



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE
GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y**

CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**ESTUDIO PARA LA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS
RIGIDOS ANALIZANDO EL GRADO DE DETERIORO DEBIDO
A LAS ACCIONES FÍSICAS QUIMICAS Y AMBIENTALES
UTILIZANDO LA TÉCNICA DE HORMIGÓN GRANALLADO**

TUTOR

ING. MAX DARIO ALMEIDA FRANCO, MSc

AUTOR

AURELIO ELIZAUL PALACIO GARCIA

GUAYAQUIL

2021



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Estudio para la rehabilitación de pavimentos rígidos analizando el grado de deterioro debido a las acciones físicas químicas y ambientales utilizando la técnica de hormigón granallado	
AUTOR/ES: Aurelio Elizaul Palacio García	REVISORES O TUTORES: Max Darío Almeida Franco
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Tercer Nivel de Grado
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2021	N. DE PAGS: 167
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Granallado, Rehabilitación, Estudio, Construcción.	

RESUMEN:

Durante el periodo de vida útil un pavimento rígido está sometido a un ciclo frecuente de daños, deterioros. Esto se debe al uso, acciones físicas, químicas, ambientales. Se identificó y clasifíco los grados de deterioro de los pavimentos rígidos, Nuestro proyecto de titulación se planteó el uso de la técnica de hormigón granallado para su rehabilitación y mantenimiento considerando una mejor durabilidad de las reparaciones y de la vía.

N. DE REGISTRO (en base de datos):**N. DE CLASIFICACIÓN:****DIRECCIÓN URL (tesis en la web):****ADJUNTO PDF:****SI** **X****NO****CONTACTO CON AUTORES:**

Aurelio Elizaul Palacio García

Teléfono:

0980795655

E-mail:

Zaulpalacio1917@hotmail.com

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Ing. Mg. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza Decano facultad ingeniería, industria y construcción

Teléfono: 0992175083**E-mail:** asalvatierrae@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADEMICO

Aurelio Palacio

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

8%

★ www.info-gir.org

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

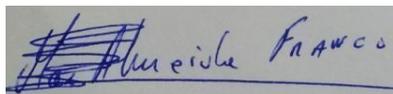
Excluir coincidencias

< 5%

Excluir bibliografía

Activo

Tutor:



MSc. Ing. Max Darío Almeida Franco

C.I. 0906706981

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

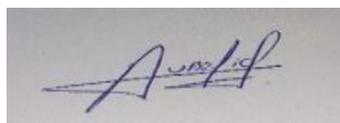
Los estudiantes/egresados, Aurelio Elizaul Palacio García, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL,
según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito del estudio para la rehabilitación de pavimentos rígidos analizando el grado de deterioro debido a las acciones físicas químicas y ambientales utilizando la técnica de hormigón granallado.

Autor



- Firma:

Aurelio Elizaul Palacio García

C.I. 0930174768

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme por un buen camino por darme salud, vida, sabiduría y sobre todo amor a mi carrera.

Agradezco a mi madre Sra. Cecilia García, a mi padre Sr. Eliecer Palacio a mi hermano Álvaro Palacio y a mi esposa María José Baque por su incondicional mano de ayuda y mostrar su respaldo y en especial a mi hija Aura Elissa Palacio Baque que fue, es y será el motor que me impulso para convertirme en Ingeniero Civil.

Agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por ser mi institución que me ha formado como profesional y de la que he obtenido grandes conocimientos. A mi tutor, el Ing. Max Almeida Franco, quien sin su guía no habría podido culminar con satisfacción este proyecto. A mi familia nuevamente, por su incondicional mano de ayuda y mostrar su respaldo para convertirme en Ingeniero Civil.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2. Tema.	3
1.3. Planteamiento del problema	3
1.4. Formulación del problema	3
1.5. Sistematización del problema	4
1.6. Objetivos de la investigación	4
1.6.1. Objetivo general.....	4
1.6.2. Objetivos específicos	4
1.7. Justificación	5
1.8. Delimitación del problema	5
1.9. Hipótesis o idea a defender.....	6
1.10. Línea de Investigación Institucional/Facultad.	6

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO	8
2.1. Marco teórico	8
2.1.1. Antecedente	8
2.1.2. Marco referencial	9
2.1.3. Clases de pavimentos:	12
2.1.4. Hormigón	12

2.1.5.	Componentes básicos para la elaboración de una estructura de pavimento rígido.....	13
2.1.6.	Cemento Portland	15
2.1.7.	Tipos de cemento. -	16
2.1.8.	Proceso de Fabricación del Cemento	16
2.1.9.	Cloruros.	17
2.1.10.	Agua.	17
2.1.11.	Agregados (Arena Y Grava).	19
2.1.12.	ADITIVOS PARA CONCRETO.	20
2.1.13.	Preparación del hormigón	23
2.1.14.	Pavimento	23
2.1.15.	TIPOS DE PAVIMENTOS.	24
2.1.16.	PAVIMENTO RÍGIDO	24
2.1.17.	Tipos de deterioros en pavimentos de concreto	33
2.1.18.	DEFORMACIONES EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	42
2.1.19.	DESINTEGRACIONES EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	47
2.1.20.	DEFICIENCIAS DE JUNTAS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	52

2.1.21.	OTROS DETERIOROS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	56
2.1.22.	Granalladoras de hormigón	57
2.2.	Marco conceptual	58
2.3.	Marco legal	62
CAPÍTULO III		
3.	Metodología de la investigación.	67
3.1.	Metodología de estudio.	67
3.2.	Tipo de investigación.	68
3.3.	Enfoque	69
3.4.	Técnicas de la investigación.	70
3.5.	Procedimiento de recolección de datos	71
3.6.	Universo	71
3.7.	Muestra	72
3.8.	Validez y confiabilidad	72
3.8.1.	Validez	72
3.8.2.	Confiabilidad	72
CAPITULO IV		
4.	PROPUESTA	74
4.1.	Objetivo general de la Propuesta.	74
4.2.	Objetivos específicos de la Propuesta.	74
4.3.	Desarrollo experimental	74
4.4.	Investigación de campo.	75

4.5.	Diseño de mortero de $f'c$ 350 Kg/cm ² .	75
4.5.1.	Granulometría.....	75
4.5.2.	Gravedad específica y absorción.....	76
4.5.3.	Peso unitario.	77
4.5.4.	Peso unitario del cemento.	78
4.5.5.	Diseño del Mortero.	79
4.5.6.	Compresión de Mortero.	80
4.5.7.	Flexión de viga de hormigón.	81
4.6.	Análisis del estudio para la rehabilitación de pavimento rígidos y resultados utilizando el sistema de granallado y mortero para su reparación.....	82
4.6.1.	Pavimento deteriorado	83
4.6.2.	Trabajo realizado en el laboratorio.	85
4.7.	Conclusiones.	92
4.8.	Recomendaciones.	94

Bibliografía

Bibliografía	88
Anexo 1 y NORMAS M.T.O.P	89
ANEXOS 2	133
NORMAS INEN	167

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Línea de investigación institucional/facultad	5
Tabla 2: Numero de Diámetro y Profundidad	44
Tabla 3: Granulometría agregado fino	66
Tabla 4: Gravedad específica y absorción.....	67
Tabla 5: Peso unitario	68
Tabla 6: Peso unitario cemento	69
Tabla 7: Diseño de mortero	70
Tabla 8: compresión de mortero	71
Tabla 9: Flexión de viga de hormigón	72
Tabla 10: presupuesto M1	80
Tabla 11: Presupuesto M2.....	82

ÍNDICE DE FOTO

	Página
Foto 1: av. Francisco de Orellana desgaste en su estructura	73
Foto 2: av. Francisco de Orellana fisura transversal.....	74
Foto 3: av. Guillermo Pareja hundimiento en su calzada	74
Foto 4: av. Guillermo Pareja fisura en su calzada.....	75
Foto 5: Ensayo de flexión	76
Foto 6: Sistema de granallado	76
Foto 7: Fisura en viga	77
Foto 8: Colocación del mortero.....	77
Foto 9: Limpieza con granallado	78
Foto 10: Limpieza con granallado	78
Foto 11: Colocación de mortero	78
Foto 12: Colocación de mortero en viga	79
Foto 13: Colocación de mortero en pavimento	79

ÍNDICE DE FIGURA

Página	
Figura 1: Pavimento concreto simple	23
Figura 2: Pavimento con pasador	24
Figura 3: Pavimento con junta	25
Figura 4: Pavimento con refuerzo continuo	25
Figura 5: junta de contracción	26
Figura 6: junta de construcción	27
Figura 7: junta de expansión	27
Figura 8: fisura transversal	28
Figura 9: fisura longitudinal	30
Figura 10: fisura de esquina	31
Figura 11: losa dividida	32
Figura 12: fisura en bloque	33
Figura 13: fisura inducida	35
Figura 14: levantamiento de losa	36
Figura 15: desnivel de losa	38
Figura 16: hundimiento	39
Figura 17: descaramiento	40
Figura 18: pulimiento	41
Figura 19: peladura.....	42
Figura 20: bache	44
Figura 21: deficiencia en sello	45
Figura 22: Despostillamiento	47
Figura 23: parchados	49
Figura 24: Granalladora	49

INTRODUCCIÓN

Durante el periodo de vida útil un pavimento está sometido a un ciclo frecuente de daños. Esto se debe a las acciones físicas químicas, ambientales, efectuándose así un deterioro del mismo. Bajo la necesidad de volver a proveer una nueva condición adecuada para su uso y con la limitante de la carencia relativa de técnicas para su reparación; es necesario volver la vista hacia la rehabilitación de pavimentos a través de los métodos que nos beneficien y sean durables.

Por este motivo se investigó sobre técnicas de rehabilitación de pavimentos y mantenimiento considerando, equipo, mano de obra, materiales, se consideró la técnica del hormigón granallado.

Para este proyecto de titulación en el capítulo 1 se hace referencia al problema del proyecto que es el deterioro de los pavimentos rígido por las acciones físicas químicas y ambientales, su rehabilitación por medio de la técnica del hormigón granallado en los pavimentos rígidos que sufren deterioro

En el capítulo 2 se hace referencia a los antecedentes del deterioro de pavimento rígidos y algunas referencias de autores que han puesto en práctica el uso de la técnica de reparación y mantenimiento en hormigón, las normas legales aplicables al proyecto de titulación y concepto básicos del tema

En el capítulo 3 se hace referencia a la metodología de la investigación la cual será exploratoria, investigativa, se medirá en forma cualitativa y cuantitativa, se detallará la técnica de la investigación la cual será por medio de ensayos de laboratorio y su instrumento que será el mismo laboratorio y equipos.

En el capítulo 4 se presentará la propuesta, identificando los pavimentos rígidos deteriorados por las acciones física químicas y ambientales con su respectiva solución del uso de la técnica de granallado en hormigón

CAPÍTULO I

1.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.2. Tema.

Estudio para la rehabilitación de pavimentos rígidos analizando el grado de deterioro debido a las acciones físicas químicas y ambientales utilizando la técnica de hormigón granallado.

1.3. Planteamiento del problema

En Ecuador un gran porcentaje de vías de comunicación terrestre existentes ya cumplieron su período de vida útil, las cuales se han deteriorado, debido a las acciones de uso, acciones físicas, químicas, ambientales, incluye también la colocación de materiales de baja calidad, malos drenajes, ocasionando gastos en su reparaciones y mantenimiento. En busca de dar solución al problema, se hace necesario evaluar las distintas alternativas de rehabilitación y mantenimiento, así poder tener una mejor alternativa en la rehabilitación y mantenimiento.

La rehabilitación y mantenimiento de un pavimento rígido depende de recursos para financiarlo; la tecnología para planear, mantener el mecanismo en una manera económica; suministro de agregados y aglomerantes; equipo y recursos humanos que utilizamos para construir y mantener las redes viales.

1.4. Formulación del problema

¿En qué manera influye la aplicación de la técnica de hormigón granallado para rehabilitar un pavimento rígido en la parte superior del mismo analizando el deterioro del pavimento rígido?

1.5. Sistematización del problema

¿De qué manera se puede identificar el deterioro de los pavimentos rígidos debido a la acción física, química y ambiental?

¿De qué manera influye la técnica del hormigón granallado para la rehabilitación de pavimentos?

¿En qué medida o porcentaje puedo mejorar un pavimento rígido con la práctica del hormigón granallado?

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

- Se planteará la utilización de la técnica de granallado para la rehabilitación, mantenimiento de los pavimentos rígidos afectados por las acciones, físicas, químicas, ambientales. Identificando el grado de deterioro de los pavimentos

1.6.2. Objetivos específicos

- Se evaluará los procesos del hormigón granallado en pavimentos a través de materiales abrasivos con los principios de limpiezas.
- Elaborar un mortero de alta resistencia para la reparación del hormigón rígido
- Se medirá la adherencia de los materiales que se utilizaran para rehabilitar los pavimentos rígidos

1.7. Justificación

Se presentan problemas en los pavimentos rígidos, deterioros debido a su tiempo de vida útil, uso y a las afectaciones que estos sufren por acciones físicas química y ambientales, en nuestro proyecto de titulación nos planteamos una solución por medio del uso de la técnica del hormigón granallado para mejorar la rehabilitación de los pavimentos rígidos de una mejor forma

La técnica del hormigón granallado en nuestro país no cuenta con suficiente material bibliográfico que brinde información teórica, técnica completa que pueda ser aplicada a estudios previos, y a la ejecución de proyectos.

1.8. Delimitación del problema

Delimitación de la investigación.

Campo: Educación Superior Pregrado

Área: Ingeniería Civil

Aspecto: Investigación Descriptiva de campo, documental, exploratoria, experimental.

Tema: Estudio para la rehabilitación de pavimentos rígidos analizando el grado de deterioro debido a las acciones físicas químicas y ambientales utilizando la técnica de hormigón granallado.

