



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA ARTES Y DISEÑO**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**TEMA:**

---

DISEÑO DE MEZCLAS DE DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE  $F'_{C}=210 \text{ KG. / CM.}^2$  A PARTIR DEL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PETREOS DE LAS CANTERAS ANCESA 3, LAS JUNTAS, LOS NIETOS Y ALVARADO.

---

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Arquitecto Urbanista

**Autor:**

David Andrés Jiménez Ramos

**Tutora:**

Ing. Daicy Paola Arias Salazar, Msc.

**AMBATO – ECUADOR**

**2020**

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR  
PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y  
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, David Andrés Jiménez Ramos, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “Diseño de mezclas de dosificación para hormigón de  $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$  a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.”, como requisito para optar al grado de Arquitecto Urbanista y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 12 días del mes de febrero del 2020, firmo conforme:

Autor: David Andrés Jiménez Ramos

Firma: .....

Número de Cédula: 180375699-6

Dirección: Tungurahua, Ambato, Huachi Chico, Puertas del sol.

Correo Electrónico: andresdr18@hotmail.com

Teléfono: 0992525171

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutora del Trabajo de Titulación “DISEÑO DE MEZCLAS DE DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE  $f'c=210$  KG. / CM.<sup>2</sup> A PARTIR DEL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PETREOS DE LAS CANTERAS ANCESA 3, LAS JUNTAS, LOS NIETOS Y ALVARADO.” presentado por David Andrés Jiménez Ramos, para optar por el Título Arquitecto Urbanista,

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 9 de enero del 2020

.....  
Ing. Daicy Paola Arias Salazar, Msc.

TUTORA

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto Urbanista, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 12 de febrero del 2020

.....

David Andrés Jiménez Ramos  
C.C. 180375699-6

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “DISEÑO DE MEZCLAS DE DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE F´C=210 KG. / CM.<sup>2</sup> A PARTIR DEL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PETREOS DE LAS CANTERAS ANCESA 3, LAS JUNTAS, LOS NIETOS Y ALVARADO.”, previo a la obtención del Título de Arquitecto Urbanista, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 12 de febrero del 2020

.....

Arq. María Augusta Rojas Molina, Msc.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Arq. María Belén Velastegui Toro, Msc.  
VOCAL

.....

Lic. Giovanna Núñez Torres, Msc.  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

El esfuerzo de este trabajo va dedicado especialmente a mi querida madre, **Eufemia**, por darme sus palabras de aliento y apoyo durante toda mi carrera, por creer en mí y principalmente por todo el esfuerzo que realizo para poder darme la oportunidad de superarme día a día para poder formarme para mi futuro. A mis sobrinos, **Sebastián y Juan** por estar a mi lado y apoyarme, sobre todo para que vean a su tío como un modelo a seguir, a mi padre, hermana y cuñado por todo el apoyo brindado, y a mis amigos.

A ellos por ser parte fundamental en el logro de mi meta.

*David Andrés Jiménez Ramos.*

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios y a la virgen por haberme dado salud, fortaleza y la sabiduría necesaria para poder alcanzar este meta.

Agradezco a mi madre por todo lo que ha hecho por mí, ya que nada de esto hubiera sido posible sin su apoyo. A mis familiares y amigos por haber sido mi apoyo en todo momento, por brindarme su ayuda y estar a mi lado durante todo este proceso incondicionalmente.

Agradezco a mi tutora Daicy, por haber aceptado se mi tutora y compartirme sus conocimientos, además de brindarme su apoyo y paciencia durante todo el trayecto para culminar mi trabajo de titulación.

*David Andrés Jiménez Ramos.*

## INDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR .....	ii
PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
INDICE DE CONTENIDOS .....	viii
INDICE DE TABLAS .....	x
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE GRÁFICOS .....	xii
INDICE DE IMÁGENES .....	xiii
INDICE DE FICHAS DE OBSERVACIÓN.....	xiv
INDICE DE ECUACIONES .....	xvii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	2
Tema de investigación.....	2
1.1 Contextualización.....	2
1.1. Formulación del problema.....	6
1.2. Preguntas de investigación.....	6
1.4 Justificación .....	6
1.5 Objetivos.....	8
1.5.1 Objetivo general.....	8
1.5.2 Objetivos específicos .....	8
CAPÍTULO II .....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Fundamento conceptual y teórico .....	9
2.2 Estado del arte.....	32



2.3 Metodología de la investigación .....	34
2.3.1. Línea y Sublínea de investigación .....	34
2.3.2 Diseño metodológico .....	35
2.3.2.1 Enfoque de la investigación .....	35
2.3.2.2 Nivel de investigación.....	35
2.3.2.3. Tipo de investigación .....	36
2.3.2.4 Objeto de estudio.....	36
2.3.2.5 Técnicas de recolección de datos .....	37
2.3.2.6 Técnicas para el procesamiento de la información .....	37
2.4 Conclusiones capitulares.....	38
CAPÍTULO III .....	39
APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	39
3.1. Delimitación espacial.....	39
3.2. Análisis de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las juntas, Los nietos y Alvarado.....	61
3.3. Conclusiones capitulares.....	85
CAPÍTULO IV .....	86
LA PROPUESTA .....	86
4.1. Variables para la dosificación.....	86
4.2. Dosificación mediante el método de las densidades de la Universidad Central del Ecuador. ....	94
Cantidad de pasta para distintos asentamientos .....	96
4.3. Comprobación de resistencia de las dosificaciones mediante la rotura de cilindros.....	107
4.4. Conclusiones capitulares.....	110
BIBLIOGRAFÍA .....	111
ANEXOS	

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Permisos de construcción en Latinoamérica.....	3
Tabla 2: Cantidad de hormigón por estructura.....	4
Tabla 3: Rangos de asentamiento según el ensayo llamado “Cono de Abrams”..	19
Tabla 4: Relación entre las resistencias a la compresión y algunos valores de la relación A/C. ....	27
Tabla 5 : Descripción cantera Ancesa 3 .....	53
Tabla 6: Descripción cantera Los Nietos .....	55
Tabla 7: Descripción cantera Las Juntas .....	56
Tabla 8: Descripción cantera Alvarado.....	58
Tabla 9: Comparativa de dosificaciones .....	105
Tabla 10 Dosificaciones para emplearse en obra.....	106
Tabla 11: Dosificación de componentes de hormigón con árido de $\frac{3}{4}$ pulgada. ..	94

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Tratamiento ordinario de los agregados .....	9
Cuadro 2: Tratamiento especial de los agregados.....	10
Cuadro 3: Granulometría de los agregados .....	12
Cuadro 4: Clasificación de los agregados por sus formas y texturas.....	13
Cuadro 5: Tipos de cemento Portland.....	16
Cuadro 6: Clasificación de hormigón por densidades.....	21
Cuadro 7: Factores que pueden producir deterioro en el hormigón.....	25
Cuadro 8: Factores que modifican la resistencia del hormigón .....	28
Cuadro 9: Métodos de dosificación .....	32
Cuadro 10: Objeto de estudio.....	37
Cuadro 11: Clasificación de las minas de la provincia de Tungurahua. ....	43
Cuadro 12: Clasificación de minas de la ciudad de Ambato .....	45
Cuadro 13: Clasificación de minas de la ciudad de Pelileo .....	47
Cuadro 14: Clasificación de minas de la ciudad de Baños .....	48
Cuadro 15: Clasificación de minas de la ciudad de Pillaro.....	50
Cuadro 16: Clasificación de minas de la ciudad de Salcedo.....	51
Cuadro 17: Clasificación de cementos según su INEN 2380 .....	59
Cuadro 18: Límites para pruebas granulométricas con áridos finos .....	63
Cuadro 19: Resistencias a la compresión basada en la relación agua/ cemento ...	95
Cuadro 20: Cantidad de pasta para distintos asentamientos .....	96

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución de las edificaciones por provincias .....	5
Gráfico 2: Clasificación de los agregados.....	13
Gráfico 3: Diagrama indicativo de las resistencia (en porcentaje que adquiere el concreto a los 14, 28 42 y 57 días. ....	29
Gráfico 4: Clasificación de los ensayos .....	31
Gráfico 5: Superficie de explotación minera provincia de Tungurahua. ....	42
Gráfico 6: Porcentaje de superficie de explotación minera provincia de Tungurahua. ....	42
Gráfico 7: Ventas anuales de cemento. ....	60
Gráfico 8: Ventas por marcas de cemento. ....	61
Gráfico 9: Limites para pruebas granulométricas para áridos finos .....	63

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Ubicación del estudio.....	39
Imagen 2: Mapeo del área de estudio provincia de Cotopaxi .....	40
Imagen 3: Mapeo del área de estudio provincia de Tungurahua .....	41
Imagen 4: Mapeo minas de la ciudad de Ambato .....	44
Imagen 5: Mapeo minas de la ciudad de Pelileo.....	46
Imagen 6: Mapeo minas de la ciudad de Baños .....	47
Imagen 7: Mapeo minas de la ciudad de Pillaro .....	49
Imagen 8: Mapeo minas de la ciudad de Salcedo .....	51
Imagen 9: Mapeo minas escogidas para el estudio .....	52
Imagen 10: Implatación Cantera Ancesa 3 .....	54
Imagen 11: Cantera Ancesa 3 .....	54
Imagen 12: Implantación Cantera Los Nietos.....	55
Imagen 13: Cantera Los Nietos.....	56
Imagen 14: Implantación Cantera Los Nietos.....	57
Imagen 15: Cantera Las juntas .....	57
Imagen 16: Implantación Cantera Alvarado .....	58
Imagen 17: Cantera Alvarado .....	59
Imagen 18: Tipo de fracturas en cilindros de hormigón .....	109

## INDICE DE FICHAS DE OBSERVACIÓN

Ficha técnica de observación 1: Resultados del ensayo de granulometría del árido fino proveniente de la cantera Ancesa 3. ....	65
Ficha técnica de observación 2: Resultados del ensayo de granulometría del árido fino proveniente de la cantera Las Juntas. ....	66
Ficha técnica de observación 3: Resultados del ensayo de granulometría del árido fino proveniente de la cantera Los Nietos. ....	67
Ficha técnica de observación 4: Resultados del ensayo de granulometría del árido grueso proveniente de la cantera Alvarado. ....	68
Ficha técnica de observación 5: Resultados del ensayo de granulometría del árido grueso proveniente de la cantera Alvarado .....	69
Ficha técnica de observación 6: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal $\frac{3}{4}$ " de la cantera Alvarado y árido fino cantera Ancesa 3 .....	71
Ficha técnica de observación 7: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal $\frac{3}{4}$ " de la cantera Alvarado y árido fino cantera Las Juntas. ....	72
Ficha técnica de observación 8: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal $\frac{3}{4}$ " de la cantera Alvarado y árido fino cantera Los Nietos. ....	73
Ficha técnica de observación 9: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 1" de la cantera Alvarado y árido fino cantera Ancesa 3. ....	74
Ficha técnica de observación 10: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 1" de la cantera Alvarado y árido fino cantera Las Juntas. ....	75
Ficha técnica de observación 11: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 1" de la cantera Alvarado y árido fino cantera Los Nietos. ....	76
Ficha técnica de observación 12: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado fino de la cantera Ancesa 3. ....	79
Ficha técnica de observación 13: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado fino de la cantera Las Juntas. ....	80
Ficha técnica de observación 14: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado fino de la cantera Los Nietos. ....	81
Ficha técnica de observación 15: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso de la cantera Alvarado. ....	82
Ficha técnica de observación 16: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso de la cantera Alvarado. ....	83
Ficha técnica de observación 17: Resultados ensayo de densidad real cemento Holcim. ....	84

Ficha técnica de observación 18: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Ancesa 3.....	88
Ficha técnica de observación 19: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Las Juntas.....	89
Ficha técnica de observación 20: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Los Nietos.....	90
Ficha técnica de observación 21: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Ancesa 3.....	90
Ficha técnica de observación 22: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Las juntas.....	91
Ficha técnica de observación 23: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Los Nietos.....	92
Ficha técnica de observación 24: Dosificación para hormigón de $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim+.....	99
Ficha técnica de observación 25: Dosificación para hormigón de $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim.....	100
Ficha técnica de observación 26: Dosificación para hormigón de $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.....	101
Ficha técnica de observación 27: Dosificación para hormigón de $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim.....	102
Ficha técnica de observación 28: Dosificación para hormigón de $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las Juntas y cemento Holcim.....	103
Ficha técnica de observación 29: Dosificación para hormigón de $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.....	104
Ficha técnica de observación 30: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim.....	173
Ficha técnica de observación 31: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim.....	174

Ficha técnica de observación 32: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.....	175
Ficha técnica de observación 34: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim.....	176
Ficha técnica de observación 35: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.....	177



## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Densidad Real del Agregado.....	95
Ecuación 2: Porcentaje Óptimo de Vacíos.....	96
Ecuación 3: Cantidad de Cemento .....	97
Ecuación 4: Cantidad de Agua.....	97
Ecuación 5: Cantidad de Arena.....	97
Ecuación 6: Cantidad de Ripio.....	97
Ecuación 7: Dosificación al peso .....	98
Ecuación 8: Dosificación para 1 saco de cemento .....	98

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO**  
**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**TEMA:** DISEÑO DE MEZCLAS DE DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE  $f'c=210$  KG. / CM.<sup>2</sup> A PARTIR DEL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PÉTREOS DE LAS CANTERAS ANCESA 3, LAS JUNTAS, LOS NIETOS Y ALVARADO.

**AUTOR:** David Andrés Jiménez Ramos

**TUTORA:** Ing. MSc. Daicy Paola Arias Salazar

**RESUMEN EJECUTIVO**

La industria de la construcción en el Ecuador tiene como material preponderante al hormigón, la calidad de este compuesto depende de sus materias primas y afecta o beneficia directamente a la calidad de las edificaciones. En este contexto, el propósito de este estudio es determinar las dosificaciones necesarias para obtener hormigón de  $f'c= 210$  kg. / cm.<sup>2</sup> a partir de los materiales pétreos extraídos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado, mediante la aplicación del método de diseño de hormigones basado en las densidades de los materiales de la Universidad Central del Ecuador. La implementación de este método requiere la definición de varias propiedades mecánicas de los materiales entre las cuales tenemos: la densidad real y aparente del árido fino, árido grueso y cemento. Además, de los porcentajes óptimos de arena y ripio, la relación agua cemento y la cantidad óptima de vacíos, para el efecto se realizó diferentes ensayos a los materiales basados en las normativas INEN, ACI y ASTM. Esta investigación tiene un nivel exploratorio, descriptivo y experimental pues se empezó con la evaluación de las canteras más empleadas, luego se analizaron las propiedades de los áridos provenientes de estas minas y posteriormente se calculó los porcentajes de material necesario para obtener un hormigón que cumpla con la resistencia deseada. Los materiales estudiados son aptos para la elaboración de hormigón pues cumplen con los rangos normativos y se concluyó que a mayor tamaño nominal del árido grueso mayor será la cantidad de cemento que necesite la dosificación. Finalmente, la propuesta expone las cantidades de materiales que se requiere mezclar para obtener un hormigón de  $f'c= 210$  kg. / cm.<sup>2</sup>, en unidades de medida que pueden ser entendidas por los involucrados en la construcción.

**DESCRIPTORES:** canteras, dosificación, hormigón, material pétreo, normativas.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO**  
**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**THEME:** DESIGN OF MIXTURE DOSAGE FOR  $f'c = 210 \text{ KG. / CM.}^2$  CONCRETE AS A RESULT OF THE STUDY OF THE PROPERTIES OF STONE MATERIALS OF 'ANCESA 3, LAS JUNTAS, LOS NIETOS AND ALVARADO' QUARRIES

**AUTHOR:** David Andrés Jiménez Ramos

**TUTOR:** Ing. MSc. Daicy Paola Arias Salazar

**ABSTRACT**

Construction industry in Ecuador has concrete as an important material, the quality of this compound depends on its raw materials and directly affects or benefits the quality of buildings. In this context, the purpose of this study is to determine the necessary dosages to obtain  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$  concrete by mining stone materials from 'Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos and Alvarado' quarries, through concrete design application method based on the building materials densities from 'Universidad Central del Ecuador'. Implementation of this method requires the definition of several mechanical features such as the real and apparent density of fine aggregate, coarse aggregate and cement. In addition to the optimal percentages of sand and gravel, water, cement ratio and the optimum amount of voids; for that purpose, different material tests were carried out based on INEN, ACI and ASTM standards. This research has an exploratory, descriptive and experimental level because it began with the evaluation of the most-frequently used quarries; then the aggregates properties from these mines were analyzed; afterwards, percentages of necessary material were calculated to obtain a concrete that meets the desired resistance. The analyzed materials are suitable for concrete production because they fulfill the regulatory ranges and it was concluded that the larger nominal size of the coarse aggregate, the greater amount of cement needs the dosage. Finally, the proposal states the amount of materials that need to be mixed to obtain  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$  concrete, according to measurement units which can be understood by people involved in building.

**KEYWORDS:** concrete, dosage, quarries, regulations, stone material.

## INTRODUCCIÓN

El hormigón es el material preponderante en el sector de la construcción tanto a nivel mundial como en el Ecuador. El proceso constructivo de una edificación conlleva cierto nivel de incertidumbre sobre su calidad pues esta depende directamente de procesos que son gestionados en las obras y que deben ser controlados y supervisados.

El presente trabajo de titulación se concreta en determinar las cantidades de material necesario para obtener una mezcla de hormigón que presente una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , a partir del uso los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las juntas, Los nietos y Alvarado.

En tal sentido se deben determinar las propiedades mecánicas de los materiales provenientes de estas canteras para primero determinar si estas materias primas cumplen con la normativa establecida, esta normativa local está basada en normativas internacionales por lo que sus resultados podrán ser comparados con parámetros internacionales.

La metodología aplicada a parte de descriptiva será exploratoria. Además, presenta un enfoque cuali-cuantitativo debido a que el proceso por el cual se va determinar las propiedades mecánicas esta realizado a partir de normativas.

A partir de estas propiedades se podrá calcular las cantidades de material necesario mediante el uso del método de las densidades que es el método empleado en los laboratorios locales y nos permitirá definir la cantidad de material necesario dependiendo de cómo se los combine ya sea haciendo uso de arenas diferentes o de agregado de tamaño nominal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada o una pulgada.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### Tema de investigación

“Diseño de mezclas de dosificación para hormigón de  $f'c=210$  kg. /  $cm.^2$  a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las juntas, Los nietos y Alvarado.”

### 1.1 Contextualización

El hormigón es un material de elección para arquitectos, ingenieros y constructores en general durante miles de años. La historia data de que fue utilizado desde los años 6000 A. C. sobre todo en Siria y Jordania. Su bajo precio, aplicación vertiginosa, versatilidad y grandes facilidades para los involucrados en su uso justifica que se viertan aproximadamente 22 mil millones de toneladas de concreto cada año.

Según un datos reciente de la BBC, la producción de cemento se ha multiplicado por treinta desde 1950 y cuadruplicado desde 1990, impulsada en parte por la construcción de posguerra en Europa y el auge de la construcción en Asia desde la década de 1990 en adelante. Se pronostica que para mantener el ritmo de las demandas en el sudeste asiático y el África subsahariana, la producción de cemento podría aumentar en un 25% para el 2030. (Walsh, 2019)

Adicionalmente, en Latinoamérica según Lascarra, M. (2018) indica que la forma de construcción de las familias es informal, con una baja utilización del concreto, creando problemas de sustentabilidad en el área de la construcción que como se observa en la Tabla 1 los permisos de construcción se declaran en cantidades inferiores con respecto a las viviendas construidas.

**Tabla 1: Permisos de construcción en Latinoamérica**

País	Permisos	Viviendas	Area a construir (en miles)
Ecuador	30.630	65.347	15.386
Bolivia	6.137	ND	2.857
Chile	ND	183.660	19.219
Colombia	ND	180.821	22.388
Costa Rica	30.347	26.404	3.031

**Notas:** Colombia levanta 302 municipios de 32 departamentos del país. Bolivia, Chile y Colombia levantan y publican información mensual. 3. ND=Dato no disponible o no presentado por el país.

**Fuentes:** Estadísticas de Edificaciones que se encuentran publicadas en las páginas web de los países mencionados.

**Fuente:** (INECYC, 2019)

Dentro de este contexto la industria de la construcción en el Ecuador tiene un crecimiento sostenido, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2019) refiere que: el material más usado en la estructura de las edificaciones a nivel nacional es el hormigón armado con un porcentaje del 91.8% relegando al segundo lugar con el 5.6% a las construcciones con estructura metálica, esta gran diferencia se debe a que en el estudio de los costos asociados a los diferentes sistemas constructivos, es el hormigón el que prevalece en la relación costo beneficio sobre los demás.

De igual manera en el país al igual que el resto del mundo es constante la informalidad en la construcción, pese a que se tiene como guía a las Normas ecuatorianas de la construcción NEC, son muy pocas las obras edificadas que las cumplen. Las construcciones informales tienen un inadecuado diseño de hormigón y mal manejo de materiales “generalmente con exceso de agua en la mezcla” (Maldonado, 2011) consecuencia de un manejo anti técnico causado por un conocimiento adquirido empíricamente.

Así pues, la forma en que una estructura de hormigón responda en el tiempo, depende de la calidad de los materiales con los que fue elaborado, la reducida calidad del hormigón, se evidencia en la mala resistencia de las edificaciones ante eventos sísmicos, como el suscitado en la costa ecuatoriana el 16 de abril del 2016, en donde se registraron 69.335 edificaciones afectadas, de las cuales en Manabí

tuvieron que ser demolidas 9.663 y en Esmeraldas se derrocaron 658 edificaciones (La Secretaría Reconstruyo Ecuador, 2017).

Además, a nivel nacional el sector de la construcción durante el año 2018 ha levantado 35.639 edificaciones que se traducen en 15.39 millones de metros cuadrados que está compuesto por tres factores la construcción residencial, no residencial y superficie para garajes, la Cámara de la Construcción de Ambato en su boletín técnico de Julio del 2019 numero 55 presenta un detalle referencial de la cantidad de materiales necesarios para poder construir una unidad de vivienda promedio de donde podemos inferir que para poder construir una unidad de metro cuadrado se necesitara de 0.4 metros cúbicos de hormigón en promedio como podemos analizar en la siguiente tabla.

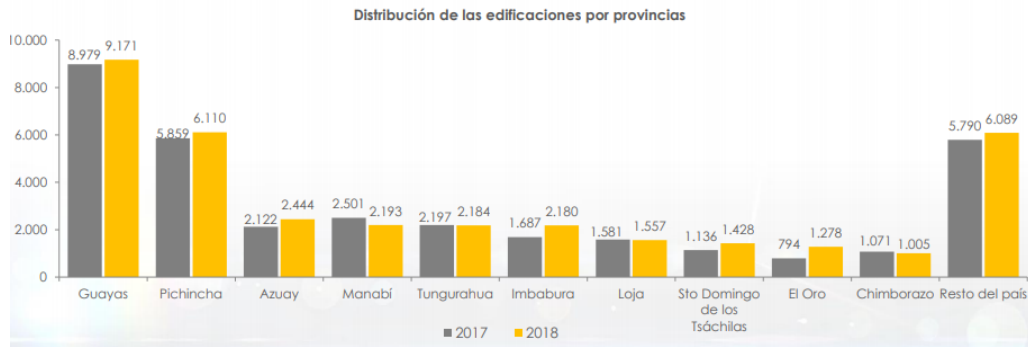
**Tabla 2: Cantidad de hormigón por estructura**

Estructura	Subtotal m3	Total
Replanteo de H.S. 180 Kg./cm <sup>2</sup>	0,45	0,45
Hormigón ciclópeo 40% piedra 210 Kg./cm <sup>2</sup>	7,2	4,32
Plintos de hormigón H.S. 210 Kg./cm <sup>2</sup>	2,21	2,21
Hormigón simple en cadenas 210 Kg./cm <sup>2</sup>	1,92	1,92
Hormigón simple en vigas 210 Kg./cm <sup>2</sup>	5,76	5,76
Hormigón simple en riostra 210 Kg./cm <sup>2</sup>	0,59	0,59
Hormigón simple en columnas 210 Kg./cm <sup>2</sup>	2,83	2,83
Hormigón en losa 210 Kg./cm <sup>2</sup>	5,26	5,26
Total metros cúbicos de hormigón casa tipo		23,34
Metraje de casa		58,5
Cantidad de hormigón por metro cuadrado		0,40

Fuente: (Cámara de Construcción, 2019)  
Elaboración: Jiménez, David 2019

Igualmente, según la misma fuente se edificaron 2180 construcciones que en comparación al año 2017 tiene un decrecimiento, pero de apenas 13 unidades, lo que sí se puede apreciar que el comportamiento de los permisos de construcción con la superficie que se construye, pero a partir de la información anterior se puede inferir que en el año 2017 en la provincia de Tungurahua se necesitaron de 337.6

miles de metros cúbicos de hormigón mientras que para el año 2018 se necesitaron 264.8 miles de metros cúbicos de hormigón.



**Gráfico 1: Distribución de las edificaciones por provincias**

**Fuente:** (INEC, 2018)

De todos modos, en la provincia de Tungurahua el problema de la informalidad en la construcción es un problema latente, los entes reguladores de las construcciones como son: el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, el Ministerio de Obras Públicas, el Gobierno Provincial y los Municipios, deberían tomar acciones para prevenir la elaboración y utilización de hormigón de mala calidad.

Adicionalmente, en la provincia el abastecimiento de material pétreo proviene de canteras ubicadas en varios sectores, estos yacimientos se encuentran aledaños a las siguientes referencias geográficas: las riberas del río Ambato, las faldas del volcán Tungurahua, las riberas del río Cutuchi y Pastaza, las características y propiedades de cada una de estas minas son diferentes debido a la acción de los agentes atmosféricos y factores geológicos que influyeron en la formación de los materiales, por lo tanto las dosificaciones de los materiales para obtener un hormigón de buena calidad varían en función de las diferentes características y propiedades dependiendo del lugar de donde estos provienen.

Finalmente, se vuelve necesario el estudio de las características de los materiales de minas y canteras representativas de la provincia de Tungurahua con el fin de tener información con la cual se pueda mejorar el proceso de elaboración de



hormigón y lograr una mezcla estandarizada a partir del uso de materias primas locales.

### **1.1. Formulación del problema**

¿Cuál debería ser la dosificación para hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$  a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado?

### **1.2. Preguntas de investigación**

1. ¿Cuáles son las características de los materiales provenientes de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado, en el año 2019?
2. ¿Qué método de dosificación se requiere para obtener hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$  a partir de los materiales pétreos extraídos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado?
3. ¿Qué cantidades de materiales pétreos extraídos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado deben ser usados en la dosificación para la obtención de hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ?

### **1.4 Justificación**

El concreto u hormigón es una piedra artificial, utilizado como una materia prima en el sector de la construcción, y debido a sus buenas prestaciones es uno de los materiales más utilizados en el mundo, se forma esencialmente por una mezcla de cemento, agregado grueso, como grava, agregado fino representado por la arena, agua y en ocasiones dependiendo de las necesidades particulares se da el uso de aditivos específicos.

Puesto que los ingenieros civiles, arquitectos y todas las personas relacionadas con la construcción son directamente responsables del control de calidad del hormigón

es de mucha importancia conocer las características de la materia prima que se utiliza para la producción de este material, por lo que se considera la razón fundamental de este trabajo de investigación, el establecer las cantidades de aglomerante y aglomerados necesarias para lograr un hormigón que cumpla la resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ , contribuyendo de esta manera al sector de la construcción civil en general y a la sociedad en particular, pues mediante el uso de materiales se garantizará construcciones que cumplan las normas establecidas.

Por lo tanto, conocer la dosificación para lograr hormigón que cumpla la resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}$  A partir de las propiedades de los materiales provenientes de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado, nos motivara a generar conciencia sobre la calidad de las construcciones, basada en el uso de materiales de alta calidad; así mismo, es importante concientizar a los proveedores en este caso dueños y administradores de canteras, para que ofrezcan productos en óptimas condiciones como materia prima la misma que permitirá alcanzar una mezcla requerida para una buena edificación.

Además, el proyecto de investigación fue viable pues existe material bibliográfico, hemerográfico, bases de datos con investigaciones previas y asesoría profesional de docentes conocedores del tema que permitieron llevar adelante este trabajo que será de utilidad para el sector de la construcción.

Finalmente, al ser un documento público instituciones como los municipios, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Ministerio de Obras Públicas y constructores podrán hacer uso de los resultados de esta investigación, como referente para la elaboración de hormigones que cumplan la resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}$  a partir del uso de materias primas específicas para garantizar así construcciones seguras.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Determinar las dosificaciones necesarias para obtener hormigón de  $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$  a partir de los materiales pétreos extraídos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar las propiedades de los materiales pétreos extraídos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.
- Determinar el método de dosificación que se requiere para obtener hormigón de  $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$  a partir de los materiales pétreos extraídos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.
- Proponer las cantidades de materiales pétreos extraídos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado que deben ser usados en la dosificación para la obtención de hormigón de  $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Fundamento conceptual y teórico

##### Canteras

*“Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos”* (Bertolio, 2012, pág. 12)

*“La explotación de minas y canteras abarca la extracción de minerales que se encuentran en la naturaleza en estado sólido como carbón y otros mineras, líquido petróleo o crudo o gaseoso o gas natural. Su extracción se realiza en minas subterráneas o a cielo abierto, o mediante pozos”* (Raquejo, 2015, pág. 23).

##### Procesamiento de los agregados procedentes de las canteras

El procesamiento de los agregados percibe el conjunto de acciones y tratamientos a que deben someterse los materiales extraídos de la cantera, hasta ponerlo en las mejores condiciones posibles, con el propósito de utilizarlos en la fabricación de concreto.

**Cuadro 1: Tratamiento ordinario de los agregados**

Tratamiento ordinario	Triturado	Es la reducción de tamaño de las partículas de roca por trituración, constituye la acción básica del procesamiento cuando se requiere producir agregados manufacturados
	Cribado	Es la separación de los agregados en fracciones se efectúa por cribado mecánico, es decir se hace pasar el material natural por cribas con aberturas cuadradas o redondas de diferente medida
	Lavado	El lavado no necesariamente se pretende la completa eliminación de sus contaminantes, sino más bien disminuir su proporción a niveles que han probado no ser decreméntales para la calidad del concreto

Fuente: Manual de Tecnología del Concreto  
Elaboración: Jiménez, David 2019

**Cuadro 2: Tratamiento especial de los agregados**

Tratamiento especial	Remoción de arcilla aglutinada	Con el fin de eliminar la arcilla se hace necesario someter los agregados a tratamiento de lavado más enérgico, acompañado de acciones de frotación para remover las costras y de impacto para desbaratar los terrones.
	División de la arena en fracciones	Generalmente en cada tolva se acumulan fracciones de partículas de diferente tamaño cuya dosificación programada y regulada por dispositivos automáticas permite recomponer la arena con una granulometría apegada determinados requerimientos.
	Remoción de partículas débiles	Las partículas débiles son aquellas cuya escasa resistencia o debilidad en estado saturado puede resultar perjudicial para la resistencia mecánica, la durabilidad u otras propiedades del concreto.
	Remoción de partículas ligeras	Las partículas ligeras afectan más a la calidad del concreto cuando forman parte de la grava que cuando se encuentran en la arena por ello es necesaria su remoción

Fuente: Manual de Tecnología del Concreto  
Elaboración: Jiménez, David 2019

### **Producción, almacenamiento y entrega de los agregados**

Según (Nivelle & Brooks, 2008) el estudio de los agregados debe considerar tres aspectos.

1.- Para la producción de los agregados es necesario considerar los siguientes aspectos:

- El material proveniente de la cantera conserve las características que permitieron su aceptación.
- Los equipos deben responder de manera favorable a las consideraciones operativas.

- Los procesos deben ser efectivos para lograr entregar agregados que cumplan especificaciones y realizar control mediante inspección de los procesos.

2.- Para el almacenamiento de los agregados se requiere:

- Debido a la sobresaturación de los agregados, es necesario dejarlos reposar para que drenen el agua libre y uniformemente.
- Es necesario la existencia de depósitos amplios con el fin de alcanzar un buen almacenamiento.
- Se recomienda que el almacenamiento sea en terrenos sean planos y horizontales.

3.- Para el transporte de los agregados se necesita:

- Se debe eliminar la segregación o concentración de partículas agrupadas por tamaños en las diferentes áreas del almacenamiento.
- Las entregas parciales de agregados procesados deben acomodarse de manera que se constituyan sucesivamente capas horizontales, las cuales pueden regularizarse con la ayuda de equipo mecánico.

Por último, el mismo autor da importancia al aseguramiento de la calidad de los agregados, considerando que de ello depende la calidad del hormigón.

### **Agregados**

*“Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto o piedra artificial, conocido como concreto u hormigón” (Mamlouk & Zaniewski, 2009, pág. 85).*

El criterio de (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 38) con respecto a los agregados es:

“Al agregado se lo considero un material inerte, no costoso, disperso en la pasta de cemento para producir un gran volumen de concreto. Cuando en realidad el agregado no es inerte, pues sus propiedades físicas, térmicas y en ocasiones químicas pueden influir en el desempeño del concreto”.

Los agregados se pueden clasificar en agregados finos y agregados gruesos:

Aunque hay varias formas de clasificar a los agregados, uno de los más comunes es el que los separa en agregados gruesos y finos, dependiendo del diámetro medio de sus partículas. Si se usa una malla del número 4 (4.75 milímetros), lo que se queda retenido en la malla son agregados gruesos; lo que pasa esta malla (pero que es retenido en una malla del número 200, de 0.075 milímetros) son los agregados finos.

**Agregados gruesos** se les llama gravas; a los finos, arenas. Sin embargo, en términos generales hay más variedad de agregados: los hay pesados (como la barita), que ofrecen alta densidad; ligeros (como la piedra pómez o la escoria volcánica) para concretos ligeros; y hay también otras categorías de gravas y arenas trituradas.

**Los agregados finos o arenas** consisten en arena natural extraída de los ríos, lagos, depósitos volcánicos o arenas artificiales, esto es, que han sido triturados. Estos agregados abarcan normalmente partículas entre 4.75 y 0.075 mm. (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 39)

**Cuadro 3: Granulometría de los agregados**

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Clasificación según Attemberg - (Sistema Internacional)	U.S. Dep. de Agricultura	Ex' U.R.S.S.
< 0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
< 0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			
0,05	Arena Fina	Arena muy fina	Arena fina
0,1		Arena fina	Arena media
0,25			
0,2			
0,5	Arena gruesa	Arena gruesa	Arena gruesa
1		Arena muy gruesa	
2	Grava fina	Grava fina	Grava
3			
5			
10	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
20			
> 20,0			

Fuente: (Escala Granulométrica de Udden-Wentworth, 2016)

Elaborado por: Jiménez, David (2019)

Agregados naturales	Agregados trituración	Agregados artificiales	Agregados marginales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son aquellos que se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las exigencias según su disposición final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera o de las granulometrías de rechezo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales canterables cuyas propiedades físicas sean adecuadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los agregados marginales engloban a todos los materiales que cumplen de alguna de las especificaciones vigentes.</li> </ul>

**Gráfico 2:** Clasificación de los agregados

Elaborado por: Jiménez, David (2019)

#### **Cuadro 4: Clasificación de los agregados por sus formas y texturas**

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Completamente desgastada por agua y fricción	Grava de río o playa, arena del desierto, de la playa o de viento
Irregular	Naturalmente irregular o parcialmente moldeada por fricción con bordes pulidos	Otras gravas, pedernal de tierra o excavado
Escamosa	Material cuyo espesor es pequeño en relación con las otras dos dimensiones	Roca laminada
Angular	Posee borde bien definidos formados en la intersección de caras planas	Rocas trituradas de todos tipos, escoria triturada
Alargada	Material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones	
Escamosa alargada	Material con longitud considerablemente mayor que el ancho y ancho considerablemente mayor que el espesor	

Elaborado por: Jiménez, David (2019)



## **Propiedades de los agregados**

Considerando que la forma y textura del agregado grueso y fino también afecta la exigencia de agua de mezclado y la correlación agua material cementante, se presenta a continuación las propiedades de los agregados.

### **Adherencia**

*“Tanto la forma de la partícula como la textura de la superficie del agregado influyen considerablemente en la resistencia de los concretos, especialmente en los de alta resistencia y afectan más a la resistencia a la flexión que a la resistencia de la compresión. Una textura más áspera dará por resultado una mayor adhesión o adherencia entre las partículas y la matriz de cemento”* (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 39).

### **Resistencia**

*“La resistencia a la compresión del concreto no puede exceder significativamente a la de mayor parte del agregado que contiene, aunque no es fácil determinar la resistencia a la trituración del agregado mismo”* (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 39).

### **Dureza**

*“A la dureza se le entiende como la resistencia del agregado a fallar por impacto. Lo común es determinar el valor del impacto del agregado en el volumen de agregado”* (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 39).

### **Densidad de masa**

*“La densidad de masa depende cuan compactado este el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello propósito de prueba, debe especificarse el cado de compactación que reconoce dos grados: flojo y compactado”* (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 39). Los valores óptimos para la densidad real están cerca de 2.6 gr/cm<sup>3</sup>.

