridos, que tienen composiciones mineralógicas similares. Los resultados obtenidos por este ensayo no permiten realizar comparaciones entre fuentes de diferente origen, composición o estructura (ver nota 2).</p> <p>2.2 Los áridos referidos en esta norma pueden ser gravas, piedras naturales, así como otros materiales obtenidos por trituración.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>4.1 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p> <p style="text-align: center;">5. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>5.1 Resumen. Este ensayo determina la pérdida de masa de los agregados minerales con gradación normalizada, resultante de una combinación de acciones que incluyen la abrasión o desgaste, el impacto y la molienda en un tambor giratorio de acero que contiene un número especificado de esferas de acero, cuyo número depende de la gradación de la muestra de ensayo. A medida que el tambor gira, una plataforma recoge la muestra y las esferas de acero, elevándolas hasta que caigan al lado opuesto del tambor, creando un efecto de impacto y trituración. El contenido gira conjuntamente con el tambor, en una acción de molido, hasta que la plataforma recoja nuevamente la muestra y las esferas de acero y se repite el ciclo. Luego de un número especificado de revoluciones, se retiran los contenidos del tambor y la porción de árido se tamiza para medir la degradación como un porcentaje de pérdida.</p> <p>NOTA 1. El procedimiento de ensayo para árido grueso de tamaño mayor a 19,0 mm se presenta en la NTE INEN 861.</p> <p>NOTA 2. Al elaborar especificaciones se debe tener especial cuidado al establecer límites, hay que considerar los tipos de áridos disponibles y su historial de rendimiento para usos específicos.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, árido grueso, ensayo, degradación.</p>		

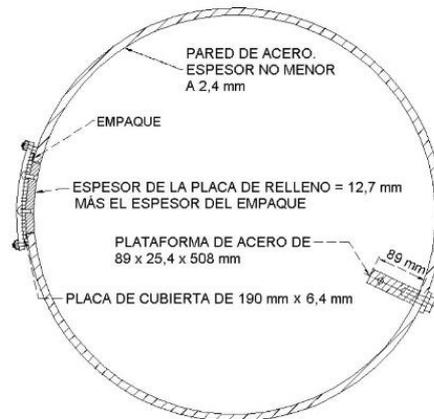
Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

5.2 Equipos

5.2.1 Máquina de Los Ángeles. Se debe utilizar una máquina de Los Ángeles que cumpla con todas las características esenciales del diseño mostrado en la figura 1. La máquina debe estar compuesta por un cilindro de acero hueco, con espesor de pared no menor que 12,4 mm (ver nota 3), cerrado en ambos extremos, que cumpla con las dimensiones que se muestran en la figura 1, que tenga diámetro interno de $711 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ y longitud interna de $508 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$. La superficie interior del cilindro debe estar libre de protuberancias que interrumpen la trayectoria de la muestra y de las esferas de acero, a excepción de la plataforma que se describe más adelante. El cilindro debe ser montado sobre puntas de ejes acoplados a los extremos del cilindro, pero no deben entrar en él y debe estar colocado de tal manera que gire con el eje en posición horizontal con una tolerancia en la pendiente de 1%. Se debe proveer una abertura en el cilindro para la introducción de la muestra y las esferas. Para cubrir la abertura, debe estar provisto de una tapa apropiada que no deje escapar el polvo, con dispositivos para atornillar la tapa en su lugar. La tapa debe estar diseñada para mantener el contorno cilíndrico de la superficie interior, a menos que la plataforma esté localizada de modo que la carga no caiga sobre la tapa o entre en contacto con ésta durante el ensayo. En el interior de la superficie cilíndrica se debe acoplar una plataforma de acero, extendida toda la longitud del cilindro y proyectada hacia el interior en $89 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, de tal manera que un plano centrado entre las caras grandes coincida con un plano axial. La plataforma debe ser montada por medio de tornillos u otros medios adecuados y tener un espesor que le permita estar firme y rígida. La posición de la plataforma debe ser tal que la muestra y las esferas de acero no golpeen en o cerca de la abertura y su tapa. La distancia desde la plataforma a la abertura, medida a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro en el sentido del giro, no debe ser menor a 1 270 mm (ver nota 4). Inspeccionar periódicamente la plataforma para determinar que no se ha doblado longitudinalmente, ni tampoco se ha modificado su posición normal radial con respecto al cilindro. Si se encuentra cualquiera de estas condiciones, se debe reparar o reemplazar la plataforma antes de que se lleven a cabo más ensayos.