Delimitación Especial: Guayaquil - Ecuador

Delimitación temporal: 6 meses

1.9. Hipótesis o idea a defender

En el proyecto de investigación se identificará el grado de deterioro de los pavimentos rígido producido por las acciones, físicas, químicas, ambientales, se rehabilitara el pavimento rígido por medio de la técnica de hormigón granallado el cual consiste en un sistema abrasivo, que limpia y mejora la superficie del hormigón, dejando el hormigón rugoso para tener una buena adherencia con el material de reparación, el cual permitirá tener una reparación de mayor duración

1.10. Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla 1: Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	I. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN	A. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
---	------------------------------------	-------------------------------

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco teórico

2.1.1. Antecedente

El uso de los pavimentos rígidos se remonta a más de 100 años. George Bartholomew, un norteamericano de Ohio, realizó las primeras pruebas en una faja experimental de 2.44 metros de ancho. Este descubrimiento dio inicio al proyecto de obras públicas más grande en la historia de la humanidad: el sistema de carreteras inter-estatal de los Estados Unidos de Norteamérica, con aproximadamente 27.500 Km de longitud. (DOCSITY, 2016).

La historia registra a las carreteras americanas que vincularon las áreas agrícolas con los centros urbanos, como el eslabón vital entre los productos y sus consumidores, que literalmente pavimentaron la prosperidad de los Estados Unidos. En América del Sur, algunos países cuentan con más de 20 años de experiencia en la construcción de sus redes de carreteras con pavimento rígido. Bolivia recién hace unos años empezó a interesarse en este tipo de pavimento, comenzando con el pavimentado de extensas superficies en calles y avenidas de sus ciudades capitales, pero sin optar al mismo tiempo por este método en carreteras. (DOCSITY, 2016)

La ciudad de Santa Cruz es considerada la pionera en utilizar esta técnica en gran escala, con más de dos millones de metros cuadrados hasta el año 2001; le sigue Cochabamba, con más de un millón de metros cuadrados. Otras ciudades en las que se ha dado gran impulso al pavimento rígido, son: Sucre, Potosí, Caranavi, Achacachi y San Borja, mientras que la ciudad de El Alto tiene planeado pavimentar 400,000 metros cuadrados durante el año 2002. En agosto de 2001 se empleó esta técnica de pavimentación por primera vez en una vía de la red troncal de Bolivia para cubrir un tramo de 5 Km de la carretera que une los departamentos de

Cochabamba y Santa Cruz, en la zona de El Sillar. Posteriormente, en diciembre de 2001 se inició la pavimentación de 38 Km. de la carretera Toledo-Pisiga, obra que estará concluida a mediados de 2002. (DOCSITY, 2016)

Para los casos de pavimentos rígidos el cual no posee, todas estas capas y donde la más externa es una capa construida en concreto que por lo general es colocada en placas, se diseña también con un tráfico específico, con la diferencia que este pavimento puede fallar con solo una repetición de carga

Como vemos un pavimento no es solo lo que vemos, es una estructura funcional, compleja y donde la tecnología nos lleva a utilizar materiales no convencionales para su diseños, por ejemplo en pavimentos flexibles se realizan diseños con capas de grava –escoria, grava – cemento, cauchos etc., con el fin de brindar calidad a menores costos.

El concreto y los componentes que lo constituyen, cumplirán con los requisitos de calidad que se indican a continuación:

2.1.2. Marco referencial

Para el proyecto de titulación se realizan investigaciones de tesis referentes a nuestro trabajo para poder valorar otras investigaciones, por medio de sus resultados obtenidos

(Salinas, 2015). En su tema de tesis Estudio de hormigones de alta resistencia y su incidencia en la durabilidad de la capa de rodadura de las vías en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Los múltiples problemas y patologías (fisuras, desprendimientos, sellos de juntas desprendidos, falta de textura, entre otros) que se han presentado en la capa de rodadura de los pavimentos rígidos de la ciudad, en algunos casos de forma muy prematura, me han motivado a realizar el presente trabajo investigativo, buscando alternativas en el proceso constructivo que disminuyan o eliminen estos efectos, contribuyendo a mantener la vida útil de la

estructura para la cual fue diseñado. En general la investigación realizó un análisis del diseño del pavimento Rígido que en la actualidad se está especificando en las vías de la ciudad de Ambato y un diseño de hormigón de Alta Resistencia propuesto, para los dos casos utilizamos agregados propios de la zona. Este trabajo detalla el diseño de hormigón para pavimento rígido $f'c = 35$ Mpa y el diseño del hormigón de alta resistencia propuesto para un $f'c = 70$ Mpa, los mismos que son sometidos a varios ensayos para comparar su comportamiento

(Fiallos, 2017). En su tema de tesis. Investigación de un Plan de Manejo del Deterioro del Pavimento de la Vía Cumbe – La Jarata. Para mantener la vida útil de una vía o prolongarla es imprescindible poseer planes de manejo del deterioro del pavimento; actividad que, en Ecuador, por lo general, no se ejecuta de manera programada, generando deterioros tempranos en el pavimento disminuyendo la vida útil de la estructura y reduciendo la seguridad de los usuarios. El presente estudio propone un plan de manejo del deterioro temprano del pavimento rígido de la vía Cumbe - La Jarata de 40.4 km de longitud. Para este trabajo, se ha seccionado la vía en tramos homogéneos mediante la técnica de diferencias acumuladas, pues proponer una única solución para todo el trayecto sería antieconómico.

(Morales, 2005). En su tema de tesis, técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo. Este trabajo pretende difundir el uso de sobrecapas de refuerzo. Como una alternativa de solución en la rehabilitación de los pavimentos de concreto. En ese sentido, la presente tesis tiene como objetivo dar a conocer los diferentes tipos de sobrecapas de refuerzo (flexible o rígido), que se pueden aplicar sobre los pavimentos rígidos y el procedimiento de diseño de cada uno de ellas, utilizando el método AASHTO 93. El desarrollo del trabajo se divide en dos grandes partes. La primera parte comprende todas las consideraciones básicas que se debe tener en cuentas al momento de diseñar un refuerzo, como son: evaluación del pavimento, reparaciones previas, preparación de la superficie. De acuerdo a los resultados obtenidos en el ejemplo de aplicación

se concluye que la metodología propuesta es aplicable a los pavimentos de concreto de nuestra ciudad. Presentándose como una alternativa económica y durable en el tiempo.

(Real, 2017). En su tema de tesis, Deterioros en pavimentos rígidos, soluciones y aplicación de un plan estratégico de conservación de la red vial en un sector de calle Sazie . Las causas de los desperfectos que presenta un pavimento rígido comienzan una vez que ha sido puesto en servicio y es sometido a las diversas sollicitaciones que estará expuesto durante su ciclo de vida, muchas fallas que se presentan dependen de otros factores como las condiciones climáticas a las cuales estará sometido, la calidad de los materiales empleados en la construcción, fallas en el proceso constructivo las cuales pueden presentarse a corto o largo plazo, o errores de diseño y especificaciones técnicas del mismo.

(Ruiz, 2014). En su tema de tesis, Investigación de los factores que inciden en las fallas encontradas en las vías de pavimento rígido construidas en la Provincia de Manabí. En la actualidad uno de los puntos esenciales para el desarrollo tanto económico como social es el desarrollo vial y no únicamente la implementación de estas sino su constante monitoreo para la determinación del estado que se encuentran por ello la siguiente investigación que se encuentra titulada “Investigación de los factores que inciden en las fallas encontradas en las vías de pavimento rígido construidas en la provincia de Manabí” tiene como objetivo el “Investigar las fallas presentadas en la red vial construida con pavimento rígido en la provincia de Manabí, diagnosticar las causas que originaron el problema, y encontrar una posible solución para la rehabilitación de las mismas”, el que se logró mediante el desarrollo de un procesos metodológico respaldado por técnicas de observación e instrumentos de análisis mismos que dieron a conocer los resultados más relevantes

2.1.3. Clases de pavimentos:

Se dividen en flexibles y rígidos. El comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente, tal como se puede ver.

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

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).

2.1.5. Componentes básicos para la elaboración de una estructura de pavimento rígido

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. 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.

(Polanco, 2017)

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: (Polanco, 2017)

- 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. (Polanco, 2017)

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;
(Polanco, 2017)

- 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. (Polanco, 2017)

2.1.6. 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 clínker 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. (Polanco, 2017)

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puente (2002):

- a) **Cemento.** - El cemento Portland podrá ser tipo I o II y deberá cumplir con los requisitos correspondientes establecidos en la sección 802 de las especificaciones generales del MTOP. (Ministerio de transporte y obras públicas, Ecuador)
- b) **Cemento Portland.** - Las normas establecidas por el MTOP 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

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. (Polanco, 2017)

2.1.7. Tipos de cemento. -

El cemento Portland se clasifica en 5 tipos que, de acuerdo con la norma INEN 152, son los siguientes: (Polanco, 2017)

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 las especificaciones generales del MTOP. (Polanco, 2017)

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. (Polanco, 2017)

2.1.8. 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. 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. 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: Óxido de Calcio CaO 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. (Polanco, 2017).

2.1.9. 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 (Polanco, 2017)

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. (Polanco, 2017)

2.1.10. Agua.

2.1.10.1. Propiedades físicas y químicas del 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. 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. 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.

(Polanco, 2017)

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. (Polanco, 2017).

Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar refuerzo, o de los torones de presfuerzo. 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 (Polanco, 2017)

. **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. (Polanco, 2017)

2.1.11. Agregados (Arena Y Grava).

2.1.11.1. 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. (Polanco, 2017)

2.1.11.2. 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. (Polanco, 2017).

2.1.12. ADITIVOS PARA CONCRETO.

2.1.12.1. Acelerantes:

Estos aditivos se emplean para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas. Tal desarrollo de resistencia también se puede acelerar: (1) con el empleo de cemento Portland de alta resistencia a edad temprana, (2) reduciendo la relación agua-cemento con el aumento de 60 a 120 kg de cemento adicional por metro cúbico de concreto, ó (3) curando a mayores temperaturas. El cloruro de calcio (CaCl_2) es el material comúnmente usado en los aditivos acelerantes. Deberá cubrir los requisitos de la norma ASTM D 98 y también deberá ser muestreado y ensayado de acuerdo con la norma ASTM D 345. El amplio uso de los aditivos a base de cloruro de calcio, ha brindado muchos datos y experiencias sobre su efecto en las propiedades del concreto. Aparte del incremento en aceleración de resistencia, el cloruro de calcio produce un aumento en la contracción por secado, una posible corrosión del refuerzo, descoloramiento (oscurece al concreto), y posibles descascamientos. (Polanco, 2017)

Ejemplos:

Acelerantes (ASTM C 494, Tipo C): Cloruro de calcio (ASTM D 98), Trietanolamina, Tiocianato de sodio, Formato de calcio, Nitrito de calcio, Nitrato de calcio.

2.1.12.2. Retardantes:

Los aditivos retardantes se emplean para aminorar la velocidad de fraguado del concreto. Las temperaturas altas en el concreto fresco (30° a 32°C y mayores), son frecuentemente la causa de una gran velocidad en el endurecimiento, lo que provoca que el colado y acabado del concreto sea difícil. Uno de los métodos más prácticos de contrarrestar este efecto consiste en hacer descender la temperatura del concreto enfriando el agua de mezclado o los agregados. Los aditivos retardantes no bajan la temperatura inicial del concreto. Los retardantes se emplean en ocasiones para: (Polanco, 2017)

- (1) compensar el efecto acelerante que tiene el clima cálido en el fraguado del concreto,
- (2) demorar el fraguado inicial del concreto o lechada cuando se presentan condiciones de colado difíciles o poco usuales, como puede ocurrir al colar estribos o cimentaciones de gran tamaño, cementar pozos petroleros, o bombear lechada o concreto a distancias considerables, o
- (3) retrasar el fraguado para aplicar procesos de acabado especiales, como puede ser una superficie de agregado expuesto.

Debido a que la mayoría de los retardantes también actúan como reductores de agua, se les denomina frecuentemente retardantes reductores de agua. Los retardantes también pueden incluir un poco de aire en el concreto. En general, el empleo de retardantes va acompañado de una cierta reducción de resistencia a edades tempranas (uno a tres días). Los efectos de estos materiales en las demás propiedades del concreto, tales como la contracción, pueden ser impredecibles. En consecuencia, se deberán efectuar pruebas de recepción de los retardantes con los materiales con que se va a trabajar en condiciones anticipadas de trabajo. (Polanco, 2017)

Ejemplos:

Retardantes (ASTM C 494, Tipo B): Lignina, Bórax, Azúcares, Ácido tartárico y sales

2.1.12.3. Inclusores de aire:

Los aditivos inclusores de aire se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto. La inclusión de aire mejorará drásticamente la durabilidad de los concretos que estén expuestos a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo. El aire incluido mejora considerablemente la resistencia del concreto contra el descascaramiento de la superficie causado por los productos químicos deshelantes. También se ve mejorada de manera importante la trabajabilidad del concreto fresco, y la segregación y el sangrado se reducen o se llegan a eliminar. (Polanco, 2017)

El concreto con aire incluido, contiene diminutas burbujas de aire distribuidas uniformemente en toda la pasta de cemento. La inclusión de aire en el concreto, se puede producir usando un cemento inclusor de aire, o con la introducción de un aditivo inclusor de aire, o con una combinación de ambos métodos. Un cemento inclusor de aire es un cemento portland con una adición inclusora de aire molida conjuntamente con el clinker durante la fabricación. Por otra parte, los aditivos inclusores de aire se agregan directamente a los componentes del concreto antes y durante el mezclado.

(Polanco, 2017)

Los principales ingredientes que se utilizan en los aditivos inclusores de aire (ASTM C 260) se enlistan a continuación: Sales de resinas de madera (resina Vinsol), Algunos detergentes sintéticos, Sales de lignina sulfonatada, Sales de ácidos de petróleo, Sales de material proteináceo, Ácidos grasos y resinosos y sus sales, Sulfonatos de alquilbenceno, Sales de hidrocarburos sulfonatados. Las especificaciones así como los métodos de ensaye para los aditivos inclusores de aire se presentan en las normas ASTM C 260 y C 233. Las adiciones inclusoras de aire que se emplean en la fabricación de cementos inclusores de aire, deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 226. (Polanco, 2017)

2.1.13. Preparación del hormigón

El Reglamento Nacional de Edificaciones, RNE, indica lo siguiente: “No se deberán utilizar materiales contaminados en la preparación del concreto”. Esto significa que los materiales deben estar limpios, no impregnados con polvo o sustancias químicas (salitre, sales), ni mezclados con otras materias, que no son propias del material. (Cpnstruyendo seguro, 2019)

También debes tomar en cuenta:

El agua que usarás para la mezcla de concreto debe ser limpia, generalmente el agua potable es buena para la preparación del concreto.

El concreto se hace de una mezcla de $\frac{3}{4}$ partes de arena y piedra chancada y la otra cuarta parte de agua y cemento. (75% de arena y piedra chancada y 25% cemento y agua).

Toma en cuenta que antes de realizar cualquier mezcla necesitarás conocer la resistencia ($f'c$) del concreto por centímetro cuadrado.

2.1.14. Pavimento

Un pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

(Das, 2019)

2.1.15. TIPOS DE PAVIMENTOS.

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles. (Das, 2019)

2.1.16. PAVIMENTO RÍGIDO

2.1.16.1.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO. -

Un pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. (Das, 2019).

Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

(Das, 2019)

2.1.16.1.2. LAS CAPAS QUE CONFORMAN EL PAVIMENTO RÍGIDO

Son: subrasante, subbase, y losa o superficie de rodadura como se muestra

SUBRASANTE. -

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos. (Das, 2019).

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde

al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. (Das, 2019)

SUBBASE. -

La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. (Das, 2019)

Cumple una cuestión de economía ya que nos ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de subbase (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la sub-rasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías. (Das, 2019)

LOSA (superficie de rodadura). -

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. (Das, 2019)

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

(Das, 2019)

2.1.16.2. TIPOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO

Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera: (Das, 2019).

Pavimentos de concreto simple.

Sin pasadores.

Con pasadores.

Pavimentos de concreto reforzado con juntas

Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

2.1.16.2.1. PAVIMENTOS DE CONCRETO SIMPLE

Sin pasadores

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas. (Das, 2019).

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante. (Das, 2019)

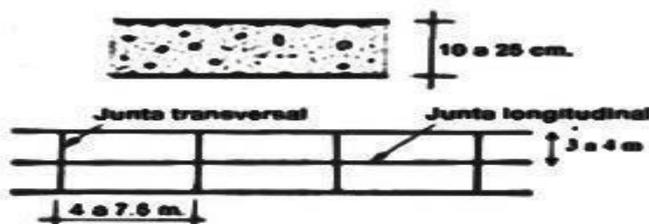


Figura 1: Pavimento concreto simple Fuentes: (Das, 2019)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Con pasadores

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos). Este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más. (Das, 2019)

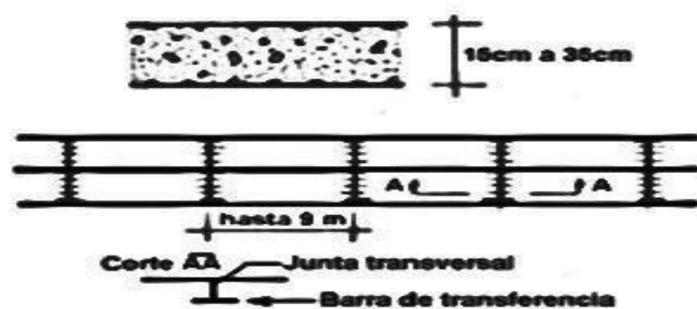


Figura 2 : pavimento con pasador

Fuentes: (Das, 2019)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

PAVIMENTOS DE CONCRETO REFORZADO CON JUNTAS

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural. (Das, 2019)

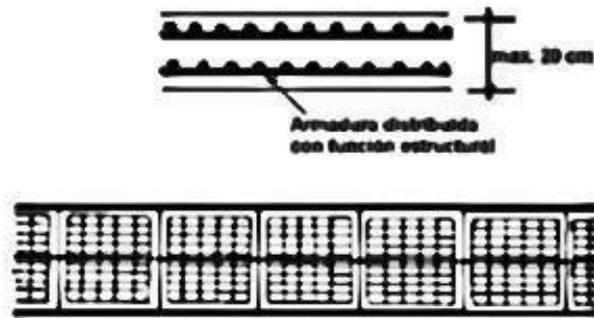


Figura 3: pavimento con junta

Fuentes: (Das, 2019)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

PAVIMENTOS DE CONCRETO CON REFUERZO CONTINUO

A diferencia de los pavimentos de concreto reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos. (Das, 2019)

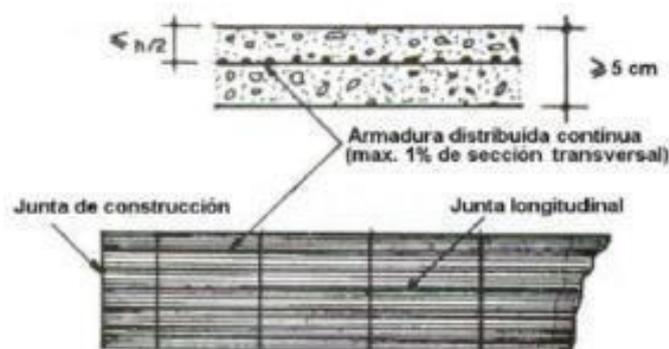


Figura 4 : pavimento con refuerzo continuo

Fuentes: (Das, 2019)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

2.1.16.3. JUNTAS

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas. Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento. De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machimbradas y acanaladas. (Das, 2019)

2.1.16.3.1. JUNTAS DE CONTRACCIÓN

Su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se espera que la transferencia de cargas se logre mediante la trabazón entre los agregados. (Das, 2019)

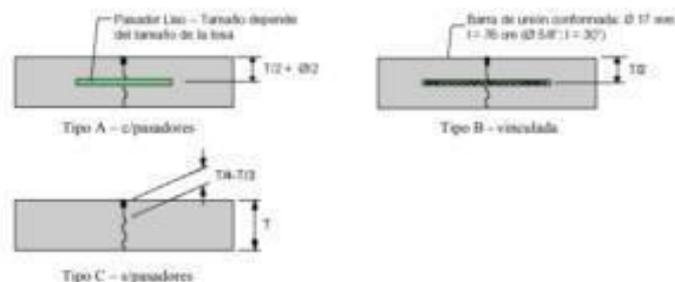


Figura 5 : junta de contracción

Fuentes: (Das, 2019)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

2.1.16.3.2. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales. En la figura 1.7 se observan los diferentes tipos de juntas de construcción. (Das, 2019)

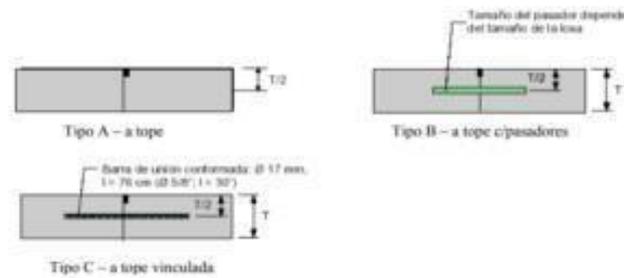


Figura 6 : Junta de construcción

Fuentes: (Das, 2019)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

2.1.16.3.3. JUNTAS DE EXPANSIÓN O AISLACIÓN

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en éstos, cuando se expanden por el aumento de temperatura. También se utilizan para aislar estructuras existentes. En la figura 1.8 se muestran los diferentes tipos de juntas de expansión. (Das, 2019)

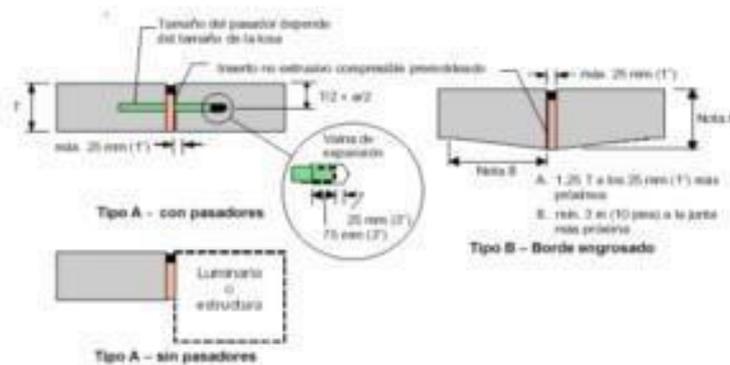


Figura 7: Junta de expansión

Fuentes: (Das, 2019)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

2.1.17. Tipos de deterioros en pavimentos de concreto

2.1.17.1. Fisura transversal o diagonal

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos. (SCRIBD, 2017)



Figura 8 : Fisura transversal Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles Causas:

- excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga).
- deficiente apoyo de las losas.
- asentamientos de la fundación.
- excesiva relación longitud / ancho de la losa.
- deficiencias en la ejecución de éstas.
- La ausencia de juntas transversales, conducen a fisuras transversales o diagonales, regularmente distribuidas o próximas al centro de las losas, respectivamente.
- Variaciones significativas en el espesor de las losas provocan también fisuras transversales.

Severidad:

B (Bajo): Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

M (Mediano): Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm.
- Fisuras de 10 mm de ancho con despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.
 - Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras activas de ancho promedio mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Unidad de Medición:

Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede medirse en metros lineales.

Opciones de Reparación

L: No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.

M: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

2.1.17.2. Fisura longitudinal

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos. (SCRIBD, 2017)



Figura 9: Fisura longitudinal

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Son causadas por la repetición de cargas pesadas. - pérdida de soporte de la fundación.
- gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad.
- deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales.
- Con frecuencia la ausencia de juntas longitudinales y/o losas, con relación ancho / longitud excesiva, conducen también al desarrollo de fisuras longitudinales.

Severidad:

B (Bajo): Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento.
-

M (Mediano): Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm.
- Fisuras de hasta 10 mm de ancho acompañadas de despostillamiento y dislocamiento de hasta 10 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alto): Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras de ancho mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas o no, de cualquier ancho, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Unidad de Medición: esta puede ser medida:

En metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra.

En términos de número de losas afectadas, totalizando el número de estas que evidencien fisuras longitudinales.

Si existen dos fisuras en una misma losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.

Opciones para Reparación L:

No se hace nada.

M: Parcheo parcial. H: Parcheo parcial

2.1.17.3. Fisura de esquina

Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

(SCRIBD, 2017)



Figura 10: Fisura de esquina

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles Causas:

- repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación.
- deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.

Severidad:

B (Bajo): El fractura miento es definido por una fisura de severidad baja* y el área entre ésta y las juntas no se encuentra fisurado o bien hay alguna pequeña fisura.

M (Mediano): La fractura miento es definido por una fisura de severidad moderada* y el área entre ésta y las juntas se encuentra medianamente fisurada.

A (Alto): La fractura miento es definido por una fisura de severidad alta* y el área entre ésta y las juntas se encuentra muy fisurada o presenta hundimientos

Unidad de Medición: Las fisuras de esquina son medidas contando el número total que existe en una sección o muestra, generalmente en término de número de losas afectadas

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

2.1.17.4. Losa dividida

Fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, dividiendo la losa en cuatro o más planos. (SCRIBD, 2017)



Figura 11: Losa dividida

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito.
- deficiente soporte de la fundación, que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa.

Severidad:

CLASE	NIVEL DE SEVERIDAD N° DE Paños en que se	
	DE LA FISURA *	divide la Losa
B	Bajo	4 ó 5
M	Mediano	De 6 a 8
A	Alto	Más de 8

Unidad de Medición: Se miden contando la cantidad total que existe en una sección muestra, en términos del número de losas afectadas según su severidad.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm. M: Reemplazo de la losa.

H: Reemplazo de la losa.

2.1.17.5. Fisuras en bloque

Fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloques pequeños de área inferior a 1 metro cuadrado. (SCRIBD, 2017)



Figura 12: Fisura en bloque

Fuentes: (SCRIBD, 2017) **Elaborado por:**
(Palacio, A. (2020))

Posibles causas:

- Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto).
- equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente.
- Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y el continuo deflexionar de los planos aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el despostillamiento de sus bordes.
- De no tomarse medidas correctivas el deterioro progresa formando a corto plazo un bache. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.

Severidad:

B (Bajo): Bloques definidos por fisuras de severidad baja*; los planos relativamente amplios y se mantienen ligados.

M (Mediano): Bloques definidos por fisuras de severidad moderada*; los planos son más pequeños evidenciándose un moderado despostillamiento de los bordes de las fisuras.

A (Alto): Bloques definidos por fisuras de severidad alta*; los planos son más pequeños evidenciándose un severo despostillamiento de los bordes de las fisuras, con tendencia a formar bache.

Unidad de Medición: Una vez identificada la severidad de la falla, ésta puede ser medida: En metros cuadrados, totalizando metros cuadrados en la sección o muestra.

Opciones de reparación L:

No se hace nada.

M: No se hace nada.

H: Parcheo parcial.

2.1.17.6. Fisuras inducidas

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de fisuras de forma errática cuyo desarrollo en el pavimento es indicado por factores relativos a una inadecuada distribución de juntas o inapropiada inserción de estructuras u otros elementos dentro de las losas. (SCRIBD, 2017)



Figura 13: Fisura inducida

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Cuando el arreglo de juntas en un carril no es respetado en el carril contiguo, es muy probable que induzcan o reflejen en éste, fisuras que den continuidad a las juntas existentes.
- Esta situación se presenta también con frecuencia cuando se ejecutan parchados y el diseño de sus bordes o juntas, sus dimensionamientos o inclusive distancias mínimas o juntas existentes, no son respetadas; eventualmente este fisuramiento puede continuar subdividiendo los planos resultantes identificándose este caso particularmente como "Fisuras en Bloques" Fisuras alrededor de estructuras pueden inducirse cuando no se proveen elementos de aislamiento que eviten restricción en el movimiento de las losas.

Severidad:

B (Bajo): Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm.

- Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria.
- No hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento

M (Mediano): Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras de ancho promedio entre 3 y 10 mm.
- Fisuras selladas, de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria.
- No hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alto): Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas o no, con despostillamiento severo y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Unidad de Medición: Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede ser medida: En metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra.

Opciones de reparación L:

No se hace nada.

M: No se hace nada.

H: Sellado de juntas y grietas

2.1.18. DEFORMACIONES EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.

2.1.18.1. Levantamiento de losas

Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal- (SCRIBD, 2017)



Figura 14: Levantamiento losa Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Son causadas por falta de libertad de expansión de las losas de concreto, las mismas que ocurren mayormente en la proximidad de las juntas transversales.
- La restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta. Cuando estas fuerzas no son completamente perpendiculares al plano de la junta o son excéntricas a la sección de la misma, pueden ocasionar el levantamiento de las losas contiguas a las juntas, acompañados generalmente por la rotura de estas losas.

Severidad:

B (Bajo): Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio.

M (Mediano): Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación.

A (Alto) El levantamiento causa un excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, una sustancial incomodidad, y/o riesgo para la seguridad y/o daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad.

Unidad de Medición: Los levantamientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, en general en términos de la cantidad existente de losas afectadas en una sección o muestra, de acuerdo con las premisas siguientes:

Levantamiento en fisura cuenta como una losa afectada.

Levantamiento en juntas se cuenta como dos losas afectadas.

Opciones de reparación

L: No se hace nada

M: Parcheo profundo o parcial

H: Parcheo profundo o parcial

2.1.18.2. Desnivel de losas

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras. (SCRIBD, 2017)



Figura 15: Desnivel de losa

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la losa (en sentido de la circulación del tránsito)
- como también por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación.
- Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de concreto y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

Severidad:

B (Bajo): Diferencia de nivel de 3 a 10 mm.

M (Mediano): Diferencia de nivel de 10 a 20 mm.

A (Alto): Diferencia de nivel mayor de 20 mm.

Medición: se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra, generalmente en términos de número de losas afectadas.

Opciones de reparación

L: No se hace nada

M: Parcheo parcial

H: Parcheo parcial

2.1.18.3. Hundimiento

Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento. (SCRIBD, 2017)



Figura16 : Hundimiento

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Este tipo de deformación permanente del pavimento, con o sin agrietamiento puede ocurrir cuando se producen asentamiento o consolidación en la subrasante, por ejemplo, en terraplenes cuando existen condiciones muy desfavorables para la fundación, o bien en zonas contiguas a una estructura de drenaje o de retención donde puede ocurrir el asentamiento del material de relleno por deficiente compactación inicial o bien por movimiento de la propia estructura.
- También pueden ser originadas por deficiencias durante el proceso de construcción de las losas.

Severidad:

B (Bajo): El hundimiento causa al vehículo un balanceo o salto característico, sin generar incomodidad.

M (Mediano): El hundimiento causa a los vehículos un significativo salto o balanceo, que genera incomodidad.

A (Alto): El hundimiento causa un excesivo salto que provoca una pérdida de control de los vehículos, siendo necesario recurrir a una reducción de velocidad.

Unidad de Medición: Los hundimientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra. Los resultados pueden computarse sobre la base de:

Los metros cuadrados afectados.

El número de losas afectadas.

Simplemente el número de daños observados.

Opciones de reparación

L: No se hace nada

M: Parcheo profundo o parcial

H: Reparación total de la losa

2.1.19. DESINTEGRACIONES EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.

2.1.19.1. DESCASCARAMIENTO Y FISURAS CAPILARES

Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersectarse en ángulos de 120°.

(SCRIBD, 2017)



Figura 17: Descaramiento

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Las fisuras capilares generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.
- Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un desconchado que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos de concreto armado, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.

Severidad:

B (Bajo): Fisuras capilares se extienden sobre toda la losa; la superficie se encuentra en buena condición sin descascaramiento.

M (Mediano) La losa evidencia descascaramiento, pero estas son de reducida área, afectando menos del 10% de la losa.

A (Alto) La losa evidencia descascaramiento en áreas significativas, afectando más del 10% de la losa.

Unidad de Medición: Se miden en términos de número de losas afectadas. Una vez identificada la severidad de la falla se registra como una losa, con su nivel de severidad correspondiente. Se totaliza el número de losas afectadas en la muestra o sección, para cada nivel de severidad.

2.1.19.2. PULIMIENTO DE LA SUPERFICIE

Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen. (SCRIBD, 2017)

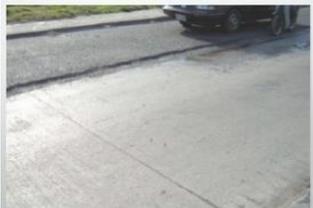


Figura 18: pulimiento

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Esta deficiencia es causada principalmente por el tránsito, el mismo que produce el desgaste superficial de los agregados de naturaleza degradable, particularmente cuando el concreto es de calidad pobre y favorece la exposición de los mismos.
- Cuando el agregado en la superficie favorece la exposición de los mismos.
- Cuando el agregado en la superficie llega a ser muy suave al tacto, la adherencia con las llantas de los vehículos se reduce considerablemente.
- La reducción de la fricción o resistencia al deslizamiento, puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito.
- El pulimiento de los agregados puede ser considerado cuando un examen de cerca revela que el número de contactos con el agregado sobre la superficie es muy reducido y este presenta una superficie suave al tacto.

Severidad: No se definen niveles de severidad.

El grado de pulimiento de la superficie debe ser significativo para ser informado.

Unidad de Medición: De ser necesario puede medirse en metros cuadrados de superficie afectada.

2.1.19.3. PELADURAS.

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades. (SCRIBD, 2017)



Figura 19: Peladura

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020) **Posibles causas:**

- Son causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.).

Severidad:

B (Bajo): Pequeñas peladuras muy superficiales, puntuales o concentradas en pequeñas áreas, como remiendos.

M (Mediano): Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino, solo superficialmente.

A (Alto): Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie muy rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.

Unidad de Medición: Se miden en términos de losas afectadas. Una vez identificada la severidad de la falla, se registra como una losa con su grado de severidad correspondiente. Se totaliza el número de losas afectadas en la muestra o sección para cada nivel de severidad.

Opciones de reparación L:

No se hace nada

M: No se hace nada

H: Reparación parcial de la losa

2.1.19.4. BACHE.

Descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares (SCRIBD, 2017)



Figura 20: Bache

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- fundaciones y capas inferiores inestables.
- espesores del pavimento estructuralmente insuficientes.
- defectos constructivos.
- retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.
- La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

Severidad:

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, asociada ya sea a hundimientos como a la pérdida de material, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla Numero de diámetro y profundidad para categorizar el grado de deterioro del bache.

Tabla 2

Profundidad máxima (cm)	Diámetro Promedio del Bache (cm)		
	Menor a 70	70 – 100	Mayor a 100
Menor de 2.5	B	B	M
De 2.5 – 5.0	B	M	A
Mayor de 5.0	M	M	A

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Unidad de Medición: Los baches descubiertos pueden medirse alternativamente:

Contando el número de baches por cada nivel de severidad y registrando estos separadamente.

Computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.

Opciones de reparación

L: No se hace nada

M: Parcheo profundo o parcial

H: Reparación total de la losa

2.1.20. DEFICIENCIAS DE JUNTAS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.

2.1.20.1. DEFICIENCIAS EN MATERIAL DE SELLO

Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o despostillamientos de juntas.

(SCRIBD, 2017)



Figura 21: Deficiencia en sello

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

ü Endurecimiento por oxidación del material de sello. ü Pérdida de adherencia con los bordes de las losas. ü Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos

de las losas.

ü Escasez o ausencia del material de sello ü

Material de sello inadecuado

Severidad:

B (Bajo): El material de sello se encuentra en general en buena condición en toda la sección o muestra evaluada; pueden presentarse, pero solo en cantidad reducida, algunos de los defectos arriba indicados, pero no existe riesgo de infiltración de material incompresible.

M (Mediano): El material de sello se encuentra en general en condición regular, en toda la sección o muestra; uno o más defectos de la relación arriba indicados ocurren en grado moderado; el material de sello necesita ser reemplazado en un período de dos años.

A (Alto): El material de sello se encuentra en general en condición pobre, o bien no existe; en toda la sección o muestra, uno o más defectos de la relación arriba indicada ocurren con grado de severidad alto, las juntas requieren ser selladas o reselladas a la brevedad.

Unidad de Medición: Las deficiencias del material de sello no se contabilizan de losa en losa. La calificación asignada se refiere a la condición del material de sello en toda el área.

Opciones de reparación

L: No se hace nada

M: No se hace nada

H: Requiere ser selladas las juntas

2.1.20.2. DESPOSTILLAMIENTO

Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.60 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia. Además no se extiende verticalmente a través de la losa sino que intersectan la junta en ángulo (SCRIBD, 2017)

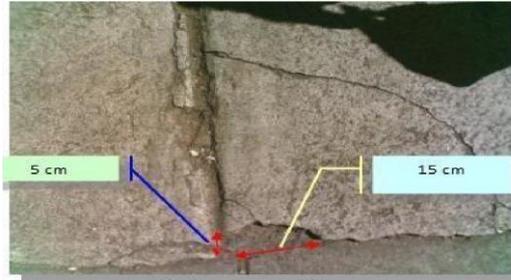


Figura 22: Despostillamiento Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Posibles causas:

- Los despostillamientos se producen como consecuencia de diversos factores que pueden actuar aislada o combinadamente;
- excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles;
- debilidad del concreto en la proximidad de la junta debido a un sobre acabado y excesiva distribución durante la ejecución de la junta;
- deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta; acumulación de agua a nivel de las juntas.

Severidad:

B (Bajo): Pequeños fracturamientos, que no se extienden más de 8 cm a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas piezas que se mantienen bien firmes, aunque ocasionalmente algún pequeño trozo puede faltar.

M (Mediano): Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 8 cm a cada lado de la misma, dando origen a piezas o trozos relativamente sueltos, que pueden ser removidos; algunos o todos los trozos pueden faltar, pero su profundidad es menor de 25 mm.

A (Alto): Las fracturas se extienden a lo largo del a junta en más de 8 cm a cada lado de la misma, las piezas o trozos han sido removidos por el tránsito y tienen una profundidad mayor de 25 mm.

Unidad de Medición: Se miden contando y registrando el número de juntas afectadas con cada nivel de severidad, expresándolos en términos de números de losas afectadas, de acuerdo a las siguientes premisas:

Opciones de reparación

L: No se hace nada

M: No se hace nada

H: Requiere reparación de parte de la losa afectada

2.1.21. OTROS DETERIOROS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.

2.1.21.1. PARCHADOS Y REPARACIONES PARA SERVICIOS PÚBLICOS

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo. Los parchados disminuyen la serviciabilidad de la pista, al tiempo que pueden constituir indicadores, tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En muchos casos, los parchados, por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas. Si bien los parches por reparaciones en servicios públicos se deben a causas bien diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.

(SCRIBD, 2017)



Figura 23: Parchados

Fuentes: (SCRIBD, 2017)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

2.1.22. Granalladoras de hormigón



Figura 24 : Granalladora

Fuentes: (Sanchez, 2018)

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Las granalladoras de hormigón son equipos de chorreo mediante granalla, es decir, bolitas de acero o de otros materiales, que golpean la superficie del suelo para eliminar la capa superficial de pintura u óxido. Las granalladoras se pueden utilizar sobre suelos de hormigón, chapa de acero o asfalto. Las granalladoras de hormigón se emplean, fundamentalmente, para eliminar los restos que queden en cualquier pavimento, ya sea por voladuras o por recubrimientos antiguos, con el fin de dejar la superficie del suelo en la condición más óptima de cara al uso posterior de otros revestimientos. El uso de este tipo de maquinaria le da a la superficie del suelo un perfil áspero para que, posteriormente, los revestimientos y selladores se adhieran bien al piso, es decir, dejan las superficies secas y listas para que se vuelvan a revestir o a allanar. (Sanchez, 2018)

Por lo tanto, los granallados conviene usarlas para:

Limpiar y preparar los pavimentos antes de aplicación otros revestimientos, pinturas, resinas o baldosas

Eliminar revestimientos antiguos

Quitar marcas, rayas o pinturas en autopistas, en pistas de aeropuertos, en suelos industriales, etc.

Regenerar carreteras y así mejorar la seguridad en las vías

La mayoría de granalladoras de hormigón disparan las bolitas de acero sobre la superficie del suelo a una gran velocidad, fracturando la superficie de hormigón junto con la pintura, suciedad o cualquier otro contaminante presente. Los desechos que se generan en este proceso se envían a un colector de polvo separado, mientras que las bolitas de la granalla retornan a su depósito principal. La profundidad de eliminación de la superficie depende del tamaño de la granalla, de la concentración utilizada, de la velocidad de desplazamiento de la máquina, así como de la fuerza de impacto del disparo. Si la máquina se desplaza lentamente por la superficie de hormigón, se elimina más material y se obtienen resultados más consistentes. Una gran ventaja de las granalladoras de hormigón es que generan muy poco polvo o desechos en el aire, que ya hemos dicho que se recogen en un colector aparte, por lo que son una buena opción en zonas sensibles como naves de preparación o fabricación de alimentos. (Sanchez, 2018)

2.2. Marco conceptual

Pavimento rígido: Un pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. (ALISCAREP, 2019).

Deterioro: La mejor forma de identificar las fallas del pavimento y determinar porqué se han producido, es mediante un estudio de reconocimiento visual. En él se debe identificar el tipo, nivel de severidad y magnitud de cada falla. También se debe de determinar si la causa del deterioro fue el diseño del pavimento, la carga soportada, el agua, la temperatura, los materiales del pavimento o la mala práctica constructiva (Tapia, 2017)

Acciones físicas: en física, la acción es la magnitud que expresa el producto de la energía implicada en un proceso por el tiempo que dura este proceso. Se puede diferenciar según el lapso de tiempo considerado en acción instantánea, acción promedio, etc... La acción es una magnitud escalar.

Acciones químicas: la acción química es aquel proceso químico en el cual dos sustancias o más, denominados reactivos, por la acción de un factor energético, se convierten en otras sustancias designadas como productos

Granallado: El granallado se usa para cambiar las propiedades de un metal. El granallado es diferente al sandblasting. El sandblasting se usa para limpiar o preparar material y superficies, mientras que el granallado es un proceso que se controla con precisión mediante una cuidadosa selección de medios abrasivos, junto con su expulsión a presión, bajo intensidades controladas. (Sand, 2020)

Junta de pavimento: La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas. Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas.

(ALISCAREP, 2019)

Fisura: Entre las lesiones más habituales de las soleras se encuentran: las fisuraciones, las humedades por filtración y/o por capilaridad tanto del propio elemento, como en las fábricas de cerramientos o tabiquería en contacto con las soleras, dichas humedades pueden aparecer como consecuencia del agua procedente del nivel freático, fugas o rotura de redes de saneamiento. (mondolimp, 2018)

Falla del pavimento: cuando este pierde las características de servicio para las que fue diseñado. Falla Estructura,

Desgaste del pavimento: Se caracteriza por la remoción del mortero superficial, haciendo que los agregados afloren en la superficie del pavimento, y con el transcurso del tiempo queden con superficie pulida. (banco de desarrollo, 2015)

Ensayo de compresión: La resistencia a la compresión del concreto, como su nombre lo dice, es la capacidad del concreto a resistir un fenómeno de aplastamiento que se ve comúnmente en todos los materiales que se utilizan para la elaboración de estructuras de todo tipo, comenzando por las reticulares. (Hernandez, 2018)

Dosificación de mortero: El mortero de cemento es ampliamente utilizado para enlucir paredes, masillar pisos, pegar bloques, fundir dinteles y otros elementos pequeños. Gracias a su estado inicial líquido, se lo puede moldear en distintas formas y puede presentar acabados diversos como paleteado, escobillado, lavado, champeado, entre otros. (articulos, 2016)

Mortero de alta resistencia: Este concreto cuenta con resistencia a la compresión mayor o igual a 490 kg/cm² (7000 psi) a una edad de 28 ó 56 días **Mortero de inyección:** El Mortero de Inyección es un mortero premezclado compuesto por conglomerantes hidráulicos, árido fino y/o aditivos que, en suspensión acuosa, resulta idóneo para bombeo.

Mortero: Los morteros para albañilería se definen como "mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos, áridos, agua y a veces adiciones y/o aditivos". Dichas mezclas deben ser homogéneas y sus componentes se deben utilizar en unas proporciones determinadas de acuerdo con la utilización prevista del mortero. Los morteros para albañilería comprenden los morteros para uso corriente -que se utilizan en la construcción de obras de fábrica, ya sea vista, común o estructural- los morteros para juntas finas y los morteros ligeros. (Concretoline, 2018)

Aditivo acelerante: Son aquellos cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado del cemento.

Aditivo retardante: son aquellos que producen un cierto retraso en el tiempo de fraguado del cemento.

Dilatación del hormigón: El término dilatación puede referirse a una dilatación térmica, un proceso físico por el cual se producen cambios de volumen como resultado de cambios de temperatura.

Contracción del hormigón: acortamiento durante el proceso de endurecimiento y secado. Se debe principalmente a la pérdida por evaporación del exceso de agua de mezclado. es una deformación tridimensional pero se expresa como una deformación lineal. (SSCRIBD, 2017).

Fisuras en bloque: Las fisuras en los muros de bloque de concreto son el resultado de una tensión interna a consecuencia de la disminución, fatiga, expansión térmica y contracción: todo lo anterior anticipa que se puede predecir y debe tenerse en cuenta en el diseño y la construcción.

Adherencia del hormigón: Capacidad o fuerza que permite que dos materiales o cuerpos permanezcan unidos uno al otro. (CONSTRUMATICA, 2018)

2.3. Marco Normativo

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 804 – 805 y 809, donde se emiten los lineamientos en cuanto al uso, procedimientos de trabajos, tipo de materiales a emplearse, de acuerdo a las 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), los ensayos y los cálculos respectivos son basados bajos estas normas **NORMAS INEN**

NTE INEN 1762 Hormigón, definiciones y terminología

NTE INEN 1 855 2001-0821

NTE INEN 1763 Hormigón fresco, muestreo

NTE INEN 152 Cemento portland. Requisitos

NTE INEN 490 Cementos compuestos. Requisitos

NTE INEN 872 Aridos para hormigón. Requisitos

NTE INEN 1108 Agua potable. Requisitos

NTE INEN 488 Cementos. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista

NTE INEN 158 Cementos. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat

NTE INEN 1578 Hormigones. Determinación del asentamiento

NTE INEN 1573 Hormigones. Determinación de la resistencia a la compresión

NORMAS ASTM

ASTM C 31 Práctica para Fabricar y Curar Especímenes de Hormigón para Ensayo en el Campo.

ASTM C 78 Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón

(Utilizando una viga simple con carga en el tercio)

ASTM C 109 Método de Ensayo para Determinar la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Utilizando Especímenes Cúbicos de 2 pulgadas o 50 mm).

ASTM C 138 Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario, Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Hormigón.

ASTM C 143 Método de Ensayo para Determinar el Asentamiento del Hormigón de Cemento Hidráulico.

ASTM C 172 Práctica para Muestreo de Hormigón Mezclado Fresco.

ASTM C 173 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Aire del Hormigón Mezclado Fresco por el Método Volumétrico.

ASTM C 191 Método de Ensayo para Determinar el Tiempo de Fraguado del Cemento

ASTM C 231 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Aire del Hormigón Mezclado Fresco por el Método de Presión.

ASTM C 260 Especificación para Aditivos Incorporadores de Aire para Hormigón.

ASTM C 293 Método estándar de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón (Usando una viga simple con carga en el punto central ASTM C 330 Especificación para Áridos Livianos para Hormigón Estructural.

ASTM C 494 Especificación para Aditivos Químicos para Hormigón.

ASTM C 496 Método de ensayo para determinar la resistencia a la tensión diametral de especímenes de hormigón cilíndricos

ASTM C 567 Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario del Hormigón Estructural Liviano.

ASTM C 618 Especificación para Ceniza Volante y Puzolana Natural Cruda o Calcinada para Uso como Adición Mineral en Hormigón de Cemento Portland.

ASTM C 989 Especificación para Escoria de Alto Horno Granulada Molida para Uso en Hormigón y Morteros.

ASTM C 1017 Especificación para Aditivos Químicos para Uso en la Producción de Hormigones Fluidos.

ASTM C 1064 Método de Ensayo para Determinar la Temperatura de Mezclas Frescas de Hormigón de Cemento Portland.

ASTM C 1077 Práctica para Laboratorios de Ensayo de Hormigón y Áridos para Hormigón para Uso en Construcción y Criterio para Evaluación del Laboratorio.

ASTM D 512 Métodos de Ensayo para Determinar el Ion Cloro en el Agua.

ASTM D 516 Métodos de Ensayo para Determinar el Ion Sulfato en el Agua.

NORMAS ACI

ACI 211.1R Práctica Estándar para Seleccionar Proporciones para Hormigón Normal, Pesado y en Masa.

ACI 211.2R Práctica Estándar para Seleccionar Proporciones para Hormigón

Estructural Ligero

ACI 301 R Especificaciones Estándar para Hormigón Estructural para Edificaciones

ACI 304 R Guía para Medición. Mezclado, Transporte y Colocado de Hormigón

ACI 305 R Hormigonado en Clima Cálido

ACI 306 R Hormigonado en Clima Frío

ACI 308 R Práctica Estándar para Curado del Hormigón

ACI 309 R Guía para Consolidación del Hormigón

ACI 318 Código de Construcción, Requisitos para Hormigón Estructural y Comentarios.

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 revisar los deterioros del pavimento rígido y darle una solución por medio del granallado y recomendar una reparación con un mortero de alta resistencia, así como la adherencia que tendría.

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 INVESTIGACIÓN, 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 INVESTIGACIÓN, 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 INVESTIGACIÓN, 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 INVESTIGACIÓN, 2017).

Se realizará una investigación del tipo descriptivo con enfoque cuantitativo, en donde se estudiará la rehabilitación de pavimento rígido por medio de la técnica del granallado y a su vez recomendar su reparación con un mortero de alta resistencia, y así obtener un método y recomendado para estas reparaciones en los pavimentos rígidos.

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).

El estudio se enfocará en determinar el grado de deterioro del pavimento rígido y la solución adecuado utilizando el hormigón granallado propuesto en nuestro tema de tesis.

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).

Para llevar a cabo mi tema de tesis realice un recorrido por las calles de Guayaquil que tengan pavimento rígido, para determinar los tipos de fallas que tienen, y así enfocarme en mi tema de tesis como es utilizar el granallado como limpieza en todo este tipo de fallas en el pavimento rígido y además recomendar un mortero de alta resistencia para reparar el pavimento, el diseño del mortero a emplear es de f^c 350 Kg/cm², esta pasta de mortero diseñada será expuesta para ver su adherencia el cual la analizaremos con una viga de hormigón a flexión.

3.5. Procedimiento de recolección de datos

Una vez seleccionado el diseño de investigación apropiada y la muestra adecuada, según con el problema de estudio e hipótesis, en la siguiente etapa se recolectan los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo, análisis o casos. La recopilación de datos implica el desarrollo de un plan de proceso detallado que nos permita recopilar datos para un propósito particular. (HERNANDEZ, 2014)

Para esta investigación, la primera etapa se realizó a través de la recolección de datos sobre el deterioro de los pavimentos rígidos debido a las acciones físicas, químicas y ambientales. Para así realizar las técnicas del granallado, llevarlos al laboratorio y realizar las pruebas a la adherencia de los materiales utilizados,

3.6. Universo

El universo es el conjunto de la mayoría de acontecimientos que están acorde con una serie de especificaciones, son todas las variables a estudiar, para así obtener un resultado final de la investigación. (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014)

el universo de esta investigación estuvo conformado por el estudio del deterioro de los pavimentos rígidos debido a las acciones físicas, químicas y ambientales y su rehabilitación por medio del uso de la técnica del hormigón granallado

3.7. Muestra

La muestra es un subgrupo de elementos, caso o individuos de una población, las cuales se recolectarán datos relevantes de la población, las cuales darán resultados una cantidad representativa. (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014)

Cuando el universo es pequeño la muestra es la misma que la del universo. (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014), en esta investigación el universo es realmente pequeño y con características individuales bien definidas por lo que consideramos la muestra igual al universo.

3.8. Validez y confiabilidad

3.8.1. Validez

“La validez, en términos generales, se refiere al índice en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014)

En esta investigación los instrumentos de la recolección de datos que se utilizaron son 100% validos ya que se encuentran calibrados y acreditados por la universidad estatal de Guayaquil lo que garantiza la precisión de los instrumentos de ensayo.

3.8.2. Confiabilidad

La confiabilidad de un medidor se refiere al grado en que la aplicación repetida a la misma persona o elemento da como resultado los mismos resultados. (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014)

Para el presente trabajo de investigación se realizaron ensayos con equipos y herramientas totalmente calibrados y ajustado del laboratorio de la facultad de ingeniería civil de la universidad estatal de Guayaquil lo cual me brinda resultados totalmente confiables y que garantiza la veracidad en el presente proyecto de investigación.

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

4.1. Objetivo general de la Propuesta.

Se planteó la solución para rehabilitar pavimentos rígidos utilizando la técnica de hormigón granallado, afectados por el deterioro de acciones físicas, químicas y ambientales.

Objetivos específicos de la Propuesta.

- Se evaluó los procesos del hormigón granallado en pavimentos a través de materiales abrasivos con los principios de limpiezas.
- Elaborar un mortero de alta resistencia para la reparación del hormigón rígido.
- Se determinó la adherencia de los materiales que se utilizaran para rehabilitar los pavimentos rígidos.

4.2. Desarrollo experimental

Para el desarrollo de este capítulo, se realizó un diseño de mortero de concreto $f'c$ 350 Kg/cm² con materiales que cumplen con las normas especificadas en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), para reparación de pavimento rígido se evaluó su adherencia por medio de rotura a flexión de una viga de hormigón.

4.3. Investigación de campo.

Se realizó una inspección en algunos sectores de la ciudad, donde el pavimento rígido presente algunos deterioros en su estructura de hormigón por agentes externos, los ensayos realizados se ejecutaron de acuerdo a las Norma INEN

respectivas y siguiéndolas Especificaciones del MTOP para este diseño de mortero $f'c$ 350Kg/cm² nos basamos al libro de TECNOLOGIA DEL CONCRETO, en su capítulo 9 dosificación de mezcla de mortero.

4.4. Diseño de mortero de $f'c$ 350 Kg/cm².

Para realizar este diseño de mortero que nos ayude en la reparación del pavimento rígido, se realizó los ensayos respectivos a los materiales finos de acuerdo a las normas INEN, y las recomendaciones del Ministerio de Trabajo y Obras Públicas, obteniendo los resultados del ensayo, procedemos a la realización de los morteros para verificar su resistencia y a la vez la utilización del mismos para comprobar su adherencia. A continuación, presentamos los ensayos realizados.

4.4.1. Granulometría

Tabla 3: Granulometría

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS			
NORMA ASTM C 136					
Muestra:	arena fina bien gradada			Solicitante:	
Origen:				Ensayado:	
Para:	tema de tesis			Calculado:	
Fecha:	22-Abr-20			Nº Laborat:	
Descripción:			Peso seco inicial (g), ver tabla:	1507.0	
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa
3/8"	9.5	0.0	0.0	0	100
Nº 4	4.75	5.0	5.0	0	100
Nº 8	2.4	80.0	85.0	6	94
Nº 16	1.2	303.0	388.0	26	74
Nº 30	0.6	335.0	723.0	48	52
Nº 50	0.3	422.0	1145.0	76	24
Nº 100	0.15	260.0	1405.0	93	7
BANDEJA		102.0	1507.0	100	0
Módulo de finura:				2.49	
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					
- - - Límites ASTM C 33 — Agregado fino					
Ing. Gonzalo Velasco C.					

Granulometría agregado fino.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

4.4.2. Gravedad específica y absorción.

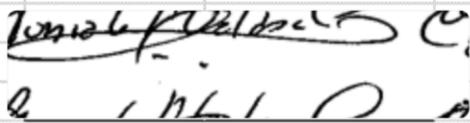
Tabla 4: Gravedad específica y absorción.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO			
NORMA ASTM C 128					
Muestra:	arena			Solicitante:	
Origen:				Ensayado:	
Para:	tema de tesis			Calculado:	
Fecha:	22-Abr-20			Informe N°	
Datos:					
A: Peso seco de la muestra en aire				70.0	g
B: Peso del picnómetro lleno con agua				158.4	g
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)				72.3	g
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca				201.6	g
Densidad y absorción:					
Gs: gravedad específica seca				2,402	kg/m ³
Gsss: gravedad específica en sss				2,481	kg/m ³
G: gravedad específica aparente				2,608	kg/m ³
Po: porcentaje de absorción de agua				3.3	%
Fórmulas:					
Gs = A/(B+S-C) G = A/(A+B-C)					
Gsss = S/(B+S-C) Po = (S-A)/Ax100					
 Ing. Gonzalo Velasco C.					

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

4.4.3. Peso unitario.

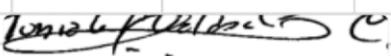
Tabla 5: *Peso unitario*

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO		
NORMA ASTM C 29				
Muestra:	arena		Solicitante:	
Origen:			Ensayado:	
Para:	tema de tesis		Calculado:	
Fecha:	22-Abr-20		Informe N°	
Descripción:	arena fina			
V: volumen del recipiente, ver tabla		2,739		cm ³
T: masa del recipiente		1,817		g
Msr: masa agregado suelto + recipiente		5,717		g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		6,192		g
Ms: masa agregado suelto Msr - T		3,900		g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		4,375		g
Peso unitario suelto		1,424		kg/m ³
Peso unitario compactado		1,597		kg/m ³
			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)
 Ing. Gonzalo Velasco C.				

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

4.4.4. Peso unitario del cemento.

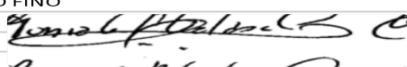
Tabla 6: *Peso unitario del cemento*

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO DEL CEMENTO	
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	cemneto	Solicitante:	
Origen:		Ensayado:	
Para:	tema de tesis	Calculado:	
Fecha:	22-Abr-20	Informe N°	
Descripción:	arena fina		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2,739	cm ³	
T: masa del recipiente	1,817	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	5,432	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	3,615	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	-1,817	g	
Peso unitario suelto	1,320	kg/m ³	
Peso unitario compactado	-663	kg/m ³	
	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)	
  Ing. Gonzalo Velasco C.			

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

4.4.5. Diseño del Mortero.

Tabla 7: Diseño del Mortero.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL			
DATOS PROPORCIONADOS	CEMENTO	AGUA	AGREGADO FINO
DENSIDAD G (Kg/cm ³)	2.85	1	2.608
PESO UNITARIO DEL AGREGADO (Kg/cm ³)	1.32		1.424
M.F.			2.49
% ABSORCION			3.3
DATOS PARA EL MORTERO			
RESISTENCIA A COMPRESION REQUERIDA Kg/cm ²	350		
RESISTENCIA A COMPRESION A CONSIDERAR Kg/cm ²	472.5		
RELACION A/C	0.38		
CANTIDAD DE CEMENTO Kg/m ³	640		
CALCULOS PARA EL MORTERO			
CANTIDAD DE AGUA	243.2	Kg/m ³	
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO	532.24	cm ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTO DEL MATERIAL	1388.08	Kg/m ³	
PROPORCIONES INICIALES			
A/C	0.38		
PESO SECO DEL AGREGADO	2.17		
PROPORCIONES DEL MORTERO			
AGUA	0.38		
CEMENTO	1		
ARENA	2.17		
CANTIDAD A UTILIZAR POR CADA 50Kg DE CEMENTO			
AGUA	19	Kg	
CEMENTO	50	Kg	
AGREGADO FINO	108.44	Kg	
CANTIDAD A UTILIZAR PARA CADA CUBO (PARA ENSAYO DE RESISTENCIA)			
AGUA	0.031	Kg	
CEMENTO	0.082	Kg	
AGREGADO FINO	0.178	Kg	
 Ing. Gonzalo Velasco C.			

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

4.4.7. Flexión de viga de hormigón.

Tabla 9: Flexión de viga de hormigón. Compresión de Mortero

REGISTRO ENSAYOS A FLEXION											
NORMA ASTM C78											
Proyecto: COMPROBACION DE ADERENCIA											
ESTRUCTURA	VIGA	FECHA	FECHA	SECTOR	EDAD	DIMENSIONES (mm)				CARGA	MOD. RUPTURA
	No.	TOMA	ROTURA	FISURA	(días)	b	d	L	a	Kn	MPa
Pavimento tramo I 0+160 - 0+092		24/4/2020	24/4/2020	Centro		150	150	450		24.21	3.23
						150	150	450		23.44	3.13
			22/5/2020	Centro	28	150	150	450		18.95	2.53
						150	150	450		18.15	2.42
											
Emite:					Aprueba:						
Laboratorista					Ing. Gonzalo Velasco C.						

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Nota: rotura de viga a flexión para comprobar la adherencia del mortero, con el mortero aplicado se realizó el ensayo deflexión a los 28 días comprobando su adherencia por la carga soportada.

4.5. Análisis del estudio para la rehabilitación de pavimento rígidos y resultados utilizando el sistema de granallado y mortero para su reparación.

4.5.1. Pavimento deteriorado

En la ciudad de Guayaquil se encontró algunas avenidas de hormigón armado con fallas en su estructura, la cuales no cuentan con un estudio adecuado de la gravedad de estas fallas que presentas estas vías, y poder darle el mantenimiento apropiado para evitar un deterioro más crítico. En la avenida Francisco de Orellana, esta vía presenta muchas fisuras así como desgaste en su estructura, a la altura del parque samanes hay tramos que el desgaste es muy extenso que el acero de refuerzo está a la intemperie y no toman las medidas necesarias para su mantenimiento. El deterioro en esta avenida así como en la av. Guillermo Parejas son sectores transitados y deberían tener el mantenimiento adecuado ya que su grado de desgaste y deterioro es crítico.



Foto 1: av.Franciscode Orellana desgaste en su estructura.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 2: av. Franciscode Orellana fisura transversal.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 3: av. Guillermo Pareja hundimiento en su calzada..

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 4: av. Guillermo Pareja fisuras muy pronunciadas en su calzada..

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

4.5.2. Trabajo realizado en el laboratorio.

El trabajo del sistema de granallado en una avenida es muy costoso y peligroso por alto índice de automotores que circulan, este proceso lo realizamos en el laboratorio de suelo de la Universidad Estatal en el laboratorio de suelo Arnaldo Ruffilli, en este laboratorio realizamos el diseño de mortero de $f'c$ 350 Kg/cm², así mismo utilizamos una viga de hormigón, le realizamos el ensayo de flexión y a esa misma viga fracturada, la limpiamos utilizando el sistema de granallado y le agregamos el mortero cubriendo su fractura, la finalidad es comprobar la adherencia que tendría este elemento a los 28 días, de esa manera podemos comprobar nuestro diseño de mortero, para recomendarlo como una alternativa para reparar pavimento rígido que presenten fallas estructurales. Los valores de esta prueba están adjuntadas la viga utilizada nos dio un Módulo de Ruptura MPa de 3.18 que equivale a 324.02 Kg/cm², una vez la fractura limpiada por el método del granallado se le puso el mortero, a los 28 días efectuamos el ensayo de flexión dando resultados satisfactorios de MPa 2.43 que equivale a 252.28 Kg/cm², con este dato vemos que el mortero funciona y tiene una buena adherencia.



Foto 5: Ensayo de flexión.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 6: Sistema de granallado.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 7: fisura en viga.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 8: Colocación del mortero en fisura.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

El desgaste es otro deterioro que se presenta en el pavimento, debido a la circulación vehicular la lluvia, agentes químicos en el ambiente todo eso afecta y si no le damos el mantenimiento adecuado este desgaste continuara hasta colapsar la vía por completo produciendo baches en su estructura, el mismo proceso lo realizamos en el laboratorio a viga y pavimento con desgaste ,se realizó la limpieza con granallado hasta tener una superficie limpia de impurezas y que presenten una corrugación en su superficie para que el mortero se adhiera con más facilidad, el sistema de granallado nos ayuda a obtener una limpieza adecuada para que el mortero a utilizar pueda adherirse a toda la superficie fracturada o desgastada.



Foto 9: Limpieza con granallado en fisura y desgaste de pavimento.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 10: Limpieza con granallado en viga con desgaste.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 11: Colocación del mortero en viga con desgaste.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 12: Colocación del mortero en viga con desgaste.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)



Foto 13: Colocación del mortero en pavimento con desgaste y fisura.

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

4.6. Presupuesto

Tabla 10: Presupuesto mL

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE					
<u>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</u>					
PROYECTO:	Rehabilitacion de pavimentos rigidos utilizando tecnica de granallado				
FECHA:	5 de septiembre 2020				
RUBRO:	Granallado			UNIDAD: ml	
CODIGO:				RENDIMIENTO:	R=0.1
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
herramienta menor 5% M/O					0.04
Granalladora	1.00	3.13	3.13	0.100	0.31
SUBTOTAL (M)					0.35
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1.00	3.65	3.65	0.100	0.37
peon	1.00	3.60	3.60	0.100	0.36
SUBTOTAL (N)					0.73
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	

granalla	kg	0.20	1.45	0.29
mortero	kg	0.05	1.50	0.08
SUBTOTAL (O)				0.37
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL (P)				0.00
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1.44
INDIRECTOS Y UTILIDADES:				22.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO:				1.76

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

Tabla 11:

Presupuesto m2.

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE						
<u>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</u>						
PROYECTO:	Rehabilitacion de pavimentos rigidos utilizando tecnica de granallado					
FECHA:	5 de septiembre 2020					
RUBRO:	Granallado				UNIDAD:	m2
CODIGO:					RENDIMIENTO:	R=0.16
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
herramienta menor 5% M/O					0.06	
Granalladora	1.00	3.13	3.13	0.160	0.50	
SUBTOTAL (M)						0.56
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Albañil	1.00	3.65	3.65	0.160	0.58	
peon	1.00	3.60	3.60	0.160	0.58	
SUBTOTAL (N)						1.16
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
granalla	kg	0.20	1.45	0.29		

mortero			kg	0.20	1.50	0.30
SUBTOTAL (O)						0.59
TRANSPORTE						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL (P)						0.00
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						2.31
INDIRECTOS Y UTILIDADES:						22.00%
						0.51
COSTO TOTAL DEL RUBRO:						2.82

Elaborado por: Palacio, A. (2020)

4.7. Conclusiones.

Para el proyecto de titulación, se realizó un recorrido en algunas vías de pavimento rígido, se evaluó la avenida Francisco de Orellana la cual tiene 22 años de construcción, esta vía presenta muchas fisuras, desgaste, desprendimiento de los bordes, sectores que necesitan bacheo. Está muy deteriorada debido al tiempo, así mismo la avenida Guillermo Parejas presenta, fisuras, desprendimiento, hundimiento, losas alzadas, todas estas anomalías que presentan en las losas de circulación vehicular tiene que ser reparadas, la técnica que se emplea en nuestro tema de tesis es la técnica del hormigón granallado, que son equipos de chorreo mediante granalla, es decir, bolitas de acero o de otros materiales, que golpean la superficie del suelo para eliminar la capa superficial de pintura u óxido. Las granalladoras se pueden utilizar sobre suelos de hormigón, chapa de acero o asfalto. Las granalladoras de hormigón se emplean, fundamentalmente, para eliminar los restos que queden en cualquier pavimento, ya sea por voladuras o por recubrimientos antiguos, con el fin de dejar la superficie del suelo en la condición más óptima para utilizar el mortero adecuado para reparar estas fallas que posee el pavimento rígido.

Realizamos un diseño de mortero con arena fina, cemento y agua, para elaborar este diseño nos basamos en el libro de tecnología del concreto en el capítulo 9 dosificación del mortero, la resistencia a emplear es de $f'c$ 350 Kg/cm², este mortero elaborado en el laboratorio, servirá para reparar estas fallas y al mismo tiempo comprobar su adherencia, el análisis se lo realizó en el laboratorio de suelo de la universidad de Guayaquil, para comprobar la adherencia se utilizó una viga ya fabricada y le ensayamos a flexión hasta que presente la falla respectiva en la viga, a esa misma viga le realizamos la limpieza con la granalladoras y luego le agregamos el mortero elaborado sobre la fisura respectiva así como también en la viga y la losa previamente limpiado con el granallado, se tomaron los cubos respectivos para verificar su resistencia, el ensayo está adjunto en el proyecto de titulación, cuya resistencia se lo realizó a los 7 días y 28 días, de la misma manera se realizó la rotura a flexión de la viga de hormigón a los 28 días de su sellada con el diseño de mortero realizado.

El proceso de la técnica del hormigón granallado ,nos da una garantía de limpieza ya que elimina toda impureza que pueda afectar de alguna manera al mortero, mejorando la rugosidad de la superficie y su adherencia, el mortero diseñado con una resistencia de $f'c$ 350 Kg/cm² ,la resistencia requerida cumple a los 28 días adjuntamos el ensayo de rotura a la compresión de los cubos de hormigón realizado la cual nos da la resistencia solicitada, la adherencia la verificamos en la viga reparada con el mortero de diseño, la adherencia cumple con lo requerido ya que tiene una diferencia es de 72 Kg/cm², lo cual nos da a entender que el diseño realizado cumple con lo requerido en nuestro proyecto de titulación y puede ser considerado como una alternativa en el mantenimiento del pavimento rígido.

El grado deterioro depende del tipo de fisuras , desgaste o daños causados por agentes externos y esta detallado en la página 46 en tipos de deterioro en pavimento rígido, En cuanto al costo que tendría esta reparación presentamos dos opciones por ML y por M2, porque la reparación depende del tipo de fisura que tenga, si es fisura se tendría que aplicar el mortero por inyección o a gravedad pero hay que tener en cuenta el tiempo de fraguado que tendría el mortero hay que aplicar algún aditivo, el tiempo de vida útil por ser un mortero de alta resistencia tendría 15 años,

4.9. Recomendaciones.

Se recomienda realizar evaluación en todas las vías de hormigón del real estado que se encuentran y así poder analizar si se puede realizar las reparaciones respectivas con el método del granallado esto depende del estado de deterioro que este esa vía, así mismo analizar si este método se lo puede emplear en una vía de pavimento flexible, ya que la presión que ejerce este sistema puede de alguna manera deteriorar las fisuras a limpiar. Y a la final tiende a elevar el mantenimiento en su costo.

Se recomienda realizar una evaluación del costo que tendría el mantenimiento de la vía con esta propuesta como es el hormigón granallado y la reparación con mortero de alta resistencia, considerando un desperdicio que tendría la utilización del mortero, en fisuras que lleguen a la capa de base si se la aplica a presión, puede ocasionar un volumen mayor de mortero a necesitar.

Se recomienda realizar ensayos de diseño de mortero con resistencia mayores a nuestro diseño propuesto en nuestro tema de tesis que es de $f'c$ 350 Kg/cm², para darle una vida útil que amerite la reparación a realizar, que cumpla con los parámetros respectivos de acuerdo a las normas requeridas, pero estos diseños tienen que ser más fluidos para que al vaciar el mortero llene todos los vacío que hay, así como también aditivos que ayuden a evitar que el mortero fragüe más lentos para que este mortero recomendado pueda llegar solo por gravedad en toda la fisura y así no realizarlo aprensión.

Bibliografía

- Construyendo seguro. (16 de julio de 2019). *construyendoseguro.com/*. Recuperado el abril de 2020, de <http://www.construyendoseguro.com/como-preparar-el-concretocorrectamente/>
- Das, B. M. (14 de enero de 2019). *http://alicaresp.com/*. Recuperado el abril de 2020, de <http://alicaresp.com/2019/01/14/conceptos-basicosdepavimentos/>
- DOCSITY. (6 de JULIO de 2016). *docsity.com/*. Recuperado el abril de 2020, de <https://www.docsity.com/es/trabajo-de-pavimento-unidad-iv/740296/>
- Fernandez, J. (12 de julio de 2016). *jorgelfdez.wordpress*. Recuperado el JUNIO de 2020, de <https://jorgelfdez.wordpress.com/2016/07/12/elenfoquecuantitativo/>
- Fiallos, J. (10 de noviembre de 2017). *http://dspace.ucuenca.edu.ec/*. Recuperado el abril de 2020, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28457/1/Trabajo%20>
- HERNANDEZ. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN*. MEXICO.
- lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
- Morales, J. (19 de agosto de 2015). *alicia.concytec.gob.pe/*. Recuperado el abril de 2020, de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_475abf0f1ec952a20842ec8324a1f74b
- noticias.universia.c*. (4 de septiembre de 2017). Recuperado el mayo de 2020, de <https://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipo-sinvestigacion-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/>
- Polanco, A. (19 de julio de 2017). *cuevadelcivil.com/*. Recuperado el abril de 2020, de <https://www.cuevadelcivil.com/2017/07/practicas-delaboratoriodeconcreto.html>
- Real, J. (5 de enero de 2017). *core.ac.uk/*. Recuperado el abril de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/288906358.pdf>

ANEXOS 1

NORMAS M.T.O.P.

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 98
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:

<u>DETERMINACION</u>	<u>LIMITACION</u>
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 íon 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.

SECCION 805. ADITIVOS

805-1. Generalidades.

805-1.01. Objetivos.- Esta especificación tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los aditivos químicos que pueden agregarse al hormigón, para que éste desarrolle ciertas características especiales requeridas en obra.

805.a Aditivos

Se recomienda con anterioridad al uso de aditivos, realizar pruebas en el campo con el propio equipo que será utilizado en la construcción de la obra.

Si el caso lo requiere es necesario que se presenten muestras de dosificaciones realizadas con aditivos, para ser incorporadas en el diseño.

Se pueden utilizar aditivos que modifiquen la propiedad del hormigón cuando este se encuentre en estado fresco, durante la fase de fraguado o endurecimiento y en el hormigón endurecido.

805-1.02. Alcance y limitaciones.- Esta especificación cubre únicamente a los aditivos empleados en la fabricación del hormigón de cemento Portland, y no es aplicable a aditivos especiales como expansores, aditivos para mortero lanzado, etc., los cuales tendrán sus propias especificaciones.

805-1.03. Definiciones específicas.-

Aditivos para hormigón.- Son todos los compuestos distintos al agua, agregados y cemento Portland, que se emplean como ingredientes del hormigón, para mejorar su calidad, modificar el tiempo de fraguado, o para lograr otros objetivos relacionados con la adecuada construcción de obras de hormigón. Los aditivos no deberán producir efectos adversos en cualquier otra característica del hormigón.

Aditivo reductor de agua (plastificante).- Es aquel que permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia del hormigón.

Aditivo retardador.- Es aquel que prolonga el tiempo necesario para el fraguado del hormigón.

Aditivo acelerante.- Es aquel que disminuye el tiempo necesario para el fraguado inicial del hormigón y aumenta la resistencia del mismo a temprana edad.

Aditivo reductor de agua, de alto rango (superplastificante).- Es aquel que reduce la cantidad de agua de mezclado dando al hormigón una consistencia del 12% o mayor que la correspondiente a la mezcla sin aditivo.

Aditivos inclusores de aire.- Aquellos que producen un incremento en el contenido de aire en el hormigón, y mejoran de esta manera su trabajabilidad.

805-1.04. Clases de aditivos.- Según el efecto en la mezcla, se tienen las siguientes clases de aditivos:

1. Acelerante
2. Retardantes de fraguado
3. Reductores de agua
4. Reductores de agua de alto rango
5. Reductores de agua y acelerantes
6. Reductores de agua y retardantes
7. Reductores de agua de alto rango y retardantes
8. Incluidores de aire
9. Impermeabilizantes

805-2. Condiciones Generales.- Para el uso de cualquier aditivo específico, será obligatorio que el Fiscalizador dé su autorización escrita. Los principales casos en los que puede ser conveniente el emplear un aditivo serán:

- a) Cuando las especificaciones de la construcción de la obra lo establezcan.
- b) Cuando lo solicite el Contratista, para satisfacer las condiciones de trabajo.
- c) Cuando el laboratorio lo proponga, para corregir deficiencias observadas en los materiales disponibles o para satisfacer requisitos especiales de construcción.

El Fiscalizador concederá la necesaria autorización solamente después de verificar el efecto del aditivo, mediante los respectivos ensayos establecidos. Los productos que satisfagan los requisitos establecidos en estas especificaciones, serán considerados como aditivos aptos para su uso.

Las pruebas para la aprobación de aditivos se harán usando igual tipo de cemento y los mismos agregados y agua que se emplearán en un trabajo específico, comparando mezclas testigo que no contienen aditivo con mezclas de prueba que contengan el aditivo propuesto, con diferentes proporciones.

Si un aditivo aprobado ha permanecido almacenado por más de 6 meses, luego de las pruebas de control correspondientes, será muestreado y probado nuevamente antes de ser usado.

Los aditivos que contengan cloruros no deberán ser utilizados en hormigón presforzado, por la corrosión del acero de presfuerzo que inducen.

805-3. Requisitos.

805-3.01. Requisitos para los aditivos reductores de agua, retardantes, acelerantes y afines.- Los aditivos reductores de agua, retardantes y acelerantes, deben cumplir los requerimientos físicos estipulados en la Tabla 805-3.1., que está de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM 490 y todos los demás requisitos que ésta exige, exceptuando el análisis infrarrojo.

805-3.02. Requisitos para los aditivos inclusores de aire.- Los aditivos incorporadores de aire deben cumplir con lo estipulado en la norma INEN 191.

Un aditivo inclusor de aire, una vez molido conjuntamente con el cemento Portland, debe producir un material que cumpla con los requisitos de la norma INEN 152, pero dentro de las siguientes condiciones:

- a) El tiempo de fraguado del cemento que contenga el aditivo no debe variar con respecto al de la muestra de referencia (sin aditivo) en más del 50%.
- b) La expansión en autoclave del cemento que contenga el aditivo no debe exceder a la expansión de la muestra de referencia en más del 10%.
- c) La resistencia a la compresión de probetas de mortero normal, hechas con cemento que contengan aditivo, no debe ser menor que el 80% de la correspondiente de probetas similares hechas sin aditivo.
- d) El cambio de longitud en moldes de mortero hechos con cemento que contenga el aditivo, basado en una medida inicial tomada a los 7 días de su elaboración, no debe exceder en más del 1% al de moldes de mortero similar hechos sin aditivo.
- e) El porcentaje de aire incorporado en el hormigón con cemento que contenga el aditivo, debe exceder por lo menos en 2,5 al de la muestra de referencia.
- f) La resistencia a la compresión del hormigón, hecho con cemento que contenga el aditivo, no debe ser menor del 80% de la resistencia a la compresión del hormigón de referencia.
- g) La resistencia a la flexión del hormigón, hecho con cemento que contenga el aditivo, no debe ser menor del 85% de la resistencia a la flexión del hormigón de referencia.

Tabla 805 -3.1

REQUISITOS FISICOS PARA ADITIVOS QUIMICOS

		Reductor de agua	Retardante	Acelerante	Reductor de Agua y retardante	Reductor de Agua y acelerante	Reductor de agua alter:
Porcentaje de Agua máximo con relación							
A la muestra de referencia		95	--	--	95	95	88
Tiempo de fraguado del hormigón, desviación permisible respecto a la muestra de referencia. HH:MM							
Fraguado inicial: menos de	no	--	1:00 después	1:00 antes	1:00 después	1:00 antes	--
de	no más	1:00 antes ó 1:30 después	3:30 después	3:30 antes	3:30 después	3:30 antes	1:00 ante 1:30 desp
Fraguado final: menos de	no	-	-	1:00 antes	-	1:00 antes	-
de	no más	1:00 antes ó 1:30 después	3:30 después	--	3:30 después	--	1:00 ante 1:30 desp
Resistencia mínima a la compresión en % con respecto a la muestra de referencia							
1 día		--	--	--	--	--	140
3 días		110	90	125	110	125	125
7 días		110	90	100	110	110	115
28 días		110	90	100	110	110	110
6 meses		100	90	90	100	100	100
12 meses		100	90	90	100	100	100

Resistencia mínima a la compresión en % con respecto a la muestra de referencia						
3 días		90	110	100	110	110
	100					
7 días	100	90	100	100	100	100
28 días	100	90	90		100	
				100		100
Cambio de longitud máxima. Contracción (requisitos alternativos)						
Porcentaje en la muestra de referencia	135	135	135	135	135	135
% aumento con respecto a la referencia	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Durabilidad relativa, factor mínimo *	80	80	80	80	80	80

104

FUENTE: Norma ASTM C 494

* Este requisito es aplicable solo cuando el aditivo va a ser usado en concreto con aire incorporado

ENSAYO	NORMA INEN N°
- Análisis químicos	192
- Determinación del óxido férrico y del óxido de aluminio	193
- Determinación del trióxido de azufre	203
- Superficie específica del cemento	196, 197
- Consistencia normal	157
- Tiempo de fraguado	158
- Expansión de autoclave	200
- Contenido de aire en el mortero	195
- Resistencia a la flexión y	

805-4. Ensayos y Tolerancias .- Los ensayos y tolerancias para aditivos químicos deberán regirse a lo estipulado en la norma ASTM C 494.

Las muestras de cemento que contengan aditivos incorporadores de aire deben ser ensayadas de acuerdo a los siguientes métodos indicados en la Tabla 805-4.1.

Tabla 805-4.1.

SECCION 809. MORTEROS

809-1. GENERALIDADES

809-1.01. Objetivos.- La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir el mortero de cemento Portland en las obras viales.

809-1.02. Alcance y Limitaciones.- Esta especificación no es aplicable al mortero requerido en la construcción de edificaciones, enlucidos, etc., lo cual, si se requiere, deberá constar en las Especificaciones Particulares.

809-1.03. Definiciones Específicas.- No se necesita de definiciones particulares, salvo las ya señaladas en el Capítulo 100 de estas Especificaciones.

809-1.04. Tipos de Morteros y Dosificaciones.- De acuerdo al propósito, el mortero se clasifica en los siguientes tipos, indicados en la Tabla 809-1.1.

Tabla 809-1.1.

Resistencia

Resistencia o uso	Cemento	Arena	
Mamposteria soportante Revoques ,etc	1	4	100kg/cm2
Mamposteria no soportante	1	6	kg/cm2 B
Juntas de Tuberia	1	2	C

En la tabla anterior, la resistencia se refiere a la de un cubo de mortero de 2" de arista, probado a los 28 días, moldeado de acuerdo a lo dispuesto en la Norma ASSHTO T106

El Fiscalizador podrá ordenar la adición de cal hidratada al mortero, lo cual constará en la respectiva orden de cambio, al igual que la dosificación exigida.

809-1.05. Cementantes.- El cemento para morteros cumplirá lo establecido en la Sección 802 de estas Especificaciones.

La cal hidratada, si se solicita, cumplirá lo indicado en la Norma ASTM C-207 para cales Tipo "N", y lo aplicable de la subsección 815-2.02 de estas Especificaciones.

809-2. Agregado para mortero.

809-2.01. Descripción.- El agregado por usarse en la fabricación del mortero será arena limpia, de preferencia procedente de depósitos naturales, libre de arcilla u otro material friable, materia orgánica y cualquier otro material inadecuado o perjudicial.

El agregado puede también provenir de trituración de tamaños mayores, o emplearse mezclas de arena natural y material triturado, siempre y cuando se cumplan los requisitos aquí establecidos.

No se deben emplear agregados gruesos en la fabricación de morteros, y debe rechazarse todo material que no cumpla los requisitos de granulometría establecidos en esta Especificación, salvo que se tenga obras masivas, con juntas de espesores mayores a 15 mm., en cuyo caso, es deseable emplear agregados con mayor cantidad de material comprendido entre los tamices N°. 4 y 16.

809-2.02. Requisitos.- Los agregados deberán cumplir lo establecido en la Norma AASHTO M-45, y lo que sea aplicable de la subsección 803-3 de estas Especificaciones.

Las propiedades del agregado fino deberán determinarse en ensayos de laboratorio, y se verificará la resistencia de la pasta obtenida, antes de autorizar su empleo en obra; se modificará inclusive la dosificación establecida en esta Especificación.

Si el depósito fuere irregular, o se emplearen agregados de diferentes procedencias, se rechazarán los materiales que presenten variaciones mayores al 20% de los valores empleados para el proporcionamiento, salvo que los ensayos de laboratorio indiquen que con el material se obtendrán resultados adecuados, o se hayan realizado correcciones a la dosificación empleada.

809-2.03. Ensayos y Tolerancias.- El agregado empleado en la construcción del mortero tendrá una densidad mayor o igual a 2.4 gr/cm³ y no presentará una pérdida de peso mayor al 10% en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863, luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

El material no presentará un porcentaje de terrones de arcilla o partículas friables mayor al 1%, determinado en el ensayo correspondiente, según el método establecido en la Norma AASHTO T-112. Tampoco podrá contener partículas

livianas, con densidades menores que 2.0 gr/cm^3 , según el procedimiento regulado en la Norma AASHTO T-113.

El agregado para morteros deberá tener una gradación tal que cumpla lo señalado en la Tabla 809-2.1.

Tabla 809-2.1.

TAMIZ	ABERTURA	% QUE PASA
Nº 4	4.750 mm.	100
Nº 8	2.360 mm.	95 a 100
Nº 100	0.150 mm.	0 a 25
Nº 200	0.075 mm.	0 a 10

El módulo de finura del agregado fino estará comprendido entre 1.6 a 2.5, y la relación agua cemento establecida de acuerdo al procedimiento determinado en la sección 20 de la Norma AASHTO M-150, no será mayor a 0.65.

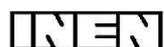
El agregado no presentará materia orgánica y se rechazará cualquier material que en el ensayo de impurezas, Norma ASSHTO T-21, dé como resultado un color más oscuro que el estándar establecido en dicha norma, salvo que se pruebe satisfactoriamente que esa coloración proviene de carbón mineral, lignito o partículas discretas similares.

En caso de duda, se verificará la calidad de la arena empleando el método establecido para el ensayo: Efecto de Impurezas Orgánicas en la Resistencia, Norma AASHTO T-71, y se rechazará todo material que en dicho ensayo presente resistencias menores al 95%.

809-2.04. Agua para Mortero.- El agua empleada en la fabricación de morteros deberá cumplir lo establecido en la Sección 804 de estas Especificaciones.

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

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>ÁRIDOS. MUESTREO.</p>	<p>NTE INEN 695:2010 Primera revisión 2010-12</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los procedimientos para la obtención de muestras de áridos, finos y gruesos para propósitos de: investigación preliminar de una fuente potencial de abastecimiento, control del producto en la fuente de abastecimiento, en el sitio de utilización y aceptación o rechazo de los materiales (ver notas 1 y 2).</p> <p>1.2 Los procedimientos descritos en esta norma señalan las mínimas precauciones necesarias para conseguir que las muestras reflejen la naturaleza y condición de los materiales que representan.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 El empleo de esta norma no garantiza por si sola que los resultados obtenidos reflejen la calidad del producto puesto que el muestreo depende de factores tales como la competencia del personal, capacidad, calibración y mantenimiento de los equipos, factores no considerados en esta norma.</p> <p>2.2 Las muestras para los ensayos de investigación preliminar son tomadas por la parte responsable del desarrollo de la fuente potencial (ver nota 3). Las muestras de materiales para el control de la producción en la fuente o el control del trabajo en el lugar de su utilización, son tomadas por el fabricante, el contratista o por otras partes responsables de llevar a cabo la obra. Las muestras para ensayos que se utilizan como base para las decisiones de aceptación o rechazo por parte del comprador, son tomadas por el comprador o su delegado.</p> <p>2.3 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>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>NOTA 1. Los programas de muestreo y ensayos de aceptación y control, varían según el tipo de construcción en la que se utiliza el material.</p> <p>NOTA 2. La calidad de los resultados obtenidos mediante esta norma depende de la competencia del personal que realiza el procedimiento y de la capacidad, calibración y mantenimiento de los equipos utilizados. En general, los laboratorios que cumplen los criterios de la norma ASTM D 3 666, se consideran capaces de realizar, competente y objetivamente, muestreos, ensayos, inspecciones, etc. Se advierte a los usuarios de esta norma que el solo cumplimiento de la norma ASTM D 3 666, no garantiza completamente resultados confiables. La obtención de resultados confiables depende de muchos factores, seguir las sugerencias de la norma ASTM D 3 666 o alguna guía similar aceptable, proporciona un medio de evaluación y control de algunos de los factores.</p> <p>NOTA 3. La investigación preliminar y el muestreo en las fuentes potenciales y tipos de áridos, ocupa un lugar muy importante en la determinación de la disponibilidad e idoneidad del mayor de los constituyentes individuales empleados en la construcción. Desde el punto de vista de la economía, influye en el tipo de construcción y desde el punto de vista del árido, regula el control de los materiales necesarios para garantizar la durabilidad de la estructura construida. Esta investigación debe ser realizada únicamente por una persona responsable, con formación y experiencia. Para obtener más orientación, ver los apéndices.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Áridos, finos y gruesos, muestreo.</p>		

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 sublotes 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 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)

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, barcasas 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 barcasas, 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 barcasas, 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)

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

Ing. José Arce (Vicepresidente)

Ing. Jaime Salvador

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR, APRHOPEC.

Ing. Raúl Ávila

HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES

Ing. Hugo Egüez

Ing. Raúl Cabrera

Sr. Carlos Aulestia

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 /

Ing. Diana Sánchez

HORMIGONERA EQUINOCCIAL

Ing. Stalin Serrano

FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA

Ing. Xavier Herrera

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Dr. Juan José Recalde

HORMIGONERA EQUINOCCIAL.

Ing. Mireya Martínez

HORMIGONERA QUITO

Ing. Rubén Vásquez

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Víctor Luzuriaga

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Patricio Torres

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

Ing. Luis Balarezo

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

Ing. Eric Galarza

DICOPLAN CIA. LTDA.

Ing. Nelson Alvar

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

SIKA ECUATORIANA S. A.

SIKA ECUATORIANA S. A.

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL

HORMIGÓN. INECYC

Otros trámites: ♦⁴ 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

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>		

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

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 mm 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	
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	Muestra para comparación de árido fino			Dentro del laboratorio		Entre laboratorios	
	Tamaño de la muestra (g)	Números de laborat.	Promedio	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	HORMIGONES HÉRCULES S. A.	
Ing. Jaime Salvador	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.	
Ing. Raúl Ávila	ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.	
Ing. Hugo Egüez	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 Valarozo	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 / HORMIGONES EQUINOCCIAL	
Ing. Diana Sánchez	FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.	
Ing. Stalin Serrano	HORMIGONES EQUINOCCIAL.	
Ing. Xavier Herrera	HORMIGONERA QUITO	
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. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.	
Otros trámites: ♦ ⁴ 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

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

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS</p>	<p>NTE INEN 858:2010 Primera revisión 2010-12</p>
<p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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 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>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 style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <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> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Áridos, Determinación de la masa</p>		

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 el 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 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.

5.7.2 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:

$$\text{Vacíos, \%} = \frac{[(S \times M) - D_a] \times 100}{(S \times D_a)} \quad (4)$$

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.

D_a = 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: TÍTULO: **ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA** Código: **CO 02.03-309**
NTE INEN 858 **UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE**
Primera revisión **VACÍOS**

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 Egüez

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. Mirceya 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 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
Registro Oficial No. 348 de 2010-12-24

Por Resolución No. 128-2010 de 2010-11-30



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 (gravidad 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 (gravidad 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 (gravidad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravidad 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 h \pm 4 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 cm³. 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 cm³ 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 mm \pm 3 mm de diámetro interno superior, 90 mm \pm 3 mm de diámetro interno en la base y 75 mm \pm 3 mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una masa de 340 g \pm 15 g y una cara compactadora circular y plana, de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.

5.2.5 Horno. De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5 °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 °C \pm 5 °C, hasta conseguir una masa constante, dejarla que se enfríe hasta una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente 50 °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 h \pm 4 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 e n 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
 R_1 = lectura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm^3
 R_2 = lectura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm^3
 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
 S_1 = 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. (R_2).

(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

<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 156 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación de la densidad. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697</p>	<p><i>Áridos. Muestreo. Áridos. Determinación del material más fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 µM (No. 200), mediante lavado.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857</p>	<p><i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858</p>	<p><i>Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 859</p>	<p><i>Áridos para hormigón. Determinación de la humedad superficial en el árido fino.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862</p>	<p><i>Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566 Norma ASTM C 128</p>	<p><i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del árido fino.</i></p>
<p>Norma ASTM C 670</p>	<p><i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i></p>
<p>Norma ASTM D 854</p>	<p><i>Método de ensayo para determinar la gravedad específica de los suelos sólidos por medio del picnómetro con agua.</i></p>
<p>Norma AAASHTO T 84</p>	<p><i>Gravedad específica y absorción del árido fino.</i></p>

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

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.

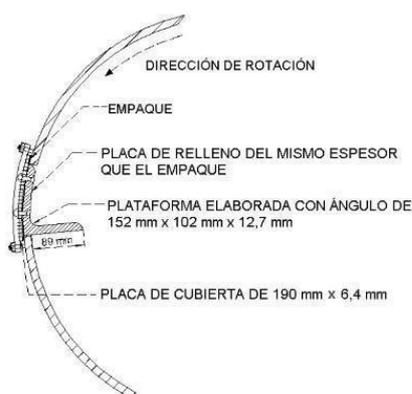
First Edition

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
CIIU: 2901
ICS: 91.100.15

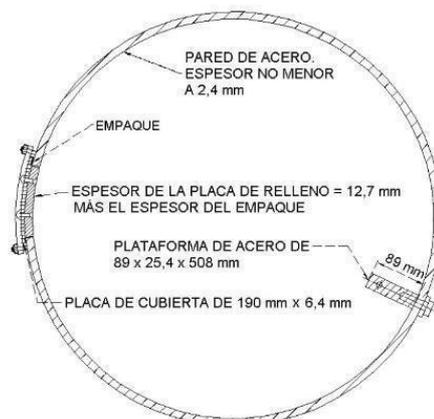
Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ANGELES	NTE INEN 860:2011 Primera Revisión 2011-06
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método 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> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, árido grueso, ensayo, degradación.</p>		

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 interrumpan 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 $1\ 270 \text{ mm}$ (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)

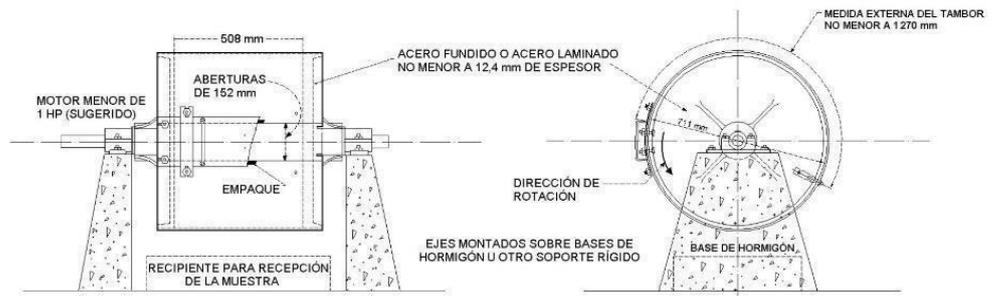


FIGURA 1. Máquina de Los Ángeles

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 $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 máquina 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: NTE INEN 860 Primera Revisión	TÍTULO: 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	Código: CO 02.03-316
---	--	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2010-06-14	REVISIÓN: 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 Integrantes del Subcomité Técnico:	Fecha de aprobación: 2010-10-28
---	---------------------------------

NOMBRES:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

Ing. José Arce (Vicepresidente)
Ing. Jaime Salvador

Ing. Raúl Ávila

Ing. Hugo Egúez
Sr. Carlos Aulestia
Ing. Luis Quinteros
Ing. Víctor Luzuriaga
Ing. Marlon Valarezo

Ing. Carlos González
Ing. Verónica Miranda

Ing. Xavier Herrera
Dr. Juan José Recalde
Ing. Mireya Martínez
Ing. Patricio Torres
Ing. Luis Balarezo
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

HORMIGONES HÉRCULES S. A.
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC.
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.
HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)
LAFARGE CEMENTOS S. A.
CEMENTO CHIMBORAZO C. A.
INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

INTACO ECUADOR S. A.
CONCRETOS V. M. / COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA
HORMIGONERA QUITO CIA. LTDA.
CAMINOSCA CIA. LTDA.
CAMINOSCA CIA. LTDA.
DICOPLAN CIA. LTDA.
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