## **Porosidad y absorción**

*“La porosidad, la permeabilidad y la capacidad de absorción del agregado influyen en la adherencia con las pasta de cemento, en la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo, en la estabilidad química, en la resistencia a la absorción y en gravedad específica” (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 39).*

## **Contenido de humedad**

*“Puesto que la absorción representa el agua contenida en agregado en condición saturada y de superficie seca, podemos definir el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca. Así, el contenido total de agua de un agregado húmedo será igual a la suma de la absorción y del contenido de humedad” (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 39).*

## **EL CEMENTO**

*“El cemento es un ligante hidráulico, o sea una sustancia que, mezclada con el agua, está en condiciones de endurecer ya sea en el aire, como debajo del agua. La piedra de cemento en vía de formación presenta resistencias elevadas y no se disuelve en el agua” (Reyes, 2019).*

*“El cemento Portland es una combinación de un material calcáreo, como piedra caliza y yeso y una base de sílice y alúmina, como arcilla o esquisto” (Comisión General de Electricidad, 2013).*

## **Proceso de producción del cemento**

El proceso de manufactura consiste esencialmente en moler las materias primas hasta lograr un polvo muy fino, mezclarlas perfectamente en proporciones establecidas y quemarlas en un gran horno rotatorio a una temperatura de aproximadamente 1400<sup>0</sup> C, el material se incrusta y se funde parcialmente hasta convertirse en escorias. Cuando la escoria se enfría, se muele hasta convertirla en un polvo fino y se le agrega un poco de yeso. Este producto resultante es el cemento Portland comercial que se usa en todo el mundo. (Nivelle & Brooks, 2008, pág. 14)

**Cuadro 5: Tipos de cemento Portland**

Tipo	Descripción		Norma	
			INEN	ASTM
Puros	I	Uso Común	152	C150
	II	Moderada resistencia a sulfatos Moderado calor de hidratación	152	C150
	III	Elevada resistencia inicial	152	C150
	IV	Bajo calor de hidratación	152	C150
	V	Alta resistencia a la acción de sulfatos	152	C150
	Los tipos IA, IIA y IIIA incluyen incorporador de aire			

Elaborado por: Jiménez, David (2019)

Fuente: (Holcim, 2018)

### **Calidad del cemento**

La calidad del cemento es esencial para la elaboración de un buen concreto y por lo tanto requiere un estricto control. Se ha establecido un conjunto de pruebas para laboratorios de plantas de cemento, el propósito de asegurar que este alcance la calidad deseada y que se ajuste a las especificaciones de las normas nacionales pertinentes.

### **Conceptos de hormigón**

Al analizar la norma ecuatoriana de la construcción en el subtema del hormigón armado define al hormigón simple de la siguiente manera: “La mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua con o sin aditivos.” (NEC, 2014). Por otra parte postula el autor Sanhueza (2015) “Material compuesto por un medio conglomerante que será el cemento, partículas de áridos y agua. Eventualmente aditivos y adiciones.”. Podemos inferir entonces que el hormigón es un material elaborado a partir de la combinación de agregados y aglomerante, que al fraguar pasa a un estado de endurecimiento, estado en el cual la resistencia a la compresión se torna la propiedad más representativa.

El concreto es un compuesto que se puede obtener mediante la elaboración in situ o mediante su fabricación en una planta estacionaria, material conocido como

hormigón premezclado. Cada edificación que se construye requiere de necesidades particulares, por esto es que el material que se emplea en las obras requiere de una especificación por parte del diseñador, en este entorno este conglomerado es fabricado para poder lograr un material que cumpla las exigencias impuestas por el diseñador.

El trabajo conjunto del hormigón simple con el acero constituye el hormigón armado, el material más importante del sector de la construcción debido a sus propiedades se le puede emplear de diversas maneras.

Este compuesto necesita de un control y verificación de sus propiedades mecánicas y físicas, de cada uno de los materiales que lo componen; así como de la mezcla en todas sus fases: diseño, producción, traslado, colocación, consolidación, protección y curado además del seguimiento en el proceso de fraguado. (NEC, 2013)

### **Propiedades del hormigón fresco**

El estado fresco es aquel en el que el hormigón ha culminado el proceso de amasado y la mezcla aún no ha sido vertida en un encofrado, el amasado del hormigón requiere de tiempo para poder mezclar sus componentes por lo que se puede tomar como tiempo referencial un tiempo de dos horas en hormigones comunes y una hora en hormigones de alta resistencia para considerar a un hormigón que está en su estado fresco. (Sanhueza M. , 2015).

El hormigón en este estado puede ser transportado y vertiéndolo en un molde este tomara la forma de donde se lo coloque, entre las características que presenta el hormigón en este estado es que puede ser compactado, además que por el agua que presenta en su consistencia presenta su característica más importante en este estado que es la trabajabilidad que es la razón por la cual el hormigón es un material moldeable.

## **Consistencia**

La característica de consistencia del hormigón debe ser determinada en base al uso en el cual se va a emplear el material y esta puede ser variada a partir de aditivos sin disminuir su resistencia a la compresión. “Es la capacidad del hormigón fresco de deformarse. Principalmente se mide mediante el descenso en centímetros en el ensayo de cono de Abrams.” ( Escuela de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica., 2019)

Por otra parte, la consistencia se la puede medir a partir de tres métodos la mesa de sacudidas donde a través de sacudidas normalizadas se mide su escurrimiento de la mezcla, el consistómetro Vebe que es un método empleado para hormigones muy secos, una variante del cono de Abrams que lo que busca es determinar un asiento determinado a través de vibraciones y lo que se mide es el tiempo que el molde demora en deformarse y el cono de Abrams es el método de medición de consistencia más empleado debido a su practicidad.

Además, El ensayo del cono de Abrams es un proceso que nos permite medir la consistencia de un hormigón fresco, a menor asentamiento medido será mayor el trabajo requerido para manipular la mezcla, este es un ensayo cuali-cuantitativo, en el cual el operario mediante una regla medirá el asentamiento, pero es importante la apreciación de quien está realizando la prueba para poder determinar el comportamiento de la mezcla. (Lanzaduri, 2019)

Por consiguiente, la consistencia del hormigón podrá variar sin que esta infiera en la resistencia del concreto, el asentamiento del hormigón puede presentar particularidades dependiendo del diseño que se haya planificado para lo que se emplea la siguiente tabla de asentamientos:

**Tabla 3: Rangos de asentamiento según el ensayo llamado “Cono de Abrams”**

<b>Tipo de consistencia</b>	<b>Asiento en cono de Abrams (cm)</b>	<b>Tolerancia (cm)</b>	<b>Intervalo resultante (cm)</b>
Seca (S)	0 – 2	0	0 – 2
Plástica (P)	3 – 5	± 1	2 – 6
Blanda (B)	6 – 9	± 1	5 – 10
Fluida (F)	10 - 15	± 2	8 - 17
Líquida (L)	16 - 20	± 2	14 - 22

Fuente: (Alicante, 2020)

### **Trabajabilidad**

La trabajabilidad se entiende como el esfuerzo requerido para que el material se pueda trasladar, situar, compactar y darle un terminado concreto en su estado fresco, este puede ser evaluado a través de una prueba de revenimiento que es conocida como la prueba del cono de Abrams, esta característica del hormigón está directamente relacionada con la fluidez o consistencia, se considera que a mayor fluidez en el hormigón este tiene una mayor trabajabilidad. (Murillo, 2019)

*“La trabajabilidad engloba varias propiedades interdependientes, la consistencia, la cohesión, la tendencia a la homogeneidad, la plasticidad y el cambio de su viscosidad con el tiempo, el análisis de la consistencia desde un punto científico enuncia que esta depende del frotamiento interno de las partículas suspendidas en el agua de amasado”.* (Reyes, 2019)

Finalmente, La capacidad de trabajo del hormigón es un término subjetivo y amplio que afecta directamente a la fuerza, la calidad, la apariencia, e inclusive el coste de la mano de obra para su colocación y acabado final, la trabajabilidad del hormigón está directamente relacionada con tres principales factores: la relación agua cemento, el tamaño y forma de los áridos y dependiendo del diseño se puede hacer uso de aditivos que mejoraran su maleabilidad. (Astudillo, 2019)

## **Homogeneidad**

La mezcla del hormigón se presenta como un conglomerado de varios elementos por lo que la palabra homogeneidad no es una palabra que se la pueda tomar textual, esta hace referencia a que el material debe presentar similares características en todo el volumen que se prepare, por lo tanto, podríamos hablar de una distribución regular de los materiales componentes del hormigón.

Es la cualidad por la cual los diferentes componentes del hormigón aparecen regularmente distribuidos en toda la masa, de manera tal que dos muestras tomadas de distintos lugares de la misma resulten prácticamente iguales. La homogeneidad se consigue con un buen amasado y, para mantenerse, requiere un transporte cuidadoso y una colocación adecuada.

La homogeneidad puede perderse por segregación (separación de los gruesos por una parte y los finos por otra) O por decantación (los granos gruesos caen al fondo y el mortero queda en la superficie, cuando la mezcla es muy líquida). Ambos fenómenos aumentan con el contenido de agua, con el tamaño máximo del árido, con las vibraciones o sacudidas durante el transporte y con la puesta en obra en caída libre. (Eddy, 2011)

## **Densidad**

La densidad es la cantidad de peso que se tiene por la unidad de volumen, esta podrá ser clasificada en función de los áridos que se empleen, al ser el hormigón un material muy noble permite al diseñador variar sus propiedades sin que esto afecte a otras, por lo tanto se pueden tener hormigones de baja densidad pero que presentan igual resistencia que hormigones de alta densidad, usualmente en este tipo de casos para alcanzar especificaciones determinadas se hace uso de aditivos de acuerdo a la densidad se puede clasificar los hormigones de la siguiente manera:

**Cuadro 6: Clasificación de hormigón por densidades**

Tipo de hormigón	Densidad = (Peso/volumen)
Ligero	200-1500 kg/m <sup>3</sup>
Apisonados	2000-2200 kg/m <sup>3</sup>
Vibrados	2300-2400 kg/m <sup>3</sup>
Centrifugados	2400-2500 kg/m <sup>3</sup>
Proyectados	2500-2600 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: (Marroquín, 2018)  
Elaborado por: Jiménez, David (2019)

Acorde a lo enunciado por la Escuela de Ingeniería Técnica Civil (2007) *“Es la relación de la masa del hormigón y el volumen ocupado. Para un hormigón bien compactado de áridos normales oscila entre 2300- 2500 kg/m<sup>3</sup>. En caso de utilizarse áridos ligeros la densidad oscila entre 1000-1300 kg/m<sup>3</sup>. Y en caso de utilizarse áridos pesado la densidad oscila entre 3000-3500 kg/m<sup>3</sup> .”*

### **Tiempo abierto**

El tiempo abierto es el intervalo de tiempo que puede el hormigón mantener sus propiedades de trabajabilidad hasta que empieza el momento de fraguado, este lapso se ve influenciado por la temperatura y las condiciones climáticas, según Burón Manuel es importante determinar el tiempo que se necesitara que el material no fragüe para determinar el uso de aditivos.

### **Fraguado**

El cambio de estado plástico a sólido está guiado por el fraguado, este nombre lleva el procedimiento por el que atraviesa el cemento cuando comienza a endurecerse por la merma de su plasticidad, y el lapso que se tarda el cemento en empezar el proceso es de unas 10 horas; el tiempo de fraguado puede variar en función de los factores que estén influenciando en el ambiente donde se va a colocar el material,



los productos utilizados en la obra además de las condiciones ambientales que estén en el lugar, características del entorno como la humedad o la temperatura influyen directamente en esta fase. (Gonzales, 2015)

### **Propiedades del hormigón endurecido**

El hormigón es un material que cambia de estado, al principio en su estado de amasamiento presenta características diferentes a después de que empieza su proceso de fraguado, “El hormigón experimenta un proceso de endurecimiento progresivo que lo transforma de un material plástico en un sólido, producido por el proceso físico-químico complejo de larga duración.” (Ortíz, 2016).

El hormigón si bien cambia de propiedades al momento de fraguar depende de las características de los materiales que lo componen para llegar a formar un hormigón de buena calidad y que el diseño del hormigón este acorde a las condiciones ambientales a las cuales va a estar expuesto para poderse catalogar como un hormigón de buena calidad.

### **La densidad**

El hormigón está constituido por componentes de distinta densidad real, lo que provoca que en el proceso de endurecimiento de la mezcla se produzca una decantación de las partículas sólidas debido a su mayor peso unitario y del ascenso del agua, la exudación del agua de amasado que se produce en esta separación produce el ascenso de dicha agua lo que como consecuencia trae la existencia de conductos capilares que afectan a la permeabilidad del hormigón. La liberación de agua y el endurecimiento del cemento varia las condiciones de los componentes de la densidad inicial en el hormigón fresco en cuanto a cómo está constituida la densidad de la mezcla. (Tobar, 20)

La densidad es una propiedad intensiva de la materia definida como la relación de la masa de un objeto dividida por su volumen. La masa es la cantidad de materia contenida en un objeto y comúnmente se la mide en unidades de gramos (g). El

volumen es la cantidad de espacio ocupado por la cantidad de la materia y es comúnmente expresado en centímetros cúbicos ( $\text{cm}^3$ ) o en mililitros (ml) (un  $\text{cm}^3$  es igual a 1 ml). Por consiguiente, las unidades comunes usadas para expresar la densidad son gramos por mililitros (g/ml) y gramos por centímetros cúbicos ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ). (Martha Marie Day, 2002)

## **Compacidad**

La compacidad en un hormigón está relacionado a todas las anteriores propiedades por lo que una correcta elaboración de la mezcla nos garantizara que todas sus propiedades trabajen en pro de conseguir un hormigón de alta calidad.

Igualmente, la compacidad, íntimamente ligada a la densidad, depende de los mismos factores que ésta, sobre todo del método de consolidación empleado. Estos métodos de consolidación tienen por objeto introducir, en un volumen determinado, la mayor cantidad posible de áridos y, al mismo tiempo, que los huecos dejados por éstos se rellenen con la pasta de cemento, eliminando por completo las burbujas de aire.

Por consiguiente, es evidente la relación directa que existe entre la compacidad de un hormigón y sus resistencias mecánicas, por cuanto dicha compacidad aumenta con el volumen de materias sólidas que componen el hormigón, en relación con los volúmenes ocupados por el agua y el aire.

Por otro lado, una buena compacidad no solo proporciona una mayor resistencia mecánica (frente a esfuerzos, impactos, desgaste, vibraciones, etc.), sino también una mayor resistencia física (efecto de la helada) y química frente a las acciones agresivas, ya que, al contener una cantidad mínima de huecos o porosidades, las vías de penetración de los agentes exteriores son también mínimas. (Eddy, notas de hormigon, 2011)

Finalmente, La dosificación de los materiales y el proceso de elaboración son las principales variantes que va a presentar la compacidad puesto que la incorrecta elaboración distorsiona las características que debe tener un buen hormigón

## **Durabilidad**

El hormigón se presenta como un elemento artificial compuesto de varios materiales que mediante un proceso llega a adquirir propiedades que nos permite darle variados usos, una de ellas es la durabilidad, “Es la habilidad para resistir la acción del medio ambiente; los ataques químicos, la abrasión y a otras condiciones de servicio.” (Romero A. , 2014).

Además, el hormigón es el producto más usado en la construcción, su capacidad de durabilidad es lo que le ha permitido trascender en el tiempo y ser usado en todo tipo de edificaciones, la durabilidad es entendida como: “Capacidad de una estructura o miembro estructural para resistir deterioro que perjudique el comportamiento o limite la duración de servicio de la estructura en el tipo de ambiente considerado en el diseño.” (ACI, 2019)

Por ultimo, si bien depende de varios factores como lo son el mantenimiento, buena construcción, agentes externos, agentes internos, se puede plantear los siguientes rangos para la durabilidad del hormigón: “50 años (viviendas y oficinas), 15 - 50 años (edificios agrícolas e industriales), 100 años (monumentos) y de 3 a 10 años (estructuras temporales).” (todo edificacion, 2020)

## **Permeabilidad**

*“Es la facilidad con la que un fluido, a causa de diferentes presiones entre las superficies del material, pueda atravesar la masa de concreto. La permeabilidad del concreto al agua depende de la permeabilidad de la pasta de cemento, de la permeabilidad y granulometría de los agregados, de la cantidad*

*de pasta con relación a los agregados, y de los vacíos generados por deficientes procesos de compactación.” (Silva, 2015).*

Podría entenderse por permeabilidad, de forma genérica, el grado de dificultad que ofrece el hormigón a que los fluidos penetren en su interior. Esta dificultad está ligada a su compactación, entendiendo por tal la fracción de volumen hueco del hormigón. A su vez, estos huecos pueden ser accesibles (si están comunicados entre sí y con el exterior), o inaccesibles (sino lo están). Son los huecos accesibles los que condicionan la penetración de fluidos en el hormigón.” (Alegre, 2011)

Por lo que, el curado del hormigón es el factor principal para evitar la formación de grietas, la velocidad de fraguado del hormigón y la temperatura que este alcance determinara la prevención de este tipo de roturas que provocara que el hormigón presente caminos para las filtraciones de líquidos.

### **Dureza**

*“Es una propiedad superficial que en el hormigón se modifica con el paso del tiempo debido al fenómeno de carbonatación. Un método de medirla es con el índice de rebote que proporciona el esclerómetro Smichtd.” (Escuela de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica, 2007)*

Al igual que el hormigón es empleado en la construcción, también es requerido para la edificación de elementos urbanísticos que sirvan a la sociedad por lo que su resistencia al paso del tiempo debe ser basada en su capacidad de resistencia a la agresión de agentes externos.

**Cuadro 7: Factores que pueden producir deterioro en el hormigón**

Clasificación	Agentes de deterioro
Mecánicas	Golpes, vibraciones, cargas
Físico	Diferencias térmicas, fuego, humedad , ambientes secos, desgaste
Químico	Contaminación atmosférica, Filtración de agua, carbonatación
Biológico	Proliferación de Vegetación, hongos

Fuente: (Machado, 2016)

Elaborado por: Jiménez, David (2019)

## **Retracción**

Para Cipriano (2012) la retracción es “Un cambio de volumen en el concreto, y una de las condiciones a las que no escapa durante su vida útil.”

La retracción térmica se produce por una disminución importante de la temperatura en piezas de hormigón cuyo empotramiento les impide los movimientos de contracción, lo que origina tensiones de tracción que el hormigón no está capacitado para absorber. En general, no conllevan riesgos estructurales y deben ser estudiados caso por caso, por ser atípicos.” (Pascal, 2019)

“Para la evaluación del valor de la retracción, han de tenerse en cuenta las diversas variables que influyen en el fenómeno, en especial: el grado de humedad ambiente, el espesor o menor dimensión de la pieza, la composición del hormigón y el tiempo transcurrido desde la ejecución, que marca la duración del fenómeno.” (López, 2019)

Sin embargo, La propiedad de retracción es la razón por la cual para la mayoría de construcciones se lo combina con el acero pues entre los dos trabajan de manera conjunta para resistir tanto a compresión como a la tracción, la capacidad de resistir a la retracción por parte del hormigón es baja y por esto que se vuelve necesario su combinación.

## **Relación agua-cemento**

“Relación entre la masa de agua, excluyendo la absorbida por el agregado, y la masa de materiales cementantes en una mezcla, denominada como un decimal” (ACI, 2019).

Así mismo, debido a que de la relación agua cemento representa un factor importante a la hora de determinar la calidad del hormigón se debe tomar previsiones con el fin de garantizar que el contenido de agua en el hormigón sea el necesario. Una actividad recurrente en la elaboración del material es que el personal de la obra trate de aumentar la cantidad de agua con el fin de aumentar su trabajabilidad, pero no toman en cuenta que si el hormigón recibe agua en exceso se ve afectado por una pérdida de calidad y resistencia.

Después de esto, la relación agua cemento basa su dosificación en históricos que remiten su uso a la siguiente tabla:

**Tabla 4: Relación entre las resistencias a la compresión y algunos valores de la relación A/C.**

Resistencia a la compresión a los 28 días		Concreto sin inductor de aire (Relación absoluta por peso)	Concreto con inductor de aire (Relación absoluta por peso)
Kg/ cm2	PSI		
175	2500	0,65	0,56
210	3000	0,58	0,50
245	3500	0,52	0,46
280	4000	0,47	0,42
315	4500	0,43	0,38
350	5000	0,4	0,35

Fuente: (Niño)  
Elaborado por: Jiménez, David (2019)

Además, las propiedades que presenta el agua debe presentar un PH inferior a 6 o superior a 8, el agua debe tener menos de 0.3 g/l de ácido de azufre.

Al analizar las propiedades del hormigón se puede concluir que si se realizan modificaciones a sus propiedades estas afectaran directa o indirectamente a otras, Jiménez, Montoya, Meseguer y Cabré elaboran la siguiente tabla que muestran cómo podrían variar la resistencia y la trabajabilidad con cambios en sus componentes:

**Cuadro 8: Factores que modifican la resistencia del hormigón**

Cuando aumentan...	La trabajabilidad	La resistencia
La finura de la arena	Aumenta	Disminuye
La relación grava / arena	Disminuye	Aumenta
La cantidad de agua	Aumenta	Disminuye
El tamaño máximo de árido	Disminuye	Aumenta
El contenido de aire ocluido	Aumenta	Disminuye

Fuente: (García, 2011)

Elaborado por: Jiménez, David (2019)

### **Resistencia del hormigón**

El hormigón es un material que presenta dos características principales que nos permiten compararlo con otros materiales empleados en la construcción para que de esta forma los constructores pueden tomar la decisión sobre que material emplear en las edificaciones las mismas que son:

### **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión se presenta en el hormigón cuando está en su estado endurecido, esta propiedad es la que le permite soportar fuertes cargas sin romperse y se da principalmente por su dureza ya que al ser una piedra artificial esta puede soportar altas presiones en comparación de otros materiales.

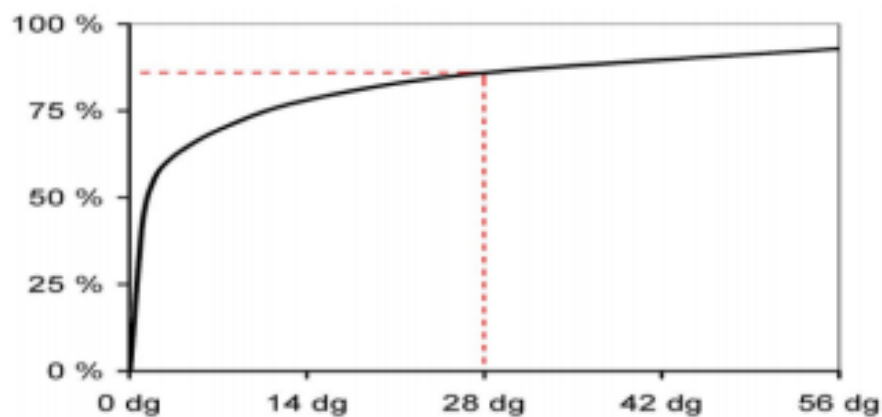
Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se

calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión (Bastidas, 2019).

*“La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi)”* (Armendariz, 2019).

La resistencia del hormigón se la puede medir en base a su capacidad e resistir una determinada presión sobre el mismo, los hormigones más comúnmente usados en la construcción de edificaciones son los que presentan una resistencia a la compresión de 180 Kg. /cm<sup>2</sup> y 210 Kg. /cm<sup>2</sup>, la misma que puede ser medida a través de la elaboración de cilindros y rotura de los mismos luego de 7 que se puede hacer una proyección de la resistencia que tendrá o 28 días de haber sido elaborados tiempo en el cual casi ha llegado al total de su capacidad.

**Gráfico 3: Diagrama indicativo de las resistencia (en porcentaje que adquiere el concreto a los 14, 28 42 y 57 días.**



Fuente: (Sanchez, 2020)



## **Resistencia a la tracción**

El hormigón al ser una piedra artificial posee propiedades más ligadas a una dureza o resistencia a la compresión que si bien.

Por lo que la resistencia a la tracción se la puede determinar según (Cobo, 2018) cuando, *“se le aplica una fuerza o varias fuerzas externas que van a tratar de estirar el material. De hecho, durante el ensayo se estira al material aplicando cada vez más fuerza sobre él hasta llegar a su rotura.”*

Según Arroyo (2018), *“La resistencia a tracción del hormigón es mucho menor que su resistencia a compresión, en torno a un 10% y limita, en muchos casos, el uso de este material.”*

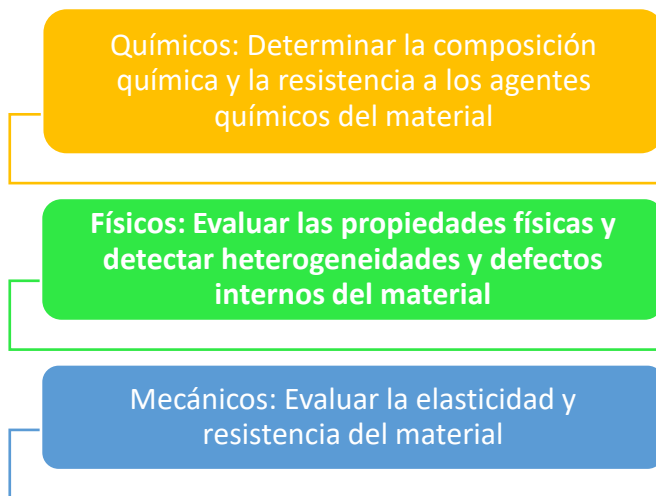
## **Ensayos**

Para Mott (2009) *“Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas y químicas de un material para comprobar si cumple o no los estándares establecidos y decidir si se usa o no en obra”* (pág. 21).

Por otra parte considera (Ortiz, 2007, pág. 10) *“Los ensayos de materiales se emplean para aplicaciones de prueba y mejora de materiales, para la detección y evaluación de defectos en la industria del metal, para análisis de fallas y para la investigación básica de la resistencia de materiales”*.

## **Clasificación de los ensayos**

Los ensayos se pueden clasificar acorde a tres diferentes tipologías:



**Gráfico 4:** Clasificación de los ensayos

Elaborado por: Jiménez, David (2019)

## **Resistencia a la tracción**

El hormigón al ser una piedra artificial posee propiedades más ligadas a una dureza o resistencia a la compresión que es su propiedad más relevante y a la cual van ligadas sus otras características, y muy poca relación con la tracción, por lo cual produce fisuras y roturas al momento de ser estirado, esto se ve evidenciado al momento de su curado ya que cuando no tiene una buena hidratación presenta fisuras.

Asimismo, la resistencia a la tracción se la puede determinar según Cobo (Cobo, 2018) cuando, *“se le aplica una fuerza o varias fuerzas externas que van a tratar de estirar el material. De hecho, durante el ensayo se estira al material aplicando cada vez más fuerza sobre él hasta llegar a su rotura.”*

Según Arroyo (2018), *“La resistencia a tracción del hormigón es mucho menor que su resistencia a compresión, en torno a un 10%, y limita, en muchos casos, el uso de este material.”*

## Métodos de dosificación

La determinación de la cantidad de materiales que van a ser usados en la elaboración del hormigón puede ser determinado mediante el uso de métodos como el de Füller, Bolomey y Faury, basados en la cantidad de cemento o a su vez se puede basar en la resistencia a la compresión para lo cual se usa el método A.C.I. para hormigón convencional, para hormigones secos o el método de la peña, de estos métodos el método inglés y ACI son métodos empíricos los cuales se han obtenido basados en la investigación experimental, el método Faury es basado en los estudios granulométricos por lo que es considerado como un método experimental pero también tenemos el método de Valette que es práctico, basando su determinación en la confección de hormigón experimental en laboratorio. Fuente: (Videla, 2014)

**Cuadro 9: Métodos de dosificación**

Tipo de dosificación	Nombre del método	Descripción
Empíricos	Inglés ACI	Basados en investigación experimental
Racionales	Faury	Granulométrico
Prácticos	Valette	Se confecciona hormigón experimental en laboratorio

Fuente: (Videla, 2014)

Elaborado por: Jiménez, David (2019)

## 2.2 Estado del arte

La investigación a efectuarse tiene como antecedentes a estudios que fueron realizados por diferentes profesionales del sector de la construcción que, si bien guardan relación con el tema, se los analiza para tomar en consideración sus

lineamientos además de conclusiones y recomendaciones, para sumar sus aportes, descartarlos o tomar otro enfoque.

El estudio se basa en la premisa de que los agregados procedentes de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado tienen características únicas y no generales como es el criterio generalizado, basado en el desconocimiento y el empirismo de los profesionales y mano de obra que intervienen en el sector de la construcción.

Los constructores al momento de estar en la dirección técnica de una obra dependen directamente de otros involucrados en el proceso por lo que se debería analizar las canteras más representativas, el estudio de "La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles." De Alberto Ortega. Nos permitió determinar que pruebas mecánicas se deben realizar a las materias primas. Aquí se ha podido analizar el sistema bajo el cual trabaja el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato teniendo así un lineamiento para el estudio.

En el estudio se plantea el análisis del hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$  determinado que es el que más se utiliza en una obra tipo debido al análisis previsto a una edificación tipo por parte de la cámara de la construcción, en el estudio: "Módulo de elasticidad de hormigones de peso normal empleados en el Ecuador  $f'c$ : 21, 24, 28, 35 MPa." De Henry Xavier Alejandro Cabrera, se encuentra hormigones que resisten a 21 MPa siendo este el que se va a analizar por lo que se vuelve un respaldo al momento de analizar todos los aspectos que envuelven al tipo de hormigón que se encuentra en estudio.

El relacionar la normativa con las propiedades de los materiales pétreos locales conlleva un nivel de incertidumbre sobre cuál va a ser la relación que se encontrara en la relación de esta con las materias primas, por lo que estudios previos nos permitirán tener valores referenciales para que los cálculos que se realice no sean desconcertantes por lo que el estudio: "Módulo estático de elasticidad del

hormigón, en base a su resistencia a la compresión:  $f'c = 28$  mpa, fabricado con materiales de la mina Villacres, ubicada en el sector de la península cantón Ambato en la provincia de Tungurahua y cemento Holcim” de Nelly Elizabeth Anasi Chango se va a poder analizar cuál es el comportamiento del hormigón con áridos del medio local debido a que se podría tener parámetros con los cuales comparar los resultados del análisis que va a hacerse en el presente estudio.

La resistencia del hormigón no depende únicamente de la calidad de sus materias primas sino también de cómo estas están dosificadas por lo que el estudio “Optimización de la relación agua/cemento en el diseño de hormigones estándar establecidos en los códigos ACI\*ASTM.” De Liseth Verence Orbe Pinchao y Paul Santiago Zúñiga Morales, permitió entender uno de los principales factores para la resistencia del hormigón es la relación agua cemento por lo que entender como esta funciona le brindaría al estudio un marco mejor referenciado para tener una propuesta que permita alcanzar el objetivo de calidad del hormigón deseado.

## **2.3 Metodología de la investigación**

### **2.3.1. Línea y Sublínea de investigación**

La Universidad Tecnológica Indoamérica mediante su centro de investigación para el territorio y el hábitat sostenible (CITEHS) ha generado las líneas de investigación mediante el cual se direccionará el presente trabajo de titulación, se toma la línea número 2, Arquitectura y sostenibilidad, como base de la investigación del siguiente trabajo de fin de carrera, la cual se titula Sistemas Territoriales urbanos y rurales.

Descripción: Esta línea de investigación apunta a buscar respuestas a problemáticas relacionados con: el hábitat social, los materiales y sistemas constructivos, los materiales locales, la arquitectura bioclimática, la construcción sismo resistente, el patrimonio, la infraestructura e instalaciones urbanas, el equipamiento social. (Centro de investigación UTI, 2017-2020).

## **2.3.2 Diseño metodológico**

### **2.3.2.1 Enfoque de la investigación**

El estudio del hormigón requiere de un enfoque cuali-cuantitativo, debido a que el proceso por el cual se va determinar las propiedades mecánicas de los materiales pétreos está realizado a partir de normas con parámetros de tolerancia determinados en los diferentes reglamentos que guiarán a la investigación, además será cuantitativo debido a que mediante los ensayos desarrollados en el laboratorio se determinarán las propiedades de los materiales de las diferentes canteras, estableciendo así el cumplimiento o incumplimiento de la normativa, y a partir de éstas definir las cantidades de materia prima que se requiere en las dosificaciones de la mezcla para que esta obtenga la resistencia a la compresión deseada que es de  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ .

### **2.3.2.2 Nivel de investigación**

Los niveles de investigación a ser aplicados son: exploratorio y descriptivo. Esta investigación será exploratorio debido a que el problema del desconocimiento de la calidad de los agregados es un tema poco investigado o desconocido en el contexto de las construcciones civiles, de esta manera conoceremos las propiedades de los materiales pétreos provenientes de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado para elaborar hormigón y será descriptivo a partir del análisis que se hará de los materiales pétreos y de las dosificaciones que se planteen para obtener las resistencias a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ .

### **2.3.2.3. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se empleó para obtener los datos son la investigación bibliográfica, de campo y de laboratorio. Se la considera una investigación de tipo bibliográfica debido al estudio de las normativas para establecer los parámetros necesarios en el estudio, a más de esto es una investigación de campo porque se llegó hasta las canteras para tomar las muestras de la materia prima que serían analizadas y finalmente es una investigación de laboratorio por los ensayos que se realizaron a estos materiales.

### **2.3.2.4 Objeto de estudio**

La población que se tomó en cuenta para el estudio del presente trabajo de titulación son los materiales pétreos provenientes de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado, el tipo de investigación que se empleó en el presente trabajo de titulación es considerado cuasi experimental por lo que no se seleccionará la muestra de forma aleatoria ya que esto deformaría el enfoque del presente trabajo.

En la provincia de Tungurahua existen minas artesanales, industriales y de libre aprovechamiento, algunas de estas minas tienen focalizada su producción para un consumidor específico por lo que se utilizó como instrumento de investigación un focus group aplicado a los transportistas de materiales pétreo para determinar cuáles son las minas más empleadas para el abastecimiento de materias primas para la elaboración de hormigón. Llegando a la siguiente conclusión:

**Cuadro 10: Objeto de estudio**

<b>Nombre de la mina</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Tipo de material</b>
Alvarado	Las Viñas	Ripio triturado 3/4 PLG
Alvarado	Las Viñas	Ripio triturado 1 PLG
Ancesa 3	Panzaleo	Árido fino
Las Juntas	Baños	Árido fino
Los Nietos	Las Viñas	Árido fino

Elaborado por: Jiménez, David (2019)

Fuente: Resultados de Focus group

Se procedió al estudio de los áridos de las minas antes nombradas ya que son consideradas la población a ser analizadas y el muestreo se realizó mediante la aplicación de la normativa NTE INEN 695.

#### **2.3.2.5 Técnicas de recolección de datos**

La recolección de datos se dará a través de la recopilación y análisis de todos los datos que se obtendrán en el laboratorio mediante las pruebas que se les realicen a los materiales pétreos, para esto se emplearán diferentes equipos que nos permitirán determinar las propiedades y corroborar los resultados de las dosificaciones, además que empleo un grupo de enfoque que mediante conversatorios nos permitirá determinar cuáles eran las minas más pertinentes para ser estudiadas.

#### **2.3.2.6 Técnicas para el procesamiento de la información**

El desarrollo de los ensayos en el laboratorio permite que debido a la experiencia del establecimiento se tenga formatos previstos que permitan el fácil entendimiento de la información, su tabulación mediante un orden sistemático y la presentación de los resultados en gráficos para una mejor comprensión mediante su relación con la normativa, además que este orden brinda una secuencia lógica en cuanto a la determinación de las propiedades.



## 2.4 Conclusiones capitulares

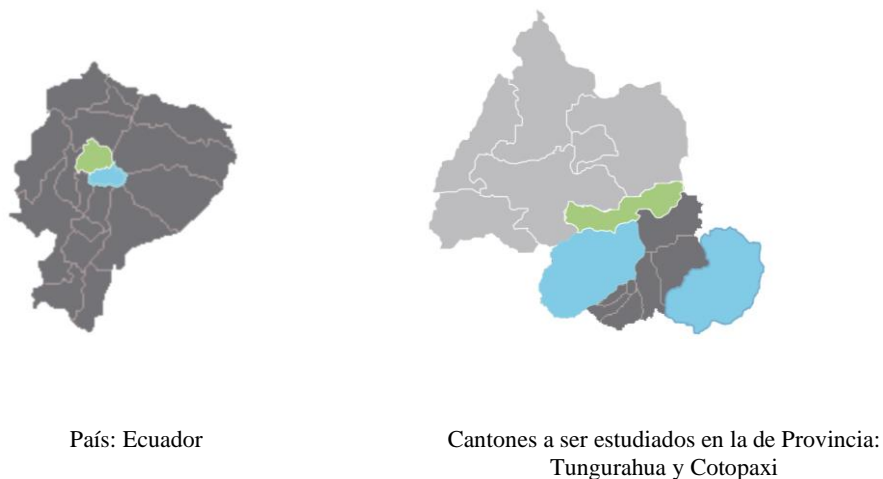
- El hormigón es el material preponderante en las estructuras de las edificaciones tanto a nivel nacional como a nivel local.
- Al ser el hormigón un compuesto se vuelve necesario determinar las propiedades de los elementos que lo componen por lo que estos influyen directamente en su resistencia a la compresión.
- La dosificación de la mezcla de hormigón tiene que tomar en cuenta varios factores, y esto vuelve complejo el estudio, ya que se deben controlar varios parámetros para determinar los resultados de los objetivos planteados.
- La teoría y las normas se presentan de manera confusas al momento de analizarlas y están relacionadas entre sí, esta puede ser la principal causa de porque la gente inmiscuida en el sector de la construcción no las utiliza ya que son de difícil comprensión.