DISEÑO ALTERNATIVO DE PLATAFORMA ELABORADA CON ÁNGULO



DISEÑO DE PLATAFORMA DE PLACA DE CUBIERTA

NOTA 3. Esta es la mínima tolerancia permitida en una plancha de acero laminado de 12,7 mm, como se describe en la norma ASTM A 6.

NOTA 4. Es preferible el uso de una plataforma de acero resistente al desgaste, de sección transversal rectangular y montada independientemente de la tapa. Se puede utilizar una plataforma de cubierta, siempre que el sentido de giro sea tal que la carga sea recogida por la cara externa del ángulo.

(Continua)

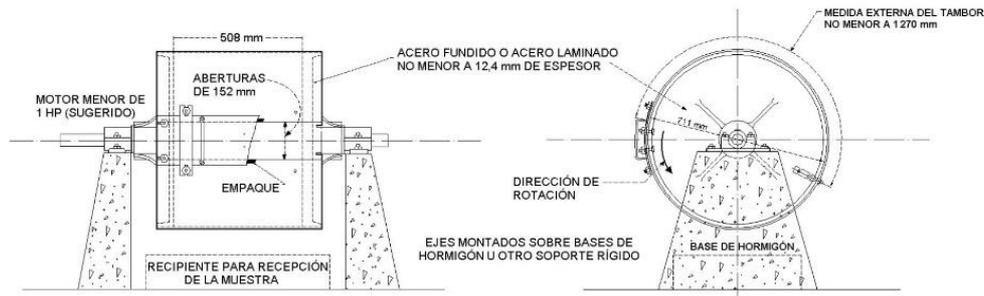


FIGURA 1. Máquina de Los Ángeles

5.2.1.1 La máquina debe estar balanceada y operar de tal forma que mantenga una velocidad periférica sustancialmente uniforme (ver nota 5). Si se utiliza un ángulo como plataforma, la dirección de rotación debe ser tal que la carga sea recogida por la superficie externa del ángulo.

5.2.2 Tamices. Que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 154.

5.2.3 Balanza. Con una precisión de por lo menos 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso para este método de ensayo.

5.2.4 Carga. La carga consiste en esferas de acero que promedien aproximadamente 47 mm de diámetro, que cada una tenga una masa de entre 390 g y 445 g.

5.2.4.1 La carga, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo descrita en el numeral 5.4, debe cumplir lo indicado en la tabla 1 (ver nota 6).

TABLA 1. Especificaciones para la carga

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2500 ± 15

5.3 Muestreo. Obtener la muestra de campo, de acuerdo con la NTE INEN 695 y reducirla hasta el tamaño de muestra adecuado, de acuerdo con la NTE INEN 2 566.

5.4 Preparación de la muestra de ensayo. Lavar la muestra reducida y secarla al horno a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ hasta obtener masa prácticamente constante (ver el numeral 5.5.1.1), separar en fracciones individuales por tamaño y recombinarlas para obtener la gradación indicada en la tabla 2 que mejor represente al rango de tamaños del árido proporcionado para el ensayo. Registrar la masa de la muestra antes del ensayo con aproximación de 1 g.

NOTA 5. Es muy probable que movimientos de reacción o deslizamiento en el mecanismo de conducción proporcione resultados de ensayos que no se dupliquen en otras máquinas de Los Ángeles que tengan una velocidad periférica constante.

NOTA 6. Las esferas de acero, con diámetros entre 46,0 mm y 47,6 mm, que tienen una masa aproximadamente de 400 g y 440 g cada una, respectivamente, se adquieren fácilmente. Las esferas de acero de 46,8 mm de diámetro que tengan una masa de aproximadamente 420 g también pueden obtenerse. La carga puede consistir en una mezcla de estos tamaños, que se ajusten a los límites de tolerancia de masa de los numerales 5.2.4 y 5.2.4.1.

(Continúa)

TABLA 2. Gradación de las muestras de ensayo

Tamaño de las aberturas de tamiz (mm) (aberturas cuadradas)		Masa por tamaños indicada (g)			
Pasante de	Retenido en	Gradación			
		A	B	C	D
37,5	25,0	1 250 ± 25	---	---	---
25,0	19,0	1 250 ± 25	---	---	---
19,0	12,5	1 250 ± 10	2 500 ± 10	---	---
12,5	9,5	1 250 ± 10	2 500 ± 10	---	---
9,5	6,3	---	---	2 500 ± 10	---
6,3	4,75	---	---	2 500 ± 10	---
4,75	2,36	---	---	---	5 000 ± 10
Total		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

5.5 Procedimiento

5.5.1 Colocar la muestra y la carga para el ensayo en la máquina de Los Ángeles, girar la máquina 500 revoluciones (ver nota 7) a una velocidad entre 30 r/min y 33 r/min. Después del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra sobre un tamiz de mayor abertura que el de 1,70 mm. Tamizar la porción fina por el tamiz de 1,70 mm, según el procedimiento descrito en la NTE INEN 696. Lavar el material más grueso que 1,70 mm y secarlo al horno a 110 °C ± 5 °C hasta obtener masa prácticamente constante (ver el numeral 5.5.1.1) y determinar la masa con aproximación de 1 g.

5.5.1.1 Si el árido esencialmente no contiene recubrimientos adherentes y polvo, el requisito del lavado luego del ensayo es opcional (ver nota 8). Sin embargo, para el caso de ensayos de arbitraje, se debe realizar el procedimiento de lavado.

5.6 Cálculos. El valor de la degradación es la pérdida de masa (diferencia entre la masa inicial y la masa final de la muestra) expresada en porcentaje respecto a la masa inicial (ver nota 9)

$$D = \frac{B - C}{B} \times 100$$

Donde:

D = valor de la degradación, en porcentaje

B = masa inicial de la muestra de ensayo

C = masa de la muestra retenida en el tamiz de 1,70 mm, después del ensayo.

NOTA 7. Se puede obtener información valiosa sobre la uniformidad de la muestra a ser ensayada mediante la determinación de la pérdida después de 100 revoluciones. La pérdida debe ser determinada por tamizado en seco del material sin lavar, por el tamiz de 1,70 mm. La relación de la pérdida después de 100 revoluciones a la pérdida después de 500 revoluciones no debería ser mayor a 0,20 para un material de dureza uniforme. Cuando se realiza esta determinación, trabajar con cuidado para evitar la pérdida de cualquier parte de la muestra; regresar toda la muestra, incluyendo el polvo de la fractura, a la máquina de ensayo para las 400 revoluciones finales necesarias para completar el ensayo.

NOTA 8. Suprimir el lavado después del ensayo rara vez reducirá la pérdida medida en más de 0,2% respecto a la masa original de la muestra.

NOTA 9. No se conoce ninguna relación coherente entre el porcentaje de pérdida, determinado por este método de ensayo con el porcentaje de pérdida para el mismo material cuando se lo determina de acuerdo con la NTE INEN 861.

(Continúa)

5.7 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) identificación de la fuente, tipo y tamaño máximo nominal del árido,
- d) designación de la gradación utilizada para el ensayo, según la tabla 2,
- e) valor de la degradación, con una aproximación de 1%, y
- f) otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

5.8 Precisión y desviación

5.8.1 Se ha encontrado que el coeficiente de variación multilaboratorio, para un árido grueso con tamaño máximo nominal de 19,0 mm, con un porcentaje de pérdida dentro del rango de 10% a 45%, es de 4,5%; por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por dos laboratorios diferentes, en muestras del mismo árido grueso, no deben diferir en más de 12,7% (ver nota 10) de su promedio (probabilidad del 95%). Se ha encontrado que el coeficiente de variación para un solo operador, es de 2,0%; por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en muestras del mismo árido grueso, no deben diferir en más de 5,7% de su promedio (probabilidad del 95%) (ver nota 10) (ver nota 11).