## CAPÍTULO III

### APLICACIÓN METODOLÓGICA

#### 3.1. Delimitación espacial.

El área donde se realizará el estudio se sitúa en la sierra centro de la república del Ecuador, el estudio comprende canteras ubicadas en dos provincias, Tungurahua y Cotopaxi, la provincia de Tungurahua está compuesta por 9 cantones que abarcan una superficie de 3.335 kilómetros cuadrados, la capital de la provincia es el cantón Ambato en esta provincia se estudiarán canteras ubicadas en el cantón de Ambato y Baños, por otro lado la provincia de Cotopaxi está compuesta por 7 cantones que abarcan una superficie de 6.569 kilómetros cuadrados, su capital es el cantón de Latacunga en esta provincia se estudiarán canteras ubicadas en el cantón de San Miguel de Salcedo.

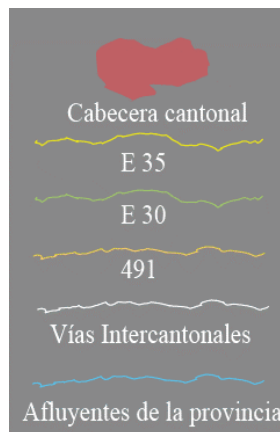
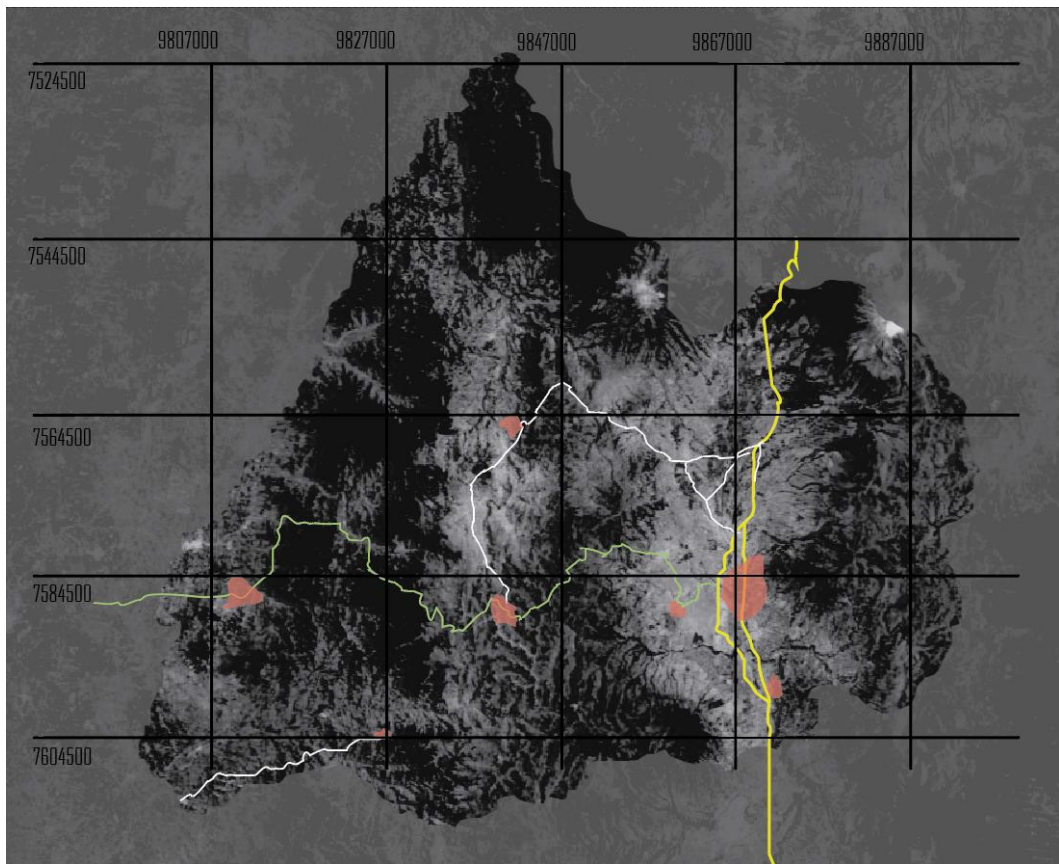


**Imagen 1:** Ubicación del estudio

Elaborado por: David Jiménez

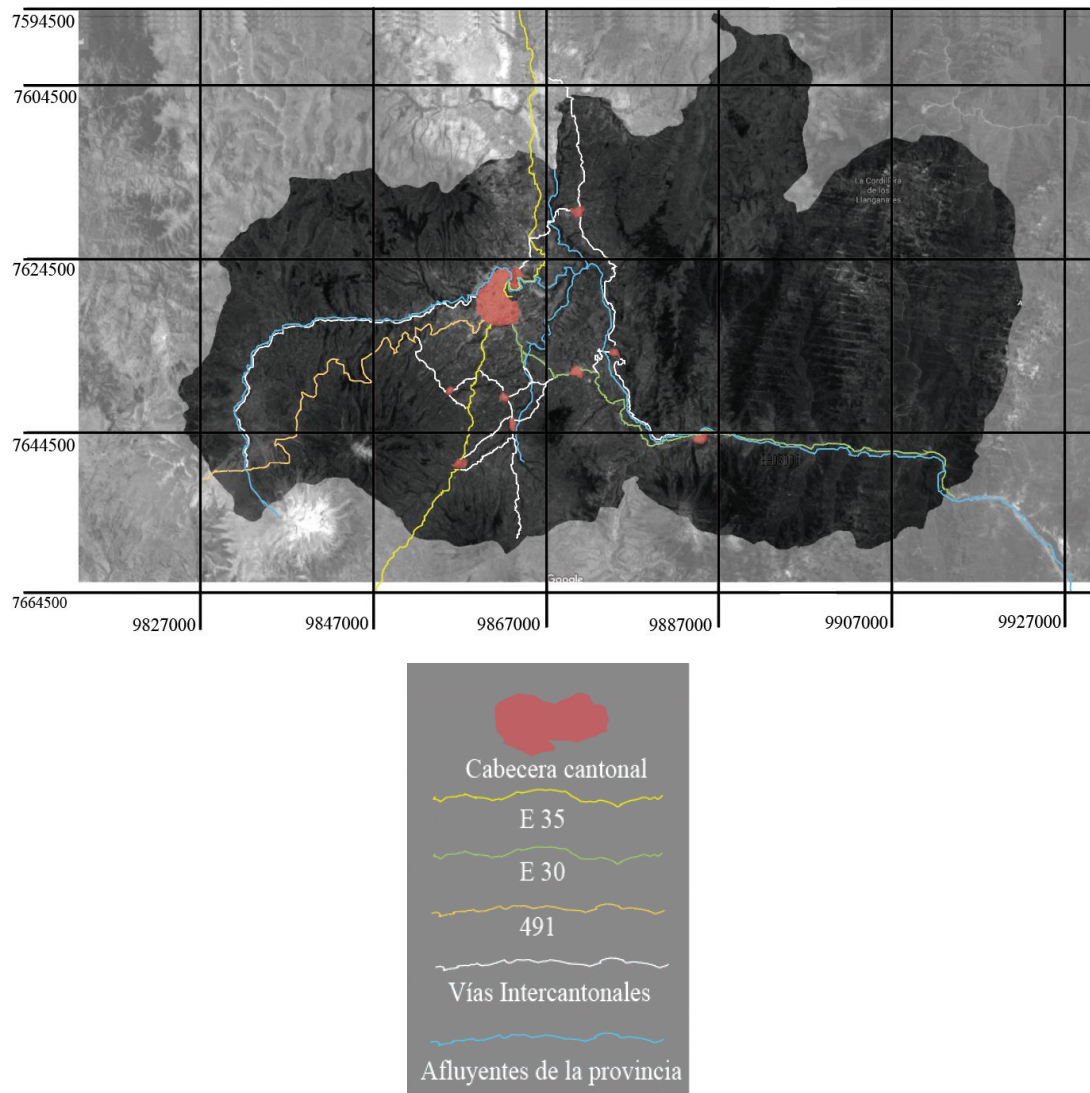
La provincia de Tungurahua tiene en su geografía dos ríos principales, el río Ambato y el río Cutuchi, las riveras de estos ríos son las principales fuentes de explotación de material pétreo, las principales arterias viales de la provincia son la

E35 que cruza la provincia en sentido Norte sur mientras que la E30 es la principal vía de acceso desde la sierra centro hacia la región amazónica del país.



**Imagen 2:** Mapeo del área de estudio provincia de Cotopaxi

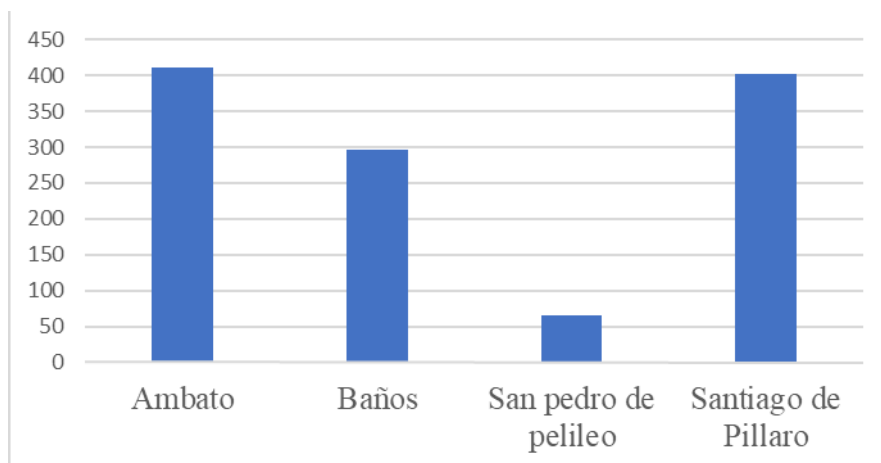
Elaborado por: David Jiménez



**Imagen 3:** Mapeo del área de estudio provincia de Tungurahua

Elaborado por: David Jiménez

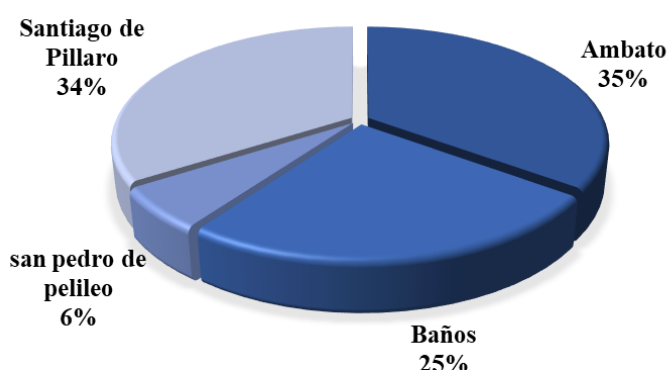
Por otra parte la situación geográfica de las provincias provoca que sus afluentes provenientes de los nevados y volcanes cercanos marquen la topografía y que por lo tanto determine las ubicaciones de las vías y las interconexiones entre los cantones, además que las cabezas cantonales se sitúan en las partes menos accidentadas de la geografía de la provincia por ello su posición céntrica dentro de la provincia.



**Gráfico 5:** Superficie de explotación minera provincia de Tungurahua.

Fuente: geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
 Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
 Elaborado por: David Jiménez

En este contexto, los cantones que tienen explotación minera en la provincia de Tungurahua son: Ambato, Baños, San Pedro de Pelileo y Santiago de Pillaro, de donde Ambato es el cantón que posee mayor superficie de producción, dos minas de libre aprovechamiento son las más representativas ya que suman casi el 25 por ciento que son Mina Ambato uno y dos, en Santiago de Pillaro existe la mina de Yanayacu de donde se extrae Puzolana y solo esta mina representan 297 hectáreas mientras que en Baños existe la mina Los Angeles 1, que representan 210 hectáreas de las casi 300 que son superficies destinadas a la explotación.



**Gráfico 6:** Porcentaje de superficie de explotación minera provincia de Tungurahua.

Fuente: Fuente: geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
 Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
**Elaborado por:** David Jiménez

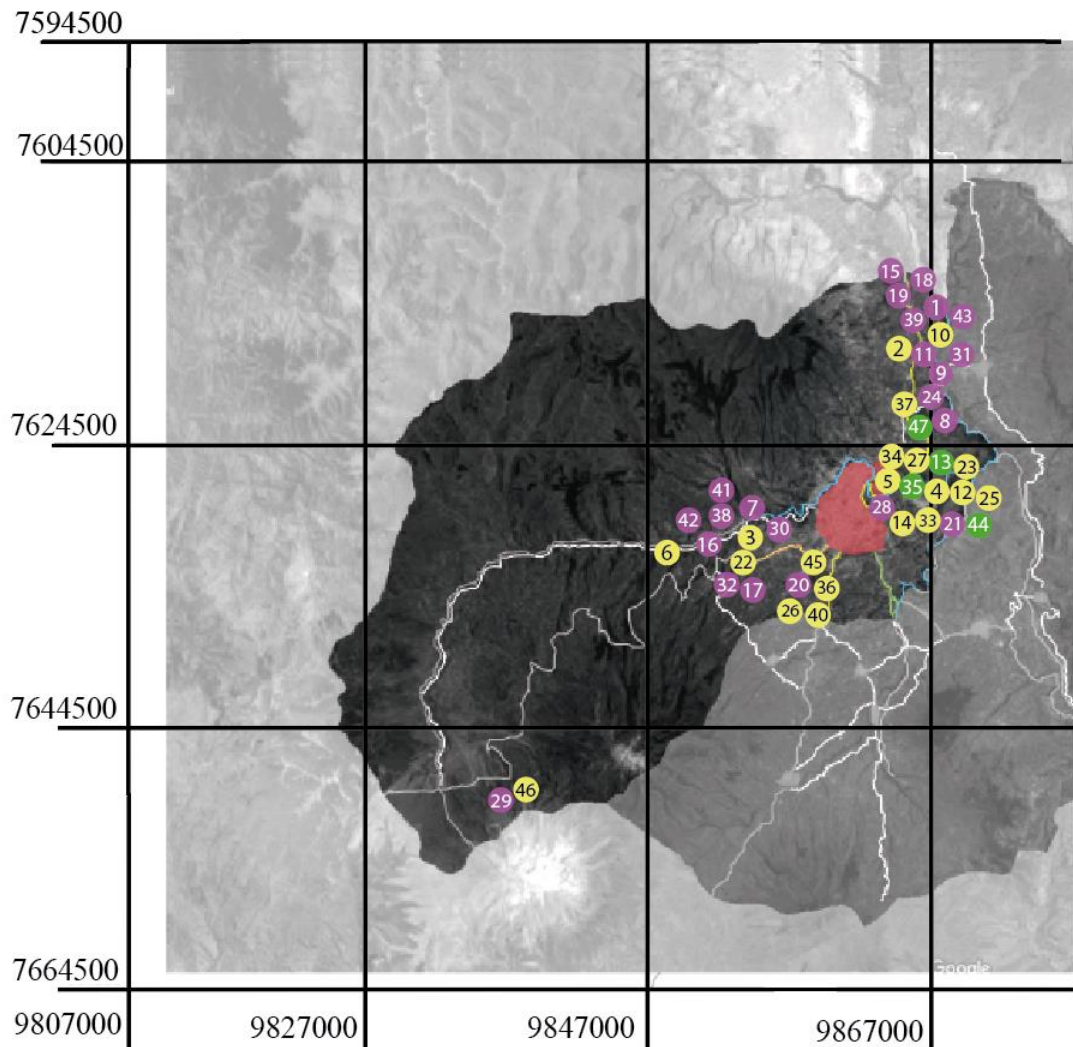
La diferencia en superficie de explotación que existe entre las minas de libre aprovechamiento y las minas artesanales es amplia, esto se da principalmente porque las de libre aprovechamiento están destinadas para la elaboración de productos específicos, como por ejemplo tenemos las minas de Ambato que son destinadas para la producción de asfalto por lo que si bien son las más grandes no serán tomadas en cuenta para este estudio sino el estudio está enfocado en las minas que producen material pétreo para el sector de la construcción específicamente, es decir el que se puede comprar a través de los transportistas de material.

**Cuadro 11: Clasificación de las minas de la provincia de Tungurahua.**

Ciudad	Tipo de minería			Total general
	Artesanal	Concesion minera	Libre aprovechamiento	
Ambato	27	16	4	47
Baños	17	3		20
San pedro de Pelileo	6	4		10
Santiago de Pillaro	19	1	1	21
Total general	69	24	5	98

Fuente: geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
 Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
 Elaborado por: David Jiménez

La situación de la minería en la provincia se la puede comprender a partir de la ubicación de las minas que realizan explotación minera, para lo cual se ha procedido a mapear las minas ubicadas de las ciudades donde se produce el aprovechamiento de estos recursos naturales, teniendo como resultados los siguientes mapeos a partir de la información encontrada en la base de datos del geoportal del sistema de control minero del gobierno del Ecuador.



**Imagen 4:** Mapeo minas de la ciudad de Ambato

Fuente: [geo.controlminero.gob.ec](http://geo.controlminero.gob.ec). (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
 Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
 Elaborado por: David Jiménez

Aparte de ello, la ciudad de Ambato ubicada en el extremo oeste de la provincia de Tungurahua concentra la mayoría de minas en el sector este de la ciudad, esto debido a que en este sector de la ciudad se produce la unión del Río Ambato y el Río Cutuchi, por lo que la mayoría de minas están apostadas a los costados de dichos ríos y por tener rutas dispuestas para la movilización del material.

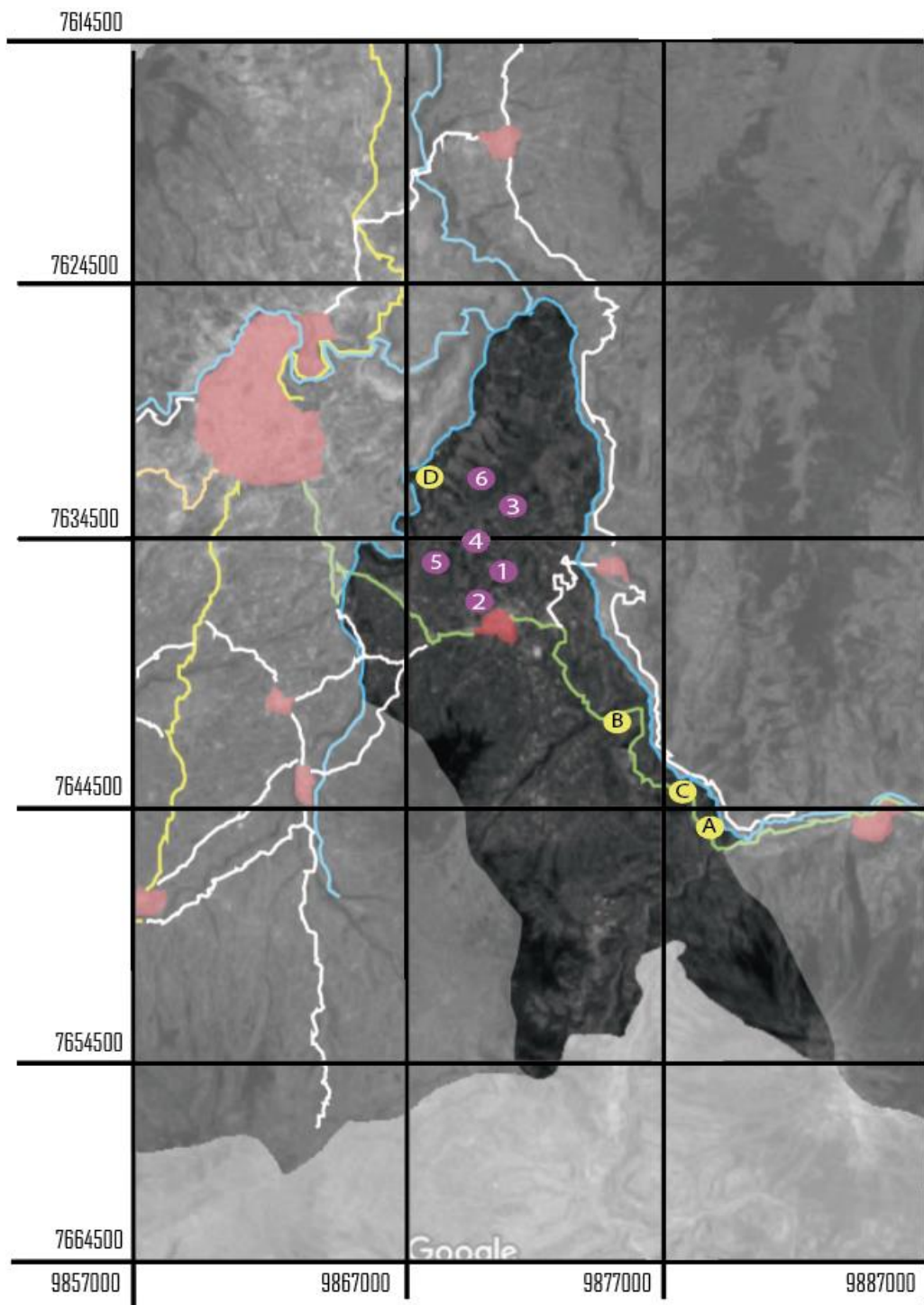
**Cuadro 12: Clasificación de minas de la ciudad de Ambato**

Número	Nombre	Parroquia	Tipo de material	Tipo de mina	Superficie
1	Piedradura	Cunchibamba	Arena	Artesanal	4
6	Cantera M&T	Pilaguin	Arena	Artesanal	4
7	Puerta del sol	Quisapincha	Arena	Artesanal	4
8	Culapachan	Izamba	Arena	Artesanal	2
9	El capuli	Cunchibamba	Arena	Artesanal	2
10	Andesita	Cunchibamba	Arena	Artesanal	4
11	Avestruz 1	Cunchibamba	Arena	Artesanal	4
14	Villacrescis	Izamba	Arena	Artesanal	2
15	El descanso 1	Cunchibamba	Arena	Artesanal	1
16	Amanta 2	Juan Beningo Vela	Arena	Artesanal	6
17	Marsal 1	santa rosa	Arena	artesanal	3
18	Canteras el placer	Cunchibamba	Arena	artesanal	2
19	Constante Cruz	Cunchibamba	Arena	Artesanal	4
20	Ariel	santa rosa	Arena	Artesanal	4
21	Mina Mora	Ambato	Ripio	Artesanal	4
24	Cantera Ambato	Ambato	Arena	Artesanal	6
28	Ecarem	Atahualpa	Arena	Artesanal	1
29	El salado 1	Pilaguin	Arena	Artesanal	4
30	San sebastian 1	santa rosa	Arena	Artesanal	1,9
31	Salomon	Cunchibamba	Piedra de rio	Artesanal	5
32	Amanta 3	Juan Beningo Vela	Arena	Artesanal	6
38	Corazon de Jesus	santa rosa	Arena	Artesanal	3
39	Cantera Tigualo	Cunchibamba	Arena	Artesanal	4
41	Canteras tilulum	santa rosa	Arena	artesanal	4
42	Imeldita	santa rosa	Arena	Artesanal	4
43	Rocadura	Cunchibamba	Arena	Artesanal	4
46	El salado	Pilaguin	Arena	Artesanal	4
2	Vasquez & Vasquez	Cunchibamba	Piedra Pomez	Concesion minera	25
3	Playa Llagchoa	santa rosa	Arena	Concesion minera	8,16
4	Copeg	Ambato	Arena	Concesion minera	6
5	A tung la peninsula	pishilata	Arena	Concesion minera	8
12	Canteras Mazaquiza	pishilata	Arena	Concesion minera	1
22	Canteras Salvador	santa rosa	Arena	Concesion minera	4
23	Cachurco	picaigua	Arena	Concesion minera	9
25	Canteras Nieto	Izamba	Arena	Concesion minera	24
26	Marsal	santa rosa	Arena	Concesion minera	2
27	Alvortiz	pishilata	Arena	Concesion minera	12
33	Kumochi	Izamba	Arena	Concesion minera	6
34	Pinto	pishilata	Arena	Concesion minera	6
36	Toallo	santa rosa	Arena	Concesion minera	2
37	Los pinos (Acumulada)	Izamba	puzolana	Concesion minera	74
40	Acosta	santa rosa	Arena	Concesion minera	5,4
45	Luis Miguel	santa rosa	Arena	Concesion minera	1
13	Mina Ambato 2	Izamba	Arena	Libre aprovechamiento	44
35	Mina Ambato 3	Izamba	Arena	Libre aprovechamiento	14
44	Mina Ambato	Izamba	Arena	Libre aprovechamiento	53
47	Relleno Sanitario Ambato	Izamba	Arena	Libre aprovechamiento	10

Fuente: geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
Recuperado el 19 de febrero, 2019.

Elaborado por: David Jiménez





**Imagen 5:** Mapeo minas de la ciudad de Pelileo

Fuente: [geo.controlminero.gob.ec](http://geo.controlminero.gob.ec). (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].

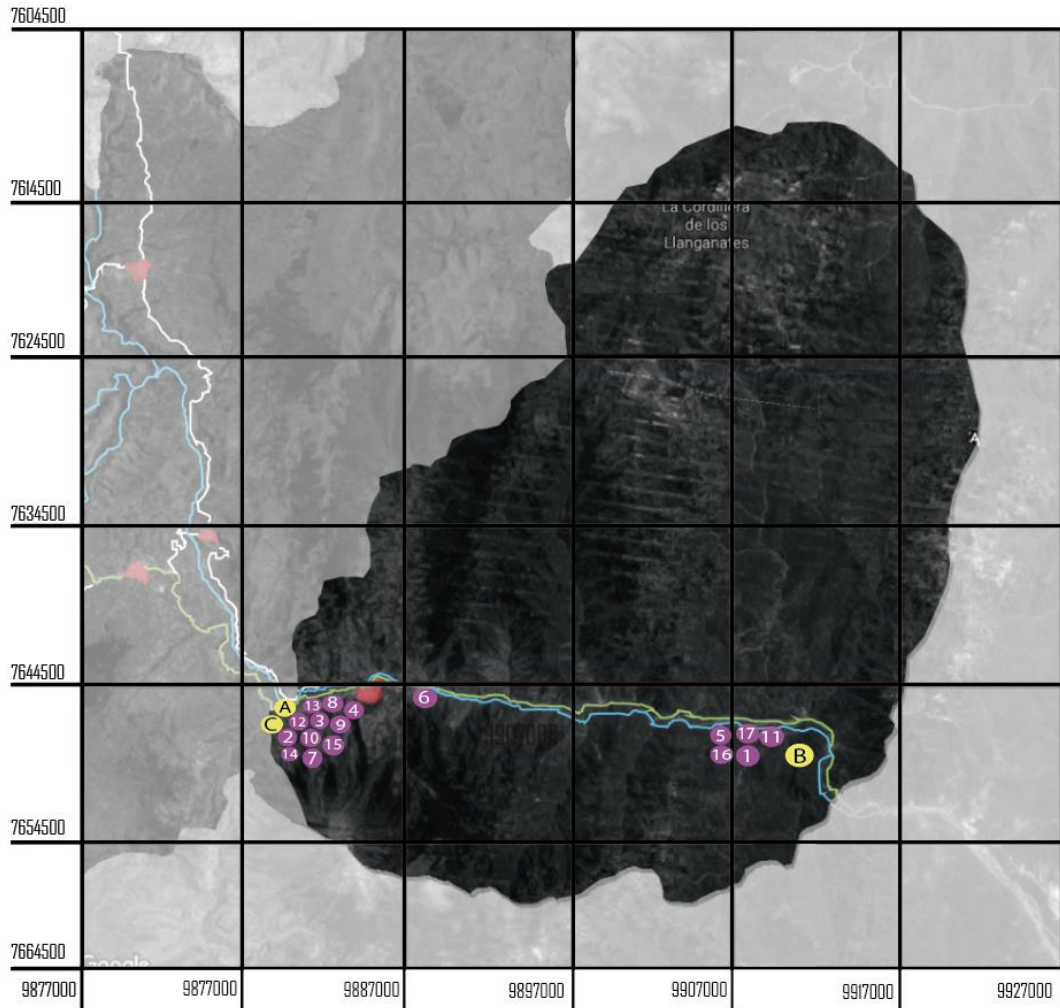
Recuperado el 19 de febrero, 2019.

Elaborado por: David Jiménez

**Cuadro 13: Clasificación de minas de la ciudad de Pelileo**

Identificación	Nombre	Parroquia	Arena	Tipo de mina	Superficie
1	Chumaqui	San pedro de pelileo	Piedra de rio	Artesanal	4
2	Catimbo	San pedro de pelileo	Ripio	Artesanal	4
3	Minera Alfonso	El Rosario	Aridos y petreos	Artesanal	4
4	Corazon	El Rosario	Aridos y petreos	Artesanal	4
5	Tierra blanca	El Rosario	Aridos y petreos	Artesanal	4
6	Condorahua grande	San pedro de pelileo	Arena	Artesanal	3
A	Las juntas	San pedro de pelileo	Arena	Concesion minera	25
B	Valle hermoso	San pedro de pelileo	Arena	Concesion minera	9
C	Las juntas 1	San pedro de pelileo	Arena	Concesion minera	5
D	Solar 1	El Rosario	Arena	Concesion minera	4

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
 Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
 Elaborado por: David Jiménez



**Imagen 6:** Mapeo minas de la ciudad de Baños

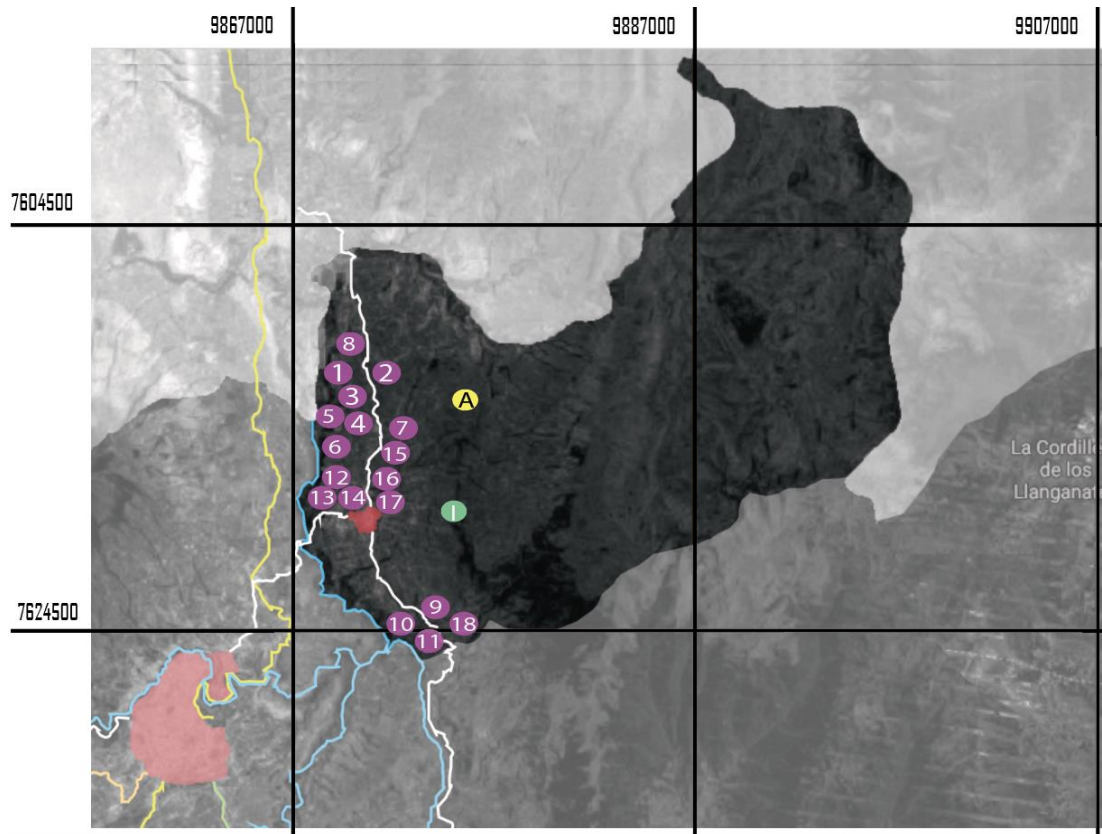
**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
 Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
 Elaborado por: David Jiménez

**Cuadro 14: Clasificación de minas de la ciudad de Baños**

Identificación	Nombre	Parroquia	Arena	Tipo de mina	Superficie
1	Las palmeras	Rio negro	Piedra de rio	Artesanal	4
2	El arenal	Baños	Piedra de rio	Artesanal	6
3	EL viejo minero	Baños	Ripio	Artesanal	4
4	Cantera Volcan	Baños	Arena	Artesanal	4
5	Gran Salomon	Rio negro	Arena	Artesanal	4
6	Andino	Baños	Arena	Artesanal	4
7	Los pajaros	Baños	Arena	Artesanal	4
8	EL viejo minero 1	Baños	Arena	Artesanal	4
9	El viejo minero 2	Baños	Arena	Artesanal	4
10	El viejo minero 3	Baños	Arena	Artesanal	3
11	Mina Guevara	Rio negro	Arena	Artesanal	6
12	Mina Villegas	Baños	Arena	Artesanal	3
13	Canteras medina	Baños	Arena	Artesanal	5
14	Sixto	Baños	Arena	Artesanal	4
15	Cantera Isabelita	Baños	Arena	Artesanal	4
16	San Francisco 2	Rio negro	Piedra de rio	Artesanal	6
17	San Francisco 1	Rio negro	Piedra de rio	Artesanal	5
A	Juive la Pampa	Baños	Arena	Concesion minera	9,6
B	Los angeles 1	Rio negro	Marmol	Concesion minera	210
C	Las juntas	Baños	Aridos y petreos	Concesion minera	6

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
 Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
 Elaborado por: David Jiménez

En cambio la ubicación geográfica de la ciudad de Baños le permite tener explotación minera en las riveras del Rio Pastaza, la confluencia de los ríos Cutuchi y Pastaza en el sector del puente de las juntas ha convertido a esta zona en un sector de buenas características para la extracción de materiales pétreos debido a que en la zona también se encuentran las minas de arena provenientes de los lahares del volcán Tungurahua por lo que en esta zona se pueden encontrar varias minas de materiales pétreos inclusive una hormigonera que extrae el material directamente de la zona.



**Imagen 7:** Mapeo minas de la ciudad de Pillaro

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
 Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
 Elaborado por: David Jiménez

Por otro lado, en la ciudad de Pillaro se presenta una particularidad puesto que se tiene en esta zona la reserva natural del parque nacional Llangantes, la misma que se sitúa en el sector este de la provincia y abarca gran parte del territorio de la ciudad, por lo que la explotación minera solamente se va a presentar al sector oeste de la ciudad de Pillaro, en la cadena montañosa que se encuentra al este del rio Cutuchi, si bien tiene una superficie amplia la explotación en esta ciudad la mayoría de esta área corresponden a la explotación de puzolana.

**Cuadro 15: Clasificación de minas de la ciudad de Pillaro**

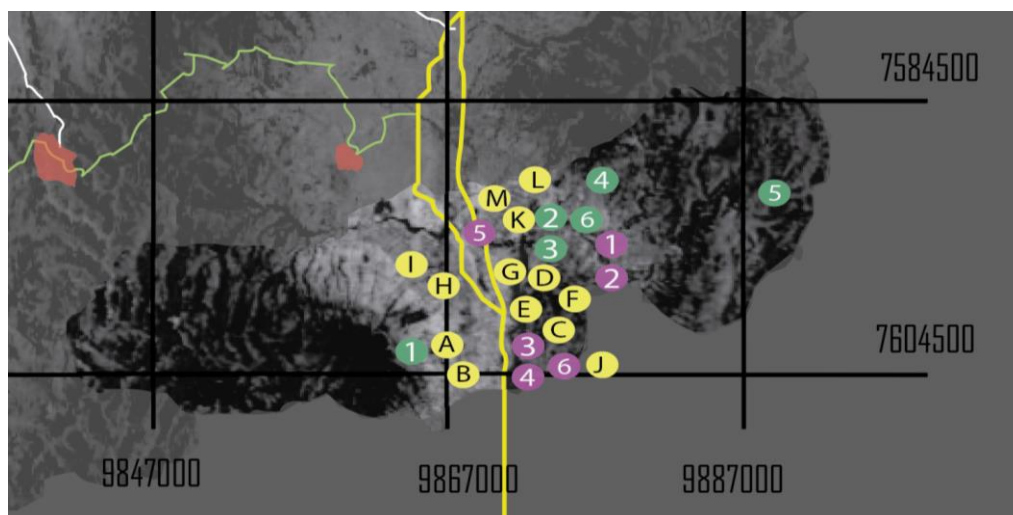
Identificación	Nombre	Parroquia	Arena	Tipo de mina	Superficie
1	Virginia	San Andrés	Arena	Artesanal	6
2	Los muelles	San Andrés	Arena	Artesanal	4
3	La ponderosa	San Andrés	Arena	Artesanal	4
4	Canteras Erick Joel	San Andrés	Arena	Artesanal	6
5	Alexandra	San Andrés	Arena	Artesanal	6
6	Príncipe San Miguel	San Andrés	Arena	Artesanal	4
7	Carolina VC	San Andrés	Arena	Artesanal	6
8	La ponderosa 1	San Andrés	Arena	Artesanal	4
9	Pucahuaicu 2	Emilio Terán	Arena	Artesanal	6
10	Pucahuaicu 3	Emilio Terán	Arena	Artesanal	6
11	Pucahuaicu 1	Emilio Terán	Arena	Artesanal	6
12	Omar Elias	San Andrés	Arena	Artesanal	2
13	Fonseca 1	San Andrés	Arena	Artesanal	4
14	MC1	San Andrés	Arena	Artesanal	6
15	Mina Manobanda	San Andrés	Arena	Artesanal	6
16	Baños de Guapante	San Andrés	Arena	Artesanal	6
17	Carla 1	San Andrés	Arena	Artesanal	4
18	Quillan Alemania	Emilio Terán	Arena	Artesanal	4
19	Canteras Olivos	Ciudad nueva	Arena	Artesanal	2
A	Canteras Adrianita	San Andrés	Arena	Concesion minera	14
1	Yanayacu 1	San Andrés	puzolana	Exploracion y explotacion	297

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].

Recuperado el 19 de febrero, 2019.

Elaborado por: David Jiménez

Así mismo, el cantón salcedo presenta su mayor explotación minera en la zona de Panzaleo, esto debido a que su producción abastece a la provincia de Cotopaxi y también a la provincia de Tungurahua, esta ciudad tiene una superficie de 466 hectáreas de minería, en esta área lo que más se produce es la puzolana y los materiales de construcción, la presencia de las aguas del río Cutuchi le permite tener una arena lavada de excelente calidad que es el material por lo que más se conoce a esta zona de Panzaleo.



**Imagen 8:** Mapeo minas de la ciudad de Salcedo

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].

Recuperado el 19 de febrero, 2019.

Elaborado por: David Jiménez

**Cuadro 16:** Clasificación de minas de la ciudad de Salcedo

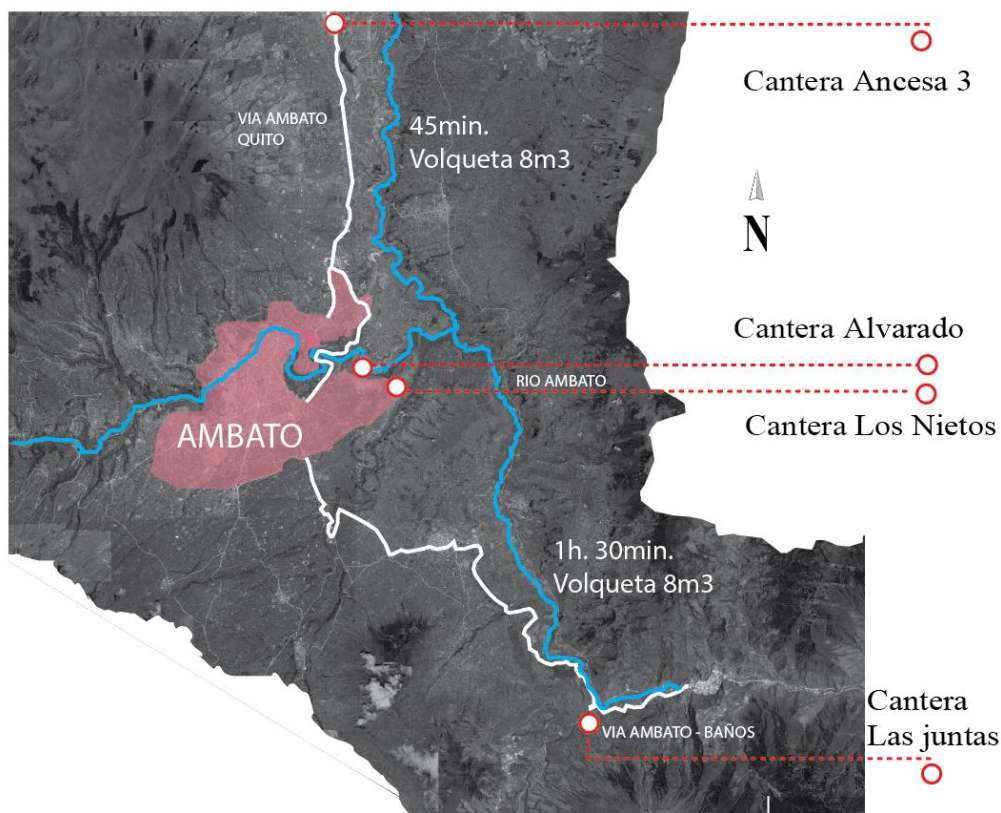
Identificación	Nombre	Parroquia	Tipo de material	Tipo de mina	Superficie
1	Puerta del sol	Pansaleo	Arena	Minería Artesanal	4
2	Canteras Flores	Pansaleo	Arena	Minería Artesanal	6
3	El Descanso	Pansaleo	Arena	Minería Artesanal	3
4	El Descanso 2	Pansaleo	Arena	Minería Artesanal	2
5	Cristina	Salcedo	Arena	Minería Artesanal	2
A	Puzoyambo	Pansaleo	Puzolana	Concesion minera	20
B	Tigualo 1	Pansaleo	Puzolana	Concesion minera	191
C	San Jose de Jacho	Pansaleo	Arena	Concesion minera	6
D	La playa	Pansaleo	Arena	Concesion minera	37
E	Rubi	Pansaleo	Aridos y pétreos	Concesion minera	15
F	Ancesa 3	Pansaleo	Arena	Concesion minera	18
G	Ancesa	Pansaleo	Arena	Concesion minera	3
H	Cantera Ficos	Pansaleo	Aridos y pétreos	Concesion minera	6
I	Cantera Mollepamba	Salcedo	Aridos y pétreos	Concesion minera	6
J	La playa	Mulalillo	Arena	Concesion minera	6
K	Mina Cazares	Salcedo	Arena	Concesion minera	4
L	La playa RC	Salcedo	Arena	Concesion minera	4
M	Salache	Salcedo	Arena	Concesion minera	6
1	San Luis Saguatoa	Mulalillo	Aridos y pétreos	Libre aprovechamiento	29
2	Rumiloma	Salcedo	Arena	Libre aprovechamiento	30
3	Playa de Nagsiche	Salcedo	Aridos y pétreos	Libre aprovechamiento	36
4	Jachaguango GADPC	Salcedo	Aridos y pétreos	Libre aprovechamiento	9
5	San Pablo Cumbijin	Salcedo	Aridos y pétreos	Libre aprovechamiento	23

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].

Recuperado el 19 de febrero, 2019.

Elaborado por: David Jiménez

Aparte de ello, el focus group realizado a los transportistas de material pétreo en el sector de Huachi Chico, Huachi Grande, avenida Bolivariana ha permitido determinar las canteras de las cuales se obtendrán las materias primas para el presente estudio, definiendo así que para los áridos grueso la cantera a estudiarse será la cantera Alvarado con sus productos de una pulgada y de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, para los áridos finos las canteras a estudiarse serán la cantera Ancesa 3, Los nietos y la cantera Las juntas.



**Imagen 9:** Mapeo minas escogidas para el estudio

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
Recuperado el 19 de febrero, 2019.  
Elaborado por: David Jiménez

No obstante, cuando los transportistas de volquetas ofrecen servicios de proveedores de materiales estas son las minas que frecuentan, pero queda a criterio de los constructores el definir de que procedencia desean el material, puesto que

variara el tiempo de entrega y el costo del material teniendo a la arena de Ancesa 3 la que tiene un valor más alto ya entregada en la obra luego la de Baños y finalmente está el material de la cantera de Los Nietos.

Aparte de ello se ha realizado un acercamiento con cada una de las minas, con el objetivo de obtener del material pétreo para la realización de los ensayos que nos permitirán determinar las propiedades de los materiales para poder desarrollar las dosificaciones adicionalmente se realizó un levantamiento fotográfico de cada cantera determinadas para el estudio obteniendo la siguiente información.

### Ancesa 3.

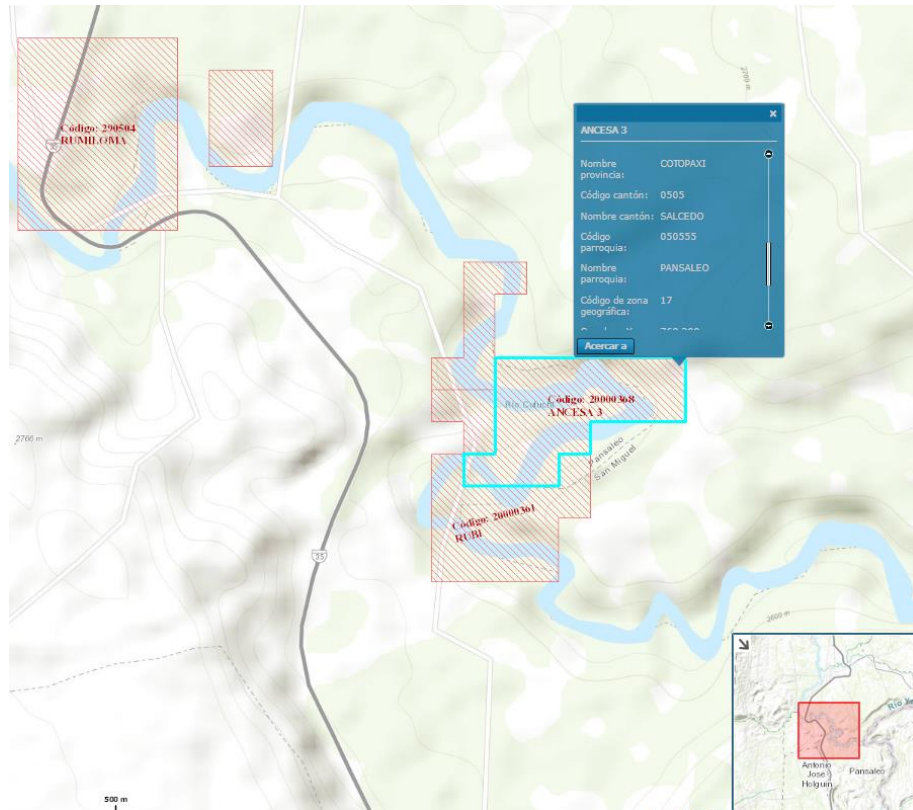
**Tabla 5 :** Descripción cantera Ancesa 3

Concesión minera	Ancesa 3
Código catastral	20000368
Titular	Fonseca Arias Sandra Natalia
Telefono	32725526
Dirección	Pansaleo
Plazo (meses)	82
Fase del recurso mineral	Exploración Explotación
Fecha de inscripción	18/9/2017
Nombre de provincia	Cotopaxi
Nombre de cantón	Salcedo
Nombre de parroquia	Pansaleo
Coordenada X	768,300,
Coordenada Y	9,882,100
Mineral de interes	Arena
Estado actual	Inscrita
Superficie	18
Tipo de mineral	Material de construccion

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
Recuperado el 19 de febrero, 2019.

**Elaboración:** Jiménez, David 2019





**Imagen 10:** Implatación Cantera Ancesa 3

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps]. Recuperado el 19 de febrero, 2019.

**Elaboración:** Jiménez, David 2019



**Imagen 11:** Cantera Ancesa 3

Fotografiado por: David Jiménez

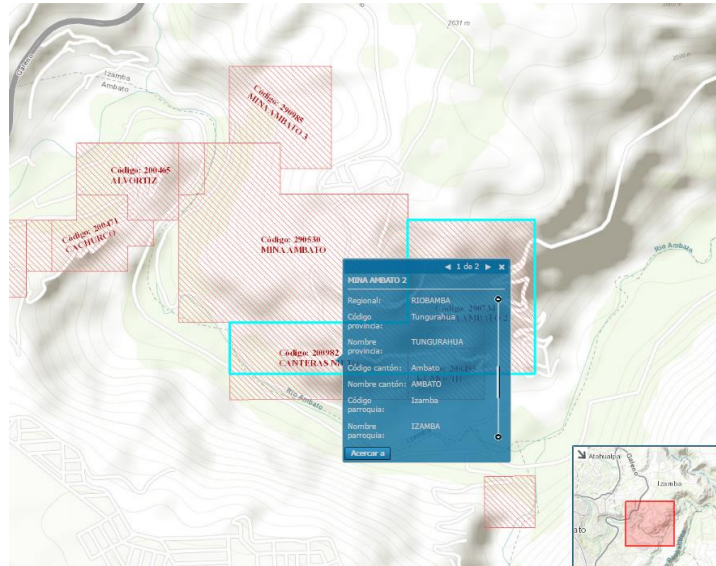
**Cantera Los Nietos.**

**Tabla 6:** Descripción cantera Los Nietos

Concesión minera	Los Nietos
Código catastral	200982
Titular	Nieto Alday Luis Enrique
Telefono	32452819
Dirección	Km. 5 paso lateral Ambato
Plazo (meses)	211
Fase del recurso mineral	Exploración Explotación
Fecha de inscripción	8/8/2008
Nombre de provincia	Tungurahua
Nombre de cantón	Ambato
Nombre de parroquia	Izamba
Coordenada X	770,300,
Coordenada Y	9,862,200
Mineral de interes	Arena
Estado actual	Inscrita
Superficie	24
Tipo de mineral	Material de construccion

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps]. Recuperado el 19 de febrero, 2019.

**Elaboración:** Jiménez, David 2019



**Imagen 12:** Implantación Cantera Los Nietos

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps]. Recuperado el 19 de febrero, 2019.

**Elaboración:** Jiménez, David 2019



**Imagen 13:** Cantera Los Nietos

**Fotografiado por:** David Jiménez

### Cantera Las juntas.

**Tabla 7:** Descripción cantera Las Juntas

Concesión minera	Las juntas
Código catastral	200989
Titular	Nuñez López Luis Alfonso
Telefono	98025136
Dirección	Salasaca barrio Rumiñahui vía a Baños
Plazo (meses)	248
Fase del recurso mineral	Exploración Explotación
Fecha de inscripción	2/4/2013
Nombre de provincia	Tungurahua
Nombre de cantón	Pelileo
Nombre de parroquia	Pelileo
Coordenada X	781,200,
Coordenada Y	9,845,100
Mineral de interes	Arena
Estado actual	Inscrita
Superficie	5
Tipo de mineral	Material de construccion

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps]. Recuperado el 19 de febrero, 2019.

**Elaboración:** Jiménez, David 2019



**Imagen 14:** Implantación Cantera Los Nietos

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps].  
Recuperado el 19 de febrero, 2019.

**Elaboración:** Jiménez, David 2019



**Imagen 15:** Cantera Las juntas

**Fotografiado por:** David Jiménez

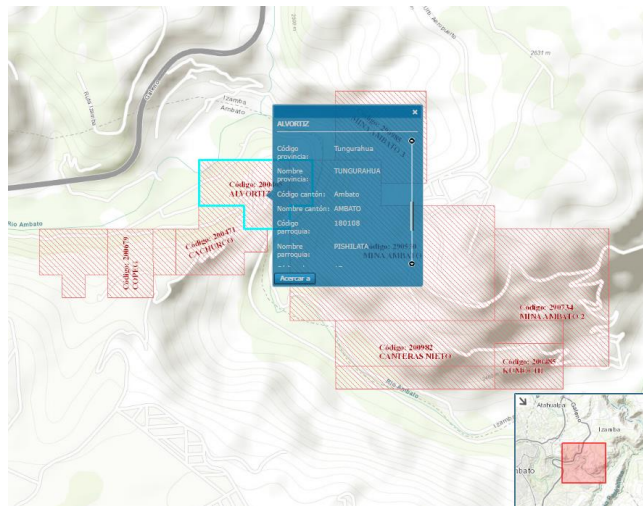
**Cantera Alvarado.**

**Tabla 8:** Descripción cantera Alvarado

Concesión minera	Alvarado
Código catastral	200465
Titular	Alvarado Ortiz constructores Cia. Ltda.
Telefono	32758162
Dirección	Arquitecto lecorbusier s/n y socrates
Plazo (meses)	234
Fase del recurso mineral	Exploración Explotación
Fecha de inscripción	14/5/2002
Nombre de provincia	Tungurahua
Nombre de cantón	Ambato
Nombre de parroquia	Pishilata
Coordenada X	769,200,
Coordenada Y	9,862,900
Mineral de interes	Arena
Estado actual	Inscrita
Superficie	12
Tipo de mineral	Material de construccion

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps]. Recuperado el 19 de febrero, 2019.

**Elaboración:** Jiménez, David 2019



**Imagen 16:** Implantación Cantera Alvarado

**Fuente:** geo.controlminero.gob.ec. (s.f.) [Mapa de Tungurahua, Ecuador en Googlemaps]. Recuperado el 19 de febrero, 2019.

**Elaboración:** Jiménez, David 2019



**Imagen 17:** Cantera Alvarado

Elaborado por: David Jiménez

Acorde a Adam N. Neville en su libro Tecnología del concreto, al cemento se lo puede definir de la siguiente manera “un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto”. La norma ecuatoriana INEN 007:2006 en cambio define al cemento portland de la siguiente manera: “Cemento hidráulico producido por la pulverización de Clinker Portland al que usualmente se le añade sulfato de calcio.”. Además, según la NTE INEN 2380 clasifica a los cementos según sus propiedades específicas de la siguiente manera, sin tomar en cuenta las restricciones sobre su composición de los constituyentes.

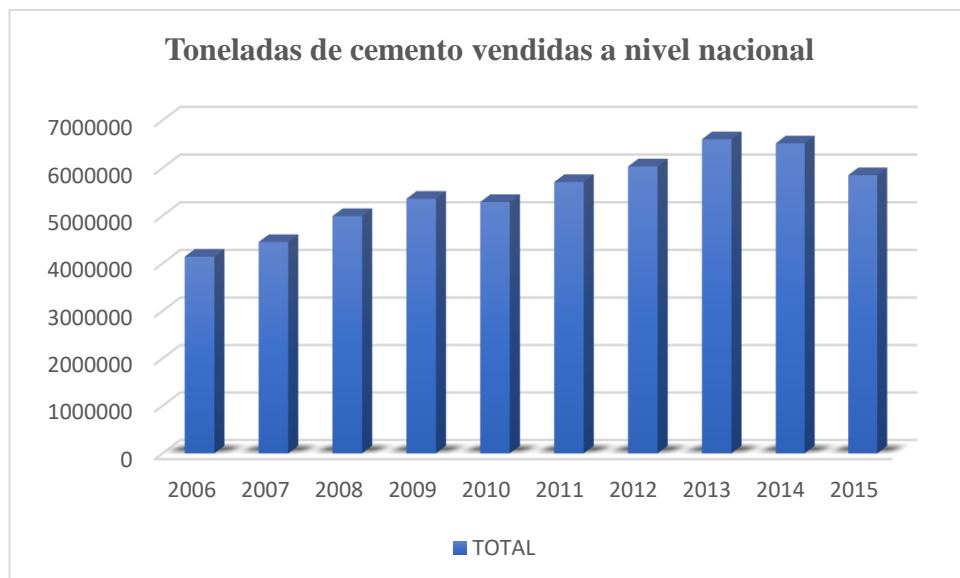
**Cuadro 17: Clasificación de cementos según su INEN 2380**

Tipo de cemento	Características
GU	Construcción en general
HE	Elevada resistencia inicial
MS	Moderada resistencia a los sulfatos
HS	Alta resistencia de los sulfatos
MH	Moderato calor de hidratación
LH	Bajo calor de hidratación

Elaborado: David Jiménez  
Fuente: NTE INEN 2380

Sin embargo, el cemento que escogeremos para nuestro estudio será el GU debido a que al ser un cemento hidráulico para construcción en general es el que más se encuentra en el mercado, este está fabricado bajo la norma NTE INEN 2380 que es el equivalente en el Ecuador al ASTM C-1157, también se encuentran otros tipos de cemento pero que son de uso menos frecuente los mismos que detallaremos a continuación, al igual que sus equivalencias de acuerdo a su clasificación.

Asimismo, al ser el cemento portland hidráulico GU el de mayor uso a nivel nacional se ha optado por analizar cuáles son sus requerimientos físicos en la norma INEN 2380

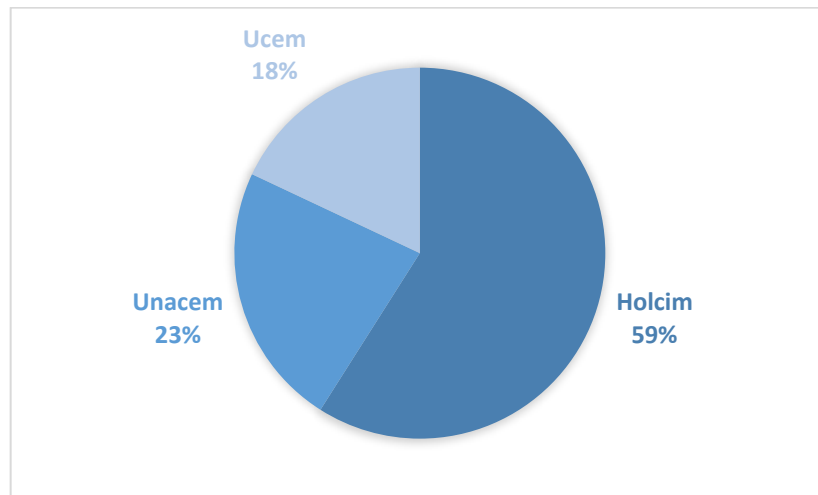


**Gráfico 7:** Ventas anuales de cemento.

Fuente: (INECYC, 2019) Recuperado el 21 de noviembre, 2019.  
Elaborado por: David Jiménez

Acorde al histórico de ventas de cemento provisto por el instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón tenemos que para el año 2015 se comercializaran casi 6

millones de toneladas métricas de cemento, en el país existen tres empresas que se encargan de comercializar el material aglomerante, estas son Holcim, Unacem que se la conoce comercialmente como La farge y UCEM que es la empresa encargada de la producción del cemento Chimborazo y Guapán.



**Gráfico 8:** Ventas por marcas de cemento.

Fuente: (INECYC, 2019) Recuperado el 21 de noviembre, 2019.  
Elaborado por: David Jiménez

Acorde con las estadísticas del Instituto ecuatoriano del cemento y el hormigón la marca más comercializada a nivel nacional es Holcim por lo que se analizara al material provisto por esta empresa por ser el de mayor uso por parte del sector de la construcción.

### **3.2. Análisis de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las juntas, Los nietos y Alvarado.**

#### **Granulometría**

El ensayo de granulometría está basado en tamizar la muestra del agregado que en este caso se emplearon 1000 gramos de muestra de las diferentes canteras para el árido fino y 10.000 gramos para el árido grueso, para el tamizado utilizaron una serie de tamices para el árido fino y otra para el árido grueso. El análisis granulométrico permite determinar la distribución de las partículas en función de



sus tamaños, se lo realiza debido a que del tamaño de los agregados depende directamente la cantidad de pasta de cemento que se empleara en el hormigón.

La determinación de la granulometría de los áridos es importante pues a partir de estas características podemos obtener mezclas con mejores cualidades, pues una buena granulometría influirá directamente en la calidad del hormigón ya que al tener una mejor distribución granulométrica las mezclas serán más homogéneas y esto permitirá que las partículas pequeñas ocupen los espacios vacíos que quedan en medio de los áridos de mayor tamaño reduciendo la porosidad lo que proporciona una buena calidad del hormigón.

Para la determinación la granulometría de las muestras se emplearon los siguientes equipos:

- Horno.
- Balanza
- Agitador de tamiz.
- Tamiz serie: 3/8, N.4, N.8, N.16, N.30, N.50, N.100, pasa N.100.
- Tamiz serie: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N.4, N.8, pasa N.8.

Para la determinación la granulometría de las muestras se emplearon las siguientes herramientas:

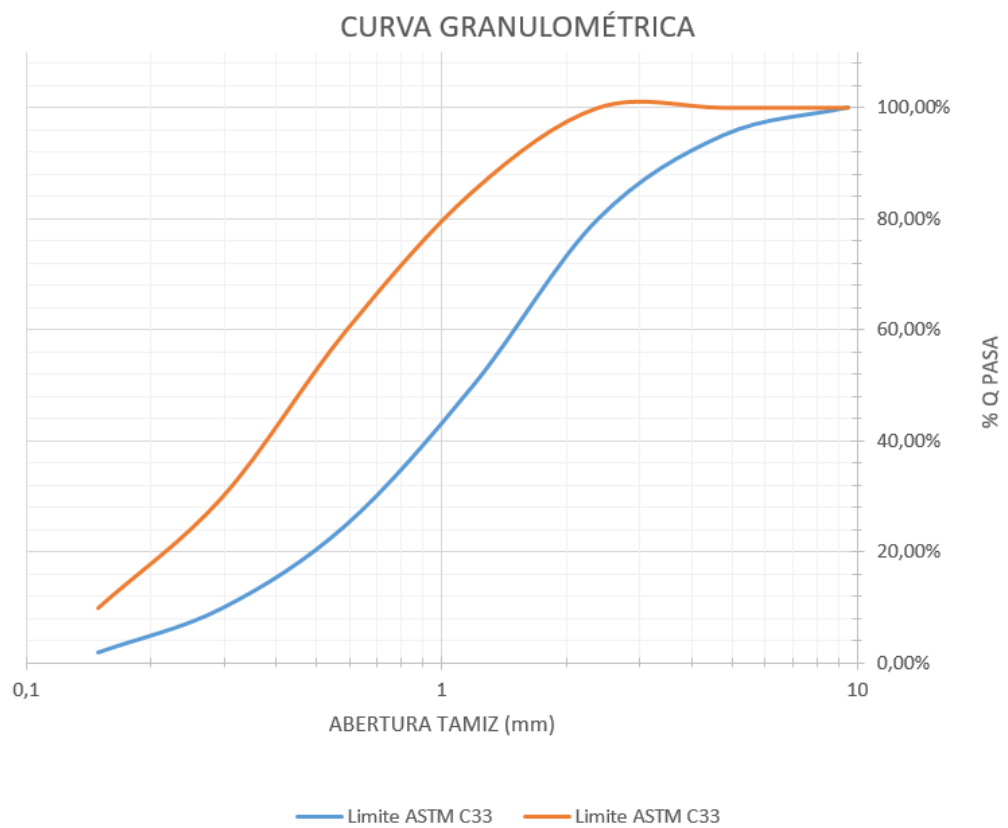
- Cuchareta
- Recipientes metálicos
- Guantes
- Gafas
- Paño

El análisis granulométrico de las muestras tomadas en las canteras del árido fino esta normado mediante la norma NTE INEN 872:2011 la misma que plantea los siguientes limites como parámetros para que los áridos sean catalogados como arenas que son aptas como materia prima de mezclas de hormigón, estos lineamientos son los mismo encontrados en la norma ASTM C33 y serán detallados a continuación.

**Cuadro 18: Límites para pruebas granulométricas con áridos finos**

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 μm	25 a 60
300 μm	5 a 30
150 μm	0 a 10

Fuente: NTE INEN 154



**Gráfico 9: Límites para pruebas granulométricas para áridos finos**

Fuente: ASTM C33.

El árido fino y grueso presentan diferentes parámetros que permiten determinar si sus propiedades mecánicas cumplen con los rangos requeridos para que los materiales sean considerados como aptos para ser usados para la elaboración de hormigón, los límites están establecidos en el Anexo 2 donde se puede hacer

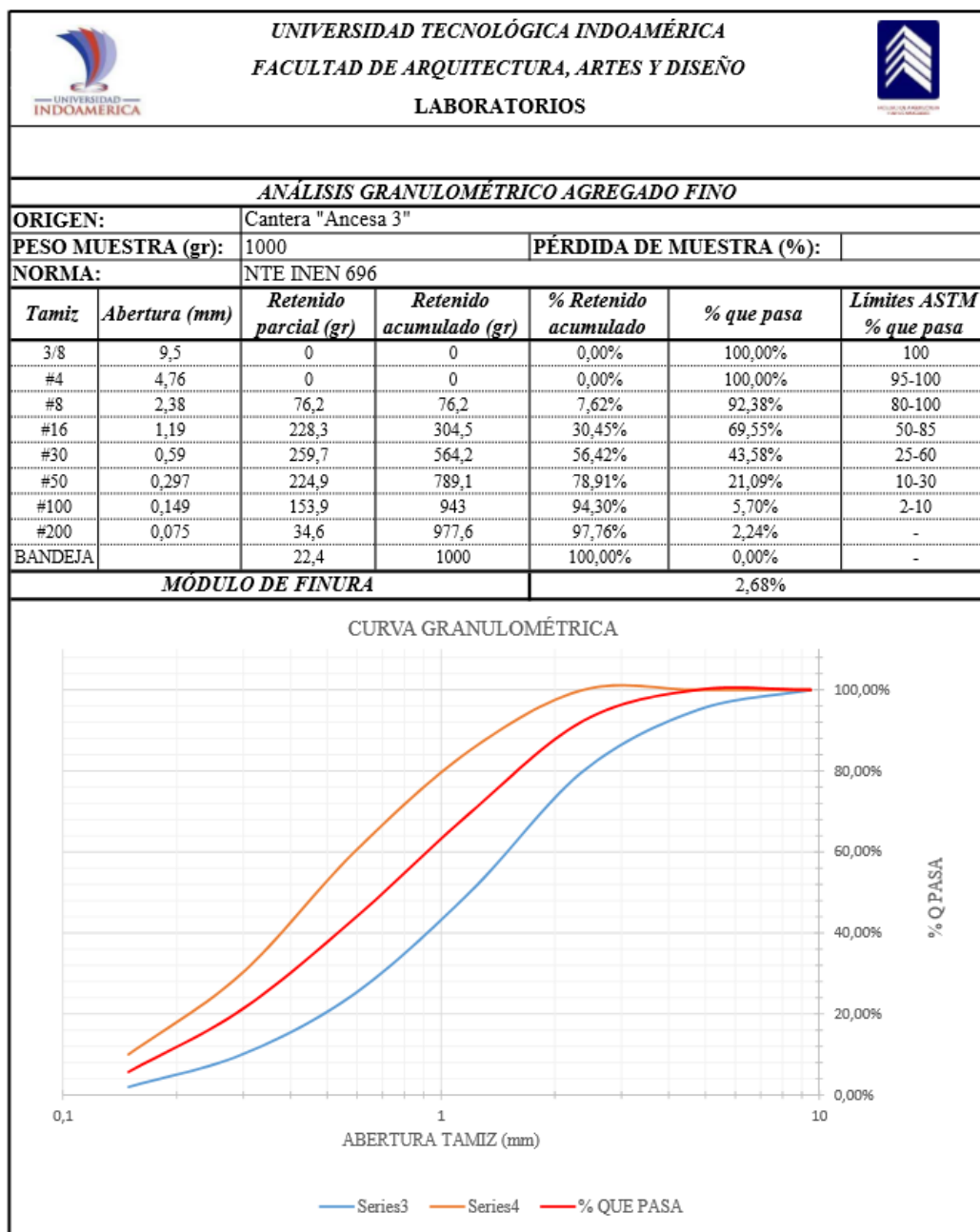
referencia, pero a continuación se presentaran la escala grafica tanto del límite superior como del límite inferior que se empleara en el estudio:



El ensayo de granulometría consistió en tomar la muestra dependiendo del árido y colocarla en un recipiente metálico pesándolo, para esto se empleó una balanza y una cuchareta, se colocó la muestra en el horno por 24 horas a una temperatura de 110 °C., luego se sacó el material y se dejó enfriar, posteriormente se colocaron los tamices, dependiendo del árido que se va a tamizar, en orden y se puso la muestra con el uso de la cuchareta en el tamiz con la precaución de no desperdiciar la muestra. Una vez tamizada la muestra se procedió a ir pesando el material que quedo retenido en cada tamiz, finalmente se tabulo y se analizaron los resultados obteniendo la siguiente información:

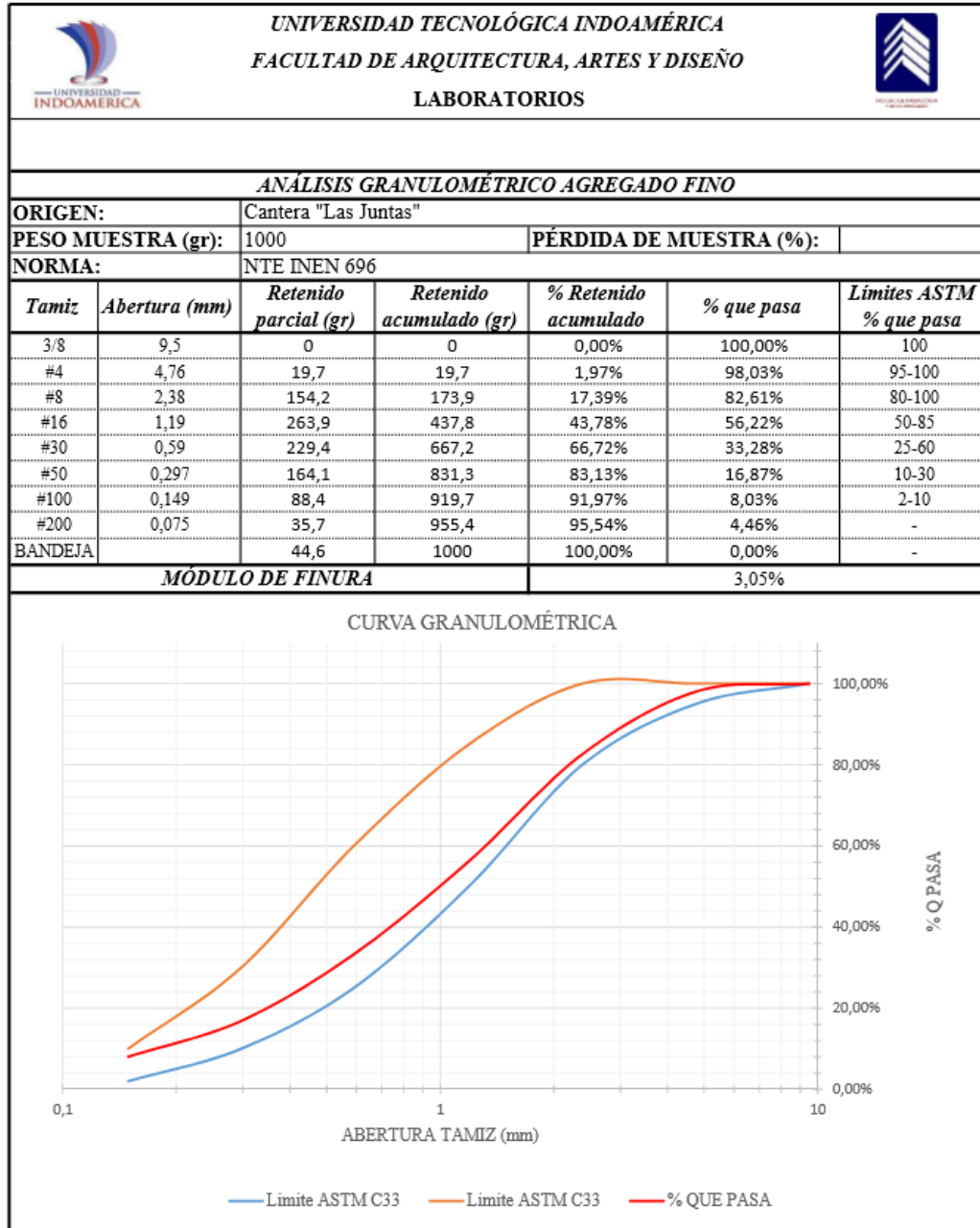
## Árido Fino

### Ficha técnica de observación 1: Resultados del ensayo de granulometría del árido fino proveniente de la cantera Ancesa 3.



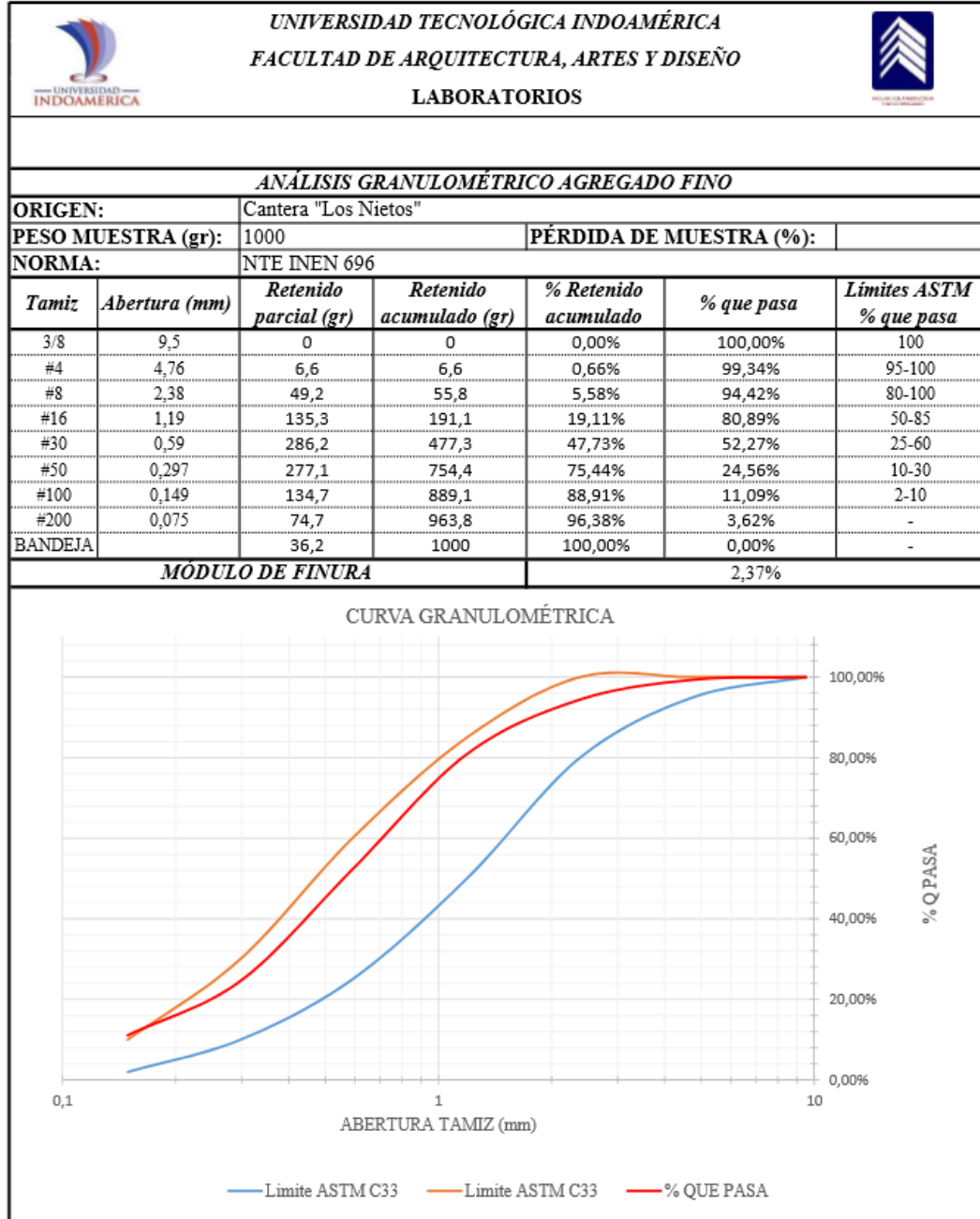
Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 2: Resultados del ensayo de granulometría del árido fino proveniente de la cantera Las Juntas.**



Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

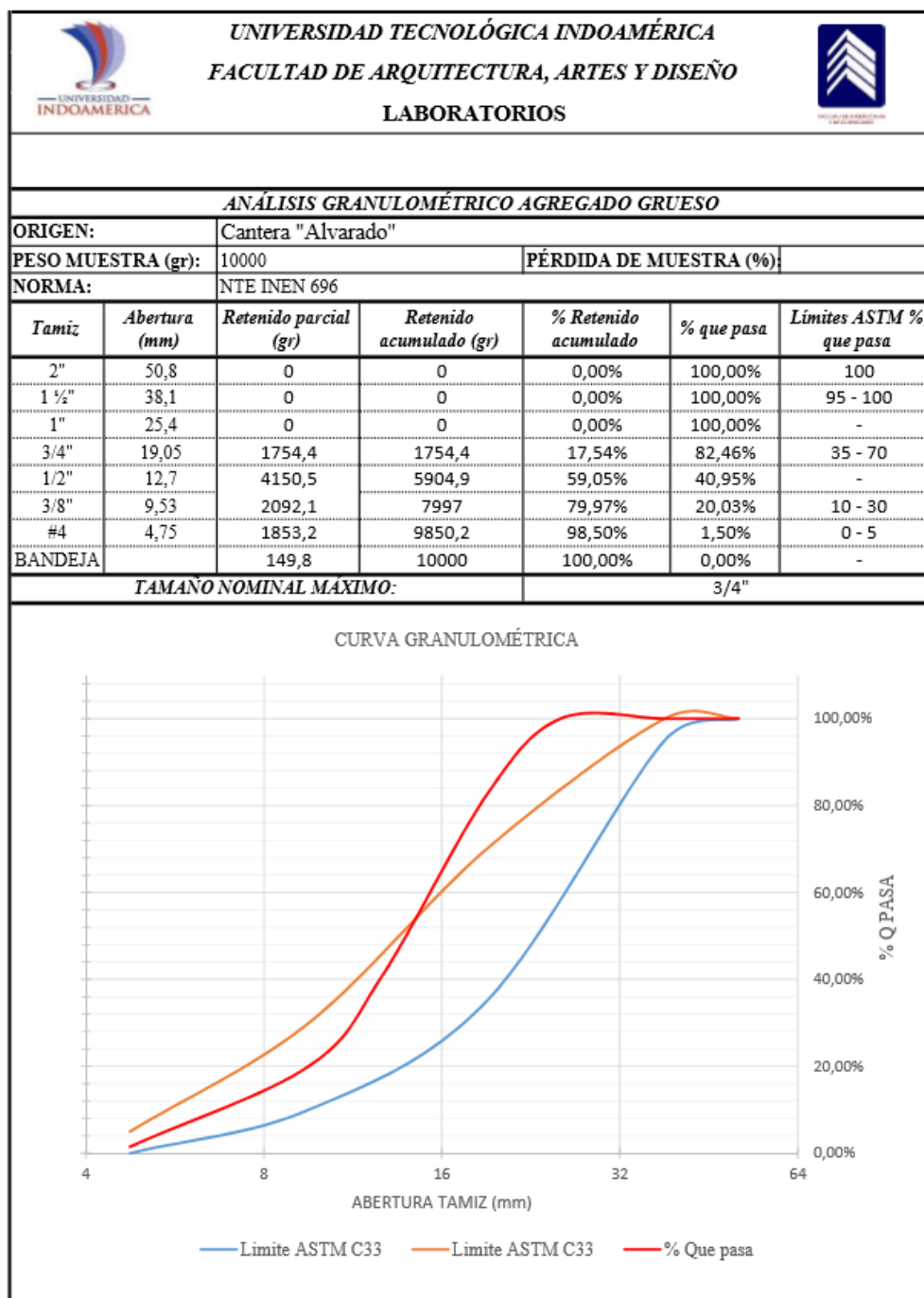
**Ficha técnica de observación 3: Resultados del ensayo de granulometría del árido fino proveniente de la cantera Los Nietos.**



Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

## Árido grueso

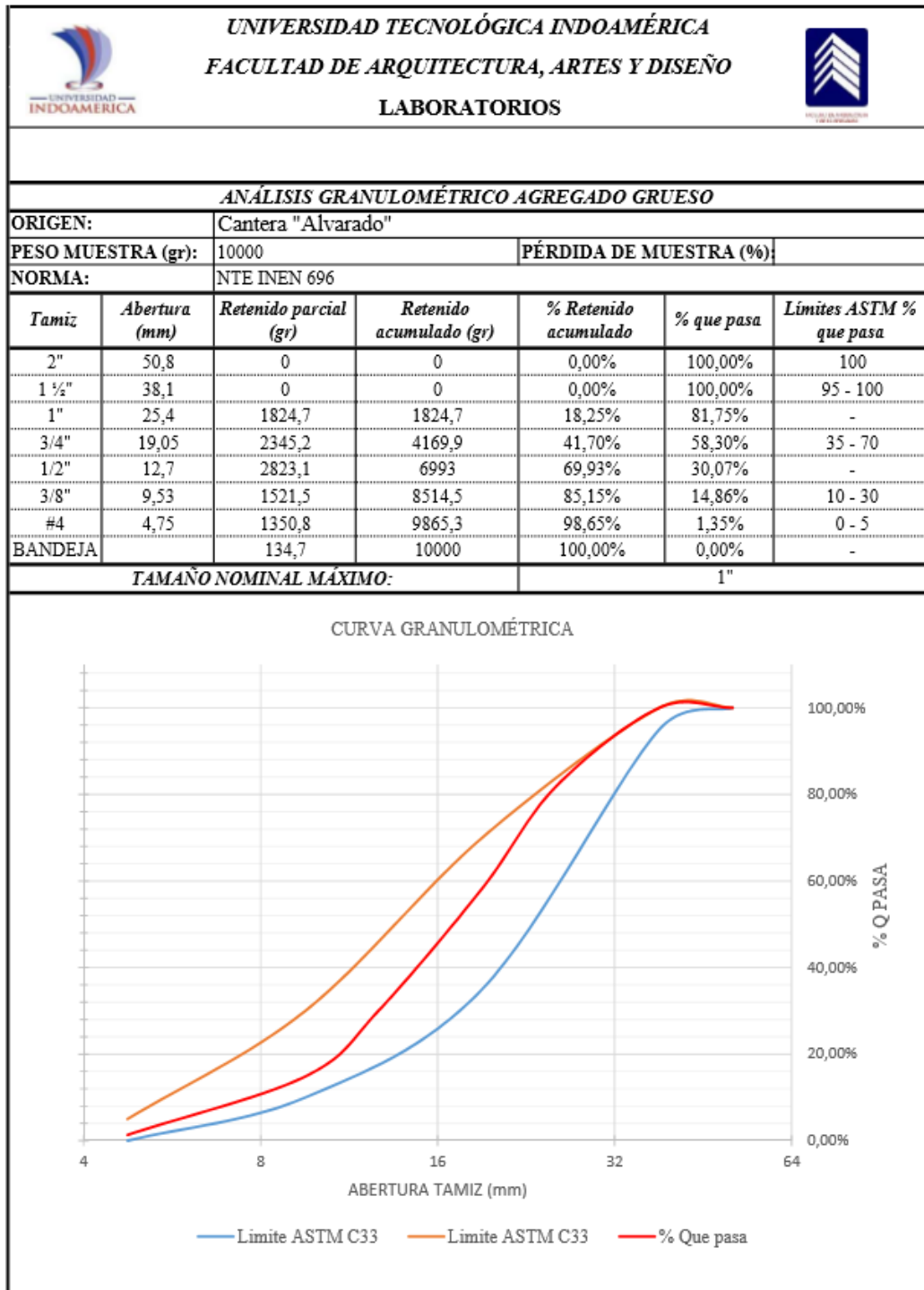
### Ficha técnica de observación 4: Resultados del ensayo de granulometría del árido grueso proveniente de la cantera Alvarado.



Adaptado por: David Jiménez

Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 5: Resultados del ensayo de granulometría del árido grueso proveniente de la cantera Alvarado**



Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)



## **Densidad aparente suelta y compactada.**

La densidad aparente está basada en la Norma INEN 858-2010 de donde se entendió que es la relación entre la masa del material sobre el volumen que este ocupa, tomando en cuenta los poros impermeables lo que lo convierte en un buen indicador de la porosidad y la capacidad de infiltración.

Para la determinación la densidad aparente suelta y compactada de las muestras se emplearon los siguientes equipos:

- Varilla de compactación, de 16 mm y 600 mm de largo con sus extremos redondeados.
- Horno.
- Balanza.
- De acuerdo a la ASTM C 138 el molde que será un recipiente metálico que preferentemente su altura no supere su diámetro o en su defecto no debe ser inferior al 80% del diámetro o superar el 150% de la medida del diámetro.

Para la determinación la aparente suelta y compactada de las muestras se emplearon las siguientes herramientas:

- Cuchareta
- Guantes
- Gafas
- Paño



El ensayo de la densidad suelta y compactada se divide en dos partes del proceso, el primero que consiste en verter con una pala la muestra seca a una altura no mayor a 50 mm por sobre el molde luego de completar el recipiente se enraza y se pesa, para la segunda etapa del ensayo se toma la muestra y se la coloca en 3 diferentes capas dentro del molde pero compactándola con la varilla, mediante 25 golpes en cada capa y teniendo en consideración que no se debe topar el molde con la varilla, posteriormente se pesa. Este proceso se realiza tanto para áridos finos como para áridos gruesos.

**Ficha técnica de observación 6: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 3/4" de la cantera Alvarado y árido fino cantera Ancesa 3**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 3/4, Ancesa 3			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm<sup>3</sup>)</i>	<i>Promedio (kg/dm<sup>3</sup>)</i>
GRUESO	39,50	29,60	1,45	1,47
	40,25	30,35	1,48	
FINO	41,60	31,70	1,55	1,56
	41,90	32,00	1,56	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 3/4, Ancesa 3			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm<sup>3</sup>)</i>	<i>Peso Unitario Promedio (kg/dm<sup>3</sup>)</i>
GRUESO	38,80	28,90	1,41	1,40
	38,10	28,20	1,38	
FINO	39,15	29,35	1,44	1,44
	39,45	29,55	1,44	

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 7: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Las Juntas.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 3/4 / Las juntas			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Promedio (kg/dm <sup>3</sup> )
GRUESO	39,50	29,60	1,45	1,47
	40,25	30,35	1,48	
FINO	41,10	31,20	1,53	1,54
	41,60	31,70	1,55	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 3/4 / Las juntas			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso Unitario Promedio (kg/dm <sup>3</sup> )
GRUESO	38,80	28,90	1,41	1,41
	38,58	28,68	1,40	
FINO	39,80	29,90	1,46	1,46
	39,70	29,80	1,46	


Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 8: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Los Nietos.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 3/4 / Los nietos			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Promedio (kg/dm <sup>3</sup> )
GRUESO	39,50	29,60	1,45	1,47
	40,25	30,35	1,48	
FINO	42,10	32,20	1,57	1,58
	42,50	32,60	1,59	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 3/4 / Los Nietos			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso Unitario Promedio (kg/dm <sup>3</sup> )
GRUESO	38,80	28,90	1,41	1,41
	38,58	28,68	1,40	
FINO	41,50	31,60	1,55	1,53
	40,80	30,90	1,51	

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 9: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Ancesa 3.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 1", Ancesa 3			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Promedio (kg/dm <sup>3</sup> )
GRUESO	37,50	27,60	1,35	1,34
	37,20	27,30	1,33	
FINO	41,60	31,70	1,55	1,56
	41,90	32,00	1,56	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 1", Ancesa 3			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso Unitario Promedio (kg/dm <sup>3</sup> )
GRUESO	35,30	25,40	1,24	1,26
	35,90	26,00	1,27	
FINO	39,15	29,35	1,44	1,44
	39,45	29,55	1,44	



Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 10: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Las Juntas.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 1" / Las juntas			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm<sup>3</sup>)</i>	<i>Promedio (kg/dm<sup>3</sup>)</i>
GRUESO	37,50	27,60	1,35	1,34
	37,20	27,30	1,33	
FINO	41,10	31,20	1,53	1,54
	41,60	31,70	1,55	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 1" / Las juntas			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm<sup>3</sup>)</i>	<i>Peso Unitario Promedio (kg/dm<sup>3</sup>)</i>
GRUESO	35,30	25,40	1,24	1,26
	35,90	26,00	1,27	
FINO	39,80	29,90	1,46	1,46
	39,70	29,80	1,46	

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 11: Resultados ensayo de densidad aparente, árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Los Nietos.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 1" / Los nietos			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Promedio (kg/dm <sup>3</sup> )
GRUESO	37,50	27,60	1,35	1,34
	37,20	27,30	1,33	
FINO	42,10	32,20	1,57	1,58
	42,50	32,60	1,59	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS				
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	Cantera "Alvarado" grueso de 1" / Los Nietos			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20,45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso Unitario Promedio (kg/dm <sup>3</sup> )
GRUESO	35,30	25,40	1,24	1,26
	35,90	26,00	1,27	
FINO	41,50	31,60	1,55	1,53
	40,80	30,90	1,51	

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

## **Densidad Real y capacidad de absorción de los agregados.**

La densidad real esta normado por medio de la Norma NTE INEN 857, lo que busca es determinar el peso por unidad de volumen, y se lo obtiene mediante la división entre el peso de la sustancia y el volumen que este ocupa, debido a esto la densidad utiliza como unidad de medida  $\text{gr./cm}^3$ .

La capacidad de absorción de los agregados se refiere a la mayor cantidad de agua que puede absorber los agregados desde el estado seco al saturado con superficie seca.

Para la determinación la densidad real y capacidad de absorción de las muestras se emplearon los siguientes equipos:

- Picnómetro.
- Matraz 500  $\text{cm}^3$ .
- Balanza.
- Horno.
- Agua destilada y desaireada.
- Tanque de agua.
- Molde de forma de cono truncado con las siguientes medidas de diámetro: 40 mm en la parte superior del cono y 90 mm en la base, y de altura 75mm. Puede presentar un rango de 3mm en estas medidas con un espesor mínimo de 8mm.
- Compactador metálico de humedad superficial de 340gr de masa con un rango de variación de 15 gr, este compactador debe tener una cara compactadora circular y plana de 25mm con un rango de variación de 3 mm.

Para la determinación la densidad real y capacidad de absorción de las muestras se emplearon las siguientes herramientas:

- Cuchareta.
- Guantes.



- Gafas.
- Paño.
- Enrasador metálico.
- Balanza con suspensión de tanque de agua.


El agregado fino y el agregado grueso debido a sus características requieren que sean procesos independientes para poder determinar tanto su densidad real.

Aparte de ello, para el agregado fino se toma la muestra y se la deja secar en el horno por 24 horas, luego de esto se sumerge la muestra por 24 horas, en una bandeja se la deja secar y cuando su consistencia sea la adecuada se realiza el ensayo para determinar la humedad superficial para lo que se sostiene el molde sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro mayor hacia la parte inferior, se coloca el agregado fino parcialmente seco hasta llenarlo completamente. Se compacta el material con 25 golpes ligeros y rellenamos el material faltante, luego retiramos el molde y determinaremos si la muestra tiene la humedad suficiente pesamos la muestra para llevarla al picnómetro donde debe estar lleno de agua a una temperatura de 25 grados centígrados, introducimos el árido fino al picnómetro, esta prueba nos ayudara a determinar la cantidad de llenos y vacíos.

Finalmente, Una vez que esta el material y el agua dentro del picnómetro, podemos emplear el baño de maría y agitarlo constantemente para extraer los vacíos o emplear una bomba de vacíos, de aire para el picnómetro con el fin de liberar los vacíos del material, debemos ir tomando nota del picnómetro con el agua, luego extraemos la muestra y llevamos la muestra al horno y tomamos el peso de la muestra y del picnómetro y realizamos los cálculos para determinar la densidad real.


Los valores óptimos para la densidad real están cerca de  $2.6 \text{ gr/cm}^3$ .

**Ficha técnica de observación 12: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado fino de la cantera Ancesa 3.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA				
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO				
LABORATORIOS				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
ORIGEN:	Ancesa 3			
NORMA:	NTE INEN 856			
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	151,60	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	441,10	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	824,30	
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	383,20	
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	650,30	
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	498,70	
DA=M6/500cm <sup>3</sup>	Densidad del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1,00	
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	115,50	
Msss=M2-M1	Masa del agregado	gr	289,50	
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm <sup>3</sup>	115,80	
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm <sup>3</sup>	2,500	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	23,90	24,10
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	167,80	171,80
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	143,90	147,70
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	164,90	168,60
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	141,00	144,50
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	2,06	2,21
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2,14	


Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 13: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado fino de la cantera Las Juntas.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA				
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO				
LABORATORIOS				
<i>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</i>				
<b>ORIGEN:</b>		Las juntas		
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 856		
<i>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</i>				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	151,80	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	495,80	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	836,40	
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	340,60	
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	644,50	
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	492,70	
DA=M6/500cm <sup>3</sup>	Densidad del agua	gr/cm <sup>3</sup>	0,99	
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	152,10	
M <sub>sss</sub> =M2-M1	Masa del agregado	gr	344,00	
V <sub>sss</sub> =M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm <sup>3</sup>	154,35	
DRA=M <sub>sss</sub> /V <sub>sss</sub>	Densidad real de la arena	gr/cm <sup>3</sup>	2,229	
<i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</i>				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	24,80	24,10
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	175,80	178,30
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	151,00	154,20
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	173,10	175,90
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	148,30	151,80
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1,82	1,58
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	1,70	

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 14: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado fino de la cantera Los Nietos.**

<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO</b> <b>LABORATORIOS</b>			
<b>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</b>			
<b>ORIGEN:</b>	Los nietos		
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 856		
<b>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</b>			
<b>DATOS</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
M1	Masa del picnómetro	gr	151,90
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	514,10
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	858,20
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	344,10
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	644,50
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	492,60
DA=M6/500cm3	Densidad del agua	gr/cm3	0,99
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	148,50
Msss=M2-M1	Masa del agregado	gr	362,20
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm3	150,73
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm3	2,403
<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>			
<b>DATOS</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
M7	Masa del recipiente	gr	23,85
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	168,00
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	144,15
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	165,20
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	140,80
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	2,38
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2,42

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

La determinación de la densidad real en el árido grueso presenta otro procedimiento al empleado en el árido fino, primero se debe colocar la muestra en el horno para hacerla secar hasta que las partículas estén en estado totalmente seco, después de dejarlos que se enfríen de una a tres horas debemos colocar la muestra en el tanque de agua sumergiendo la muestra por 24 horas, transcurrido este tiempo se debe retirar la muestra y secar la lámina de agua visible, evitar la evaporación, luego se procede a pesar la muestra, tras determinar el peso se debe determinar la masa aparente en el agua la misma que debe tener una temperatura de 23 grados


centígrados, se debe remover el aire atrapado mediante la agitación del recipiente al momento que introducimos la muestra en el agua y determinamos mediante el uso de la balanza la masa de la muestra bajo el agua, se debe colocar la muestra saturada en el horno por 24 horas luego de este tiempo dejamos enfriar la muestra la pesamos y los valores procedemos a tabularlos.

**Ficha técnica de observación 15: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso de la cantera Alvarado.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		 <small>FACULTAD DE ARQUITECTURA Y ARTES APLICADAS</small>	
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO			
LABORATORIOS			
<i>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</i>			
<b>ORIGEN:</b>	Cantera Alvarado arido grueso de 3/4 de pulgada		
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 857		
<i>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</i>			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1090,00
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1055,00
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	5098,00
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3492,00
DA	Densidad real del agua	gr/cm3	1,00
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	4008,00
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2437,00
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm3	1571,00
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm3	2,551
<i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</i>			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M7	Masa del recipiente	gr	29,40
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	167,80
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	138,40
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	165,40
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	136,00
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1,76
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	1,94

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 16: Resultados ensayo de densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso de la cantera Alvarado.**

<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO</b> <b>LABORATORIOS</b>			
<b>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b>			
<b>ORIGEN:</b>	Cantera Alvarado arido grueso de pulgada		
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 857		
<b>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</b>			
<b>DATOS</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1192,00
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1059,00
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	4824,00
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3251,00
DA	Densidad real del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1,00
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	3632,00
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2192,00
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm <sup>3</sup>	1440,00
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm <sup>3</sup>	2,522
<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>			
<b>DATOS</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
M7	Masa del recipiente	gr	30,10    30,30
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	134,60    125,60
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	104,50    95,30
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	132,50    123,90
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	102,40    93,60
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	2,05    1,82
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	1,93

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Densidad real del Cemento.**

Para determinar la densidad real del cemento se determinará la relación que se encuentra entre la muestra de este material y un elemento líquido, para lo cual se emplea gasolina y se realiza el proceso como en la determinación del árido fino, la determinación de la densidad del cemento esta normado por la INEN 156.

Para la determinación la densidad real del cemento de las muestras se emplearon los siguientes equipos:

- Picnómetro.

- Balanza.
- Agua destilada y des aireada.
- Recipiente para baño de maría.

Para la determinación la densidad real del cemento de las muestras se emplearon las siguientes herramientas:

- Cuchareta.
- Guantes.
- Gafas.
- Paño.

Para determinar la densidad del cemento se procede a realizar el mismo proceso que se empleó para el árido fino, se podría emplear el valor de la densidad que se registra en la información del producto en el envase, pero en previos estudios este valor no coincide por lo que se realiza el ensayo.

### Ficha técnica de observación 17: Resultados ensayo de densidad real cemento Holcim.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS	
<b>DENSIDAD REAL DEL CEMENTO</b>					
TIPO:	Cemento holcim GU				
NORMA:	NTE INEN 156				
<b>CALCULO DE LA DENSIDAD REAL</b>					
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR		
M1	Masa del picnómetro	gr	146,00	146,00	
M2	Masa del picnómetro + muestra	gr	307,60	305,60	
M3	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	gr	638,40	636,80	
M4=M3-M2	Masa gasolina añadida	gr	330,80	331,20	
M5	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	gr	520,40	520,30	
M6=M5-M1	Masa de 500cc de gasolina	gr	374,40	374,30	
DG=M6/500cm3	Densidad de la gasolina	gr/cm3	0,75	0,75	
M7=M6-M4	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	gr	43,60	43,10	
M <sub>c</sub> =M2-M1	Masa del cemento	gr	161,60	159,60	
V <sub>g</sub> =M7/DG	Volumen de la gasolina desalojada	cm3	58,23	57,57	
DRC=M <sub>c</sub> /V <sub>g</sub>	Densidad real del cemento	gr/cm3	2,78	2,77	
	Densidad real promedio	gr/cm3	2,77		

Adaptado por: David Jiménez

Fuente: (Ortega, 2013)

### **3.3. Conclusiones capitulares.**

- Las riveras de los ríos Cutuchi, Ambato y Pastaza son los lugares que concentran mayor cantidad de explotaciones mineras además de las faldas del volcán Tungurahua.
- Las minas se encuentran aledañas a vías principales, lo que ayuda para la distribución del material.
- La granulometría de los áridos mientras más cerca están del límite inferior presentan partículas más finas mientras que si se acercan al límite superior presentan partículas más finas.
- Mientras menor sea el tamaño máximo nominal en el árido grueso mayor será su densidad, para hormigones de mayor resistencia es mejor emplear árido grueso de tamaño nominal menor.
- Las propiedades de los áridos se encuentran dentro de los rangos de los parámetros establecidos en la normativa.



## **CAPÍTULO IV**

### **LA PROPUESTA**

#### **4.1. Variables para la dosificación.**

La dosificación de hormigones depende de varias variables las mismas que afectan directamente a las proporciones de materiales que se va a emplear para poder lograr hormigones de determinada resistencia, entre ellas podemos encontrar las siguientes:

- La densidad real del cemento.
- La densidad real de la arena.
- La densidad real del ripio.
- La densidad suelta de la arena.
- La densidad suelta de la arena.
- Porcentaje óptimo de la arena.
- Porcentaje optimo del ripio.
- Densidad optima de la mezcla.
- Relación agua cemento.
- Cantidad de pasta.
- Densidad real de la mezcla.
- Porcentaje óptima de vacíos.

Mediante los análisis de las propiedades mecánicas de las materias primas que se han empleado en el estudio se puede obtener la mayoría de estas variables, pero para determinar el porcentaje óptimo de los áridos finos y áridos gruesos debemos determinar la densidad aparente compactada de los áridos juntos ya que mediante este ensayo se podrá determinar la cantidad de agregado que se necesitará para la dosificación de la mezcla.

## **Densidad aparente compactada**

La densidad aparente compactada se la realiza con las muestras de los dos áridos tanto el fino como el grueso y lo que nos permite este ensayo es determinar la relación óptima de los materiales basado en sus densidades.

Para la determinación la densidad aparente compactada se emplearon los siguientes equipos:

- Varilla de compactación, de 16 mm y 600 mm de largo con sus extremos redondeados.
- Horno.
- Balanza.
- De acuerdo a la ASTM C 138 el molde que será un recipiente metálico que preferentemente su altura no supere su diámetro o en su defecto no debe ser inferior al 80% del diámetro o superar el 150% de la medida del diámetro.

Para la determinación la resistencia a la compresión de los cilindros de las muestras se emplearon las siguientes herramientas:

- Cuchareta.
- Guantes.
- Gafas.
- Paño.

Esta prueba es sumamente parecida a la de la densidad aparente solo que se diferencia en que se emplea 40 kilogramos de la árido grueso y se va haciendo una relación porcentual con el árido fino para determinar el mejor peso promedio unitario que nos ayudara a calcular los porcentajes óptimos de la mezcla.

**Ficha técnica de observación 18: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Ancesa 3.**



 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO</b> <b>LABORATORIOS</b>								
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA</b>								
<b>ORIGEN:</b>		Arido grueso cantera alvarado 3/4 y arido fino cantera Ancesa 3						
<b>MASA RECIPIENTE (Kg):</b>		9,9						
<b>VOLUMEN RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>):</b>		20,45						
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 858:2010						
% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	41,10	31,20	1,53	1,52
					40,90	31,00	1,52	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	43,30	33,40	1,63	1,64
					43,60	33,70	1,65	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	45,90	36,00	1,76	1,76
					45,70	35,80	1,75	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	48,20	38,30	1,87	1,88
					48,30	38,40	1,88	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	48,20	38,30	1,87	1,88
					48,60	38,70	1,89	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	47,60	37,70	1,84	1,84
					47,60	37,70	1,84	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	46,40	36,50	1,78	1,78
					46,40	36,50	1,78	

Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente

<b>Porcentaje máximo de agregado fino (%)</b>	40,00%
<b>Porcentaje máximo de agregado grueso (%)</b>	60,00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado fino (%)</b>	36,00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)</b>	64,00%
<b>Peso unitario máximo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,876
<b>Peso unitario óptimo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,868

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 19: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Las Juntas.**


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS								
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA</b>								
<b>ORIGEN:</b>		Arido grueso cantera alvarado 3/4 y arido fino cantera Las juntas						
<b>MASA RECIPIENTE (Kg):</b>		9,9						
<b>VOLUMEN RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>):</b>		20,45						
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 858:2010						
% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	41,00	31,10	1,52	1,52
					41,10	31,20	1,53	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	43,50	33,60	1,64	1,64
					43,50	33,60	1,64	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	45,80	35,90	1,76	1,76
					45,90	36,00	1,76	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	48,00	38,10	1,86	1,86
					47,80	37,90	1,85	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	48,50	38,60	1,89	1,89
					48,40	38,50	1,88	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	47,50	37,60	1,84	1,85
					47,90	38,00	1,86	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	46,60	36,70	1,79	1,78
					46,20	36,30	1,78	

Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente

<b>Porcentaje máximo de agregado fino (%)</b>	40,00%
<b>Porcentaje máximo de agregado grueso (%)</b>	60,00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado fino (%)</b>	36,00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)</b>	64,00%
<b>Peso unitario máximo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,869
<b>Peso unitario óptimo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,861

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 20: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 3/4" de la cantera Alvarado y árido fino cantera Los Nietos.**

% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	40,30	30,40	1,49	1,50
					40,80	30,90	1,51	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	43,90	34,00	1,66	1,66
					43,60	33,70	1,65	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	45,90	36,00	1,76	1,75
					45,30	35,40	1,73	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	46,70	36,80	1,80	1,80
					46,80	36,90	1,80	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	47,30	37,40	1,83	1,83
					47,20	37,30	1,82	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	47,10	37,20	1,82	1,82
					47,00	37,10	1,81	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	46,20	36,30	1,78	1,77
					46,10	36,20	1,77	


  

Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente

Porcentaje máximo de agregado fino (%)	40,00%
Porcentaje máximo de agregado grueso (%)	60,00%
Porcentaje óptimo de agregado fino (%)	36,00%
Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)	64,00%
Peso unitario máximo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,830
Peso unitario óptimo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,821

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 21: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Ancesa 3.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS								
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA</b>								
<b>ORIGEN:</b>		Arido grueso cantera alvarado de una pulgada y arido fino cantera Ancesa 3						
<b>MASA RECIPIENTE (Kg):</b>		9,9						
<b>VOLUMEN RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>):</b>		20,45						
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 858:2010						
% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	39,50	29,60	1,45	1,45
					39,70	29,80	1,46	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	42,60	32,70	1,60	1,59
					42,10	32,20	1,57	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	44,90	35,00	1,71	1,71
					44,70	34,80	1,70	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	45,10	35,20	1,72	1,73
					45,30	35,40	1,73	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	46,30	36,40	1,78	1,79
					46,70	36,80	1,80	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	46,70	36,80	1,80	1,78
					45,90	36,00	1,76	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	44,80	34,90	1,71	1,70
					44,70	34,80	1,70	
<p style="text-align: center;">Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente</p>								
<b>Porcentaje máximo de agregado fino (%)</b>								40,00%
<b>Porcentaje máximo de agregado grueso (%)</b>								60,00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado fino (%)</b>								36,00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)</b>								64,00%
<b>Peso unitario máximo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>								1,780
<b>Peso unitario óptimo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>								1,770

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 22: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 1" de la cantera Alvarado y árido fino cantera Las juntas.**

% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	40,00	30,10	1,47	1,47
					40,10	30,20	1,48	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	42,40	32,50	1,59	1,56
					41,40	31,50	1,54	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	44,90	35,00	1,71	1,71
					44,80	34,90	1,71	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	45,00	35,10	1,72	1,72
					45,20	35,30	1,73	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	46,90	37,00	1,81	1,79
					46,20	36,30	1,78	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	46,50	36,60	1,79	1,78
					46,30	36,40	1,78	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	45,30	35,40	1,73	1,72
					45,00	35,10	1,72	

Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente

El gráfico muestra la relación entre el porcentaje óptimo de la mezcla (eje X) y la densidad aparente promedio (eje Y). La densidad aparente promedio aumenta con el porcentaje de agregado fino hasta un punto óptimo de 36,00%, donde alcanza su valor máximo de 1,778 kg/cm³. Después de este punto, la densidad aparente promedio comienza a disminuir. Una línea vertical naranja indica el porcentaje máximo de agregado fino (40,00%) y una línea vertical verde indica el porcentaje óptimo (36,00%).

Porcentaje máximo de agregado fino (%)	40,00%
Porcentaje máximo de agregado grueso (%)	60,00%
Porcentaje óptimo de agregado fino (%)	36,00%
Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)	64,00%
Peso unitario máximo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,778
Peso unitario óptimo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,765

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 23: Resultados ensayo de densidad aparente compactada, árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado y árido fino cantera Los Nietos.**



 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO</b> <b>LABORATORIOS</b>								
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA</b>								
<b>ORIGEN:</b>		Arido grueso cantera alvarado 1 pulgada y arido fino cantera Los Nietos						
<b>MASA RECIPIENTE (Kg):</b>		9,9						
<b>VOLUMEN RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>):</b>		20,45						
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 858:2010						
% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	39,90	30,00	1,47	1,46
					39,70	29,80	1,46	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	41,50	31,60	1,55	1,54
					41,30	31,40	1,54	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	43,90	34,00	1,66	1,67
					44,10	34,20	1,67	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	45,00	35,10	1,72	1,74
					45,80	35,90	1,76	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	46,10	36,20	1,77	1,79
					46,90	37,00	1,81	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	45,60	35,70	1,75	1,74
					45,20	35,30	1,73	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	44,00	34,10	1,67	1,69
					45,10	35,20	1,72	

Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente

<b>Porcentaje máximo de agregado fino (%)</b>	40,00%
<b>Porcentaje máximo de agregado grueso (%)</b>	60,00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado fino (%)</b>	36,00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)</b>	64,00%
<b>Peso unitario máximo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,760
<b>Peso unitario óptimo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,750

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)



#### 4.2. Dosificación mediante el método de las densidades de la Universidad Central del Ecuador.

La dosificación de hormigón se lo puede realizar a través de varios métodos podemos nombrar entre ellos los de Füller, Bolomey y Faury, pero el método basado en las densidades de la Universidad Central del Ecuador, es el método empleado por el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato que, junto al laboratorio del municipio de Ambato, son los laboratorios certificados más empleados a nivel local, por lo tanto, se utilizara la teoría que en estos laboratorios se emplea.

Al respecto el método de la densidad optima plantea llenar los espacios vacíos que dejan los áridos gruesos con pasta de cemento y agua la misma, la mismas que al cubrir todas las partículas trabajara también como una unión entre las partículas. A continuación, se presenta una dosificación referencial acorde a Rivero que guiaran los resultados que obtengamos.

**Tabla 9: Dosificación bibliográfica para hormigón con árido de  $\frac{3}{4}$  pulgada.**

Resistencia (Kg./cm <sup>2</sup> )	Cemento (quintal)	Arena (parihuela)	Ripio (parihuela)	Agua (litros)
100	1	5,3	5,6	57
150	1	3,9	4,6	48
200	1	2,8	4,2	38
250	1	2,5	3,5	33
300	1	1,8	3,2	24

Elaborado por: David Jiménez  
Fuente: (Rivero, 2008)

No obstante, una vez obtenidos las características físicas de los agregados a utilizarse, se calculará la dosificación de la mezcla mediante el método de la Densidad Óptima desarrollada por la Universidad Central del Ecuador; para el desarrollo de la dosificación se requieren los siguientes datos:

**Densidad Real del Agregado (DRAg).** – El método de la canastilla es el método que se empleara para el agregado grueso y el picnómetro para el árido fino.

**Ecuación 1:** Densidad Real del Agregado

$$DRAg = \frac{(DRA * POA) + (DRR * POR)}{100}$$

*Fuente:* (M., 2010)

**Relación agua cemento.**

La relación agua cemento es el factor más importante para poder dosificar las mezclas de hormigón, la norma NTE INEN 2617:2012 es la que determina los requisitos que debe cumplir el agua para poder ser empleada en mezclas de hormigón. Además, el agua tiene dos funciones primordiales en la mezcla del concreto, la primera es hidratar el cemento, la segunda es hacer el papel de lubricante en la mezcla ayudando en la trabajabilidad de la misma.

Para la estimación de la relación agua cemento se emplea la siguiente tabla en base a la resistencia que se desea alcanzar, cabe recalcar que a menor es el valor de la relación agua cemento se logra una mayor resistencia, pero para lograr esta clase de hormigones se debe trabajar con aditivos pues si bien la relación agua cemento es baja para que la mezcla pueda ser trabajable se necesita que este alcance cierto grado de plasticidad.

**Cuadro 19: Resistencias a la compresión basada en la relación agua/ cemento**

Resistencia a la compresión a los 28 días	Relación agua / cemento
21	0,58
18	0,6

Fuente: (C., 2010)

Elaborado: David Jiménez

La tabla indicaría entonces que para obtener una mezcla de hormigón que alcance luego de 28 días de fraguado una resistencia a la compresión de 210 kg. / cm.2 se debe emplear una relación agua cemento de 0.58.

### Porcentaje Óptimo de Vacíos (%OV)

#### Ecuación 2: Porcentaje Óptimo de Vacíos

$$\%OV = \left( \frac{DRAg - DOMAg}{DRAg} \right) * 100$$

*Fuente:* (M., 2010)

### Cantidad de Pasta (CP)

La cantidad de pasta depende del asentamiento requerido, y se determinará de acuerdo a la siguiente tabla:

**Cuadro 20:** Cantidad de pasta para distintos asentamientos

Asentamiento	Cantidad de pasta (%)
0 – 3	%OV + 2% + 3%(%OV)
3 – 6	%OV + 2% + 6%(%OV)
6 – 9	%OV + 2% + 8%(%OV)
9 – 12	%OV + 2% + 11%(%OV)
12 – 15	%OV + 2% + 13%(%OV)

**Fuente:** (M., 2010)  
**Elaborado:** David Jiménez

### Cantidad de Cemento (C)

**Ecuación 3:** Cantidad de Cemento

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{(C) + DRC} + 1}$$

*Fuente:* (M., 2010)

### Cantidad de Agua (W)

**Ecuación 4:** Cantidad de Agua

$$W = \left( \frac{W}{C} \right) * C$$

*Fuente:* (M., 2010)

### Cantidad de Arena (A)

**Ecuación 5:** Cantidad de Arena

$$A = (1000 - CP) * \frac{DRA * POA}{100}$$

*Fuente:* (M., 2010)

### Cantidad de Ripio (R)

**Ecuación 6:** Cantidad de Ripio

$$R = (1000 - CP) * \frac{DRR * POR}{100}$$

*Fuente:* (M., 2010)

### **Dosificación al peso**

#### **Ecuación 7:** Dosificación al peso

$$\text{Dosificación } (W, A, R) = \frac{\text{Cantidad de material de mezclado } (W, A, R) \text{ por } 1 \text{ m}^3}{\text{Cantidad de Cemento } (C)}$$

*Fuente:* (M., 2010)

### **Cálculo de la cantidad de material (W, A, R) para un saco de cemento.**

#### **Ecuación 8:** Dosificación para 1 saco de cemento

$$\text{Cantidad } (W, A, R) \text{ por 1 saco} = \frac{(W, A, R) * 50 \text{ kg}}{1}$$

*Fuente:* (M., 2010)

A partir del desarrollo de las formulas del método que se encuentran resueltas en el Anexo 3 se puede presentar las siguientes fichas técnicas de observación que determina las cantidades de material que van a ser requeridas, se presenta con un cuadro resumen de todas las propiedades mecánicas determinadas en las materias primas y con la propuesta de dosificación requerida para cumplir con la resistencia a la compresión de 210 Kg. / cm.<sup>2</sup>.

Ficha técnica de observación 24: Dosificación para hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg./cm}^2$  a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4" de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim+.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS		
<b>DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL</b>						
DATOS DE ENSAYOS			DATOS DE TABLAS			
$f'c$	210	$\text{Kg/cm}^2$	W/C	0,58		
Asentamiento	6 - 9	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)		
DRC	2,774	$\text{gr/cm}^3$	CÁLCULOS			
DRA	2,500	$\text{gr/cm}^3$	DRM	2,533	$\text{kg/dm}^3$	
DRR	2,551	$\text{gr/cm}^3$	POV	26,25	%	
DSA	1,438	$\text{gr/cm}^3$	CP	303,47	$\text{dm}^3$	
DSR	1,408	$\text{gr/cm}^3$	C	322,66	Kg	
POA	36	%	W	187,14	lts	
POR	64	%	A	626,87	kg	
DOM	1,868	$\text{gr/cm}^3$	R	1137,29	kg	
<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA $\text{m}^2$ DE		DOSIFICACIÓN AL PESO			
W	187,14		0,58			
C	322,66		1,00			
A	626,87		1,94			
R	1137,29		3,52			
TOTAL	2273,96		$\text{kg/m}^3$ Densidad del Horm.			
<b>DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN</b>						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA $\text{m}^2$ DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg POR SACO DE CEMENTO	VOLUMEN APARENTE SUELTO EN $\text{dm}^3$ POR CADA SACO DE CEMENTO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN EN OBRA	
W	187,14	0,58	29,00	-	29,00	litros
C	322,66	1,00	50,00	-	1	saco
A	626,87	1,94	97,14	67,57	2,50	cajones
R	1137,29	3,52	176,24	125,18	4,60	cajones
VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN			352,38	$\text{dm}^3$ c/saco		
DIMENSIONES PARIHUELA: B = L = H = 3,00 dm			VOLUMEN PARIHUELA		27,00 $\text{dm}^3$	
<b>NOMENCLATURA:</b>						
DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %			
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla			
DRR	Densidad Real del Ripio	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos			
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta			
DSR	Densidad Suelta del Ripio	C	Cantidad de Cemento			
POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua			
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio	A	Cantidad de Arena			
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de Ripio			
W/C	Relación Agua Cemento					

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 25: Dosificación para hormigón de  $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$  a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4" de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS		
DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL						
DATOS DE ENSAYOS			DATOS DE TABLAS			
$f'c$	210	Kg/cm <sup>2</sup>	W/C	0,58		
Asentamiento	6 - 9	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)		
CÁLCULOS			CÁLCULOS			
DRC	2,774	gr/cm <sup>3</sup>	DRM	2,435	kg/dm <sup>3</sup>	
DRA	2,229	gr/cm <sup>3</sup>	POV	23,58	%	
DRR	2,551	gr/cm <sup>3</sup>	CP	274,62	dm <sup>3</sup>	
DSA	1,460	gr/cm <sup>3</sup>	C	291,99	Kg	
DSR	1,408	gr/cm <sup>3</sup>	W	169,35	lts	
POA	36	%	A	581,98	kg	
POR	64	%	R	1184,39	kg	
DOM	1,861	gr/cm <sup>3</sup>				
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m <sup>3</sup> DE		DOSIFICACIÓN AL PESO			
W	169,35		0,58			
C	291,99		1,00			
A	581,98		1,99			
R	1184,39		4,06			
TOTAL	2227,71		kg/m <sup>3</sup> Densidad del Horm.			
DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m <sup>3</sup> DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg POR SACO DE CEMENTO	VOLUMEN APARENTE SUELTO EN dm <sup>3</sup> POR CADA SACO DE CEMENTO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN EN OBRA	
W	169,35	0,58	29,00	-	29,00	litros
C	291,99	1,00	50,00	-	1	saco
A	581,98	1,99	99,66	68,27	2,50	cajones
R	1184,39	4,06	202,81	144,06	5,30	cajones
VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN			381,47	dm <sup>3</sup> c/saco		
DIMENSIONES PARIHUELA: B = L = H = 3,00 dm			VOLUMEN PARIHUELA		27,00 dm <sup>3</sup>	
<b>NOMENCLATURA:</b>						
DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %			
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla			
DRR	Densidad Real del Ripio	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos			
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta			
DSR	Densidad Suelta del Ripio	C	Cantidad de Cemento			
POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua			
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio	A	Cantidad de Arena			
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de Ripio			
W/C	Relación Agua Cemento					

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

Ficha técnica de observación 26: Dosificación para hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg./cm.}^2$  a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4" de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS		
<b>DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL</b>						
DATOS DE ENSAYOS			DATOS DE TABLAS			
$f'c$	210	Kg/cm <sup>2</sup>	W/C	0,58		
Asentamiento	6 - 9	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)		
DRC	2,774	gr/cm <sup>3</sup>	CÁLCULOS			
DRA	2,403	gr/cm <sup>3</sup>	DRM	2,498	kg/dm <sup>3</sup>	
DRR	2,551	gr/cm <sup>3</sup>	POV	27,10	%	
DSA	1,528	gr/cm <sup>3</sup>	CP	312,65	dm <sup>3</sup>	
DSR	1,408	gr/cm <sup>3</sup>	C	332,42	Kg	
POA	36	%	W	192,81	lts	
POR	64	%	A	594,60	kg	
DOM	1,821	gr/cm <sup>3</sup>	R	1122,29	kg	
<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m <sup>3</sup> DE		DOSIFICACIÓN AL PESO			
W	192,81		0,58			
C	332,42		1,00			
A	594,60		1,79			
R	1122,29		3,38			
TOTAL	2242,12		kg/m <sup>3</sup> Densidad del Horm.			
<b>DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN</b>						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m <sup>3</sup> DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg POR SACO DE CEMENTO	VOLUMEN APARENTE SUELTO EN dm <sup>3</sup> POR CADA SACO DE CEMENTO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN EN OBRA	
W	192,81	0,58	29,00	-	29,00	litros
C	332,42	1,00	50,00	-	1	saco
A	594,60	1,79	89,43	58,53	2,20	cajones
R	1122,29	3,38	168,80	119,90	4,40	cajones
VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN			337,24	dm <sup>3</sup> c/saco		
DIMENSIONES PARIHUELA: B = L = H = 3,00 dm			VOLUMEN PARIHUELA		27,00 dm <sup>3</sup>	
<b>NOMENCLATURA:</b>						
DRC	Densidad Real del Cemento		CP (%)	Cantidad de Pasta en %		
DRA	Densidad Real de la Arena		DRM	Densidad Real de la Mezcla		
DRR	Densidad Real del Ripio		POV	Porcentaje Óptimo de Vacios		
DSA	Densidad Suelta de la Arena		CP	Cantidad de Pasta		
DSR	Densidad Suelta del Ripio		C	Cantidad de Cemento		
POA	Porcentaje Óptimo de Arena		W	Cantidad de Agua		
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio		A	Cantidad de Arena		
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla		R	Cantidad de Ripio		
W/C	Relación Agua Cemento					

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)



**Ficha técnica de observación 27: Dosificación para hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$  a partir del árido grueso tamaño nominal 1" de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO</b> <b>LABORATORIOS</b>				
<b>DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL</b>						
<b>DATOS DE ENSAYOS</b>			<b>DATOS DE TABLAS</b>			
$f'c$	210	Kg/cm <sup>2</sup>	W/C	0,58		
Asentamiento	6 - 9	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)		
DRC	2,774	gr/cm <sup>3</sup>	<b>CALCULOS</b>			
DRA	2,500	gr/cm <sup>3</sup>	DRM	2,514	kg/dm <sup>3</sup>	
DRR	2,522	gr/cm <sup>3</sup>	POV	29,60	%	
DSA	1,257	gr/cm <sup>3</sup>	CP	339,64	dm <sup>3</sup>	
DSR	1,438	gr/cm <sup>3</sup>	C	361,12	Kg	
POA	36	%	W	209,45	lts	
POR	64	%	A	594,32	kg	
DOM	1,770	gr/cm <sup>3</sup>	R	1065,87	kg	
<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>						
<b>MATERIAL</b>		<b>CANTIDAD EN Kg POR CADA m<sup>3</sup> DE</b>		<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>		
W		209,45		0,58		
C		361,12		1,00		
A		594,32		1,65		
R		1065,87		2,95		
<b>TOTAL</b>		<b>2230,76</b>		<b>kg/m<sup>3</sup> Densidad del Horm.</b>		
<b>DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN</b>						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m <sup>3</sup> DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg POR SACO DE CEMENTO	VOLUMEN APARENTE SUELTO EN dm <sup>3</sup> POR CADA SACO DE CEMENTO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN EN OBRA	
W	209,45	0,58	29,00	-	29,00	litros
C	361,12	1,00	50,00	-	1	saco
A	594,32	1,65	82,29	65,48	2,40	cajones
R	1065,87	2,95	147,58	102,65	3,80	cajones
<b>VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN</b>			<b>308,87</b>	<b>dm<sup>3</sup> c/saco</b>		
<b>DIMENSIONES PARIHUELA: B = L = H = 3,00 dm</b>				<b>VOLUMEN PARIHUELA</b>		<b>27,00 dm<sup>3</sup></b>
<b>NOMENCLATURA:</b>						
DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %			
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla			
DRR	Densidad Real del Ripio	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos			
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta			
DSR	Densidad Suelta del Ripio	C	Cantidad de Cemento			
POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua			
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio	A	Cantidad de Arena			
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de Ripio			
W/C	Relación Agua Cemento					

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Ficha técnica de observación 28: Dosificación para hormigón de  $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$  a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las Juntas y cemento Holcim.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO</b> <b>LABORATORIOS</b>				
<b>DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL</b>						
<b>DATOS DE ENSAYOS</b>			<b>DATOS DE TABLAS</b>			
$f'c$	210	Kg/cm <sup>2</sup>	W/C	0,58		
Asentamiento	6 - 9	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)		
DRC	2,774	gr/cm <sup>3</sup>	<b>CÁLCULOS</b>			
DRA	2,229	gr/cm <sup>3</sup>	DRM	2,416	kg/dm <sup>3</sup>	
DRR	2,522	gr/cm <sup>3</sup>	POV	26,96	%	
DSA	1,460	gr/cm <sup>3</sup>	CP	311,14	dm <sup>3</sup>	
DSR	1,257	gr/cm <sup>3</sup>	C	330,81	Kg	
POA	36	%	W	191,87	lts	
POR	64	%	A	552,68	kg	
DOM	1,765	gr/cm <sup>3</sup>	R	1111,88	kg	
<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>						
<b>MATERIAL</b>		<b>CANTIDAD EN Kg POR CADA m<sup>3</sup> DE</b>		<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>		
W		191,87		0,58		
C		330,81		1,00		
A		552,68		1,67		
R		1111,88		3,36		
<b>TOTAL</b>		<b>2187,25</b>		<b>kg/m<sup>3</sup> Densidad del Horm.</b>		
<b>DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN</b>						
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD EN Kg POR CADA m<sup>3</sup> DE HORMIGÓN</b>	<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>	<b>CANTIDAD EN Kg POR SACO DE CEMENTO</b>	<b>VOLUMEN APARENTE SUELTO EN dm<sup>3</sup> POR CADA SACO DE CEMENTO</b>	<b>DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN EN OBRA</b>	
W	191,87	0,58	29,00	-	29,00	litros
C	330,81	1,00	50,00	-	1	saco
A	552,68	1,67	83,53	57,23	2,10	cajones
R	1111,88	3,36	168,05	133,72	5,00	cajones
<b>VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN</b>			330,59	<b>dm<sup>3</sup> c/saco</b>		
<b>DIMENSIONES PARIHUELA: B = L = H = 3,00 dm</b>			<b>VOLUMEN PARIHUELA</b>		27,00 dm <sup>3</sup>	
<b>NOMENCLATURA:</b>						
DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %			
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla			
DRR	Densidad Real del Ripio	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos			
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta			
DSR	Densidad Suelta del Ripio	C	Cantidad de Cemento			
POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua			
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio	A	Cantidad de Arena			
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de Ripio			
W/C	Relación Agua Cemento					

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

Ficha técnica de observación 29: Dosificación para hormigón de  $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$  a partir del árido grueso tamaño nominal 1" de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.

		<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO</b> <b>LABORATORIOS</b>				
<b>DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL</b>						
<b>DATOS DE ENSAYOS</b>			<b>DATOS DE TABLAS</b>			
$f'c$	210	Kg/cm <sup>2</sup>	W/C	0,58		
Asentamiento	6 - 9	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)		
DRC	2,774	gr/cm <sup>3</sup>	<b>CÁLCULOS</b>			
DRA	2,403	gr/cm <sup>3</sup>	DRM	2,479	kg/dm <sup>3</sup>	
DRR	2,522	gr/cm <sup>3</sup>	POV	29,41	%	
DSA	1,528	gr/cm <sup>3</sup>	CP	337,64	dm <sup>3</sup>	
DSR	1,257	gr/cm <sup>3</sup>	C	358,99	Kg	
POA	36	%	W	208,21	lts	
POR	64	%	A	572,98	kg	
DOM	1,750	gr/cm <sup>3</sup>	R	1069,10	kg	
<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>						
<b>MATERIAL</b>		<b>CANTIDAD EN Kg POR CADA m<sup>3</sup> DE</b>		<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>		
W		208,21		0,58		
C		358,99		1,00		
A		572,98		1,60		
R		1069,10		2,98		
<b>TOTAL</b>		<b>2209,29</b>		<b>kg/m<sup>3</sup> Densidad del Horm.</b>		
<b>DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN</b>						
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD EN Kg POR CADA m<sup>3</sup> DE HORMIGÓN</b>	<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>	<b>CANTIDAD EN Kg POR SACO DE CEMENTO</b>	<b>VOLUMEN APARENTE SUELTO EN dm<sup>3</sup> POR CADA SACO DE CEMENTO</b>	<b>DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN EN OBRA</b>	
W	208,21	0,58	29,00	-	29,00	litros
C	358,99	1,00	50,00	-	1	saco
A	572,98	1,60	79,80	52,22	1,90	cajones
R	1069,10	2,98	148,90	118,49	4,40	cajones
<b>VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN</b>			<b>307,71</b>	<b>dm<sup>3</sup> c/saco</b>		
<b>DIMENSIONES PARIHUELA: B = L = H = 3,00 dm</b>			<b>VOLUMEN PARIHUELA</b>		<b>27,00 dm<sup>3</sup></b>	
<b>NOMENCLATURA:</b>						
DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %			
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla			
DRR	Densidad Real del Ripio	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos			
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta			
DSR	Densidad Suelta del Ripio	C	Cantidad de Cemento			
POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua			
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio	A	Cantidad de Arena			
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de Ripio			
W/C	Relación Agua Cemento					

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Tabla 10: Comparativa de dosificaciones**

	Cantidad en Kg. por m3	Cantidad en Kg. por quintal de cemento
Cantidad de agua	187,14	29
Cantidad de Cemento	322,66	50
Cantera Alvarado árido grueso 3/4"	626,87	97,14
Cantera Ancesa 3 árido fino	1137,29	176,24

Cantidad de agua	169,35	29
Cantidad de Cemento	291,99	50
Cantera Alvarado arido grueso 3/4"	1184,39	202,81
Cantera Las juntas árido fino	581,98	99,66

Cantidad de agua	192,81	29
Cantidad de Cemento	335,42	50
Cantera Alvarado árido grueso 3/4"	1122,29	168,8
Cantera Los Nletos árido fino	594,6	89,43

Cantidad de agua	209,45	29
Cantidad de Cemento	361,12	50
Cantera Alvarado árido grueso 1"	1065,87	147,58
Cantera Ancesa 3 árido fino	594,32	82,29

Cantidad de agua	191,87	29
Cantidad de Cemento	330,81	50
Cantera Alvarado árido grueso 1"	1111,88	168,05
Cantera Las juntas árido fino	552,68	83,53

Cantidad de agua	208,25	29
Cantidad de Cemento	358,99	50
Cantera Alvarado árido grueso 1"	1069,1	148,9
Cantera Los Nletos árido fino	572,98	79,8

Elaborado: David Jiménez

**Tabla 11: Propuesta de dosificaciones para hormigón de f'c. 210 Kg./cm<sup>2</sup>**

	Cantidad en volumen por saco	Unidades
Cantidad de agua	29	Litros
Cantidad de Cemento	1	Saco
Cantera Alvarado árido grueso 3/4"	4,6	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.
Cantera Ancesa 3 árido fino	2,5	Parihuela 27 dm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.

Cantidad de agua	29	Litros
Cantidad de Cemento	1	Saco
Cantera Alvarado árido grueso 3/4"	5,3	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.
Cantera Las juntas árido fino	2,5	Parihuela 27000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.

Cantidad de agua	29	Litros
Cantidad de Cemento	1	Saco
Cantera Alvarado árido grueso 3/4"	4,4	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.
Cantera Los Nietos árido fino	2,2	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.

Cantidad de agua	29	Litros
Cantidad de Cemento	1	Saco
Cantera Alvarado árido grueso 1"	3,8	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.
Cantera Ancesa 3 árido fino	2,4	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.

Cantidad de agua	29	Litros
Cantidad de Cemento	1	Saco
Cantera Alvarado árido grueso 1"	5	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.
Cantera Las juntas árido fino	2,1	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.

Cantidad de agua	29	Litros
Cantidad de Cemento	1	Saco
Cantera Alvarado árido grueso 1"	4,4	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.
Cantera Los Nietos árido fino	1,9	Parihuela 27.000 cm <sup>3</sup> = 30cm.*30cm.*30cm.

Elaborado: David Jiménez

Acorde con los resultados obtenidos se puede apreciar que dependiendo de la procedencia de los áridos la dosificación varía, si bien el porcentaje de variación en algunas materias primas es mínimo se puede apreciar que el material afecta directamente a la cantidad de los otros materiales al realizar un comparativo con lo expuesto por el autor Rivero en las dosificaciones que el plantea podemos determinar que efectivamente existe una variación a comparación de las dosificaciones que se han determinado mediante la investigación lo que demuestra que la realidad de cada locación es diferente y si bien la bibliografía y las normas nos brindan parámetros las propiedades de los materiales de cada locación varían.

La elaboración de hormigón requiere de una constante supervisión pues una variación en la relación agua cemento volvería al hormigón una mezcla que cambiaría sus propiedades de trabajabilidad, pero transformaría totalmente su durabilidad por lo que no se debería modificar las dosificaciones o en caso de presentar requerimientos particulares de resistencia en la edificación se podría diseñar una nueva dosificación a partir de las propiedades de los materiales estudiados.

#### **4.3. Comprobación de resistencia de las dosificaciones mediante la rotura de cilindros.**

La resistencia a la compresión es una propiedad del hormigón esta normada por la NTE INEN 1573, esta resistencia emplea las siglas  $f'c$  como nomenclatura y esta representa la resistencia del hormigón a los 28 días, se debe tomar un número de tres muestras para determinar la resistencia a la compresión del hormigón, los cilindros de hormigón que se tomaron como muestra para la comprobación de la resistencia a compresión deben cumplir ciertas características:

- Haber sido elaborados en moldes normalizados.
- Los moldes deben estar impregnados con un material que evite que la muestra se pegue al mismo.
- Haber sido elaborados en tres capas y haber sido compactados acorde a las normas.
- Debe evitarse su mal manejo después de haber sido elaborados.

- Se deben mantener a una temperatura de 23 grados y una humedad del 95%.
- Las caras deben ser totalmente planas.

La resistencia de los especímenes de hormigón esta normada por a ASTM C39 se procede a realizar el ensayo de ruptura de los cilindros lo que nos permitirá determinar si las dosificaciones han cumplido con los requerimientos de resistencia.

Para la determinación la resistencia a la compresión de los cilindros se emplearon los siguientes equipos:

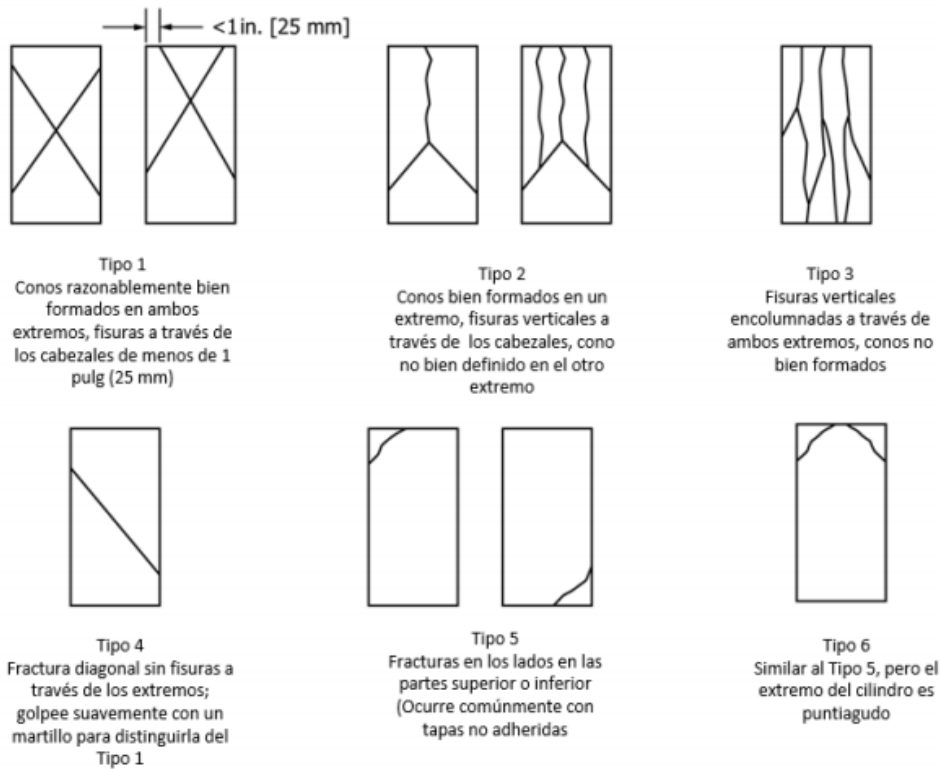
- Máquina de ruptura de cilindros, que posee dos placas que no superan el 3% de la medida de los cilindros.
- Balanza.

Para la determinación la resistencia a la compresión de los cilindros de las muestras se emplearon las siguientes herramientas:

- Cuchareta.
- Guantes.
- Gafas.
- Paño.

Para determinar la resistencia a compresión se toma las probetas de la piscina de curado, se toma el peso además de medir su diámetro y altura, se limpian las caras y se colocan las almohadillas de neopreno donde tendrá el contacto la maquina con la probeta que se está ensayando. Una vez colocada la muestra en la maquina se ajustan los cabezales y se aplica la carga hasta que se indique que la carga está decreciendo constantemente y se inicie la fractura de la probeta, luego se anotan los datos y se procesa la información.

Las formas de ruptura pueden presentarse de la siguiente manera:



**Imagen 18:** Tipo de fracturas en cilindros de hormigón

**Fuente:** (ASTM\_C39)

El concreto es un material que inicialmente adquiere resistencia de una manera muy rápida, las normas emplean la edad de 28 días a partir del comienzo de su fraguado como parámetro para determinar la resistencia pues en este tiempo logra casi alcanzar el 100% de la resistencia que va a presentar a la compresión, existe una particularidad con este material pues el hormigón endurecido continúa madurando luego de los 28 días de una manera sumamente lenta y mínima, pero el parámetro de los 28 días nos permite establecer una probabilidad estadística en el tiempo para poder determinar si el hormigón alcanzara o no la resistencia deseada en los 28 días por lo que se puede medir la resistencia del hormigón desde los 7 días donde debe alcanzara el 70% de su resistencia más menos 5% o a los 14 días que se maneja un rango de entre el 80 y 90% de su resistencia, por lo tanto para una resistencia de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  las probetas deben alcanzar una resistencia de entre  $168 \text{ Kg/cm}^2$  y  $189 \text{ Kg/cm}^2$ . Caso contrario se deberá modificar la relación agua cemento.



#### **4.4. Conclusiones capitulares.**

- Las dosificaciones propuestas cumplen con la resistencia a compresión requerida.
- Mientras mayor sea el tamaño máximo nominal del árido grueso mayor cantidad de cemento necesitara.
- La relación agua cemento es el factor más importante para obtener una mezcla que cumpla con la resistencia puesto que una mínima variación puede cambiar la resistencia de la mezcla.
- El hormigón elaborado con los materiales provenientes de estas minas cumplirá con las exigencias de la calidad requeridas en la NEC en cuanto a su resistencia mecánica.
- La aplicación de correcta relación agua cemento acorde con la NEC permite garantizar un hormigón de duración satisfactoria por lo que conocer la cantidad correcta de este elemento en la mezcla nos conduce a formar materiales de buena calidad.
- La dosificación debe ser supervisada pues una mala proporción en la mezcla afectara directamente a las propiedades del hormigón.
- El curado del hormigón debe ser controlado pues un cambio afectaría a las condiciones de durabilidad del hormigón acorde a lo expuesto en la NEC y corroborado en este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Escuela de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica. (27 de 10 de 2019). *Hormigón*. Obtenido de Tipos de hormigón y sus propiedades: [http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod\\_resource/content/1/Hormigon\\_02.\\_Tipos\\_y\\_propiedades.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod_resource/content/1/Hormigon_02._Tipos_y_propiedades.pdf)
- 2017, R. A. (2017). *Revista ARQHYS*. Obtenido de <https://www.arqhys.com/construccion/concreto-fraguado.html>
- 318, A. (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14).
- ACI. (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural . En C. A. 318.
- Alegre, S. (2011). Permeabilidad del hormigón a los gases y líquidos, Nuevo método de determinación. *materconstrucc*, 3.
- Alicante, U. d. (1 de 2 de 2020). *Prácticas de materiales de construcción* . Obtenido de <https://rua.ua.es/>: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/30/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%2011%20\\_Hormigones%20I-Introducci%C3%B3n.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/30/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%2011%20_Hormigones%20I-Introducci%C3%B3n.pdf)
- Armendariz, A. (05 de Abril de 2019). <https://www.cemex.com.pe>. Obtenido de <https://www.cemex.com.pe>: <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- ARQHYS, R. (2017). *Revista ARQHYS*. Obtenido de <https://www.arqhys.com/construccion/concreto-fraguado.html>
- Arroyo, P. (5 de 10 de 2018). <https://masqueingenieria.com>. Obtenido de <https://masqueingenieria.com>: <https://masqueingenieria.com/blog/hormigon-traccion-como-ponerle-solucion/>
- ASTM\_C39. (07 de 01 de 2020). *ASTM\_C39*. Obtenido de [https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/2\\_concreto/NTG\\_41017\\_h1\\_ASTM\\_C39.pdf](https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/2_concreto/NTG_41017_h1_ASTM_C39.pdf)
- Astudillo, D. (4 de diciembre de 2019). *trabajabilidad del hormigón*. Obtenido de cotecno: <https://www.cotecno.cl/que-es-la-trabajabilidad-del-hormigon/>
- Bastidas, W. (19 de Marzo de 2019). <https://www.instron.com.ar>. Obtenido de <https://www.instron.com.ar>: <https://www.instron.com.ar/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>
- Bertolio, S. (2012). *Manual del minero*. Valladolid: Maxtor.

- Bolaños, J. C. (22 de 4 de 2018). *www.extra.ec*. Obtenido de [www.extra.ec](http://www.extra.ec):  
<https://www.extra.ec/actualidad/vivienda-construccion-normas-sismos-materiales-invasiones-EF2142363>
- C, P. (5 de abril de 2016). *Escala Granulométrica de Udden-Wentworth*. Obtenido de <https://post.geoxnet.com/escala-granulometrica-de-udden-wentworth/>
- C., I. M. (2010). Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón.
- C1193, A. (2013).
- Calle, M. J. (2016). *Revitalización urbana, social, cultural y ambiental del centro histórico de Azogues*. Cuenca.
- Cámara de Construcción. (2019). Cantidades y precios unitarios. *Modus Vivendi*, 58. Obtenido de [inecyc: https://www.inecyc.org.ec/comercializacion-anual-de-cemento-gris-por-empresa/](https://www.inecyc.org.ec/comercializacion-anual-de-cemento-gris-por-empresa/)
- cemexparaindustriales. (4 de 11 de 2019). <http://cemexparaindustriales.com>. Obtenido de <http://cemexparaindustriales.com>:  
<http://cemexparaindustriales.com/trabajabilidad-concreto-normal/>
- Cipriano. (20 de Marzo de 2012). <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoryid/157/categoryname/buenas-practicas/cosas-que-debes-saber-sobre-la-retraccion-del-concreto>. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoryid/157/categoryname/buenas-practicas/cosas-que-debes-saber-sobre-la-retraccion-del-concreto>
- Cobo, L. (27 de Mayo de 2018). *www.areatecnologia.com*. Obtenido de [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com):  
<https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>
- Comisión General de Electricidad. (2013). *Manual de tecnología del concreto*. México: UNAM.
- Construccion, D. d. (29 de octubre de 2019). Obtenido de <https://www.parro.com.ar/definicion-de-%e1rido+fino>
- cotecno. (4 de 11 de 2019). <https://www.cotecno.cl>. Obtenido de <https://www.cotecno.cl>: <https://www.cotecno.cl/que-es-la-trabajabilidad-del-hormigon/>
- Eddy, H. (14 de Abril de 2011). *homogeneidad del hormigón fresco*. Obtenido de [notasdehormigonarmado: http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/homogeneidad-del-hormigon-fresco.html](http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/homogeneidad-del-hormigon-fresco.html)

- Eddy, H. (15 de Abril de 2011). *notas de hormigon*. Obtenido de <http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/2-compacidad-del-hormigon-endurecido.html>
- eis.unl. (4 de 11 de 2019). <https://www.eis.unl.edu.ar/>. Obtenido de <https://www.eis.unl.edu.ar/>: [https://www.eis.unl.edu.ar/z/adjuntos/1384/Ensayo\\_de\\_consistencia\\_de\\_hormig%C3%B3n\\_y\\_confecci%C3%B3n\\_de\\_probetas.pdf](https://www.eis.unl.edu.ar/z/adjuntos/1384/Ensayo_de_consistencia_de_hormig%C3%B3n_y_confecci%C3%B3n_de_probetas.pdf)
- elhormigonysuspropiedades. (27 de 10 de 2019). *elhormigonysuspropiedades.blogspot.com*. Obtenido de [elhormigonysuspropiedades.blogspot.com](http://elhormigonysuspropiedades.blogspot.com): <http://elhormigonysuspropiedades.blogspot.com/p/propiedades-del-hormigon-fresco.html>
- eltelegrafo. (21 de 10 de 2019). <https://www.eltelegrafo.com.ec>. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec>: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/cifras-del-terremoto-de-2016-se-analizan-en-un-encuentro>
- Escuela de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica. (2007). *Tipos de hormigón y sus propiedades*.
- García, A. J. (2011). *Hormigón Armado*.
- gerencie. (30 de 04 de 2018). <https://www.gerencie.com>. Obtenido de <https://www.gerencie.com>: <https://www.gerencie.com/materia-prima.html>
- Gilmer, D. (4 de 11 de 2019). <https://www.academia.edu>. Obtenido de <https://www.academia.edu>: [https://www.academia.edu/16717350/INFORME\\_DE\\_CONO\\_DE\\_ABRA\\_MS?auto=download](https://www.academia.edu/16717350/INFORME_DE_CONO_DE_ABRA_MS?auto=download)
- Gonzales, J. (24 de junio de 2015). <http://www.cementosinka.com>. Obtenido de <http://www.cementosinka.com>: <http://www.cementosinka.com.pe/blog/cuanto-tarda-en-fraguar-el-cemento-en-la-construccion/>
- Holcim. (17 de enero de 2018). *Evolución de las normas para la fabricación de cemento*. Obtenido de camicon: <http://www.camicon.ec/wp-content/uploads/2015/11/EVOLUCI%C3%93N-DE-LAS-NORMAS-Y-CONTROL-DE-CALIDAD.pdf>
- INEC. (11 de Octubre de 2018). *Encuesta edificaciones 2017*. Obtenido de Ecuador en cifras: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Encuesta\\_Edificaciones/2017/2017\\_EDIFICACIONES\\_PRESENTACION.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2017/2017_EDIFICACIONES_PRESENTACION.pdf)

- INECYC. (2019). *Comercialización anual de cemento gris por empresa*.  
Obtenido de inecyc: <https://www.inecyc.org.ec/comercializacion-anual-de-cemento-gris-por-empresa/>
- INECYC. (21 de 11 de 2019). *comercialización anueal de cemento gris por provincias y regiones*. Obtenido de <http://www.inecyc.org.ec>
- INEN. (2019). INEN 872. En *INEN 872*.
- ingenieriareal. (27 de 10 de 2019). <https://ingenieriareal.com>. Obtenido de [https://ingenieriareal.com: https://ingenieriareal.com/composicion-y-clasificacion-del-hormigon-hidraulico/](https://ingenieriareal.com/composicion-y-clasificacion-del-hormigon-hidraulico/)
- ingeniero-de-caminos. (4 de 11 de 2019). <https://ingeniero-de-caminos.com>. Obtenido de [https://ingeniero-de-caminos.com: https://ingeniero-de-caminos.com/segregacion-del-hormigon/](https://ingeniero-de-caminos.com/segregacion-del-hormigon/)
- La Secretaría Reconstruye Ecuador. (3 de Marzo de 2017). *Boletín informativo No. 9*. Obtenido de Boletín informativo No. 9: <https://www.reconstruyoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/Emergencia-9.pdf>
- lahora. (26 de 04 de 2016). <https://lahora.com.ec>. Obtenido de [https://lahora.com.ec: https://lahora.com.ec/noticia/1101938635/hay-tres-factores-que-inciden-en-la-construccin-informal](https://lahora.com.ec/noticia/1101938635/hay-tres-factores-que-inciden-en-la-construccin-informal)
- Lanzaduri, F. (4 de noviembre de 2019). *Ensayo de consistencia de hormigón y confección de probetas*. Obtenido de eis: [https://www.eis.unl.edu.ar/z/adjuntos/1384/Ensayo\\_de\\_consistencia\\_de\\_hormig%C3%B3n\\_y\\_confecci%C3%B3n\\_de\\_probetas.pdf](https://www.eis.unl.edu.ar/z/adjuntos/1384/Ensayo_de_consistencia_de_hormig%C3%B3n_y_confecci%C3%B3n_de_probetas.pdf)
- Lascarro, M. (15 de Junio de 2018). *Concreto sustentable: realidad en Latinoamérica*. Obtenido de <https://www.construccionlatinoamericana.com/reportajes/concreto-sustentable-realidad-en-latinoamerica/133548.article>
- Llanos, R. (2008). *Resistencia de materiales*. Lima: San Marcos.
- López, G. (18 de Noviembre de 2019). <http://www.carreteros.org/>. Obtenido de [http://www.carreteros.org: http://www.carreteros.org/normativa/ehe/apartados/39.htm](http://www.carreteros.org/normativa/ehe/apartados/39.htm)
- M., G. (2010). *Investigación sobre el Módulo de elasticidad del hormigón*. Quito: UCE.
- Machado, H. (16 de octubre de 2016). <https://masqueingenieria.com>. Obtenido de [https://masqueingenieria.com: https://masqueingenieria.com/blog/durabilidad-del-hormigon/](https://masqueingenieria.com/blog/durabilidad-del-hormigon/)
- Maldonado, O. (21 de Marzo de 2011). *La informalidad en la construcción es el mayor riesgo de un terremoto*. Obtenido de igeprn:

<https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/381-la-informalidad-en-la-construccion-es-el-mayor-riesgo-en-un-terremoto>

Mamlouk, M., & Zaniewski, J. (2009). *Materiales para Ingeniería Civil* (Segunda ed.). Madrid: Pearson Educación.

Marroquín, L. (19 de abril de 2018). *Hormigón propiedades*. Obtenido de construmatica:  
[https://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n:\\_Propiedades](https://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n:_Propiedades)

Martha Marie Day, E. A. (2002). "Densidad" Visionlearning Vol. SCI-1 (4).

Mott, R. (2009). *Resistencia de materiales* (Quinta ed.). México: Pearson Educación.

Murillo, J. (4 de 11 de 2019). *trabajabilidad concreto normal*. Obtenido de cemexparaindustriales: <http://cemexparaindustriales.com/trabajabilidad-concreto-normal/>

NEC. (2013). Norma ecuatoriana de la construcción cargas y materiales. En NEC, *cargas y materiales* (pág. 15).

NEC. (2014). Estructuras de hormigón armado. En NEC, *Norma Ecuatoriana de la construcción* (pág. 11). Dirección de comunicación social, Miduvi.

Niño, J. (s.f.). *Tecnología del concreto - materiales*. tercera.

Nivelle, A., & Brooks, J. (2008). *Tecnología del concreto*. México: Trillas.

notimundo. (26 de 04 de 2016). <https://notimundo.com.ec>. Obtenido de <https://notimundo.com.ec>: <https://notimundo.com.ec/ecuador-predominan-las-construcciones-informales/>

Ortega, A. (2013). *La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles*. Ambato: U.T.A.

Ortiz, B. (2007). *Resistencia de materiales*. Madrid: McGraw Hill.

Ortíz, N. (15 de Enero de 2016). <http://elhormigonysuspropiedades.blogspot.com>. Obtenido de <http://elhormigonysuspropiedades.blogspot.com>: <http://elhormigonysuspropiedades.blogspot.com/p/propiedades-del-hormigon-endurecido.html>

Pardo, D. (27 de 10 de 2019). <https://www.academia.edu>. Obtenido de <https://www.academia.edu>: [https://www.academia.edu/34737740/MATERIALES\\_DEL\\_CONCRETO\\_Y\\_SUS\\_PROPIEDADES\\_ufps\\_51\\_nuevo](https://www.academia.edu/34737740/MATERIALES_DEL_CONCRETO_Y_SUS_PROPIEDADES_ufps_51_nuevo)

Pascal, L. (28 de Noviembre de 2019). <https://www.construmatica.com/>. Obtenido de <https://www.construmatica.com/>:

[https://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras\\_en\\_el\\_Hormig%C3%B3n#Identificaci.C3.B3n\\_de\\_las\\_Grietas](https://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras_en_el_Hormig%C3%B3n#Identificaci.C3.B3n_de_las_Grietas)

*Plan Nacional de Desarrollo. Toda una Vida.* (2017-2021). Quito.

Quitero., A. F. (2014). DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN POR EL MÉTODO. En A. F. QUINTERO, *DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN POR EL MÉTODO*. Bogota.

RAE, R. A. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 24 de 01 de 2018, de <http://dle.rae.es/?id=FB700Op>

Reyes, S. (4 de noviembre de 2019). *Constituyentes del hormigón*. Obtenido de construaprende: <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/313-constituyentes-hormigon?start=6>

Reyes, S. (27 de 10 de 2019). *Constituyentes del Hormigón*. Obtenido de <http://www.construaprende.com>:  
<http://www.construaprende.com/docs/trabajos/313-constituyentes-hormigon?start=1>

Romero, A. (2014). DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN POR EL MÉTODO. En A. F. QUINTERO, *DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN POR EL MÉTODO*. Bogota.

Romero, A. (4 de 11 de 2019). *repository.usta.edu.co*. Obtenido de repository.usta.edu.co:  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/915/Diseno%20de%20mezclas%20de%20hormigon%20por%20el%20metodo%20a.c.i..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sanchez, F. T. (18 de 01 de 2020). *Relación de la resistencia la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días*. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/>:  
[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/688/1/SANCHEZ\\_FERNANDO\\_RESISTENCIA\\_COMPRENSI%C3%93N\\_CILINDROS.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/688/1/SANCHEZ_FERNANDO_RESISTENCIA_COMPRENSI%C3%93N_CILINDROS.pdf)

Sanhueza, M. (26 de 03 de 2015). *Hormigón*. Obtenido de vialidad.cl:  
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/hormigon1Intro.pdf>

Sanhueza, M. (26 de 03 de 2015). *Hormigón*. Obtenido de vialidad.cl:  
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/hormigon1Intro.pdf>

Segura, A. (5 de Julio de 2003). *Diseños cuasiexperimentales*. Obtenido de sld:  
[http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/renacip/disenos\\_cuasiexperimentales.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/renacip/disenos_cuasiexperimentales.pdf)

- Silva, O. (24 de 12 de 2015). *360 en Concreto*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoryid/178/categoryname/concreto/durabilidad-del-concreto-definiendo-la-frase>
- SILVA, O. J. (24 de 12 de 2015). *360 en Concreto*. Obtenido de : <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoryid/178/categoryname/concreto/durabilidad-del-concreto-definiendo-la-frase>
- Técnica., E. d. (2007). *Tipos de hormigón y sus propiedades*.
- Tobar. (20). Normalizacion del cemento. *masterconstrucc*, 8. Obtenido de <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/1078/1148>
- todo edificacion. (15 de 01 de 2020). *Durabilidad en las estructuras de Hormigón Armado*. Obtenido de todo edificacion: <http://todoedificacion.blogspot.com/2012/01/durabilidad-en-las-estructuras-de.html>
- Videla, C. (2014). *Dosificación de hormigones*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Walsh, N. (11 de Noviembre de 2019). *¿Cuál es el futuro del hormigón en la arquitectura?* Obtenido de Plataforma y arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/928553/cual-es-el-futuro-del-hormigon-en-la-arquitectura?fbclid=IwAR0e-UYzCUXTEqAM4nnZCvAVKmian3nHwwjfuDiNEmwPNlgytIxE2FqRUaU>
- www.elcomercio.com. (23 de 04 de 2016). *www.elcomercio.com*. Obtenido de [www.elcomercio.com](https://www.elcomercio.com/tendencias/malaconstruccion-agravante-sismo-ecuador-pedernales.html): <https://www.elcomercio.com/tendencias/malaconstruccion-agravante-sismo-ecuador-pedernales.html>



## ANEXOS

### Anexo 1: Focus group



UNIVERSIDA TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y ARTES APLICADAS



### FOCUS GROUP SOBRE LA DISTRIBUCION DE MATERIAL PETREO EN LA CIUDAD DE AMBATO.

**OBJETIVO:** Obtener información de personas relacionadas con el sector del transporte pesado de materiales pétreos.

#### PARTICIPANTES

**NOMBRE:** Ing. Xavier Suarez

**CARGO:** Propietaria de una volqueta de distribución de material pétreo.

**NOMBRE:** Sr. José Cargua

**CARGO:** Propietaria de una volqueta de distribución de material pétreo.

**NOMBRE:** Sr. Roberto Veintimilla

**CARGO:** Propietaria de una volqueta de distribución de material pétreo.

**NOMBRE:** Sr. José Díaz

**CARGO:** Propietaria de una volqueta de distribución de material pétreo.

**NOMBRE:** Sr. William Manobanda

**CARGO:** Propietaria de una volqueta de distribución de material pétreo.

**FECHA:** 14/11/2017

**OBEJTIVO:** Determinar las características que posee el mercado de distribución

1) ¿CUALES SON EL TIPO DE CLIENTES A LOS CUALES USTED LLEGA CON LA DISTRIBUCION DEL MATERIAL PETREO?

El material pétreo en su mayoría es entregado a profesionales del sector de la construcción tanto a ingenieros como a arquitectos, existe un sector importante también que es a los maestros mayores de las obras pues a los materialistas les conocen como distribuidores del material de los profesionales y por ahí les contactan, el grupo expresa que es bueno crear ese tipo de relaciones pues tarde o temprano son ellos quienes piden a los profesionales el material entonces estos lazos les ayudan a crear alianzas estratégicas.

2) ¿CUANDO LE REALIZAN UN PEDIDO A USTED ES SOLAMENTE DE UN TIPO DE ARIDO O LE PIDEN ARIDO FINO Y ARIDO GRUESO?

Los pedidos son indiferentes, normalmente cuando empiezan las edificaciones los pedidos son volquetas de arena y ripio, material que es usado para las cimentaciones, al continuar con la estructura el material tienen una demanda parecida, pero en mayores cantidades cuando hacen las losas con las concretas, cuando los clientes emplean el premezclado los pedidos son pocos hasta que empiezan con los enlucidos pero ahí solamente se entrega árido fino y finalmente son de nuevo mixtos los pedidos para el final de las obras cuando van a realizar todo lo que es contrapisos, las personas como vendedor indican que deben tener contacto constante con el cliente pues así uno se asegura de que el material le realicen el pedido a uno mismo y no opten por otros materialistas.

3) ¿CUANDO LE SOLICITAN ARIFO FINO (ARENA) DE QUE CANTERAS OBTIENE USTED EL MATERIAL?

El grupo se caracterizó por tener una buena comunicación con el cliente entonces una de las primeras cosas que preguntan es para qué es lo que va a usar el cliente debido a que su oferta es variada cuando están haciendo teniendo así que para cimentaciones se les ofrece el material de Baños porque es más grueso y eso ayuda a que rinda más, cuando es para enlucido se le ofrece la arena de salcedo porque es la que tiene menos sales hay constructores que optan por el macadán que es un poquito más caro y les economiza la cernida o el cliente pide la arena

lavada de aquí de arias la lavada pero no se le recomienda mucho esa arena, por lo tanto se podría reducir a dos opciones la arena de Salcedo de las minas que son junto al peaje o la de Baños de cerca del puente de las juntas.

4) ¿CUANDO LE SOLICITAN ARIFO GRUESO (RIPIO) DE QUE CANTERAS OBTIENE USTED EL MATERIAL?

El material que más piden los constructores es el ripio triturado de  $\frac{3}{4}$  de la cantera de Alvarado para cuando funden hormigón para las losas o cualquier tipo de parte estructural y cuando hacen hormigón para las cimentaciones el de 1 pulgada, hay materialistas que a veces se van a comprar en otras canteras el ripio coco, pero no se les recomiendo por la cara rodada que tiene.

5) ¿EN SU CRITERIO HAY MUCHAS CONSTRUCCIONES QUE AUN FUNDEN A MANO?

De lo expresado en el focus group, dicen que especialmente en las zonas periféricas la cultura de la gente de pueblo aún se ven las mingas y que se reúnen varias familias a fundir las losas, y que es algo que también sucede en la zona urbana a una menor escala pero que si sucede.

## Anexo 2: Normas INEN



### INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 872:2011**  
**Primera revisión**

---

### **ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS.**

#### **Primera Edición**

STANDARD SPECIFICATION FOR CONCRETE AGGREGATES

First Edition

---

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámico, árido, requisitos.  
CO 02.03.401  
CDU: 691.322  
CIIU: 2901  
ICS: 91.100.15

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS.</b>	<b>NTE INEN 872:2011</b> <b>Primera revisión 2011-09</b>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p><b>1.1</b> Esta norma establece los requisitos de granulometría y calidad para los áridos, fino y grueso, para utilizarlos en el hormigón (exceptuando los áridos de baja y de alta densidad), (ver nota 1).</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p><b>2.1</b> Los áridos referidos en esta norma pueden ser gravas, piedras naturales, así como otros materiales obtenidos por trituración.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p><b>3.1</b> Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:</p> <p><b>3.1.1</b> <i>Solidez.</i> Característica cualitativa respecto al desempeño de un árido a la acción del intemperismo.</p> <p><b>3.1.2</b> <i>Intemperismo.</i> Acción del medio que actúa sobre el árido tales como: congelamiento y descongelamiento, secado y humedecimiento, calentamiento y enfriamiento y/o posibles combinaciones. Para la aplicación de los requisitos mencionados en la tabla 3 de esta norma, se refiere exclusivamente a la acción de congelamiento y descongelamiento.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p><b>4.1</b> Esta norma la pueden utilizar: los contratistas, los proveedores de hormigón o quienes compran áridos, como parte del documento de compra que describe el material a ser suministrado (ver nota 2).</p> <p><b>4.2</b> Esta norma se la puede utilizar también en especificaciones de proyecto, para definir la calidad del árido, su tamaño máximo nominal y otros requisitos específicos de granulometría. Los responsables de seleccionar la dosificación de mezclas de hormigón tienen la responsabilidad de determinar la dosificación de los áridos fino y grueso y la adición de tamaños combinados de áridos, si se requiere o se aprueba.</p> <p><b>4.3</b> 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. Para áridos de baja densidad, ver las normas ASTM C 330, ASTM C 331 y ASTM C 332; para áridos de alta densidad ver la norma ASTM C 637 y la norma de nomenclatura descriptiva ASTM C 638.</p> <p>NOTA 2. Esta norma se considera adecuada para garantizar materiales satisfactorios para la mayoría de los hormigones. Esta norma puede ser más o menos exigente para ciertas regiones o trabajos. Por ejemplo, donde es importante la estética, se pueden considerar límites más restrictivos respecto a las impurezas que mancharían la superficie del hormigón. Quien prepara las especificaciones debe comprobar que los áridos requeridos están o pueden estar disponibles en el área de la obra, respecto a la granulometría, propiedades físicas o químicas o a una combinación de ellas.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámico, árido, requisitos.</p>		

## 5. REQUISITOS

### 5.1 Requisitos para el árido fino

**5.1.1 Características generales.** El árido fino consiste de arena natural, arena elaborada o una combinación de ellas.

#### 5.1.2 Gradación

**5.1.2.1 Análisis granulométrico.** El árido fino, excepto por lo establecido en los numerales 5.1.2.2 y 5.1.2.3, debe ser graduado dentro de los siguientes límites (ver nota 3 y nota 4):

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

**5.1.2.2** El árido fino no debe tener más de 45% pasante en cualquier tamiz y retenido en el siguiente consecutivo de aquellos indicados en el numeral 5.1.2.1 y su módulo de finura no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1.

**5.1.2.3** El árido fino que no cumple estos requisitos de gradación puede ser aceptado siempre que el proveedor pueda demostrar al comprador o a quien prepara las especificaciones que el hormigón de la clase especificada, elaborado con el árido fino en consideración, tiene sus propiedades relevantes al menos iguales a las del hormigón elaborado con los mismos ingredientes. El árido fino de referencia debe ser seleccionado de una fuente que tenga un registro de desempeño aceptable en construcciones de hormigón similares (ver nota 5).

**5.1.2.4** Para cargamentos continuos de árido fino desde una fuente dada, el módulo de finura no debe variar en más de 0,20 respecto al módulo de finura de base. El módulo de finura de base debe ser el valor típico de la fuente. El comprador o quien prepara las especificaciones tiene la autoridad para aprobar un cambio en el módulo de finura de base (ver nota 6).

**5.1.3 Sustancias perjudiciales:** La cantidad de sustancias perjudiciales en el árido fino no debe exceder los límites especificados en la tabla 1.

NOTA 3. Los hormigones en los que la gradación del árido fino, tiene porcentajes que pasan el tamiz de 300 µm y el de 150 µm cercanos a los mínimos especificados, a veces tienen dificultades con la trabajabilidad, bombeo o presentan exudación excesiva. La adición de aire incorporado, cemento adicional o de un aditivo mineral aprobado que suministre los finos deficientes, son métodos utilizados para mitigar estas dificultades.

NOTA 4. Debe considerarse que el árido fino que cumple con los requisitos de granulometría de una especificación preparada por otra organización, que sea de uso general en el área; tiene un registro de servicio satisfactorio con respecto a aquellas propiedades del hormigón afectadas por la granulometría.

NOTA 5. Las propiedades relevantes son aquellas propiedades del hormigón que son importantes para la aplicación particular que esté siendo considerada. El documento STP 169D "Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete Making Materials", ASTM, 2006, proporciona información sobre las propiedades importantes del hormigón.

NOTA 6. El módulo de finura de base debe ser determinado a partir de ensayos previos, si no existen ensayos previos, a partir del promedio de los valores de módulo de finura de las diez primeras muestras en la orden (o todas las muestras precedentes si son menos de diez). La dosificación de una mezcla de hormigón puede depender del módulo de finura de base del árido fino que será utilizado. Por lo tanto, cuando se considere que el módulo de finura de base es significativamente diferente del valor utilizado en la mezcla de hormigón, puede ser necesario realizar un ajuste adecuado en la mezcla.

(Continúa)

**TABLA 1. Límites para las sustancias perjudiciales en el árido fino para hormigón**

Detalle	Porcentaje de la muestra total, en masa. Máximo
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	3,0
Material más fino que 75 µm: Hormigón sujeto a abrasión	3,0 <sup>A</sup>
Todos los demás hormigones	5,0 <sup>A</sup>
Carbón y lignito: Donde es importante la apariencia superficial del hormigón	0,5
Todos los demás hormigones	1,0

<sup>A</sup> En el caso de arena fabricada, si el material más fino que 75 µm consiste en polvo de trituración, esencialmente libre de arcilla o esquistos, se permite incrementar estos límites a 5% y 7%, respectivamente.

**5.1.3.1 Impurezas orgánicas:** El árido fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los áridos sujetos al ensayo de impurezas orgánicas y que producen un color más oscuro que el normalizado deben ser rechazados, excepto en los casos siguientes:

- Se permite el uso de un árido fino que no cumple en el ensayo, siempre que la decoloración se deba principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas discretas similares.
- Se permite el uso de un árido fino que no cumple en el ensayo de impurezas orgánicas, siempre que, cuando se realice el ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, la resistencia relativa a 7 días, calculada de acuerdo con la NTE INEN 866, no sea menor de 95%.

**5.1.3.2** El árido fino para ser utilizado en hormigón que está sujeto a humedecimiento, exposición prolongada a la humedad atmosférica o contacto con terreno húmedo, no debe contener ningún material que sea perjudicialmente reactivo con los álcalis del cemento en una cantidad suficiente que cause expansión excesiva al mortero o al hormigón. Se permite el uso de árido fino que contenga tales materiales perjudiciales, cuando se lo utilice con un cemento que contenga menos del 0,60% de álcalis calculados como equivalente de óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658\text{K}_2\text{O}$ ) o con la incorporación de un material que haya demostrado evitar la expansión nociva debida a la reacción álcali-árido. (Ver Apéndice Y).

#### 5.1.4 Solidez

**5.1.4.1** Excepto lo señalado en los numerales 5.1.4.2 y 5.1.4.3, el árido fino sujeto a cinco ciclos en el ensayo de solidez debe tener un promedio ponderado de pérdida no mayor del 10% cuando se utiliza sulfato de sodio o del 15% cuando se utiliza sulfato de magnesio.

**5.1.4.2** Un árido fino que no cumple con el requisito indicado en el numeral 5.1.4.1 se puede considerar que califica con los requisitos de solidez, siempre que el proveedor demuestre que un hormigón con propiedades comparables, elaborado con árido similar de la misma fuente, ha tenido un servicio satisfactorio al ser expuesto a un intemperismo similar al que se encontrará.

**5.1.4.3** El árido fino que no tiene un registro de servicio demostrable y no cumple con el requisito del numeral 5.1.4.1, puede calificar con los requisitos de solidez, siempre que el proveedor demuestre que se obtienen resultados satisfactorios en el hormigón sujeto a ensayos de congelamiento y descongelamiento, (ver la norma ASTM C 666).

#### 5.2 Requisitos para el árido grueso

**5.2.1 Características generales.** El árido grueso debe consistir en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de altos hornos enfriada al aire u hormigón de cemento hidráulico triturado (ver nota 7), o una combinación de estos, conforme con los requisitos de esta norma.

NOTA 7. A pesar que el hormigón de cemento hidráulico triturado ha sido utilizado como árido con resultados satisfactorios, su utilización puede requerir algunas precauciones adicionales. Se puede incrementar la demanda del agua de mezcla debido a la aspereza del árido. El hormigón parcialmente deteriorado utilizado como árido, puede reducir la resistencia al congelamiento y descongelamiento, afectar las propiedades de los vacíos de aire o degradarse durante la manipulación, mezclado o colocación. El hormigón triturado puede tener componentes que sean susceptibles a la reactividad álcali-árido o al ataque de sulfatos en el nuevo hormigón o puede incorporar sulfatos, cloruros o material orgánico a la estructura de poros del nuevo hormigón.

(Continúa)

**5.2.2 Gradación.** El árido grueso debe cumplir con los requisitos para el número de tamaño especificado, indicados en la tabla 2 (ver nota 8). Se puede aceptar la utilización de áridos que no cumplan estrictamente con los requisitos de gradación siempre que el árido propuesto haya sido evaluado con pruebas previas de desempeño que demuestren que se obtienen resultados satisfactorios y que además se cuente con la aprobación expresa del especialista en hormigones y del responsable de la obra.

### 5.2.3 Sustancias perjudiciales

**5.2.3.1** Se deben aplicar los límites especificados en la tabla 3 para la clase de árido grueso designada en la especificación o en la orden de compra (ver notas 9 y 10), excepto por las disposiciones señaladas en el numeral 5.2.3.3. Si no se especifica la clase, se deben aplicar los requisitos para Clase 3S, 3M o 1N para las condiciones de intemperismo severo, moderado o nulo, respectivamente (ver tabla 3).

**5.2.3.2** El árido grueso para ser utilizado en hormigón que va a estar sujeto a humedecimiento, exposición prolongada a la humedad atmosférica o contacto con terreno húmedo no debe contener ningún material que sea perjudicialmente reactivo con los álcalis del cemento en una cantidad suficiente que cause expansión excesiva al mortero o al hormigón. Se permite el uso de árido grueso que contenga tales materiales perjudiciales cuando se lo utilice con un cemento que contenga menos del 0,60% de álcalis calculados como equivalente de óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658\text{K}_2\text{O}$ ) o con la incorporación de un material que haya demostrado evitar la expansión nociva debida a la reacción alcali-árido. (Ver Apéndice Y).

**5.2.3.3** El árido grueso que tiene resultados de ensayos que exceden los límites especificados en la tabla 3, puede calificar con los requisitos de esta sección siempre que el proveedor demuestre que el hormigón elaborado con árido similar de la misma fuente, ha tenido un servicio satisfactorio al ser expuesto a un intemperismo similar al que se encontrará; o en ausencia de un registro de servicio demostrable, siempre que el árido produzca un hormigón con propiedades satisfactorias relevantes (ver nota 5).

NOTA 8. Los rangos indicados en la tabla 2 son por necesidad muy amplios, para adecuarse a las condiciones de todo el país. Para el control de calidad de una operación específica, un productor debe desarrollar una granulometría promedio para la fuente y las instalaciones de producción particulares y debe controlar las granulometrías en la producción con tolerancias razonables respecto a este promedio. Cuando se utilizan los números de tamaño 357 ó 467, el árido debe ser suministrado al menos en dos tamaños diferentes.

NOTA 9. Quien prepara las especificaciones del árido debe designar la clase de árido grueso que se va a utilizar en el trabajo, basado en la severidad del intemperismo, abrasión y otros factores de exposición (ver tabla 3). Se espera que los límites para árido grueso correspondientes a cada designación de clase, aseguren el desempeño satisfactorio en el hormigón para el tipo respectivo y la ubicación de la construcción. Seleccionar una clase con límites excesivamente restrictivos puede ocasionar un costo innecesario si los materiales que cumplen esos requisitos no están disponibles localmente. Seleccionar una clase con límites poco severos puede ocasionar un desempeño insatisfactorio y un deterioro prematuro del hormigón. Mientras el hormigón, en diferentes partes de una misma estructura, puede ser elaborado adecuadamente con diferentes clases de árido grueso, quien prepara las especificaciones puede exigir que el árido grueso para todo el hormigón cumpla con la misma clase más restrictiva, para reducir la posibilidad de proveer hormigón con la clase equivocada de árido, especialmente en los proyectos pequeños.

NOTA 10. Si hay duda en la elección entre dos condiciones, seleccionar la condición de intemperismo más severa.

(Continúa)



**TABLA 2. Requisitos de gradación para áridos gruesos**

Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 µm
1	de 90 a 37,5	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
2	de 63 a 37,5	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	de 50 a 25,0	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	de 50 a 4,75	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	de 37,5 a 19,0	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
467	de 37,5 a 4,75	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---	---
5	de 25,0 a 12,5	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---	---
56	de 25,0 a 9,5	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---	---
57	de 25,0 a 4,75	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---	---
6	de 19,0 a 9,5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---	---
67	de 19,0 a 4,75	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---
7	de 12,5 a 4,75	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---	---
8	de 9,5 a 2,36	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---	---
89	de 9,5 a 1,18	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5	---
9 <sup>A</sup>	de 4,75 a 1,18	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	---

<sup>A</sup> Al árido con número de tamaño 9, se lo define en la NTE INEN 694 como árido fino. Se lo incluye como árido grueso cuando está combinado con un material con número de tamaño 8 para crear el número de tamaño 89, que es árido grueso según se define en la NTE INEN 694.

**TABLA 3. Límites para sustancias perjudiciales y requerimientos de propiedades físicas para el árido grueso del hormigón**

Las condiciones de intemperismo son definidas de la siguiente manera (ver numeral 3):  
 (S) Condición de intemperismo severo. Un clima frío donde el hormigón está expuesto a productos químicos descongelantes u otros agentes agresivos, donde el hormigón puede saturarse por contacto continuo con humedad o agua libre antes de cada ciclo de congelamiento y descongelamiento.  
 (M) Condición de intemperismo moderado. Un clima donde se espera congelamiento ocasional, pero donde el hormigón en servicio a la intemperie no esté continuamente expuesto a congelamiento y descongelamiento en presencia de humedad o de productos químicos descongelantes.  
 (N) Condición de intemperismo nulo. Un clima donde el hormigón está raramente expuesto al congelamiento en presencia de humedad.

Designación de clase	Tipo o ubicación de la construcción de hormigón	Máximo permisible, %						
		Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	Chert <sup>1</sup> (gr. esp. SSS menor de 2.40)	Total de terrones de arcilla, partículas desmenuzables y chert (gr. esp. SSS menor de 2.40)	Material más fino que 75 µm	Carbón y lignito	Valor de la degradación (%) <sup>2</sup>	Solidez de los áridos mediante el sulfato de magnesio (5 ciclos) <sup>3</sup>
Condición de intemperismo severo								
1S	Zapatas, fundaciones, columnas y vigas no expuestas a la intemperie, losas de pisos interiores que van a ser revestidas	10,0	---	---	1,0 <sup>4</sup>	1,0	50	---
2S	Pisos interiores sin revestimiento	5,0	---	---	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	---
3S	Muros de fundación sobre el nivel del terreno, muros de retención, estribos, pilares, vigas principales y vigas expuestas a la intemperie	5,0	5,0	7,0	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	18
4S	Pavimentos, tableros de puentes, caminos y bordillos, senderos, patios, pisos de garaje, pisos expuestos y terrazas o estructuras frente al agua, sujetas a humedecimiento continuo.	3,0	5,0	5,0	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	18
5S	Hormigón arquitectónico expuesto	3,0	3,0	3,0	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	18
Condición de intemperismo moderado								
1M	Zapatas, fundaciones, columnas, y vigas no expuestas a la intemperie, losas de pisos interiores que van a ser revestidas	10,0	---	---	1,0 <sup>4</sup>	1,0	50	---
2M	Pisos interiores sin revestimiento	5,0	---	---	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	---
3M	Muros de fundación sobre el nivel del terreno, muros de retención, estribos, pilares, vigas principales y vigas expuestas a la intemperie	5,0	8,0	10,0	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	18
4M	Pavimentos, tableros de puentes, caminos y bordillos, senderos, patios, pisos de garaje, pisos expuestos y terrazas o estructuras frente al agua, sujetas a humedecimiento continuo.	5,0	5,0	7,0	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	18
5M	Hormigón arquitectónico expuesto	3,0	3,0	5,0	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	18
Condición de intemperismo nulo								
1N	Losas sujetas a la abrasión del tráfico, tableros de puentes, pisos, senderos, pavimentos	5,0	---	---	1,0 <sup>4</sup>	0,5	50	---
2N	Todas las demás clases de hormigón	10,0	---	---	1,0 <sup>4</sup>	1,0	50	---

<sup>1</sup> Se excluyen de los requisitos del valor de la degradación de la escoria de altos hornos enfriada al aire y triturada. La masa unitaria de escoria de altos hornos enfriada al aire y triturada, obtenida mediante el procedimiento por ventilado o mediante el procedimiento por sacudidas, no debe ser menor que 1 120 kg/m<sup>3</sup>. La granulometría de la escoria utilizada en el ensayo de masa unitaria debe ajustarse a la granulometría que se utilizará en el hormigón. Se debe determinar el valor de la degradación de la grava, grava triturada o piedra triturada en el tamaño o tamaños de ensayo más aproximados con la granulometría o granulometrías que se utilizarán en el hormigón. Cuando se vaya a utilizar más de una granulometría, se debe aplicar el límite del valor de la degradación a cada una.

<sup>2</sup> El límite admisible para la solidez, cuando se utiliza sulfato de sodio, debe ser de 12%.

<sup>3</sup> Este porcentaje bajo cualquier de las siguientes condiciones: (1) puede ser aumentado en 1,5 si el material está esencialmente libre de arcilla o lutita o (2) si se conoce la fuente del árido fino que va a ser utilizado en el hormigón contiene menos que la cantidad máxima especificada que pasa el tamiz de 75 µm (ver tabla 1). Se puede aumentar el límite del porcentaje (L) de la cantidad en el árido grueso a  $L = 1 + [P(100 - P)](T - A)$ , donde P = porcentaje de arena en el hormigón como un porcentaje del árido total, T = límite indicado en la tabla 1 para la cantidad permitida en el árido fino y A = cantidad real en el árido fino. (Esto proporciona un cálculo ponderado diseñado para limitar la cantidad máxima de material que pasa el tamiz de 75 µm en el hormigón, a aquel que se obtendría si los áridos, fino y grueso, fueran suministrados con el porcentaje máximo tabulado para cada uno de estos ingredientes).

<sup>4</sup> También conocido como Horsteno.

**5.3 Orden de compra e información de la especificación**

**5.3.1** Las especificaciones del proyecto debe incluir la información para describir el árido que se debe utilizar según los ítems aplicables del numeral 5.3.4

**5.3.2** El comprador directo de áridos, en la orden de compra debe incluir la información proporcionada en el numeral 5.3.3, según sea aplicable.

**5.3.3** En la orden de compra de áridos se debe incluir la siguiente información, según sea aplicable:

**5.3.3.1** Realizar la referencia a esta norma,

**5.3.3.2** Indicar si la orden es para árido fino o para árido grueso,

**5.3.3.3** Cantidad, en toneladas métricas,

**5.3.3.4** Cuando la orden es para árido fino:

- a) Si se aplica la restricción sobre materiales reactivos indicada en el numeral 5.1.3.2,
- b) En caso de realizar el ensayo de solidez, qué sal va a ser utilizada (ver el numeral 5.1.4.1). Si no se especifica ninguna, se puede utilizar sulfato de sodio o sulfato de magnesio,
- c) El límite apropiado para el material más fino que 75  $\mu\text{m}$  (ver tabla 1). Si no se indica, debe aplicarse el límite del 3,0%,
- d) El límite apropiado para carbón y lignito (ver tabla 1). Si no se indica, debe aplicarse el límite del 1,0%.

**5.3.3.5** Cuando la orden es para árido grueso:

- a) Granulometría (número de tamaño) (ver el numeral 5.2.2 y la tabla 2) o la granulometría alternativa como se haya acordado entre el comprador y el proveedor de áridos.
- b) La designación de clase de árido (ver el numeral 5.2.3.1 y la tabla 3),
- c) Si se aplica la restricción sobre materiales reactivos indicada en el numeral 5.2.3.2,
- d) En caso de realizar el ensayo de solidez, qué sal va a ser utilizada (ver tabla 3). Si no se especifica ninguna, se puede utilizar sulfato de sodio o sulfato de magnesio, y

**5.3.3.6** Cualquier excepción o ampliación a esta norma (ver nota 2).

**5.3.4** Incluir en las especificaciones para los áridos del proyecto, la siguiente información, según sea aplicable:

**5.3.4.1** Realizar la referencia a esta norma.

**5.3.4.2** Cuando el árido descrito es árido fino:

- a) Si se aplica la restricción sobre materiales reactivos indicada en el numeral 5.1.3.2,
- b) En caso de realizar el ensayo de solidez, qué sal va a ser utilizada (ver el numeral 5.1.4.1). Si no se especifica ninguna, se puede utilizar sulfato de sodio o sulfato de magnesio,
- c) El límite apropiado para el material más fino que 75  $\mu\text{m}$  (ver tabla 1). Si no se indica, debe aplicarse el límite del 3,0%, y
- d) El límite apropiado para carbón y lignito (ver tabla 1). Si no se indica, debe aplicarse el límite del 1,0%.

**5.3.4.3** Cuando el árido descrito es árido grueso, incluir:

- a) El tamaño máximo nominal o tamaños permitidos, en base al espesor de la sección o el espaciamiento de las barras de refuerzo u otro criterio. En lugar de indicar el tamaño máximo nominal, quien prepara las especificaciones debe designar el número o números de tamaño apropiados (ver el numeral 5.2.2 y la tabla 2). La designación del número de tamaño que indica el tamaño nominal, no restringe a la persona responsable de optar por la dosificación con dos o más áridos para combinar sus granulometrías y obtener la granulometría deseada, siempre que las granulometrías no se restrinjan de otra manera por las especificaciones del proyecto y no se exceda el tamaño máximo nominal indicado por el número de tamaño.
- b) La designación de la clase de árido (ver el numeral 5.2.3.1 y la tabla 3),
- c) Si es aplicable la restricción sobre materiales reactivos indicada en el numeral 5.2.3.2,
- d) En caso de realizar el ensayo de solidez, qué sal va a ser utilizada (ver tabla 3). Si no se especifica ninguna, puede utilizarse sulfato de sodio o sulfato de magnesio, y

**5.3.4.4** El nombre de la persona responsable de seleccionar la dosificación del hormigón, si es alguien diferente al productor de hormigón.

**5.3.4.5** Cualquier excepción o ampliación a esta norma (ver nota 2).

## 6. INSPECCIÓN

**6.1 Muestreo.** Muestrear los áridos de acuerdo con las siguientes normas: NTE INEN 695 y norma ASTM D 3 665.

### 6.2 Métodos de ensayos

**6.2.1** Ensayar los áridos de acuerdo con las normas señaladas más adelante, excepto cuando se indique de otra manera en esta norma. Realizar los ensayos requeridos sobre los especímenes de ensayo que cumplan con los requisitos de las normas designadas. Se permite el uso del mismo espécimen de ensayo para análisis por tamizado y para la determinación del material más fino que 75  $\mu\text{m}$ . Es aceptable la utilización de tamaños separados para el análisis por tamizado, en los ensayos de solidez o a la degradación en la máquina de Los Ángeles, sin embargo se requiere la preparación de un espécimen de ensayo adicional (ver nota 11). Para otros procedimientos de ensayo y para la evaluación de la potencial reactividad alcalina, cuando sea requerida, utilizar especímenes de ensayo independientes.

**6.2.1.1** *Granulometría y modulo de finura.* NTE INEN 696.

**6.2.1.2** *Cantidad de material más fino que 75  $\mu\text{m}$ .* NTE INEN 697.

**6.2.1.3** *Impurezas orgánicas.* NTE INEN 855.

**6.2.1.4** *Efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia.* NTE INEN 866.

**6.2.1.5** *Solidez.* NTE INEN 863.

**6.2.1.6** *Terrones de arcilla y partículas desmenuzables.* NTE INEN 698.

**6.2.1.7** *Carbón y lignito.* NTE INEN 699, utilizar un líquido con una gravedad específica de 2,0 para remover las partículas de carbón y lignito. Únicamente el material que es marrón-negrusco o negro, debe ser considerado como carbón o lignito. El coque no debe ser clasificado como carbón o lignito.

NOTA 11. El material utilizado para el ensayo de solidez requiere ser tamizado nuevamente para permitir la preparación adecuada del espécimen de ensayo especificado en la NTE INEN 863

**6.2.1.8** *Densidad aparente (Masa unitaria) de escoria.* NTE INEN 858.

**6.2.1.9** *Degradación del árido grueso.* NTE INEN 860 o NTE INEN 861.

**6.2.1.10** *Áridos reactivos.* Ver Apéndice Y.

**6.2.1.11** *Congelamiento y descongelamiento.* Los procedimientos para realizar ensayos de congelamiento y descongelamiento en el hormigón, están descritos en la norma ASTM C 666.

**6.2.1.12** *Chert.* La NTE INEN 699 es utilizada para identificar partículas en una muestra de árido grueso con una gravedad específica menor que 2,40 y la NTE INEN 870 es utilizada para identificar cuáles de las partículas en la fracción liviana, son chert.

**6.3** **Aceptación y rechazo.** Las especificaciones para la obra deben definir cuales requisitos de esta norma deben ser de estricto cumplimiento para la respectiva aceptación y rechazo del mismo. Estos requisitos deben ser seleccionados de acuerdo al servicio que va a prestar el hormigón y a la durabilidad.

(Continúa)

**APÉNDICE Y**  
**(Información opcional)**

**MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN PERJUDICIAL DEBIDA  
A LA REACTIVIDAD ALCALINA DE UN ÁRIDO**

**Y.1 Introducción**

**Y.1.1 Métodos de laboratorio.** Se han propuesto muchos métodos de ensayo para evaluar el potencial de expansión perjudicial debida a la reactividad alcalina de un árido y algunos han sido adoptados como normas de la ASTM. Sin embargo, no hay acuerdo general sobre la relación entre los resultados de estos ensayos y la cantidad de expansión esperada o tolerada en servicio. Por lo tanto, la evaluación de la idoneidad de un árido debe basarse en el juicio, interpretación de resultados de ensayos y resultados del examen de estructuras de hormigón que contengan los mismos áridos y materiales cementantes similares, con niveles similares de álcalis. Los resultados de los ensayos citados en este apéndice pueden ayudar a realizar la evaluación. Cuando se interpreta la expansión de especímenes de laboratorio, se debe considerar no solo los valores de expansión a las edades especificadas, sino también a la forma de la curva de expansión, la cual puede indicar si la expansión se está estabilizando o si continúa a una velocidad constante o acelerada.

**Y.1.2 Evaluación de registros de servicio.** Si se dispone de registros de servicio de hormigón comparable, con datos válidos, estos, en la mayoría de los casos, deben prevalecer sobre los resultados de los ensayos de laboratorio. Para ser considerado válido, un registro satisfactorio, debe contener por lo menos 10 años de servicio, para áridos y materiales cementantes con exposiciones similares a aquellas a las que el árido será sometido en su futura utilización. Se pueden requerir periodos documentados de servicio más largos para diseños de trabajos propuestos para una particular larga vida útil, o si los resultados de ensayos de laboratorio muestran que el árido puede ser perjudicialmente reactivo.

**Y.1.3 Mitigación de la reacción álcali-árido.** Si se ha determinado que un árido es potencial y perjudicialmente reactivo en un hormigón, sea por medio del laboratorio o por evaluación de los registros de servicio, se debe considerar la utilización de ese árido conjuntamente con medidas conocidas para prevenir la expansión excesiva debida a la reacción álcali-árido. Ver las secciones de mitigación en este apéndice, contenidas en el literal Y.3 Reacción álcali-sílice y en el literal Y.4 Reacción álcali-carbonato y las referencias citadas para discusión de estrategias de prevención para el hormigón nuevo.

**Y.2 Antecedentes**

**Y.2.1** Se puede encontrar información de referencia sobre la reacción álcali-árido en el documento de la referencia (1), en la norma de nomenclatura descriptiva ASTM C 294 y en la NTE INEN 870, como se trata a continuación. Información adicional se incluye en los documentos de las referencias (2) y (3). Estos documentos tratan tanto sobre la reacción álcali-sílice como la de álcali-carbonato (ver nota Y.1).

**Y.2.1.1 Norma ASTM C 294: Nomenclatura descriptiva para los componentes de los áridos para el hormigón.** Esta nomenclatura brinda descripciones de los componentes de áridos minerales e incluye una información de cuáles han sido asociados con una expansión perjudicial debida a la reacción con álcalis.

**Y.2.1.2 NTE INEN 870: Examen petrográfico de áridos para hormigón.** Esta norma define los procedimientos para examinar una muestra de árido o una muestra de una fuente potencial de áridos para determinar si están presentes sustancias potencial y perjudicialmente reactivas; y si las hay, en qué cantidades.

NOTA Y.1. Los números entre paréntesis se refieren a la lista de referencias, ubicada al final de este apéndice.

(Continúa)

**Y.2.1.3 Reacción álcali-sílice.** Se conoce que ciertos materiales son potencial y perjudicialmente reactivos con los álcalis del cemento. Estos incluyen formas de sílice como ópalo, calcedonia, tridimita y cristobalita; cuarzo criptocristalino y microcristalino deformado o altamente fracturado y el vidrio volcánico de grado intermedio a ácido (rico en sílice), como es probable que ocurra en la riolita, andesita, o dacita. La determinación de la presencia y cantidades de estos materiales, mediante el examen petrográfico, es útil en la evaluación del potencial de reactividad alcalina. Un árido puede ser potencial y perjudicialmente reactivo cuando alguno de estos materiales, tal como el ópalo, está presente en muy pequeñas cantidades (por ejemplo 1%).

**Y.2.1.4 Reacción álcali-carbonato.** La reacción de la dolomita, presente en ciertas rocas carbonatadas, con álcalis, ha sido asociada con una expansión perjudicial en el hormigón que contiene tales rocas como árido grueso. Las rocas carbonatadas más rápidamente reactivas poseen una textura característica en la cual los cristales relativamente grandes de dolomita están dispersos en una matriz de granos más finos de calcita y arcilla. Estas rocas además tienen una composición en la cual la porción de carbonato consiste en cantidades importantes tanto de dolomita como calcita y el residuo insoluble en ácido contiene una cantidad significativa de arcilla. Ciertas rocas puramente dolomíticas también pueden producir una expansión lenta en el hormigón.

### **Y.3 Reacción álcali-sílice**

**Y.3.1 NTE INEN 868 (Método químico).** Los resultados del ensayo indican las cantidades de sílice disuelta ( $S_c$ ) y de reducción en la alcalinidad ( $R_c$ ) para cada una de las tres porciones de ensayo provenientes de la muestra de ensayo preparada de árido. Los áridos representados por los puntos ( $S_c$ ,  $R_c$ ), que caen en el lado nocivo de la curva continua de la figura Y.1 de la NTE INEN 868, deben ser usualmente considerados como potencialmente reactivos. Las tres regiones delineadas en la figura son: (1) áridos considerados inocuos, (2) áridos considerados potencialmente nocivos y (3) áridos considerados nocivos. Los áridos representados por puntos que caen en la región potencialmente nociva por encima de la línea de puntos en la misma figura pueden dar expansiones relativamente bajas en el mortero o en el hormigón aunque sean extremadamente reactivos con los álcalis. El ensayo puede ser realizado rápidamente y puede proporcionar información muy útil, excepto para rocas lentamente reactivas tales como algunos gneis graníticos y cuarcita. Además, como se señala en el Apéndice Y de la NTE INEN 868, los resultados pueden no ser correctos para áridos que contienen carbonatos o silicatos de magnesio, tales como la antigorita (serpentina) o componentes que producen reactividad lenta o tardía. Ver el Apéndice Y de la NTE INEN 868 para obtener información sobre la interpretación de los resultados y referencias aplicables. Si los resultados de los ensayos indican un carácter perjudicial o potencialmente perjudicial, los áridos deben ser ensayados de acuerdo con la NTE INEN 867 o ASTM C 1 293 para verificar el potencial de expansión en el hormigón.

**Y.3.2 NTE INEN 867 (Método de la barra de mortero para combinaciones árido-cemento).** Los resultados obtenidos de acuerdo a esta norma, cuando se utiliza un cemento con alto contenido de álcalis, proporcionan información sobre la probabilidad de que ocurra una expansión potencialmente perjudicial. El contenido de álcalis del cemento portland debe ser de al menos 0,8%, expresado como un porcentaje equivalente de óxido de sodio ( $\%Na_2O + 0,658 \times \%K_2O$ ). Las combinaciones de áridos y materiales cementantes que han producido expansiones excesivas con este método de ensayo deben ser consideradas potencialmente reactivas. La línea de demarcación entre las combinaciones inocuas y las potencialmente perjudiciales no está claramente definida, se considera en general que la expansión es excesiva si excede de 0,05% en 3 meses o de 0,10% en 6 meses. Las expansiones mayores que 0,05% en 3 meses no deben considerarse como excesivas cuando la expansión a 6 meses permanece por debajo de 0,10%. Los datos para ensayos a 3 meses deben considerarse solamente cuando los resultados a 6 meses no están disponibles. Los límites pueden no ser conservadores para áridos lentamente reactivos. El método de ensayo de la NTE INEN 867 no es adecuado para áridos lentamente reactivos y no se aconseja su uso para este propósito (1, 2). Los áridos sospechosos de ser lentamente reactivos deben ser evaluados en concordancia con la norma ASTM C 1 260 o con la norma ASTM C 1 293. El método de ensayo de la NTE INEN 867 es además utilizado con un árido vítreo reactivo específico para verificar la efectividad de la mitigación de cementos compuestos que cumplen con la NTE INEN 490, con los requisitos opcionales de expansión de morteros señalados de la tabla 2, y los cementos por desempeño que cumplen con la NTE INEN 2 380, con la opción R. Estos procedimientos son similares a las disposiciones de la NTE INEN 2 565 que se analiza más adelante, para aditivos minerales y escoria de altos hornos.

(Continúa)

**Y.3.3 Norma ASTM C 1 260 (Método de la barra de mortero para determinar la potencial reactividad alcalina del árido).** Esta norma presenta un procedimiento de predicción técnica acelerado, diseñado para detectar materiales que desarrollan expansiones perjudiciales lentamente en un largo período de tiempo. Se ha demostrado que algunos áridos que se comportan bien en obra, no cumplen en este ensayo (4, 5). Los resultados obtenidos con este método de ensayo no deben ser utilizados para rechazar áridos, a menos que se haya establecido que la expansión detectada es realmente debida a la reacción álcali-sílice, utilizando las fuentes de información suplementarias citadas en el método de ensayo. Existe acuerdo en la literatura publicada, citada en la norma, para los límites de expansión: (1) expansiones menores de 0,10% a 16 días después de ser moldeados, son indicativas de desempeño inocuo en la mayoría de los casos; (2) expansiones mayores de 0,20% a 16 días son indicativas de expansiones potencialmente perjudicial y (3) expansiones entre 0,10% y el 0,20% a 16 días incluyen tanto a áridos inocuos como perjudiciales respecto al desempeño en obra. Si los resultados de ensayo indican una expansión mayor a 0,10% a 16 días, el árido debe ser ensayado de acuerdo con la norma ASTM C 1 293, a menos que una apropiada experiencia de obra demuestre que no es causa de expansión perjudicial en el hormigón. (Ver el literal Y.3.5.).

**Y.3.4 Norma ASTM C 1 293 (Método del prisma de hormigón para determinar la reactividad álcali-sílice).** Esta norma evalúa los áridos independientemente o combinaciones de áridos con puzolana o escoria, para determinar la potencial expansión álcali-sílice, utilizando prismas de hormigón. El método de ensayo es acelerado, utilizando un elevado contenido de álcalis y las condiciones de exposición citadas en la NTE INEN 867. El apéndice de la norma ASTM C 1 293 proporciona una guía sobre la interpretación de los resultados. Cuando se evalúan los áridos independientemente, aquellos con expansiones iguales o mayores a 0,04% a un año, se consideran que tienen un potencial perjudicialmente reactivo. Cuando se evalúan combinaciones de puzolana o escoria, el ensayo se extiende a dos años utilizando como límite de expansión 0,04%. Este método de ensayo se considera el procedimiento más confiable entre los métodos de ensayo de ASTM para la evaluación de la reacción álcali-sílice de los áridos.

**Y.3.5 Mitigación de la reacción álcali-sílice.** Normalmente, si un árido demuestra no ser reactivo o inocuo produciendo una pequeña o ninguna expansión de acuerdo con la norma ASTM C 1 260 o la norma ASTM C 1 293, no es necesaria ninguna mitigación. Igualmente, si el árido tiene un largo registro de servicio satisfactorio con materiales cementantes similares, que tienen niveles de álcalis similares o más altos, no es necesaria ninguna mitigación. Por otro lado, la utilización de áridos, juzgados como potencial y perjudicialmente reactivos con los álcalis del cemento, debe ser considerada con el uso de medidas conocidas para evitar la expansión excesiva, que incluyen medidas como el uso de: cemento con bajo contenido de álcalis (que cumplan la NTE INEN 152, con la opción de bajo contenido de álcalis); cementos compuestos (que cumplan la NTE INEN 490, con el requisito opcional de expansión de mortero señalado en la tabla 2 o que cumplan la norma por desempeño NTE INEN 2 380, con la opción R); materiales puzolánicos (que cumplan con el requisito físico opcional de la efectividad en el control de la reacción álcali-sílice, de acuerdo con la norma ASTM C 618, o con la reactividad con álcalis del cemento, de acuerdo con la norma ASTM C 1 240 para humo de sílice); o escoria molida (que ha demostrado ser efectiva en prevenir la expansión excesiva del hormigón debida a la reacción álcali-árido, como se indica en el apéndice X3 de la norma ASTM C 989). La efectividad de los materiales cementantes o aditivos, o ambos, elegidos para mitigar la reacción álcali sílice en un árido potencialmente reactivo, debe ser demostrada a través de ensayos de los materiales individuales o de ensayos con la combinación propuesta para el hormigón.

**Y.3.6 NTE INEN 2 565 (Método de la barra de mortero para determinar la efectividad de las adiciones minerales o escoria de altos hornos para prevenir la excesiva expansión del hormigón debido a la reacción álcali-sílice).** Esta norma evalúa los materiales cementantes en barras de mortero, al igual que en la NTE INEN 867, utilizando vidrio de borosilicato altamente reactivo como árido. La norma ASTM C 618, proporciona un criterio para su uso en la aplicación de las cenizas volantes y puzolanas naturales crudas o calcinadas muestreadas y ensayadas de acuerdo con la NTE INEN 2 570, mediante comparación con el mortero de control elaborado con cemento de bajo contenido de álcalis. La norma ASTM C 1 240 proporciona criterios para el uso de la NTE INEN 2 565, para la evaluación del humo de sílice en su efecto de control de la expansión. El apéndice X3 de la norma ASTM C 989, describe su uso para la escoria granulada de altos hornos molida. El proyecto especifica materiales que pueden ser evaluados mediante la dosificación de morteros de acuerdo con la cláusula de *Mezclado en obra*. En la evaluación de los resultados de este ensayo, se debe reconocer que el vidrio de borosilicato es más reactivo que la mayoría de los áridos utilizados en la

(Continúa)

construcción; por lo tanto, la cantidad indicada de una puzolana o escoria molida, necesaria para controlar la expansión con un cemento portland que tenga un contenido dado de álcalis, puede ser mayor que la necesaria para evitar la expansión perjudicial con un árido de una construcción en particular.

**Y.3.7 Norma ASTM C 1 567 (Método acelerado de la barra de mortero para determinar la potencial reactividad álcali-sílice de combinaciones de materiales cementantes y áridos).** Esta norma evalúa los cementos compuestos con adición puzolánica, así como las combinaciones específicas de árido y materiales cementantes compuestos de, cemento hidráulico y puzolanas o escoria granulada de altos hornos molida, bajo las condiciones de elaboración descritas en la norma ASTM C 1 260. Puesto que los especímenes de mortero se mantienen inmerso en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 1N, el ensayo puede subestimar la efectividad de los materiales cementantes que cuentan con un grado significativamente bajo en el contenido de álcalis para la mitigación. En general, se considera que las expansiones menores al 0,10% a 16 días, indican un control efectivo de la potencial expansión relacionada con la reacción álcali-sílice del árido para esa combinación específica de materiales cementantes.

#### **Y.4 Reacción álcali-carbonato**

**Y.4.1 NTE INEN 871 (Método del cilindro de roca para determinar la reacción álcali-carbonato).** Las rocas que son capaces de desarrollar una reacción álcali-carbonato potencialmente perjudicial, no son relativamente comunes y raramente constituyen una proporción significativa de un depósito de roca que sea considerado para su utilización en la producción de árido para hormigón. La norma ASTM C 586, que es la base de estudio de la NTE INEN 871, ha sido utilizada exitosamente para realizar investigaciones y, en la selección preliminar de fuentes de áridos, para indicar la presencia de material con un potencial de expansiones perjudiciales cuando se lo utilice en hormigón.

**Y.4.2 Norma ASTM C 1 105 (Método del prisma de hormigón para determinar la reacción álcali-carbonato).** Esta norma está destinada para evaluar combinaciones específicas de materiales en el hormigón cuando el árido es considerado susceptible de desarrollar expansión perjudicial en servicio, debido a la reacción álcali-carbonato. El apéndice de la norma ASTM C 1 105 proporciona información general y referencias respecto a la interpretación de los resultados. Una combinación cemento-árido podría ser de manera razonable clasificada como potencial y perjudicialmente reactiva si el promedio de la expansión de seis especímenes de hormigón es igual o mayor que: 0,015% a 3 meses; 0,025% a 6 meses; o 0,030% a 1 año. Se prefieren los datos para las edades tardías.

**Y.4.3 Mitigación de la reacción álcali-carbonato.** Normalmente, si una roca carbonatada no muestra la textura y composición características asociadas con este tipo de reacción, o si no produce expansión en cilindros de roca (de acuerdo con la NTE INEN 871) o en prismas de hormigón (de acuerdo con la norma ASTM C 1 105), la mitigación no es necesaria para la reacción álcali-carbonato. Análogamente, si el árido tiene un largo registro de servicio satisfactorio con materiales y en condiciones similares, no es necesaria la mitigación. Por otro lado, el uso de áridos calificados como potencial y perjudicialmente reactivos con los álcalis del cemento, en el hormigón no se recomienda su uso a menos que pueda demostrarse que los métodos de mitigación son efectivos. En general no se ha encontrado que las puzolanas controlen la reacción álcali-carbonato. Las medidas sugeridas para mitigación incluyen: evitar rocas carbonatadas reactivas; seleccionar canteras; disminuir la cantidad de roca reactiva a menos del 20% del árido en el hormigón; utilizar un tamaño máximo más pequeño y el uso de un cemento con muy bajo contenido de álcalis.

(Continúa)



**REFERENCIAS**

- (1) *Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials*, Klieger, Paul and Lamond, Joseph F., Eds, *ASTM STP 169C*, 1994, 623 pages. See Chapter 31 on "Petrographic Evaluation of Concrete Aggregates," by Richard C. Mielenz, Chapter 32 on "Alkali-Silica Reactions in Concrete" by David Stark, and Chapter 33 on "Alkali-Carbonate Rock Reaction" by Michael A. Ozol
- (2) *State-of-the-Art Report on Alkali-Aggregate Reactivity* by ACI Committee 221 on Aggregates, ACI 221.1R-98, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1998, 31 pages.
- (3) *Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*, Berube, M. A., Fournier, B., and Durand, Eds, *Proceedings of the 11th International Conference*, Quebec City, Canada, June 2000, 1402 pages. (Note—This conference and proceedings includes information on ASR and ACR in concrete by researchers and experts from all over the world. Copies of the volumen can be obtained from the International Centre for Sustainable Development of Cement and Concrete, 405 Rochester Street, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0G1).
- (4) Hooton, R.D., and Rogers, C.A., "Evaluation of Rapid Test Methods for Detecting Alkali-Reactive Aggregates," *Proceedings of Eighth International Conference on Alkali-Aggregate Reaction*, Kyoto, 1989, pp. 439–444.
- (5) Fournier, B., and Berube, M.A., "Application of the NBRI Accelerated Mortar Bar Test to Siliceous Carbonate Aggregates Produced in the St. Lawrence Lowlands, Part 2: Proposed Limits, Rates of Expansion, and Microstructure of Reaction Products," *Cement and Concrete Research*, Vol 21, 1991, pp. 1069–1082.

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 152	<i>Cemento portland. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 490	<i>Cementos hidráulicos compuestos. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696	<i>Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos. Determinación del material más fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 µm (No. 200), mediante lavado.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 698	<i>Áridos para hormigón. Determinación del contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 699	<i>Áridos. Determinación de partículas livianas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 855	<i>Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858	<i>Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 860	<i>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.</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 863	<i>Áridos. Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 866	<i>Árido fino para hormigón. Determinación de efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia de morteros.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 867	<i>Áridos para hormigón. Determinación de la reactividad alcalina potencial de combinaciones árido-cemento (Método de la barra de mortero).</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 868	<i>Áridos para hormigón. Determinación de la potencial reactividad álcali – sílice de los áridos. Método químico.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 869	<i>Áridos para hormigón. Determinación del cambio volumétrico potencial de combinaciones árido-cemento.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 870	<i>Áridos para hormigón. Examen petrográfico</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 871	<i>Áridos para hormigón. Determinación de la potencial reactividad alcalina de rocas carbonatadas. Método del cilindro de roca.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 380	<i>Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 565	<i>Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la efectividad de la puzolana o de la escoria molida de altos hornos para prevenir la excesiva expansión del hormigón debido a la reacción álcali – sílice.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 570	<i>Hormigón de cemento portland. Ceniza volante o puzolana natural para su uso en el hormigón de cemento portland. Muestreo y ensayos.</i>
Norma ASTM C 294	<i>Nomenclatura descriptiva para los constituyentes de áridos para hormigón.</i>
Norma ASTM C 330	<i>Especificaciones para áridos de baja densidad para hormigón estructural.</i>

(Continúa)

Norma ASTM C 331	<i>Especificaciones para áridos de baja densidad para unidades de hormigón para mampostería.</i>
Norma ASTM C 332	<i>Especificaciones para áridos de baja densidad para hormigón aislante.</i>
Norma ASTM C 342	<i>Método de ensayo para determinar el potencial cambio de volumen de combinaciones árido-cemento</i>
Norma ASTM C 586	<i>Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de rocas carbonatadas como áridos para hormigón (Método del cilindro de roca)</i>
Norma ASTM C 618	<i>Especificaciones para cenizas volantes de carbón y puzolana natural cruda o calcinada para uso en el hormigón.</i>
Norma ASTM C 637	<i>Especificaciones para áridos para hormigón para protección de la radiación.</i>
Norma ASTM C 638	<i>Nomenclatura descriptiva de los constituyentes de los áridos para hormigón para protección de la radiación.</i>
Norma ASTM C 666	<i>Método de ensayo para determinar la resistencia del hormigón al congelamiento y descongelamiento rápido.</i>
Norma ASTM C 989	<i>Especificaciones para escoria de altos hornos granulada y molida, para uso en hormigón y morteros.</i>
Norma ASTM C 1 105	<i>Método de ensayo para determinar el cambio de longitud en el hormigón debido a la reacción álcali-carbonato.</i>
Norma ASTM C 1 240	<i>Especificaciones para el humo de sílice utilizado en mezclas cementantes.</i>
Norma ASTM C 1 260	<i>Método de ensayo para determinar la potencial reactividad alcalina de los áridos. (Método de la barra de mortero).</i>
Norma ASTM C 1 293	<i>Método de ensayo para determinar el cambio de longitud del hormigón debido a la reacción álcali-sílice.</i>
Norma ASTM C 1 567	<i>Método de ensayo para determinar la potencial reactividad álcali-sílice de combinaciones de materiales cementantes y árido (Método acelerado de la barra de mortero).</i>
Norma ASTM D 3 665	<i>Práctica para el muestreo aleatorio de materiales de construcción.</i>

## Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 33 – 08. Standard Specification for Concrete Aggregates. ASTM International.

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 872 <b>Primera revisión</b>	<b>TÍTULO:</b> ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS	<b>Código:</b> CO 02.03-401
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de OPCIONAL por Acuerdo Ministerial No 100 del 1983-03-30 publicado en el Registro Oficial No. 469 de 1983-04-12  Fecha de iniciación del estudio: 2010-11-08	

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: **HORMIGONES, ÁRIDOS Y MORTEROS**  
 Fecha de iniciación: 2010-11-22      Fecha de aprobación: 2011-04-28  
 Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

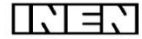
Ing. Guillermo Realpe (Presidente)  Ing. José Arce (Vicepresidente) Ing. Jaime Salvador  Ing. Raúl Ávila  Ing. Hugo Egúez Sr. Carlos Aulestia Ing. Luis Quinteros Ing. Víctor Luzuriaga Ing. Marlon Valarezo  Ing. Carlos González Ing. Verónica Miranda  Ing. Xavier Herrera Dr. Juan José Recalde Ing. Mireya Martínez Ing. Patricio Torres Ing. Luis Balarezo Químico Mauricio Canchigña  Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)	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 CAMINOSCA S. A. CAMINOSCA S. A. DICOPLAN CIA. LTDA. CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO. OAE INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC.
--	--

Otros trámites: Esta NTE INEN 872:2011 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 872:1983

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. 11 232 de 2011-08-04  
 Registro Oficial No. 530 de 2011-09-08

---

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



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 696:2011**  
**Primera revisión**

---

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

**Primera Edición**

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

First Edition

---

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

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.</b>	<b>NTE INEN 696:2011 Primera revisión 2011-05</b>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></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 style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></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 style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 694.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></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 style="text-align: center;"><b>5. MÉTODO DE ENSAYO</b></p> <p>5.1 <b>Resumen.</b> 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  $\pm$  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  $\mu$ m, 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  $\mu\text{m}$  (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  $\mu\text{m}$  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/m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>)). 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 <sup>A</sup>	Ø = 254 mm <sup>A</sup>	Ø = 304,8 mm <sup>A</sup>	350 X 350 mm	372 X 580 mm
	Área de tamizado, (m <sup>2</sup> )				
	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

<sup>A</sup> 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.

<sup>B</sup> 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/m<sup>2</sup> 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<sub>1</sub> = masa de la fracción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) en la masa total,
- W<sub>2</sub> = 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 µm (No. 200) determinado por ese método de ensayo, a la masa que pasa por el tamiz de 75 µm (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 µm (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  $\mu\text{m}$  (No. 100), 300  $\mu\text{m}$  (No. 50), 600  $\mu\text{m}$  (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  $\mu\text{m}$  (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), % <sup>A</sup>	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % <sup>A</sup>	
Árido grueso. <sup>B</sup> 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	

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

(Continúa)

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

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

<b>Documento:</b> NTE INEN 696 Primera revisión	<b>TÍTULO:</b> ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.	<b>Código:</b> 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 _____		
<b>Subcomité Técnico: Hormigones, áridos y morteros</b>		
Fecha de iniciación: 2009-10-08		Fecha de aprobación: 2009-10-22
Integrantes del Subcomité Técnico:		
<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>	
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 Egtiez	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 / 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: ♦ <sup>4</sup> La NTE INEN 696:1983 sin ningún cambio en su contenido fue <b>DESREGULARIZADA</b> , pasando de <b>OBLIGATORIA a VOLUNTARIA</b> , 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		



**Anexo 3:** Referencia de los documentos técnicos empleados.

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
NTE INEN 695	Áridos. Muestréo
NTE INEN 696	Áridos Análisis granulométrico
NTE INEN 872	Requisitos de granulometría y calidad para los áridos, fino y grueso
ASTM C 136	Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos
NTE INEN 858:2010	Determinación de la masa unitaria y el porcentaje de vacíos
ASTMC 127	Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa
ASTMC 128	Método de ensayo normalizado para determinar densidad.
NTE INEN 857	Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso
NTE INEN 856	Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino
NTE INEN 156	Densidad real del cemento
ASTMC 40	Áridos, determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino
NTE INEN 855	
NTE INEN 694	Terminología. Exudación de agua de amasado
INEN 1578	Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.
ASTM C143	
INEN 1576	Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.
NTE INEN 1573	Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento
NTE INEN 859	Áridos para hormigón. Determinación de la humedad superficial en el árido fino,
NTE INEN 862	Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.
ASTM C 29	Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente
NEC	Estructuras de hormigón armado

**Anexo 4:** Desarrollo del método de Dosificación para hormigón de  $f'c= 210 \text{ kg. / cm.}^2$  a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4" de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim.

$$DRM = \frac{DRA \times POA + DRR \times POR}{100}$$

$$DRM = \frac{2,5 \times 36 + 2,551 \times 64}{100}$$

$$DRM = 2,533 \frac{Kg}{cm^3} = 2533 \frac{Kg}{m^3}$$

$$POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$$

$$POV = \frac{2,533 - 1,868}{2,533} \times 100 = 26.25\%$$

Asentamiento en cm	Cantidad de Pasta en %
0 – 3	POV + 2% + 3% (POV)
3 – 6	POV + 2% + 6% (POV)
6 – 9	POV + 2% + 8% (POV)
9 – 12	POV + 2% + 11% (POV)
12 – 15	POV + 2% + 13% (POV)

$$CP = POV + 2\% + 8\%(POV)$$

$$CP = 26.25 + 2 + 0,08(26.25) = 30,03\%$$

$$CP = 0,30347 \times 1000dm^3 = 303,47 dm^3$$

$$CP = W + C$$

$$CP = \frac{W}{1} + \frac{C}{DRC}$$

$$CP = C \left( \frac{W}{C} + \frac{1}{DRC} \right)$$

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$$

$$C = \frac{303,47 \text{ dm}^3}{0,58 + \frac{1}{2,77 \text{ Kg/dm}^3}}$$

$C = 322,66 \text{ Kg}$  por cada  $\text{m}^3$  de hormigón.

*Cantidad de un material*

= *Dosificación del Material* \* *Cantidad de Cemento*

$$W = \frac{W}{C} * C$$

$$W = 0,58 * 322,66 \text{ Kg}$$

$W = 187.14 \text{ Kg}$  o Lt por cada  $\text{m}^3$  de hormigón.

$$A = (1000 - CP) * DRA * POA/100$$

$$A = (1000 - 303,47) \text{ dm}^3 * 2,5 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} * \frac{36}{100}$$

$A = 626.87 \text{ Kg}$  por cada  $\text{m}^3$  de hormigón

$$R = (1000 - CP) * DRR * POR/100$$

$$R = (1000 - 303,47) \text{ dm}^3 * 2,533 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} * \frac{56}{100}$$

$R = 1137.29 \text{ Kg}$  por cada  $\text{m}^3$  de hormigón

## Anexo 5: Pruebas de resistencia a la compresión

**Cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4" de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim.**



Fotografiado por: David Jiménez

**Ficha técnica de observación 30: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4" de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS				
Proyecto: Dosificación para hormigón de $f_c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado."								
Procedencia del material: Árido grueso cantera alvarado tamaño nominal máximo 3/4", árido fino Cantera Ancesa 3 y cemento Holcim								
Probeta	Diametro	Atura	Area	Esfuerzo	Fecha		Dias	Esfecificacion
N	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	kg. / cm.2	Elaboracion	Ensayo		kg. / cm.2
1	15,1	30,1	179,08	180	19-dic-19	3-ene-20	14	210
2	15	30,1	176,72	182	19-dic-19	3-ene-20	14	210
3	14,9	29,9	174,37	179	19-dic-19	3-ene-20	14	210



Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Cilindro elaborado a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim.**



Fotografiado por: David Jiménez

**Ficha técnica de observación 31: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS				
				Proyecto: Dosificación para hormigón de $f_c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.”				
Procedencia del material:		Arido grueso cantera alvarado tamaño nominal maximo 3/4", arido fino cantera Las juntas y cemento Holcim						
Probeta	Diametro	Atura	Area	Esfuerzo	Fecha		Dias	Esfecificacion
N	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	kg. / cm.2	Elaboracion	Ensayo		kg. / cm.2
1	14,9	30	174,37	182	19-dic-19	3-ene-20	14	210
2	15,1	30	179,08	183	19-dic-19	3-ene-20	14	210
3	15	29,9	176,72	186	19-dic-19	3-ene-20	14	210



Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Cilindro elaborado a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.**



Fotografiado por: David Jiménez

**Ficha técnica de observación 32: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 3/4” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO LABORATORIOS		 						
Proyecto: Dosificación para hormigón de $f_c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.”								
Procedencia del material: Árido grueso cantera alvarado tamaño nominal máximo 3/4", árido fino Cantera Los Nietos y cemento Holcim								
Probeta	Diametro	Atura	Area	Esfuerzo	Fecha		Dias	Esfecificacion
N	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	kg. / cm.2	Elaboracion	Ensayo		kg. / cm.2
1	15	29,9	176,72	176	19-dic-19	3-ene-20	14	210
2	15	30	176,72	175	19-dic-19	3-ene-20	14	210
3	15,2	30,1	181,46	176	19-dic-19	3-ene-20	14	210



Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Cilindro elaborado a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim.**



Fotografiado por: David Jiménez

**Ficha técnica de observación 33: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Ancesa 3 y cemento Holcim.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS				
								
Proyecto: Dosificación para hormigón de $f_c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.”								
Procedencia del material: Árido grueso cantera alvarado tamaño nominal máximo 1", árido fino Cantera Ancesa 3 y cemento Holcim								
Probeta	Diametro	Atura	Area	Esfuerzo	Fecha	Dias	Esfecificacion	
N	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	kg. / cm.2	Elaboracion	Ensayo	kg. / cm.2	
1	15,1	30	179,08	181	19-dic-19	3-ene-20	14	210
2	15,1	30	179,08	185	19-dic-19	3-ene-20	14	210
3	15	30,1	176,72	182	19-dic-19	3-ene-20	14	210



Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)

**Cilindro elaborado a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim.**



Fotografiado por: David Jiménez

**Ficha técnica de observación 34: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS				
 								
Proyecto: Dosificación para hormigón de $f'c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.”								
Procedencia del material: Árido grueso cantera alvarado tamaño nominal máximo 1", árido fino cantera Las juntas y cemento Holcim								
Probeta	Diametro	Atura	Area	Esfuerzo	Fecha		Dias	Esfecificacion
N	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	kg. / cm.2	Elaboracion	Ensayo		kg. / cm.2
1	14,9	30,1	174,37	186	19-dic-19	3-ene-20	14	210
2	15	30	176,72	185	19-dic-19	3-ene-20	14	210
3	14,8	30	172,03	186	19-dic-19	3-ene-20	14	210

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)





**Cilindro elaborado a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.**



Fotografiado por: David Jiménez

**Ficha técnica de observación 35: Ensayo de rotura de cilindros elaborados a partir del árido grueso tamaño nominal 1” de la cantera Alvarado, árido fino cantera Los Nietos y cemento Holcim.**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO		LABORATORIOS				
				Proyecto: Dosificación para hormigón de $f_c = 210 \text{ kg. / cm.}^2$ a partir del estudio de las propiedades de los materiales pétreos de las canteras Ancesa 3, Las Juntas, Los Nietos y Alvarado.”				
Procedencia del material:		Arido grueso cantera alvarado tamaño nominal maximo 1", arido fino Cantera Los Nietos y cemento Holcim						
Probeta	Diametro	Atura	Area	Esfuerzo	Fecha		Dias	Esfecificacion
N	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	kg. / cm.2	Elaboracion	Ensayo		kg. / cm.2
1	15	29,9	176,72	176	19-dic-19	3-ene-20	14	210
2	15	30	176,72	175	19-dic-19	3-ene-20	14	210
3	15,2	30,1	181,46	176	19-dic-19	3-ene-20	14	210

Adaptado por: David Jiménez  
Fuente: (Ortega, 2013)