5.8.2 Desviación. Puesto que no hay un material de referencia aceptado que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

NOTA 10. Estos números representan los límites (1s%) y (d2s%) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670.

NOTA 11. Los límites (1s%) y (d2s%) se han tomado del numeral 12 de la norma ASTM C 131-06.

(Continúa)

APÉNDICE Y**(Información opcional)****MANTENIMIENTO DE LA PLATAFORMA**

Y.1 La plataforma de la máquina de Los Ángeles está sujeta a impacto y a un severo desgaste de la superficie. Con el uso, la superficie de trabajo de la plataforma es martillada por las esferas y tiende a desarrollar un cordón de metal paralelo, alrededor de 32 mm desde la unión de la plataforma con la superficie interior del cilindro. Si la plataforma está fabricada de una sección de ángulo laminado, no solamente puede desarrollar este cordón, sino que la plataforma misma puede doblarse longitudinalmente o transversalmente respecto a su posición original.

Y.2 Se debe inspeccionar periódicamente la plataforma para determinar que no esté doblada, tanto longitudinalmente como en su posición radial original con respecto al cilindro. Si se encuentra cualquiera de estas condiciones, la plataforma debe ser reparada o reemplazada antes de realizar más ensayos. No se conoce la influencia del cordón desarrollado por el martilleo de la cara de trabajo de la plataforma sobre el resultado del ensayo. Sin embargo, para uniformizar las condiciones de ensayo, se recomienda que el cordón sea limado si su altura es superior a 2 mm.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696	<i>Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 861	<i>Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas mayores a 19 mm mediante el uso de la maquina de los ángeles.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción.</i>
Norma ASTM A 6	<i>Especificaciones para los requisitos generales para barras, placas, formas y tablestacas de acero laminado estructural.</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 131 – 06. *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2006.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA	Código:
NTE INEN 860	DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS	CO 02.03-316
Primera Revisión	MENORES A 37,5 MM MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA	
	DE LOS ÁNGELES	
ORIGINAL:	REVISIÓN:	
Fecha de iniciación del estudio: 2010-06-14	Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09	
	Oficialización con el Carácter de Obligatoria	
	por Acuerdo Ministerial No. 112 de 1983-03-30	
	publicado en el Registro Oficial No. 471 de 1983-04-14	
	Fecha de iniciación del estudio: 2010-06-14	

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: Hormigones, áridos y morteros

Fecha de iniciación: 2010-06-21

Fecha de aprobación: 2010-10-28

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR

Ing. José Arce (Vicepresidente)

HORMIGONES HÉRCULES S. A.
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
DEL HORMIGÓN. INECYC.

Ing. Jaime Salvador

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE
HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR.
APRHOPEC.

Ing. Raúl Ávila

HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)

Ing. Hugo Egúez

LAFARGE CEMENTOS S. A.

Sr. Carlos Aulestia

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

Ing. Luis Quinteros

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

Ing. Víctor Luzuriaga

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE

Ing. Marlon Valarezo

LOJA

Ing. Carlos González

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Verónica Miranda

CONCRETOS V. M. / COLEGIO DE

Ing. Xavier Herrera

INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA

Dr. Juan José Recalde

HORMIGONERA QUITO CIA. LTDA.

Ing. Mireya Martínez

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Patricio Torres

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Luis Balarezo

DICOPLAN CIA. LTDA.

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y

DEL HORMIGÓN. INECYC.

Otros trámites: ♦⁴ La NTE INEN 860:1983, sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 860:2011 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 860:1983

La Subsecretaría de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 11 129 de 2011-05-20

Registro Oficial No. 480 de 2011-06-29

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec**