



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EN EL CANTÓN SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.”**

---

**AUTOR: Víctor Steve Chacón Santos**

**TUTOR: Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino**

**AMBATO - ECUADOR**

**Septiembre - 2021**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EN EL CANTÓN SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.”**, elaborado por el Sr. **Víctor Steve Chacón Santos**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 235003103-1 estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Septiembre 2021

---

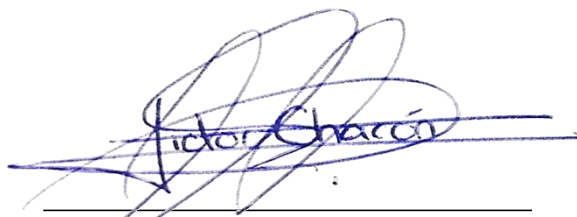
**Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Víctor Steve Chacón Santos, con C.I: 235003103-1, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“ANÁLISIS TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EN EL CANTÓN SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”**, así como también los criterios, análisis, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021.



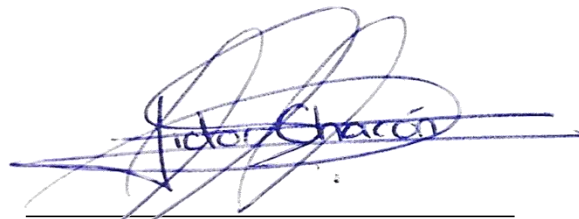
**Víctor Steve Chacón Santos**  
**C.I: 235003103-1**  
**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, que haga de este Trabajo Experimental un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en líneas patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Septiembre 2021



**Victor Steve Chacón Santos**  
**C.I: 235003103-1**  
**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Víctor Steve Chacón Santos de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EN EL CANTÓN SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”**

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

---

**Ing. Mg. Alex Xavier Frias Torres**

**Miembro Calificador**

---

**Ing. Mg. Diego Sebastián Cherrez Gavilanes**

**Miembro Calificador**

## DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a Dios, ya que me ha bendecido y me ha dado las fuerzas necesarias para poder seguir adelante, luchar por mis sueños y no rendirme a pesar de los percances.

A mis amados padres: Mónica Santos y Hugo Chacón ya que han sido mis pilares fundamentales para lograr mis objetivos, con sus consejos y demostración de amor hacia mi persona, ya que han sacrificado y dado todo de ellos para poder llegar hasta donde me encuentro en estos momentos, han sido dignos de admiración, de poder entender el amor de padres hacia los hijos.

A mis abuelitos maternos Delia Iza y Huberto Santos que siempre han estado apoyándome, que han sido como padres, me han brindado lo mejor de ellos y siempre han estado al pendiente de mí.

A mis hermanas Nayeli y Sugeidy, que son mi adoración, decirles que las amo y que por ustedes daría todo.

A mi abuelita Mercedes Guamán que desde el cielo siempre me ha cuidado y protegido.

A mis tíos de la familia Santos, en especial a mi tío Israel, por apoyarme en todo y ser como un hermano mayor. A mi tío Rodrigo por ser como un padre dándome consejos.

A la familia Masaquiza Guamán por haberme acogido como un integrante más de su familia en todos estos años, en especial a mami Carmen por cuidarme y demostrarme su cariño incondicional.

A toda mi familia en general que de una u otra forma me han ayudado y me han aconsejado para poder ser una persona de bien y con buenos valores.

A mi amada Jordana Hidalgo por brindarme su cariño, su paciencia, por apoyarme y darme ánimos para seguir adelante.

Todo este trabajo va dedicado para todas las personas que han sido parte de mi vida y me han ayudado a surgir como una persona de bien.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por todas las bendiciones que ha puesto en mi camino, por permitirme soñar y cumplir con dichos sueños, por darme las fuerzas y sabiduría para seguir adelante.

A mis padres por darme su amor, sus consejos, el apoyo necesario para seguir adelante, por enseñarme que con esfuerzo y sacrificio todo es posible, por darme lo mejor, por sacrificarse tanto por mí.

A mis hermanas que han estado siempre para mí y nunca me han dejado solo.

A mis abuelos maternos, por siempre estar pendiente de mí y apoyarme con un hijo en toda mi carrera universitaria.

A mis tíos que conforman la familia Chacón Guamán, en especial a mi tía Wilma Varela, Raúl y Carlos Chacón, y Elvira Guamán. A mi prima Noemí Méndez.

A mis tíos Rodrigo, Ramiro, Israel y Ángel que conforman la familia Santos.

A toda mi familia por apoyarme, darme esos consejos y brindarme ese amor filial.

A todos mis amigos que han sido parte de este proceso, donde siempre hemos estado echándonos una mano para sobresalir en la carrera universitaria.

A los ingenieros Jorge Guevara, Jorge Escobar y Alan Carvajal por darme el apoyo en este proyecto investigativo.

A todos los docentes en general por haber impartido sus conocimientos ayudarnos a ser unos profesionales de categoría.

A todos los hermanos de la Iglesia del Nazareno Esperanza Eterna.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1    Antecedentes Investigativos	1
1.1.1    Antecedentes	1
1.1.2    Justificación	4
1.1.3    Fundamentación Teórica	6
1.1.3.1    Hormigón	6
1.1.3.2    Agregados pétreos	6
1.1.3.3    Cemento	16
1.1.3.4    Agua	20
1.1.3.5    Propiedades mecánicas del hormigón	23
1.1.3.6    Diseño para mezclas de hormigón	29



1.1.4	Hipótesis .....	32
1.2	Objetivos.....	33
1.2.1	Objetivo General .....	33
1.2.2	Objetivos Específicos.....	33
CAPÍTULO II .....		34
METODOLOGÍA .....		34
2.1	Nivel de investigación.....	34
2.2	Población y muestra .....	35
2.2.1	Población.....	35
2.2.2	Muestra .....	35
2.3	Materiales y Equipos.....	35
2.3.1	Materiales.....	36
2.3.2	Equipos .....	36
2.5	Métodos.....	37
2.5.1	Plan de recolección de datos .....	37
2.5.2	Plan de Procesamiento y Análisis de la Información. ....	39
CAPÍTULO III .....		41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		41
3.1	Análisis y discusión de resultados.....	41
3.1.1	Determinación de la densidad real del cemento .....	41
3.1.2	Ensayos en los agregados pétreos. ....	42
3.1.2.1	Toma y reducción de muestras .....	42
3.1.2.2	Determinación del material más finos que pasa el tamiz con aberturas de 75 µm (Nº 200), mediante lavado. ....	43
3.1.2.3	Determinación de impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón .....	44

3.1.2.4	Determinación del Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso	45
3.1.2.5	Determinación de la densidad SSS del árido fino y grueso. -----	51
3.1.2.6	Determinación de la capacidad de absorción en los áridos fino y grueso	52
3.1.2.7	Determinación de la resistencia al desgaste en el agregado grueso -----	53
3.1.2.8	Determinación de la densidad suelta y compactada de los agregados ----	54
3.1.2.9	Condición mezcla del árido grueso más fino -----	55
3.1.3.	Diseño de mezclas por el Método de Densidad Óptima -----	57
3.1.3.1.	Antecedentes -----	57
3.1.3.2.	Ensayos de caracterización de los agregados -----	57
3.1.3.3	Resultados de las mezclas de prueba. -----	58
3.1.4	Diseño de mezcla por el Método de Densidad Óptima -----	62
3.1.4.1.	Ensayos realizados al hormigón dosificado por el método de Densidad Óptima-----	65
3.1.5	Determinación del módulo de elasticidad estático (MEE) del hormigón --	68
3.1.5.1	Comparación del MEE experimental con el MEE teórico ACI 318-14 --	75
3.1.6	Verificación de Hipótesis -----	77
CAPITULO IV -----		78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----		78
4.1	Conclusiones .....	78
4.2	Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA -----		82
ANEXOS -----		85
Anexo 1.	Resultados de ensayos realizados .....	85
a)	Determinación de la densidad del cemento. (NORMA NTE INEN 156) ----	85

b) Material más fino que pasa el tamiz con abertura de 75 $\mu\text{m}$ (N° 200), mediante lavado. (NORMA NTE INEN 967) -----	86
c) Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino. (NORMA NTE INEN 855) -----	87
d) Análisis granulométrico en el árido fino. (NORMA NTE INEN 696)-----	89
e) Análisis granulométrico en el árido Grueso. (NORMA NTE INEN 696)----	93
f) Densidad SSS del árido fino y grueso, y capacidad de absorción.-----	97
g) Ensayo de densidad suelta de los agregados (NORMA NTE INEN 858)----	99
h) Condición mezcla del árido grueso más fino -----	104
i) Ensayo de Abrasión (NTE INEN 860)-----	106
Anexo 2. Diseño de mezclas para pruebas de dosificación .....	107
Anexo 3. Dosificación experimental para la Mina Brisas del Toachi.....	115
Anexo 4. Propuesta para una dosificación final para hormigones de 210 $\text{Kg}/\text{cm}^2$ y 240 $\text{Kg}/\text{cm}^2$ con materiales pétreos de las minas: Brisas del Toachi y Copeto. ....	118
ANEXOS FOTOGRÁFICOS .....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites granulométricos del Agregado Fino .....	11
Tabla 2. Requisitos granulométricos para agregados gruesos (ASTM C-33).....	12
Tabla 3. Colorimetría .....	15
Tabla 4. Materiales perjudiciales en Agregados .....	16
Tabla 5. Requisitos físicos .....	18
Tabla 6. Requisitos físicos normalizados.....	19
Tabla 7. Módulos de elasticidad del hormigón con diferentes resistencias .....	25
Tabla 8. Índice de ductilidad por deformación .....	27
Tabla 9. Resistencia a la tracción del hormigón .....	28
Tabla 10. Resistencia al corte del hormigón.....	28
Tabla 11. Número total de probetas a elaborarse.....	35
Tabla 12. Resultados densidad del cemento .....	41
Tabla 13. Ensayos realizados en los agregados pétreos.....	42
Tabla 14. Material más fino que pasa el tamiz N° 200 “Mina Brisas del Toachi” .....	43
Tabla 15. Material más fino que pasa el tamiz N° 200 “Mina Copeto” .....	43
Tabla 16. Resultados de colorimetría.....	44
Tabla 17. Resultados del análisis granulométrico agregado fino.....	45
Tabla 18. Resultados del análisis granulométrico agregado fino.....	46
Tabla 19. Resultados del análisis granulométrico.....	48
Tabla 20. Resultados del análisis granulométrico.....	49
Tabla 21. Resultados de la densidad relativa (SSS) Agregado fino.....	51
Tabla 22. Resultados de la densidad relativa (SSS) Agregado fino.....	51
Tabla 23. Resultados de la capacidad de absorción Agregado fino .....	52

Tabla 24. Resultados de la capacidad de absorción Agregado grueso.....	53
Tabla 25. Resultados de la abrasión.....	53
Tabla 26. Resultado de la densidad suelta y compactada del agregado fino. ....	54
Tabla 27. Resultado de la densidad suelta y compactada del agregado grueso. ....	54
Tabla 28. Resultado de mezcla del agregado grueso con el agregado fino.....	55
Tabla 29. Resultado de mezcla del agregado grueso con el agregado fino.....	56
Tabla 30. Resumen de las propiedades de los materiales estudiados. ....	57
Tabla 31. Densidades para la mezcla en hormigón.....	58
Tabla 32. Ensayo del hormigón en estado Fresco.....	65
Tabla 33. Ensayo de compresión: Edad Vs Días .....	66
Tabla 34. Ensayo de compresión: Edad Vs Días .....	67
Tabla 35. Módulo de elasticidad estático perteneciente a la mina Brisas del Toachi.....	70
Tabla 36. Módulo de elasticidad estático perteneciente a la mina Brisas del Toachi.....	71
Tabla 37. Módulo de elasticidad estático perteneciente a la mina Copeto .....	72
Tabla 38. Módulo de elasticidad estático perteneciente a la mina Copeto .....	73
Tabla 39. Factores locales para el MEE experimental del hormigón. ....	74
Tabla 40. Propuesta de factores locales para el MEE experimental del hormigón.....	74
Tabla 41. Análisis comparativo del MEE experimental Vs MEE teórico .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agregado fino. (Arena)- Mina Copeto. ....	10
Figura 2. Agregado grueso. (Grava)- Mina Copeto .....	10
Figura 3. Condiciones de humedad de los agregados .....	14
Figura 4. Máquina de los Ángeles.....	15
Figura 5. Esquema de la ubicación del agua en la pasta de cemento hidratado.....	21
Figura 6. Variación de la resistencia para relaciones agua-cemento de concreto.....	24
Figura 7. Curva genérica de esfuerzo-deformación unitaria del concreto. ....	25
Figura 8. Curva esfuerzo vs deformación de hormigones de diferente resistencia.....	26
Figura 9. Deformación máxima en rango elástico e inelástico. ....	27
Figura 10. Slump o asentamiento del concreto .....	29
Figura 11. Estructura interna del hormigón fresco.....	30
Figura 12: Curva granulométrica del agregado fino .....	45
Figura 13: Curva granulométrica del agregado fino .....	47
Figura 14: Curva granulométrica del agregado grueso. ....	48
Figura 15: Curva granulométrica del agregado grueso. ....	50
Figura 16. Comparación de la resistencia a la compresión 210 Kg/cm <sup>2</sup> .....	59
Figura 17. Comparación de la resistencia a la compresión 240 Kg/cm <sup>2</sup> .....	59
Figura 18. Comparación de la resistencia a la compresión 210 Kg/cm <sup>2</sup> .....	60
Figura 19. Comparación de la resistencia a la compresión 240 Kg/cm <sup>2</sup> .....	61
Figura 20. Comparación MEE experimental Vs MEE Teórico .....	75
Figura 21. Comparación MEE experimental Vs MEE Teórico .....	76

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo se realizó con la toma de muestras de materiales pétreos de las minas “Brisas del Toachi” y “Copeto” mediante la normativa INEN 695, luego se hizo una reducción de muestra según INEN 2566, continuando con la investigación de algunas características físicas mecánicas señalado en la INEN 872 a fin de realizar una dosificación para un hormigón estructural y determinar la densidad real del cemento usando la INEN 156. Se realizó el diseño de mezcla para cada mina con su respectiva dosificación usando el método de densidades óptimas para resistencias a la compresión del concreto de 210 y 240 kilogramos sobre centímetros al cuadrado.

Obtenido las dosificaciones para cada mina se realizó los especímenes de hormigón para su respectivo curado mediante la norma INEN 3124, se efectuaron los ensayos del hormigón en estado fresco tales como: toma de muestra INEN 1763; densidad, contenido de aire y rendimiento INEN 1579, asentamiento INEN 1578; se realizaron los ensayos al hormigón en estado endurecido para determinar la resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días INEN 1573. Con ello tenemos acceso a información que nos permite interpretar y graficar dichos valores para un mejor entendimiento y análisis de los mismos.

Por último, se determina el MEE experimental mediante el uso de la norma ASTM C469 y con ello se propone el uso de valores para los factores expuestos en la normativa ACI 318-14 y su correcta adaptación según el uso de los materiales de las minas estudiadas.

**PALABRAS CLAVES:** Propiedades físicas, Propiedades mecánicas, Hormigón estructural, Módulo de elasticidad, Densidades óptimas.

## ABSTRACT

This research work was carried out by taking samples of stone materials from the "Brisas del Toachi" and "Copeto" mines using INEN 695 standards, then a sample reduction was made according to INEN 2566, continuing with the investigation of some physical mechanical characteristics indicated in INEN 872 in order to make a dosage for a structural concrete and determine the actual density of cement using INEN 156. The mix design was made for each mine with its respective dosage using the method of optimum densities for concrete compressive strengths of 210 and 240 kilograms over square centimeters.

Once the dosages were obtained for each mine, concrete specimens were made for their respective curing using INEN 3124 standard; fresh concrete tests were carried out, such as: sampling INEN 1763; density, air content and yield INEN 1579, settlement INEN 1578; hardened concrete tests were carried out to determine the compressive strength at 3, 7 and 28 days INEN 1573. With this we have access to information that allows us to interpret and graph these values for a better understanding and analysis of them.

Finally, the experimental MEE is determined by using the ASTM C469 standard and with this, the use of values for the factors exposed in the ACI 318-14 standard and its correct adaptation according to the use of the materials of the mines studied is proposed.

**KEY WORDS:** Physical properties, Mechanical properties, Structural concrete, Modulus of elasticity, Optimum densities.



# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes Investigativos

#### 1.1.1 Antecedentes

El hombre desde la antigüedad ha buscado crear elementos que sean duraderos y que satisfagan las necesidades que tenían en aquellos tiempos, y por ello que ha probado y usado distintos materiales como: piedra o roca y madera, con estos materiales construyeron elementos de distintas formas y dimensiones. Después procedió a probar la unión de capas de piedra y usar un mortero hecho de arcilla apisonada con canto rodado, el cual servía para rellenar los espacios que se creaban entre estos. Las primeras civilizaciones de la Edad Antigua usaron en las construcciones nuevos materiales como conglomerantes, en Mesopotamia y en Egipto se usó la brea de petróleo la cal respectivamente.

El Imperio Romano fue el pionero en el uso del hormigón como elemento constructivo en grandes y pequeñas estructuras, usando arenas volcánicas que se encontraban cerca, además de que tenían propiedades cementicias mezclando con piedras naturales. Dicho hormigón poseía propiedades físicas y mecánicas iguales a las que hoy se obtienen con el hormigón habitual. [1]

El hormigón es un material compuesto que se obtiene con la mezcla de agregados pétreos, aglomerante (cemento) y agua, que al endurecerse se forma un elemento parecido a la piedra por la reacción química que se produce entre ellos, con esto las características físicas y mecánicas del elemento artificial mejoran habitualmente.

La durabilidad de una estructura de hormigón se define como la capacidad de mantener sus características físicas y mecánicas durante la vida útil, en presencia de las distintas condiciones a las que son expuestas sin que se produzcan el daño del elemento. [2]

El estudio de los agregados pétreos presenta distintas características debido a la variación en cuanto a su forma, localización textura y tamaño lo cual influyen en la trabajabilidad, acabado, exudación y segregación del hormigón fresco y posteriormente endurecido, debido a ello se produce una afectación en la resistencia, rigidez, densidad y durabilidad del mismo. El cemento es el componente más costoso en la elaboración del hormigón debido a su fabricación industrial, con dicho material y la adición de agua se crea una pasta con el cual se llenan los vacíos que se crean entre los agregados pétreos, además que proporciona trabajabilidad, adherencia y densidad al hormigón. [3]

El problema más habitual que se puede encontrar en la elaboración del hormigón es encontrar la dosificación adecuada para que exista un equilibrio entre los componentes y económicamente factible, obteniendo una durabilidad y calidad deseada en su diseño.

Una de las propiedades importantes que se requieren para obtener un hormigón apto es que la resistencia a la compresión ( $f_c$ ) sea apta para resistir las cargas a las cuales estará sometidas y esto dependerá del uso que se le vaya a dar a la estructura como tal. Otras de las propiedades mecánicas para un diseño y construcción de elementos de hormigón tenga un óptimo funcionamiento son: el Módulo de elasticidad ( $E_c$ ), resistencia a la tracción, flexión, durabilidad, etc. [4]

El Módulo de Elasticidad es uno de los parámetros más importantes al momento de un análisis estructural de un proyecto ya que influye en el cálculo de deflexiones, derivas de piso y rigidez. Uno de los problemas habituales que se puede encontrar en una estructura

al ser sometidos a cargas son las deformaciones que se producen, y es importante controlar y mitigar este problema debido a que dicha estructura no tenga un comportamiento adecuado al diseño. La mayor parte de profesionales en la rama de ingeniería civil tienden a usar valores y ecuaciones que nos ofrecen instituciones internacionales por medio de la experimentación como el ACI, pero debemos de tener en cuenta que estos valores y ecuaciones son usados con agregados pétreos de distintos países, tal que, los agregados de cada zona que posee el territorio ecuatoriano son diferentes físicas y mecánicamente. [5]

Al diseñar y analizar un proyecto con valores obtenidos en otros sitios se puede cometer varios errores, con el cual se podría presentar varios errores, aumentando la posibilidad de que la estructura sea insegura ocasionando accidentes y no trabaje como se diseñó en primera instancia.

Debido a estos inconvenientes encontrados para el diseño y análisis estructural se propone realizar la presente investigación donde se obtendrá una constante para el cálculo del Módulo de Elasticidad Estático, con eso se podrá determinar una mejor aceptación en los diseños con hormigón haciendo uso de materiales pétreos obtenidos en las minas “Copeto” y “Brisas del Toachi” pertenecientes a la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, provincia de Santo Domingo De los Tsáchilas.

### **1.1.2 Justificación**

El presente proyecto de investigación tiene a como finalidad determinar la resistencia a la compresión y la influencia en el Módulo de Elasticidad Estático con el uso de materiales pétreos de dos minas pertenecientes al cantón Santo Domingo de los Colorados, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

El hormigón ha sido elemento importante en el transcurso del tiempo desde su creación, hasta la actualidad en el ámbito de la Ingeniería Civil debido a que es usada para la elaboración de edificios, casas, presas, puentes, túneles, etc. Estos elementos tienden a tener una gran resistencia y durabilidad al estar expuestos a condiciones ambientales o sucesos naturales como sismos, presencia de torrenciales lluvias, fuertes vientos, etc. [6]

El estudio de los agregados pétreos es de gran importancia ya que podemos determinar las características físicas y mecánicas de las mismas, varía dependiendo de la ubicación, origen, tamaño y forma, el hormigón está formado en un 60-80% del volumen total con estos materiales es por ello su gran importancia, y con ello determinar la calidad del hormigón que se realizará con dichos materiales ya que es un material heterogéneo y consta de una adecuada mezcla en proporciones adecuadas que cumplan con la resistencia adecuada y economía.

Para el cálculo de la rigidez de un proyecto estructural es muy importante el análisis del módulo de elasticidad estático, con ello podemos medir la resistencia del material con el cual estamos trabajando cuando es sometido a deformaciones axiales. [7]

El Instituto Americano del Concreto (ACI) nos ofrece valores referenciales para el cálculo del módulo de elasticidad del hormigón: Para ello plantea valores para hormigones con peso unitario entre 1440 y 2560  $Kg/m^3$  de  $E_c = w c^{1.5} 0.14 \sqrt{f'c}$  ( $Kg/cm^2$ ) y para hormigones de peso normal puede considerarse  $E_c = 15100 * \sqrt{f'c}$  ( $Kg/cm^2$ ). [8]

Debemos recordar que el Ecuador se encuentra ubicado en la cordillera de los andes cuya zona es de alta sismicidad por lo cual la norma NEC-SE-DS establece procedimientos de diseño que crean diseños de sistemas estructurales que posean una rigidez y resistencia para resistir sismos eventuales. [9]

Debido a estos inconvenientes de incertidumbres en el cálculo del Módulo de elasticidad que se producen por la errónea conceptualización se ha dado la necesidad de realizar el estudio de la calidad de los agregados pétreos en distintas ciudades del territorio ecuatoriano, y la búsqueda de una constante para  $E_c$  designada a cada ciudad del Ecuador correspondientemente del estudio experimental que se realiza.

### **1.1.3 Fundamentación Teórica**

#### **1.1.3.1 Hormigón**

El hormigón es una mezcla de cemento pórtland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos para mejorar ciertas características. [9]

Una de las características principales del hormigón es que tiene un excelente comportamiento bajo efecto de compresión ya que es capaz de soportar esfuerzos de muy alta intensidad, pero bajo esfuerzos de flexión y tracción, presenta bajo comportamiento siendo vulnerable a dichos esfuerzos. [2]

#### **1.1.3.2 Agregados pétreos**

Los agregados pétreos son partículas granulares inorgánicas sólidas con una adecuada granulometría ocupan tres cuartas partes de volumen en el hormigón recubierto con pasta de cemento, proporcionando resistencia mecánica al elemento, además de ello colaboran con la resistencia a la compresión y abrasión, controlando la retracción y contracción volumétrica que se producen en el fraguado. [10]

Sus principales funciones que cumple el agregado en el hormigón son las siguientes:

- Sirve como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (Agua-cemento) reduciendo la cantidad de pasta para el relleno.
- Proporciona una masa que resiste al desgaste.
- Reducen los cambios volumétricos. [10]

### **Clasificación por su fragmentación**

Esta clasificación se basa en el proceso por el cual se fragmenta la roca para producir la grava y arena.

*Natural.* – Son aquellos agregados que su proceso de fragmentación ocurre por medio de la erosión como un proceso natural.

*Manufacturado.* – Son aquellos agregados que se fragmentan por medio artificial como la trituración o quebradoras.

*Mixto.* – Son agregados en que se producen por medio natural y manufacturado.

*Marginales.* – Son agregados que no cumplen con ninguna especificación técnica. [10]

### **Clasificación por su forma**

La forma que tienen las partículas del agregado pétreo dependen de la roca que se originó esto influye directamente en las propiedades del hormigón como en la trabajabilidad y resistencia.

*Angular.* – Son aquellos cuyos bordes están definidos y formado por la intersección de sus caras planas donde se observa el desgaste de sus caras.

*Sub angular.* – Se puede observar un poco de desgaste en las caras y bordes.

*Sub redondeadas.* – Se observa notablemente el desgaste de sus caras y bordes.

*Redondeada.* – No tiene bordes

*Muy redondeadas.* – No tiene bordes ni caras. [10]

## **Clasificación por su naturaleza petrológica**

La clasificación se basa por medio de su procedencia natural de las rocas y los procesos físicos-químicos que se producen en ellos. Este tipo de rocas se forman por procesos tales como: cristalización, meteorización, litificación y metamorfismo.

### *Ígneos.*

Se produce por medio del enfriamiento y solidificación de la lava volcánica, conocido como cristalización. Este tipo de rocas son muy comunes ya que forman la mayor parte de la superficie terrestre como son: granito, entre las plutónicas y el basalto. Este tipo de rocas son factibles para el proceso del hormigón debido a su dureza, resistencia y densidad neta. [11]

### *Sedimentarias.*

Las rocas sedimentarias son producto del proceso de litificación, los sedimentos van formando capas, esto produce que se compacten las capas más viejas, pueden variar de duras a suaves, de porosas a densas y de pesadas a ligeras. [11]

### *Metamórficas*

Se produce por medio de un proceso metamórfico, debido a que la roca ígnea o sedimentaria son expuestas a temperaturas y presiones altas, y fluidos químicos, ocasionan una distorsión en su estructura tal como: granulitas, eclogitas, gneises y esquistos. [11]

## **Propiedades físicas**

*Granulometría.* - La granulometría o gradación del tamaño de las partículas y hace referencia al porcentaje o distribución de los agregados. Se determina mediante una serie de tamices standard colocadas de mayor a menor.



*Porosidad.* - Es la capacidad que tienen los agregados en absorber el agua y con ello ayuda a relacionar la resistencia a la compresión y adherencia.

*Forma.* -Influye directamente en la trabajabilidad y resistencia dependiendo de la roca que se originó o su proceso de obtención

*Textura.* – Se la determina mediante el contacto o visualización pudiendo ser áspera o lisa, obtenida mediante la trituración o cantos rodados respectivamente. [7]

### **Propiedades mecánicas**

*Tenacidad.* – Es la resistencia al impacto, debido a esto se puede generar una alteración en su granulometría disminuyendo la calidad del hormigón.

*Adherencia.* – Es el aglutinamiento del agregado pétreo con el material cementante ya que de ello depende su resistencia y durabilidad.

*Resistencia.* – La resistencia está ligada con la calidad de los agregados por medio de sus tamaños y origen.

*Dureza.* – Es la resistencia del material expuesto al roce y desgaste. [7]

### **Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.**

Los agregados que son usados para la elaboración del hormigón se clasifican en áridos gruesos y finos.

***Agregado fino:*** Son arenas que pasan el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N° 200.  
[12]

**Figura 1.** Agregado fino. (Arena)- Mina Copeto.



**Fuente:** Víctor Chacón

**Agregado grueso:** Son gravas que quedan retenidas en el tamiz N° 4 provenientes de la desintegración de la roca. [12]

**Figura 2.** Agregado grueso. (Grava)- Mina Copeto.



**Fuente:** Víctor Chacón

### ***Granulometría de árido fino (Arena)***

La granulometría de la arena se la determina por medio de tamizado por mallas estándar establecidas en la norma NTE INEN 154 (Mallas #200-#100- #50- #30- #16- #8- #4- #3/8). Realizar este procedimiento nos ayuda a calcular el módulo de finura. (MF mayor a 2.3 y menor a 3.1) [13]

**Tabla 1.** Límites granulométricos del Agregado Fino

Tamiz†		Porcentaje que pasa (en masa)
9.5 mm	(¾ pulg.)	100
4.75 mm	(No. 4)	95 a 100
2.36 mm	(No. 8)	80 a 100
1.18 mm	(No. 16)	50 a 85
600 µm	(No. 30)	25 a 60
300 µm	(No. 50)	10 a 30*
150 µm	(No. 100)	2 a 10**

† Las aberturas de los tamices especificados en la Nch 163 son, respectivamente, 10 mm, 5 mm, 2.5 mm, 1.25 mm, 0.630 mm, 0.315 mm y 0.160 mm.

\* De acuerdo con la ASTM C 33 y la NTP 400.037 este límite es del 5% a 30%. De acuerdo con la COVENIN 277, el límite de porcentaje que pasa en este tamiz es del 8%.

\*\* De acuerdo con la ASTM C 33 y la NTP 400.037 este límite es del 0% al 10%.

**Fuente:** Steven H. Kosmatka

### *Granulometría de árido grueso (Grava)*

Para que un hormigón sea apto la grava que se usa no debe de contener ningún material que sea reactivo con los álcalis del cemento para que no cause una expansión excesiva al hormigón. [14]

El tamaño máximo de la grava es importante para la economía del hormigón, debido a que se requiere más agua y cemento cuando se usa grava con tamaño máximo menor, al contrario de usar grava de tamaño máximo mayor esto produce que aumente el área del agregado. El tamaño de tamices que se usan es: 1", ¾", ½", 3/8" y N°4. [13]

**Tabla 2.** Requisitos granulométricos para agregados gruesos (ASTM C-33)

Número del tamaño	Tamaño nominal, tamices con abertura cuadradas*	Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio.				
		100 mm (4 pulg.)	90 mm (3½ pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2½ pulg.)	50 mm (2 pulg.)
1	90 a 37.5 mm (3½ a 1½ pulg.)	100	90 a 100	—	25 a 60	—
2	63 a 37.5 mm (2½ a 1½ pulg.)	—	—	100	90 a 100	35 a 70
3	50 a 25.0 mm (2 a 1 pulg.)	—	—	—	100	90 a 100
357	50 a 4.75 mm (2 pulg. a No. 4)	—	—	—	100	95 a 100 <sup>1</sup>
4	37.5 a 19.0 mm (1½ a ¾ pulg.)	—	—	—	—	100
467	37.5 a 4.75 mm (1½ pulg. a No. 4)	—	—	—	—	100
5†	25.0 a 12.5 mm (1 a ½ pulg.)	—	—	—	—	—
56†	25.0 a 9.5 mm (1 a ¾ pulg.)	—	—	—	—	—
57	25.0 a 4.75 mm (1 pulg. a No. 4)	—	—	—	—	—
6†	19.0 a 9.5 mm (¾ a ¾ pulg.)	—	—	—	—	—
67	19.0 a 4.75 mm (¾ pulg. a No. 4)	—	—	—	—	—
7	12.5 a 4.75 mm (½ pulg. a No. 4)	—	—	—	—	—
8	9.5 a 2.36 mm (¾ pulg. a No. 8)	—	—	—	—	—

**Fuente:** Steven H. Kosmatka

### *Densidad*

La densidad de los agregados se determina mediante la multiplicación de la densidad relativa (gravedad específica) de los agregados por la densidad del agua. Para la densidad del agua se usa 1000 Kg/m<sup>3</sup> aproximadamente. La densidad de la mayor parte de los agregados está entre 2400 y 2900 Kg/m<sup>3</sup>. Para determinar la densidad relativa se los agregados se usa la norma ASTM C 127. [13]

### *Densidad Suelta y vacíos*

Es la masa o el peso propio del agregado que se usa para llenar un recipiente con un volumen específico. La densidad suelta del agregado es de 1200 a 1750 Kg/m<sup>3</sup> aproximadamente usado para hormigones. La cantidad de vacíos existente entre áridos afecta en la cantidad de pasta cementante para el diseño del hormigón. La cantidad de vacíos varía entre un 30-45% para gravas y un 40-50% para arenas. Mientras mejor sea la granulometría que posea los materiales, existirá menos cantidad de vacíos. Para determinar la densidad y contenido de vacíos se usa las normas ASTM C-29. [13]

### ***Densidad Relativa***

Es la relación entre la masa propia y la masa del agua con el mismo volumen absoluto. Es utilizado para cálculos de proporciones y control de mezcla. Algunos agregados varían su densidad relativa de 2.4 a 2.9. Se la puede determinar en condición seca al horno o saturada con superficie seca. [13]

### ***Humedad***

El contenido de humedad es igual a la diferencia que se produce entre el contenido total de humedad vaporable y la absorción que se produce en la superficie del árido con todos los valores basados en la masa de la muestra seca se la puede determinar mediante la norma NTE INEN 862. La cantidad de humedad que presenta un árido puede afectar en el diseño del hormigón. Su procedimiento consta en tomar una muestra de árido colocar en un recipiente, ubicar en un horno y verificar que el material este seco y pesar. [15]

$$p = \left( \frac{W - D}{D} \right) * 100$$

Donde:

P= Contenido de humedad de la muestra (%)

W = masa de la muestra natural

D = masa de la muestra seca.

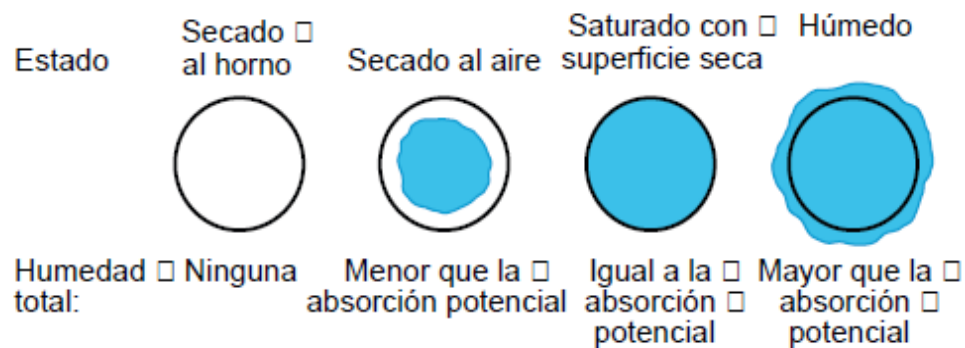
### ***Gravedad Específica***

La gravedad específica sirve para determinar el volumen absoluto que un material ocupa en la mezcla. Se usa para calcular proporciones de mezcla de hormigón. El volumen absoluto del árido es el volumen sólido y poros internos sin incluir los huecos que se forman entre áridos. Si se varían los áridos con una gravedad específica mayor estos cambiarán significativamente ya que cambiará su rendimiento, produciendo también que el volumen aumente o disminuya. La estructura interna que tiene un árido está compuesta por una parte sólida y vacíos por el cual se produce la absorción del agua. [16]

Es por ello que se determinan cuatro condiciones de humedad para los áridos, ya que dependen del agua que puede contener en su estructura, los mismos que son:

- *Agregado húmedo.* – Es aquel que contiene un exceso contenido de humedad superficial.
- *Secado superficial saturado (SSS).* – Son aquellos que no absorben ni ceden agua al hormigón.
- *Agregado seco al aire.* – Son aquellas partículas donde la superficie se encuentra seca y su interior contiene agua.
- *Agregado seco al aire (SH).* – Se encuentra totalmente seca. [16]

**Figura 3.** Condiciones de humedad de los agregados



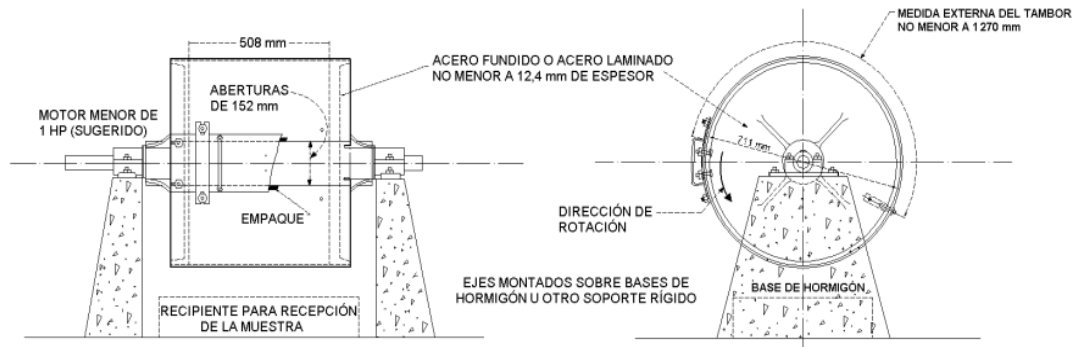
**Fuente:** Steven H. Kosmatka

### ***Abrasión***

La abrasión o desgaste es una propiedad que se realiza al agregado para determinar la calidad, durabilidad y resistencia del material usado para la elaboración de hormigones, sirve para estimar el efecto perjudicial, baja resistencia estructural, planos de debilitamiento, plano de cristalización y las formas del árido. Si se determina que la resistencia al desgaste es menor, se aumenta la cantidad de agregado fino con ello se produce un aumento de agua y un ajuste de la relación a/c. Si el desgaste producido es mayor al 50% se considera que el agregado es de mala calidad, y si es menor al 20%, el

agregado tiene excelentes características. El ensayo de abrasión realizado con la máquina de los Ángeles se encuentra expuesto en la norma NTE INEN 860, ASTM C 131. [10]

**Figura 4.** Máquina de los Ángeles



**Fuente:** NTE INEN 860-11

### *Impurezas en el agregado fino*

Los agregados finos presentan impurezas orgánicas, lo que produce que exista una retracción del fraguado del cemento y degradación en la resistencia del hormigón. Esto se puede evitar con un adecuado lavado del material para retirar la tierra vegetal. Esto se puede determinar con la prueba de colorimetría con hidróxido de sodio en las Normas NTE INEN 697 – NTE INEN 855 – ASTM C 40. [13]

**Tabla 3.** Colorimetría

Color normalizado escala de Gardner No.	Número de orden en el comparador
5	1
8	2
11	3 (normalizado de referencia)
14	4
16	5

NOTA. Se debe utilizar el procedimiento de comparación descrito en el numeral 5.7.1, excepto que se debe reportar el número del vidrio del comparador que es más cercano al color del líquido que sobrenada sobre la muestra de ensayo. Cuando se utiliza este procedimiento, no es necesario preparar la solución de color normalizado.

**Fuente:** NTE INEN 855

**Tabla 4. Materiales perjudiciales en Agregados**

Sustancia	Efecto en el concreto
Impurezas orgánicas	Afecta el tiempo de fraguado y el endurecimiento, puede causar deterioración.
ASTM C 40 (AASHTO T 21), COVENIN 0256, NCh166, NMX-C-088-1997-ONNCCE, NTC 127, NTP 400.024, UNIT-NM 49 ASTM C87 (AASHTO T 71), COVENIN 0275, IRAM 1647, NMX-C-07, NTC 579, NTP 400.013,	
Material más fino que 75 µm (tamiz No. 200)	Afecta la adherencia, aumenta la demanda de agua
ASTM C 117 (AASHTO T 11), IRAM 1540, NMX-C-084, NCh1223, NTC 78, NTE 0697, NTP 400.018, UNIT-NM 46	
Carbón, lignito u otro material ligero	Afecta la durabilidad, puede causar manchas y erupciones.
ASTM C 123 (AASHTO T 113), COVENIN 0260, NMX-C-072-1997-ONNCCE, NTC 130, NTE 0699, NTP 400.023, UNIT-NM 31	
Partículas blandas	Afecta la durabilidad
ASTM C 235, IRAM 1644, UNIT-NM 32	
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	Afecta la trabajabilidad y la durabilidad, puede causar erupciones
ASTM C 142 (AASHTO T 112), COVENIN 0257, IRAM 1647, NMX-C-071, NCh1327, NTC 589, NTE 0698, NTP 400.015, UNIT-NM 44	
Chert con densidad relativa menor que 2.40	Afecta la durabilidad, puede causar erupciones
ASTM C 123 (AASHTO T 113), COVENIN 0260, NMX-C-072-1997-ONNCCE, NTC 130, NTE 0699, NTP 400.023, UNIT-NM 31 ASTM C 295, IRAM 1649, NMX-C-265, NTC 3773, UNIT-NM 54	
Agregados reactivos con los álcalis	Causa expansión anormal, ahogado ("viboritas", acocodrilamiento, piel de cocodrilo)
ASTM C 227, COVENIN 0276, IRAM 1637, NMX-C-180, NTC 3828, NTP 334.113, NTP 334.067 ASTM C 289, NTC 175, NTP 334.099 ASTM C 295, IRAM 1649, NMX-C-265, NTC 3773, UNIT-NM 54 ASTM C 342, NMX-C-282 ASTM C 586, COVENIN 1303, ASTM C 1260 (AASHTO T 303), IRAM 1674, NMX-C-298, NTP 334.110, UNIT 1038 ASTM C 1293, IRAM 1700	

**Fuente:** Steven H. Kosmatka

### 1.1.3.3 Cemento

El cemento es un conglomerante que se produce al mezclar calizas, arcillas calcinadas y pulverizadas, y yeso, que al entrar en contacto con el agua forma una pasta cementante que une diferentes partículas pétreas formando una piedra artificial.

Las propiedades que debe de tener un cemento para que sea apto para su uso son:

Buena resistencia a ataques químicos

- Resistencia a temperaturas elevadas.
- Resistencia inicial elevada que disminuye con el tiempo
- Uso apropiado para bajas temperaturas por ser muy exotérmico [9]



## ***Propiedades físicas y químicas***

### *Características químicas*

- Módulo fundente
- Compuestos secundarios
- Pérdida por calcinación
- Residuo insoluble

### *Características físicas*

- Superficie específica
- Tiempo de fraguado
- Falso fraguado
- Estabilidad de volumen
- Resistencia mecánica
- Contenido de aire
- Calor de hidratación

## ***Tipos de cementos***

### *Cementos Portland Puzolánico*

- Tipo IP. – Puzolana del 15 al 40%
- Tipo I (PM). – Puzolana menor al 15%
- Tipo P. – Puzolana mayor al 40%

### *Cementos Especiales*

- Cemento Pórtland blanco
- Cemento de Albañilería
- Cementos Aluminosos
- Cementos compuestos

## Cemento Portland

- Tipo I. – Cemento normal portland para realizar obras en general, libera más calor de hidratación.
- Tipo II. – Moderada resistencia a sulfatos.
- Tipo III. – Alta resistencia inicial, las estructuras son capaces de resistir cargas rápidamente.
- Tipo IV. – Se requiere bajo calor de hidratación.
- Tipo V. - Resistente a altas cantidades de sulfatos.

## Tipos de cementos usados en Ecuador

### Cemento Hidráulico Compuesto

- Pórtland Puzolánico Tipo IP. [17]

**Tabla 5. Requisitos físicos**

TIPO DE CEMENTO <sup>A</sup>	NORMA APLICABLE	IS (<70), IT(P<S<70), IP, IT(F≥S)	IS (<70) (MS), IT(P<S<70) (MS), IP(MS), IT(F≥S) (MS)	IS (<70) (HS), IT(P<S<70) (MS), IP(HS), IT(F≥S) (HS)	IS (≥70), IT(S≥70)	IP (LH) <sup>G</sup> , IT(F≥S) (LH) <sup>B</sup>
Finura	NTE INEN 196, NTE INEN 957	c	c	c	c	c
Expansión en autoclave, % máximo	NTE INEN 200	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave, % máximo <sup>U</sup>	NTE INEN 200	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, Ensayo de Vicat: <sup>E</sup>	NTE INEN 158					
Fraguado, minutos, no menor a		45	45	45	45	45
Fraguado, horas, no mayor a		7	7	7	7	7
Contenido de aire en el mortero, volumen % máximo <sup>A</sup>	NTE INEN 195	12	12	12	12	12
Resistencia a la compresión, mínimo <sup>A</sup> , MPa	NTE INEN 488					
3 días		13,0	11,0	11,0	--	--
7 días		20,0	18,0	18,0	5,0	11,0
28 días		25,0	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación máximo: <sup>F</sup>	NTE INEN 199					
7 días, kJ/kg		290	290	290	--	250
(cal/g)		(70)	(70)	(70)	--	(60)
28 días, kJ/kg		330	330	330	--	290
(cal/g)		(80)	(80)	(80)	--	(70)
Requerimiento de agua, % máximo, en peso del cemento,	NTE INEN 488	--	--	--	--	64
Contracción por secado, % máximo.	NTE INEN 2 504	--	--	--	--	0,15
Expansión en mortero, % máximo: <sup>G</sup>	NTE INEN 867					
14 días		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
8 semanas		0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Resistencia a los sulfatos, % máximo: <sup>H</sup>	NTE INEN 2 503					
Expansión a 180 días		(0,10) <sup>I</sup>	0,10	0,05	--	(0,10) <sup>I</sup>
Expansión a 1 año		--	--	0,10	--	--

<sup>A</sup> Cementos con incorporador de aire, deben tener un contenido de aire en el mortero de 19% ± 3% en volumen y la resistencia a compresión mínima no debe ser menor que 80% de la resistencia del tipo de cemento sin incorporación de aire comparable.

<sup>B</sup> Aplicable solamente cuando se necesita bajo calor de hidratación o no se requiere altas resistencias a edades tempranas.

<sup>C</sup> En todos los informes del fabricante requeridos, según se indica en el numeral 10.4, se debe informar la cantidad retenida al tamizar en húmedo en el tamiz de 45 µm (No. 325) y la superficie específica medida con el aparato de permeabilidad al aire, m<sup>2</sup>/kg.

<sup>D</sup> Los especímenes a ser sometidos al ensayo de expansión en autoclave se deben mostrar firmes y duros y no deben mostrar signos de distorsión, roturas, fisuras, picaduras o desintegración.

<sup>E</sup> El tiempo de fraguado se refiere al tiempo inicial de fraguado en la NTE INEN 158. El tiempo de fraguado de cementos que contengan una adición funcional acelerante o retardante solicitada por el usuario no requiere cumplir con los límites de esta tabla, pero debe ser establecido por el fabricante.

<sup>F</sup> Aplicable solo cuando se especifica moderado (MH) o bajo (LH) calor de hidratación, en cuyo caso los requisitos de resistencia deben ser el 80% de los valores indicados en la tabla.

<sup>G</sup> El ensayo de expansión en el mortero es un requisito opcional a ser aplicado solo a pedido del comprador y no se requiere a menos que el cemento vaya a ser utilizado con áridos reactivos con los álcalis.

<sup>H</sup> En los ensayos para un cemento Tipo (HS); el ensayo a un año ya no es necesario cuando el cemento cumple con el límite a los 180 días. Un cemento (HS) que no cumpla el límite a 180 días no debe ser rechazado a menos que no cumpla con el límite a un año.

<sup>I</sup> Criterio opcional de resistencia a los sulfatos, aplicable solamente cuando se especifica.

**Fuente: NTE INEN 490**

### Cemento Hidráulico por desempeño

- GU. - Uso general
- HE. - Alta resistencia inicial
- HS. - Alta resistencia a sulfatos
- MS. - Moderada resistencia a sulfatos
- MH. - Moderado calor de hidratación
- LH. - Bajo calor de hidratación [18]

**Tabla 6.** Requisitos físicos normalizados.

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	GU	HE	MS	HS	MH	LH
Finura	INEN 196	A	A	A	A	A	A
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	INEN 200	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Tiempo de fraguado, método de Vicat <sup>B</sup> Inicial, no menos de, minutos Inicial, no más de, minutos	INEN 158	45 420	45 420	45 420	45 420	45 420	45 420
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	INEN 195	c	c	c	c	c	c
Resistencia a la compresión, MPa, mínimo <sup>D</sup> 1 día 3 días 7 días 28 días	INEN 488	-- 13 20 28	12 24 -- --	-- 11 18 --	-- 11 18 25	-- 5 11 --	-- -- 11 21
Calor de hidratación 7 días, kJ/kg (kcal/kg), máximo 28 días, kJ/kg (kcal/kg), máximo	INEN 199	-- --	-- --	-- --	-- --	290 (70) --	250 (60) 290 (70)
Expansión en barra de mortero 14 días, % máximo	INEN 2 529	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Expansión por sulfatos (resistencia a sulfatos) <sup>E</sup> 6 meses, % máximo 1 año, % máximo	INEN 2 503	-- --	-- --	0,10 --	0,05 0,10	-- --	-- --

<sup>A</sup> El porcentaje retenido en el tamiz de 45 µm (No. 325) por vía húmeda y el área de la superficie específica determinada en el equipo de permeabilidad al aire en m<sup>2</sup>/kg, ambos deben ser informados en todos los certificados de resultados requeridos al fabricante.

<sup>B</sup> El tiempo de fraguado se refiere al tiempo de fraguado inicial en la NTE INEN 158.

<sup>C</sup> Se debe informar el contenido de aire en todos los certificados de resultados de ensayos requeridos al fabricante. El valor obtenido en el mortero no garantiza necesariamente que el contenido de aire en el hormigón sea el mismo.

<sup>D</sup> Los cementos pueden ser despachados antes que estén disponibles los datos de ensayo de mayor edad. En tales casos, el valor del ensayo puede dejarse en blanco. Alternativamente, el fabricante puede proveer valores estimativos basados en datos históricos de producción. El informe debe indicar si se proporcionan tales estimaciones.

<sup>E</sup> En los ensayos de cemento HS, no se requieren los ensayos a un año cuando el cemento cumple con el límite a 6 meses. Un cemento HS que no cumple con el límite a 6 meses, no debe ser rechazado a menos que tampoco cumpla el límite a un año.

**Fuente:** NTE INEN 2380

#### **1.1.3.4 Agua**

El agua es un componente vital para la elaboración del hormigón por lo cual se recomienda que esté libre de impurezas ya que puede estar contaminada por afluentes industriales o drenaje de minas o algún otro tipo de contaminantes como aceites, ácidos, álcalis que perjudiquen la resistencia y durabilidad del hormigón. [19]

Las funciones principales que tiene el agua son:

- Reaccionar con el cemento (Hidratación)
- Actúa como lubricante (Trabajabilidad)
- Evita la porosidad en el hormigón (Relación a/c)

#### ***Agua de mezclado***

Es la cantidad de agua por volumen unitario de hormigón que requiere el cemento para crear suficiente cantidad de pasta cementante que sirva para envolver los agregados cuando se encuentra en estado plástico y consolidarlos. [20]

#### ***Agua de hidratación***

Es el agua no evaporable que reacciona químicamente con el cemento para ser parte de la fase solidad del gel ya que conserva a 0% de humedad del ambiente y 110°C de temperatura. [20]

#### ***Agua evaporable***

Es el agua restante de la pasta, es el agua que puede a 0% de humedad relativa y 110°C de temperatura, pero no se encuentra libre. El gel de cemento ejerce una fuerza de atracción molecular sobre el agua evaporable. [20]

### *Agua de adsorción*

Es una capa de agua adherida en la superficie por fuerza de atracción. Es también llamada agua activa por que influye en el comportamiento del hormigón bajo cargas. [20]

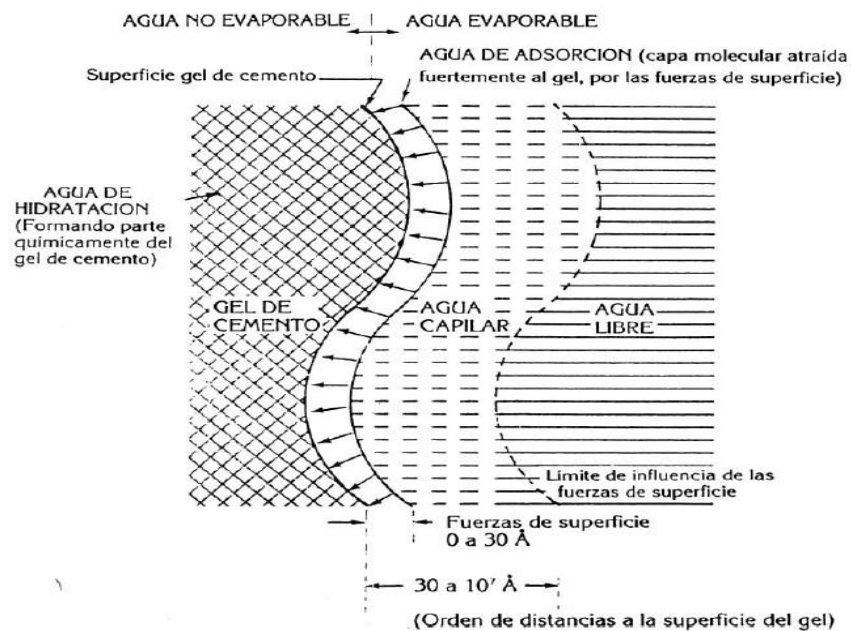
### *Agua capilar*

Es el agua que se encuentran ubicados en los poros capilares de la pasta cementante, que se encuentra sujeta débilmente a la influencia de las fuerzas superficiales del gel. [20]

### *Agua libre*

Es el agua que puede transitar libremente y evaporarse con facilidad. En el proceso de hidratación el agua se desplaza desde el exterior al interior, ya que se hidrata en primera instancia la superficie, es por ello que es fundamental la hidratación que se producen en los poros capilares. El agua que el cemento necesita para la hidratación es de un 23% de su peso. [20]

**Figura 5.** Esquema de la ubicación del agua en la pasta de cemento hidratado.



**Fuente:** Diego Sánchez de Guzmán

### ***Agua de curado***

El curado es la acción necesaria para mantener la mezcla cementante en condiciones de humedad y temperatura óptimas, lo cual permite la hidratación del cemento hidráulico y reacciones puzolánicas para que la mezcla desarrolle mejores propiedades. [21]

El agua de curado garantiza una completa hidratación del cemento, dependiendo de la humedad del ambiente debido a que el agua se evapora dependiendo de la humedad que se encuentre el ambiente. El agua que se combina químicamente (agua no evaporable) con el cemento tiene una densidad mayor que el agua capilar. [20]

### ***Impurezas en el agua de mezclado***

#### ***Carbonato alcalino y bicarbonato***

El carbonato de sodio puede fraguar más rápido, el bicarbonato puede acelerar o retardar el fraguado, cuando se encuentran en grandes dosis pueden disminuir la resistencia del hormigón. Al contener sales excedentes a 100 ppm, se deben de hacer ensayos que determinen la influencia de dichas sales con el fraguado y la resistencia. [13]

#### ***Cloruro***

Los iones de cloruro tienen mayor afectación en cuestión de la armadura estructural debido a que la corroen, atacando la capa de óxido protector que se forma en el acero resultante de la alta alcalinidad presente en el hormigón. Los niveles de cloruros con el cual la corrosión aparece en el hormigón es del 0.2-0.4% en peso del cemento (0.15-0.3% soluble en agua). Las concentraciones de cloruro de 20000 ppm son tolerables en concretos secos y con bajo potencial de reacciones corrosivas en su vida útil. Para hormigones pre esforzados las concentraciones no deben de superar los 500 ppm. [13]

### *Sulfato*

La presencia de sulfatos en el agua con la que se prepara el hormigón produce la expansión y deterioro del mismo, principalmente en zonas que están expuestas al suelo o agua con altos contenidos de sulfatos. [13]

### *Sales de hierro*

Se encuentran particularmente en agua naturales subterráneas con un contenido de 20 a 30 ppm, también se puede hallar en aguas ácidas de minas con concentraciones de hasta 40000 ppm las cuales no afectan la resistencia del hormigón. [13]

### *Agua de mar*

El agua de mar que concentren sales hasta 35 000 ppm puede ser usado para el mezclado de hormigones sin presencia de acero. El 78% de la sal es cloruro de sodio y el 15% es cloruro y sulfato de magnesio. La resistencia temprana a la compresión que se presenta con el uso de agua de mar puede ser elevada a comparación con un hormigón normal, mientras que la resistencia dada por edades a los 28 días puede ser menor. [13]

## **1.1.3.5 Propiedades mecánicas del hormigón**

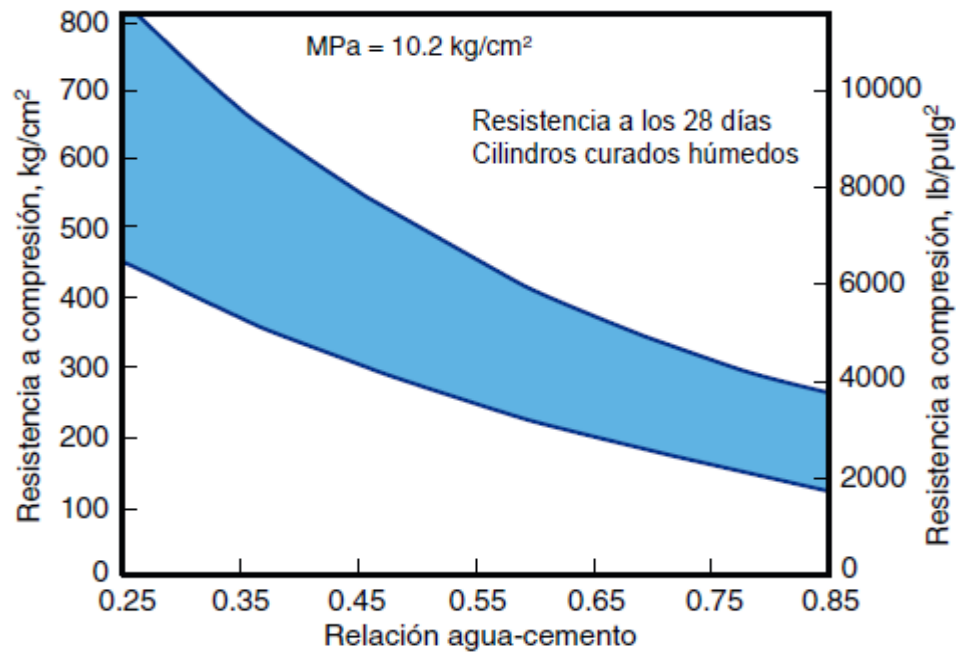
### ***Resistencia a la compresión ( $f'c$ )***

Es la medida máxima de la resistencia sometida a carga axial en un hormigón, esta resistencia se logra en constancia con la relación agua-cemento (a/c). Se la determina en muestras de cilindros cuyas dimensiones son 150x300 mm o 100x200 mm establecidas por la ACI 318. Cuya resistencia se la mide a los 3, 7 y 28 días de fraguado. [22]

La resistencia a la compresión de hormigones está dada por la relación agua cemento (a menor relación a/c mayor resistencia) y por su compactación (a mayor compactación

mayor resistencia), es por ello que es importante la cantidad de cemento (más cemento mayor resistencia) y por su granulometría (mejor granulometría mayor resistencia). El ensayo para la determinación del esfuerzo a la compresión está establecido en la norma ASTM C 39. [23]

**Figura 6.** Variación de la resistencia para relaciones agua-cemento de concreto



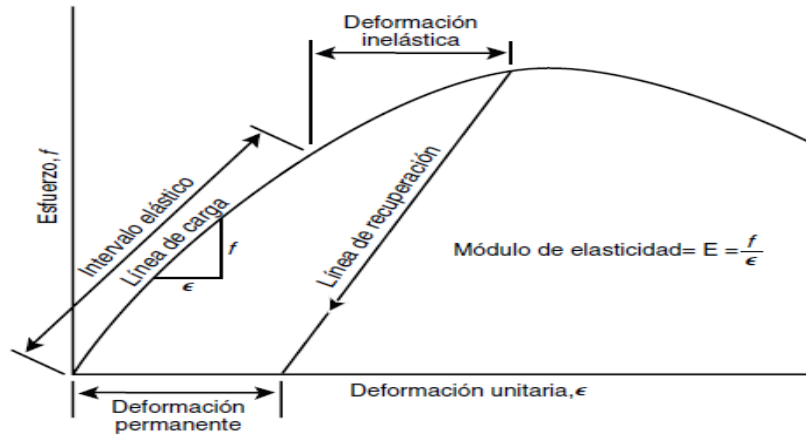
**Fuente:** Steven H. Kosmatka

### *Módulo de elasticidad*

El módulo de elasticidad es la relación que existe entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria determinadas para esfuerzos de compresión y tracción menores que el límite del material. [13]



**Figura 7.** Curva genérica de esfuerzo-deformación unitaria del concreto.



**Fuente:** Steven H. Kosmatka

El módulo de elasticidad y relación de Poisson son importantes ya que determinan las propiedades mecánicas del hormigón el cual influye en el cálculo de deflexiones, derivas de piso y rigidez. Varía dependiendo de la edad del hormigón, resistencia a la compresión, características y cantidades del agregado pétreo y tipo cemento. [7]

El Instituto Americano del Concreto (ACI 318- 19 19.2.2) plantea valores para hormigones:

- Peso unitario ( $w_c$ ) entre 1440 y 2560 Kg/m<sup>3</sup>

$$E_c = w_c^{1.5} \cdot 0.14 \sqrt{f'_c} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

- Para hormigones de peso normal

$$E_c = 15100 \cdot \sqrt{f'_c} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}. [8]$$

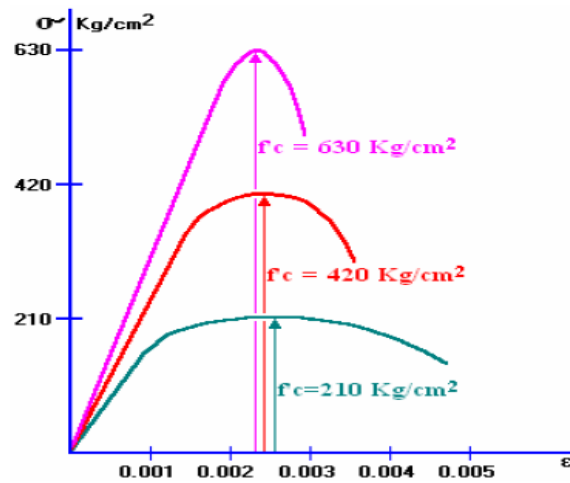
**Tabla 7.** Módulos de elasticidad del hormigón con diferentes resistencias

Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )
210	217000
280	251000
350	281000
420	307000

**Fuente:** Marcelo Romo Proaño

Las curvas Esfuerzo-Deformación varía dependiendo de la resistencia a la rotura a la que está diseñada. Los hormigones con menor resistencia a la compresión presentan mayor capacidad de deformación. El primer comportamiento que se produce en los hormigones es lineal-elástico cuando las cargas son relativamente bajas, y un segundo rango no lineal-inelástico cuando las cargas son altas. [22]

**Figura 8.** Curva esfuerzo vs deformación de hormigones de diferente resistencia



**Fuente:** Marcelo Romo Proaño.

### ***Ductilidad***

Es la capacidad que tiene un material para deformarse en forma no lineal a pesar de estar sometidos a cargas mínimas o disminución de las mismas. [22]

$$Dd = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_e}$$

Donde:

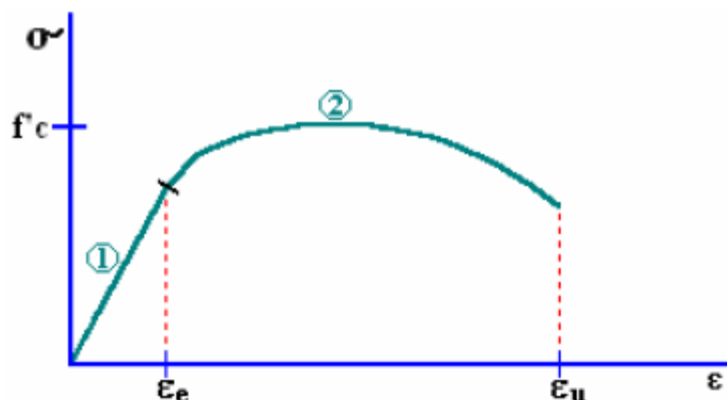
Dd = índice de ductilidad por deformación

$\epsilon_u$  = Deformación unitaria de rotura

$\epsilon_e$  = Deformación unitaria elástica máxima

Los índices de ductilidad por deformación disminuyen si la resistencia a compresión aumenta. [22]

**Figura 9.** Deformación máxima en rango elástico e inelástico.



**Fuente:** Marcelo Romo Proaño.

**Tabla 8.** Índice de ductilidad por deformación

Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Índice de Ductilidad por Deformación
210	4.5 – 6.0
280	3.5 – 4.5
350	3.0 – 3.5
420	2.5 – 3.0
630	2.0 – 2.5
840	1.5 – 2.0

**Fuente:** Marcelo Romo Proaño

### *Resistencia a la tracción*

El hormigón posee una resistencia a la tracción ineficiente representando tal solo un 10% de la capacidad a la compresión. Es por ello que se recurre al acero como vínculo con el hormigón para que este sea capaz de resistir a dicho esfuerzo.

El ensayo de tracción directa consiste en ejercer fuerzas de tracción a un elemento con sección transversal rectangular el cual se romperá en la sección más débil. [23]

$$f_t = 1.5 \sqrt{f'c}$$

$f_t$  = Resistencia a la tracción del hormigón (Kg/cm<sup>2</sup>)

$f'c$  = Resistencia a la compresión del hormigón (Kg/cm<sup>2</sup>) [22]

**Tabla 9.** Resistencia a la tracción del hormigón

Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )
210	22
280	25
350	28
420	31
630	38
840	43

**Fuente:** Marcelo Romo Proaño

***Resistencia al corte***

La resistencia al corte tiene magnitud y comportamiento similar al de corte esto se debe a que las fuerzas de corte con diagonales. El ensayo que se usa es la prueba de corte directo, dicho ensayo trata de evitar los esfuerzos de flexión.

Mediante la experimentación se sugiere una expresión para determinar la resistencia al corte. [22]

$$V_c = \sqrt{f'c}$$

Donde:

$V_c$ = Resistencia al corte del hormigón (Kg/cm<sup>2</sup>)

$f'c$ = Resistencia a la compresión del hormigón (Kg/cm<sup>2</sup>)

**Tabla 10.** Resistencia al corte del hormigón

Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia al Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )
210	14
280	17
350	19
420	20
630	25
840	29

**Fuente:** Marcelo Romo Proaño

### ***Trabajabilidad***

Es la facilidad con la que el hormigón puede colocarse, consolidarse y tener un acabado óptimo en el hormigón fresco, sin que exista exudación ni segregación. La trabajabilidad de la puede determinar mediante el asentamiento del cono de Abrams expresado en la norma ASTM C 143. Si el asentamiento es mayor el asentamiento el hormigón es más trabajable.

**Figura 10.** Slump o asentamiento del concreto



**Fuente:** Andrés Yancha

El método es usado para hormigones plásticos con agregados de hasta 1.5", no se consideran aplicable a hormigones no plásticos ni cohesivos, si el asentamiento (Slump) es menor a 15 mm (1/2") pueden no ser plásticos, y si el asentamiento (Slump) es mayor a 230 mm (9") pueden ser no cohesivos. [22]

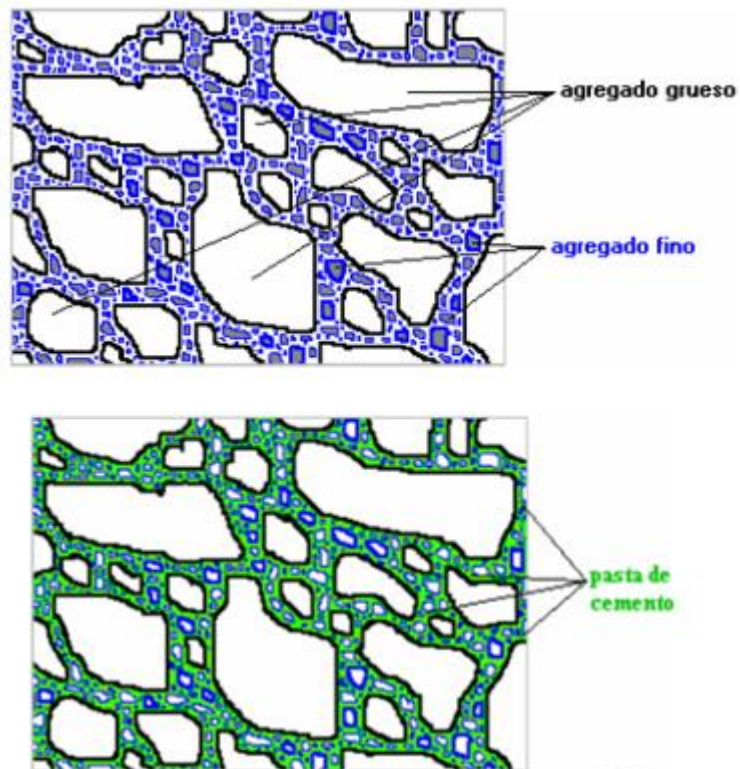
#### **1.1.3.6 Diseño para mezclas de hormigón**

Se determina como diseño de mezcla al proceso que determina las características requeridas del concreto y se especifica. Dichas características pueden incluir propiedades en estado fresco y propiedades mecánicas en estado endurecido. La dosificación es el proporcionamiento de los ingredientes del hormigón en determinadas cantidades. [13]

Para que un hormigón tenga una adecuada dosificación debe de presentar las siguientes cualidades:

- Trabajabilidad en estado fresco aceptable.
- Durabilidad y resistencia en estado endurecido.
- Economía.

**Figura 11.** Estructura interna del hormigón fresco



**Fuente:** Marcelo Romo Proaño

### *Método de la Densidad Óptima*

El método se basa en la usar la cantidad mínima de pasta cementante para el relleno de espacios vacíos que se dan entre agregados. Para ello se debe de tomar bajo las siguientes consideraciones [21]:

- Un volumen aparente de agregado grueso contiene un cierto porcentaje de vacíos entre partículas, que debe ser llenado por el agregado fino.
- Una mezcla de agregado fino y grueso correspondiente a su densidad óptima, dejan porcentaje de vacíos que deben ser llenados por la pasta de cemento y agua. Pero esta pasta no sólo debe ocupar los vacíos que deja la mezcla de agregados, sino que deberá cubrir todas y cada una de las partículas constituyendo el enlace o punto de unión entre partículas.

#### **1.1.4 Hipótesis**

El módulo de elasticidad estático del hormigón obtenido con la ecuación empírica propuesta por el Instituto Americano del Concreto (ACI) en su normativa ACI 318 puede variar por la influencia de los agregados pertenecientes a las minas: Copeto y Brisas del Toachi pertenecientes al canto Santo Domingo de los Colorados, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.



## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Analizar la resistencia a la compresión del hormigón y su influencia en el Módulo de elasticidad estático con agregados pétreos de las canteras Copeto y Brisas del Toachi pertenecientes al Cantón Santo Domingo de los Colorados.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- ❖ Determinar las propiedades físicas y mecánicas mediante los ensayos de granulometría, densidad relativa y absorción de áridos fino y grueso, masa unitaria para condiciones sueltas y compactas, y abrasión que poseen los agregados pétreos de las canteras Copeto y Brisas del Toachi pertenecientes al Cantón Santo Domingo de los Colorados.
- ❖ Diseñar las mezclas de hormigón para las resistencias a la compresión a los 28 días de:  $210 \text{ Kg/cm}^2$  y  $240 \text{ Kg/cm}^2$ , aplicando el método de la Densidad máxima.
- ❖ Proponer una constante propia para el cálculo del Módulo de Elasticidad Estático del hormigón para el cantón Santo Domingo de los Colorados con valores obtenidos en laboratorio, el cual remplace los valores que nos ofrece la Normativa ACI-318 y NEC 2015.
- ❖ Comparar el Módulo de Elasticidad Estático realizado mediante ensayos obtenidos en laboratorio con el propuesto por el comité del ACI – 318.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1 Nivel de investigación

Los niveles de investigación que se considerará son los siguientes: Preliminar o exploratorio, experimental y, comparativa y concluyente.

**Nivel preliminar o exploratorio:** Comprende en una investigación de campo y laboratorio debido a que se prevé de la obtención de muestras de materiales pétreos de las canteras Copeto y Brisas del Toachi, pertenecientes la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, con estos materiales se realizará una investigación experimental ya que realizaremos un análisis y estudio de las propiedades que contienen dichos materiales.

**Nivel experimental:** Determina una investigación donde se realizará probetas de hormigón en base a una dosificación adecuada con materiales pétreos propios de la zona, luego se procederá a realizar un curado y posteriormente ensayar los cilindros a los 3, 7 y 28 días posterior a su elaboración.

**Nivel comparativa y concluyente:** Se propone una constante para el cálculo del Módulo de Elasticidad Estático del hormigón con el cual se procederá a comprar con los valores dados por la ACI 318 y NEC 15 para ser aplicada en el cantón Santo Domingo de los Colorados. A demás de ello se procederá a realizar un análisis comparativo entre el módulo elástico estático expuesto por la ACI 318 y el obtenido en laboratorio por medio de la experimentación.

## 2.2 Población y muestra

### 2.2.1 Población

Para las dosificaciones de prueba se realizará seis probetas por cada mina (3 por cada resistencia), obteniendo un total de 12 cilindros a ensayarse a compresión a los 3, 7, 28 días; de no cumplir las resistencias propuestas se realizará las debidas modificaciones y se repetirá el proceso de ensayo.

### 2.2.2 Muestra

El número total de muestra para la fase final se detalla en la Tabla 11

**Tabla 11.** Número total de probetas a elaborarse.

MINAS	f 'c (Kg/cm2)	Número de probetas a ensayar			Número de cilindros MEE	TOTAL
		3	7	28		
COPETO	210	3	3	3	9	18
	240	3	3	3	9	18
BRISAS DEL TOACHI	210	3	3	3	9	18
	240	3	3	3	9	18
TOTAL		12	12	12	36	72

**Fuente:** Víctor Chacón Santos

## 2.3 Materiales y Equipos

El presente trabajo experimental se desarrolló para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados y el cemento por medio de varios ensayos expuestos en la normativa internacional ASTM y normativa INEN, con los cuales se emplearon los siguientes equipos y materiales:

### 2.3.1 Materiales

- ✓ Agua potable
- ✓ Gasolina
- ✓ Áridos grueso (ripió) y árido fino (arena) de las minas COPETO y BRISAS DEL TOACHI
- ✓ Cemento hidráulico tipo GU (Sacos 50 Kg)
- ✓ Solución normalizada de hidróxido de sodio al 3%

### 2.3.2 Equipos

- ✓ Balanza Explorer de 12000 gr de capacidad, con precisión 0.1 gr.
- ✓ Balanza de 6000 gr de capacidad.
- ✓ Balanza de 30 Kg de capacidad.
- ✓ Horno
- ✓ Tamizadora
- ✓ Juego de tamices redondos (#200, #100, #50, #30, #16, #8, #4, #3/8)
- ✓ Juego de tamices redondos (2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4)
- ✓ Brocha
- ✓ Franela
- ✓ Saquillos
- ✓ Concretera eléctrica
- ✓ Pala cuadrada
- ✓ Pala redonda
- ✓ Palustre
- ✓ Comparador de colores ASTM C 40
- ✓ Compresómetro
- ✓ Máquina de los Ángeles
- ✓ Probetas graduadas
- ✓ Cono de Abrams

- ✓ Varilla lisa con punta redondeada
- ✓ Bandeja cuadrada metálica
- ✓ Recipientes
- ✓ Martillo de goma
- ✓ Cepillo de acero
- ✓ Canastilla
- ✓ Flexómetro
- ✓ Termómetro
- ✓ Picnómetro
- ✓ Pipeta
- ✓ Embudo
- ✓ Moldes cilíndricos
- ✓ Máquina para ensayo a compresión
- ✓ Computadora
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Equipo de protección
- ✓ Cámara de durado

## **2.5 Métodos**

### **2.5.1 Plan de recolección de datos**

Para obtener un hormigón con buenas características se debe de seguir ciertas especificaciones y procedimientos que se establecen en normativas nacionales e internacionales, tal como las normas NTE INEN y la norma ASTM, es por ello que para la elaboración de los ensayos para este proyecto experimental las actividades estarán divididas en tres fases: Toma de muestra, ensayos de caracterización y elaboración de cilindros.

### **Toma de muestra**

1. Recolección de muestras de agregados pétreos de 2 minas, normativa NTE INEN 695.
2. Transporte a un centro de acopio local (Stock).
3. Reducción a tamaño de ensayo, norma NTE INEN 2566.
4. Pesado y etiquetado.
5. Traslado a los laboratorios del GAD Municipal de Santo Domingo de los Colorados.

### **Ensayos de caracterización y obtención de datos para el diseño de mezcla de hormigón.**

6. Determinación de la densidad del cemento hidráulico, NTE INEN 156.
7. Secado de los áridos fino y grueso.
8. Determinación del material más fino que pasa el tamiz N° 200, NTE INEN 697.
9. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón NTE INEN 855.
10. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso, norma NTE INEN 696.
11. Determinación de la densidad relativa y absorción del árido fino, NTE INEN 856.
12. Determinación de la densidad relativa y absorción del árido grueso, NTE INEN 857.
13. Determinación de la masa unitaria para condiciones sueltas y compactada, NTE INEN 858.
14. Ensayo de abrasión con la máquina de los ángeles, NTE INEN 860.
15. Diseño de mezclas para resistencias a la compresión del hormigón de 210 y 240 Kg/cm<sup>2</sup>, con el método de la densidad máxima óptima.

## **Elaboración de probetas**

Las probetas de hormigón se elaborarán en 2 etapas: Probetas para pruebas iniciales y pruebas finales.

### 16. Realización de cilindros de prueba

Actividades que se realizaron conjuntamente con la elaboración de cilindros.

- ✓ Muestreo del hormigón fresco, NTE INEN 1763.
  - ✓ Ensayo de asentamiento del hormigón en estado fresco, NTE INEN 1578.
  - ✓ Determinación del rendimiento, densidad y contenido de aire, NTE INEN 1579.
  - ✓ Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón, NTE INEN 1573.
17. Elaboración y curado de probetas finales, NTE INEN 3124.
- ✓ Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón, a la edad de 3, 7 y 26 días, NTE INEN 1573.
18. Determinación de las curvas: Esfuerzo Vs Deformación del hormigón y Edad Vs resistencia a la compresión.
19. Determinación del Módulo de Elasticidad Estático con la aplicación de la Normativa ASTM C 469.
20. Propuesta de una constante para el Módulo de Elasticidad Estático correlacionada con la raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón y el peso unitario.
21. Realizar un análisis comparativo entre el módulo elástico estático expuesto por la ACI 318 y el obtenido en laboratorio por medio de la experimentación.

## **2.5.2 Plan de Procesamiento y Análisis de la Información.**

### **Toma de muestras**

En la etapa inicial se procede a etiquetar los materiales pétreos procedentes de cada mina; las asignaciones que se dieron fueron: C.P para la “Mina Copeto” y H.A para la “Mina Brisas del Toachi”.

## **Ensayos de caracterización y obtención de datos para el diseño de mezclas de hormigón.**

Para la segunda etapa se realizará un inventario y registro sistemático para cada ensayo mediante hojas electrónicas de cálculo los cuales permitirán controlar parámetros estadísticos como rangos permisibles, desviación estándar y coeficientes de desviación, las cuales están citadas en las diferentes normas a utilizar.

A de más de ello se elaborará tablas con las propiedades y características de los agregados de cada mina con el fin de poder revisar con el fin de obtener los datos necesarios para las diferentes dosificaciones.

Se realizará la curva Esfuerzo vs Deformación del hormigón, la tabulación de los datos obtenidos para el módulo de elasticidad estático, y así poder alcanzar a determinar la constante que correlacione la raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón y el peso unitario.



## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis y discusión de resultados

##### 3.1.1 Determinación de la densidad real del cemento

Para determinar los resultados de este ensayo se procedió a realizarlo bajo la norma NTE INEN 156, en el cual nos especifica el procedimiento, los equipos necesarios y la forma correcta de interpretar dichos resultados. [24]

**Tabla 12.** Resultados densidad del cemento

Densidad del cemento "MÉTODO DEL PICNÓMETRO"				
Descripción		ENSAYO		Unidad
		I	II	
G	Masa del cemento	64.00	70.00	gr
A	Masa del picnómetro vacío	150.10	150.10	gr
B	Masa del picnómetro + cemento	214.10	220.10	gr
C	Masa del picnómetro + cemento + gasolina	564.30	568.70	gr
D	masa del picnómetro + 500 cm <sup>3</sup> de gasolina	516.10	515.90	gr
E	Masa de la gasolina desplazada (D-A) -(C-B)	15.80	17.20	gr
F	Densidad de la gasolina (D-A) / 500 (cm <sup>3</sup> )	0.73	0.73	gr/cm <sup>3</sup>
	Volumen del líquido desplazado (E/F)	21.58	23.51	cm <sup>3</sup>
	Densidad del cemento (G/F)	<b>2.965</b>	<b>2.977</b>	gr/cm <sup>3</sup>
<b>PROMEDIO</b>		<b>2.971</b>		gr/cm <sup>3</sup>

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

##### ➤ Interpretación de resultados

Se determinó que la diferencia entre los dos ensayos realizados para el cemento portland es de 0.012, dicho esto se puede decir que los valores obtenidos son fiables ya que en la normativa NTE INEN 156, sección 4.7.1, nos dice que el resultado de dos ensayos realizados adecuadamente no debe de diferir en más de 0.03. [24]

### 3.1.2 Ensayos en los agregados pétreos.

Los ensayos expuestos en la normativa NTE INEN 872, sección 6, nos ayuda a determinar las características de los agregados, se realizaron los siguientes [12]:

**Tabla 13.** Ensayos realizados en los agregados pétreos.

ENSAYO	NORMA NTE INEN
1. Muestreo	695
2. Reducción de muestras a tamaño de ensayo	2566
3. Áridos. Determinación del material más finos que pasa el tamiz con aberturas de 75 $\mu\text{m}$ (Nº 200), mediante lavado	697
4. Determinación de impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón	855
5. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso	696
6. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.	856
7. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.	857
8. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico)	858
9. 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	860

**Fuente:** NTE INEN 872

#### 3.1.2.1 Toma y reducción de muestras

Las muestras para realizar los diferentes ensayos en el desarrollo del proyecto experimental fueron obtenidas según la normativa NTE INEN 695, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón de Santo Domingo de los Colorados, en las minas Copeto y Brisas del Toachi. [25]

Los materiales pétreos usados para los ensayos tanto de la mina Copeto y Brisas del Toachi fueron tomados 4 porciones desde una pila o stock clasificada con sus debidos tamaños nominal, siendo su masa mayor a la recomendada.

Para la reducción de muestra a un tamaño para ser ensayados se usó el método de cuarteo expuesto en la normativa NTE INEN 2566, tanto para el árido fino y grueso. [26]

**3.1.2.2 Determinación del material más finos que pasa el tamiz con aberturas de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200), mediante lavado.**

**Tabla 14.** Material más fino que pasa el tamiz N° 200 “Mina Brisas del Toachi”

DESCRIPCIÓN	ENSAYO		
	I	II	III
Masa seca original de la muestra (gr)	500	500	500
Masa seca de la muestra luego del lavado. (gr)	476.6	475.3	475.8
% de material más fino que pasa el tamiz N° 200 (%)	4.68	4.94	4.84
Promedio del material más fino que el tamiz N° 200 (%)	<b>4.82</b>		

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Tabla 15.** Material más fino que pasa el tamiz N° 200 “Mina Copeto”

DESCRIPCIÓN	ENSAYO		
	I	II	III
Masa seca original de la muestra (gr)	500	500	500
Masa seca de la muestra luego del lavado. (gr)	484.4	485	483.9
% de material más fino que pasa el tamiz N° 200 (%)	3.12	3.00	3.22
Promedio del material más fino que el tamiz N° 200 (%)	<b>3.11</b>		



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados**

Mediante el proceso de lavado para determinar la cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 se obtuvo que dichos materiales sobrepasan el porcentaje permisible del 3% que nos establece la normativa NTE INEN 872, dándonos como resultados en la mina “Brisas del Toachi” un 4.82% y en la mina “Copeto” un 3.11% siendo esta la más cercana al límite establecido, lo cual nos indica la presencia de pequeñas cantidades de sustancias perjudiciales en el árido fino para hormigón. [12]

### 3.1.2.3 Determinación de impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón

**Tabla 16.** Resultados de colorimetría

Características	Mina Brisas del Toachi	Mina Coneto
<b>COLORIMETRÍA</b>		
<b>N° COMPARADOR:</b>	3	3
<b>ESCALA GARDNER:</b>	11	11
<b>COLOR:</b>	Color anaranjado claro	Color anaranjado oscuro
<b>CONT. ORGÁNICO:</b>	Aceptable	Aceptable
<b>PROPIEDADES ASTM C40:</b>	Agregado fino de buena calidad contiene poca cantidad de materia orgánica.	Agregado fino que contiene cantidades considerables de materia orgánica.

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

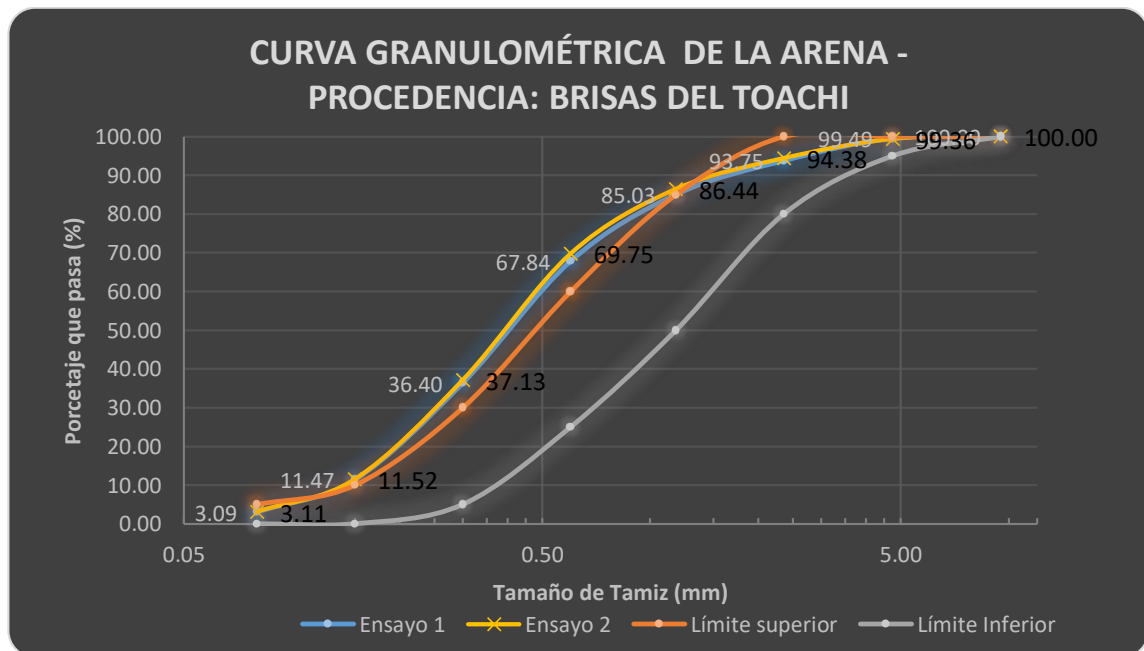
**3.1.2.4 Determinación del Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso**  
**Análisis granulométrico para agregado fino.**

**Tabla 17.** Resultados del análisis granulométrico agregado fino.

MINA BRISAS DEL TOACHI				
Tamiz	% Pasa		Límites	
	Ensayo 1	Ensayo 2	Inferior	Superior
3/8"	100.00	100.00	100	100
N° 4	99.49	99.36	95	100
N° 8	93.75	94.38	80	100
N° 16	85.03	86.44	50	85
N° 30	67.84	69.75	25	60
N° 50	36.40	37.13	5	30
N° 100	11.47	11.52	0	10
N° 200	3.09	3.11	0	5
<b>Módulo de Finura</b>		2.06	2.01	
<b>Prom. Módulo Finura</b>		<b>2.04</b>		

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Figura 12:** Curva granulométrica del agregado fino



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados.**

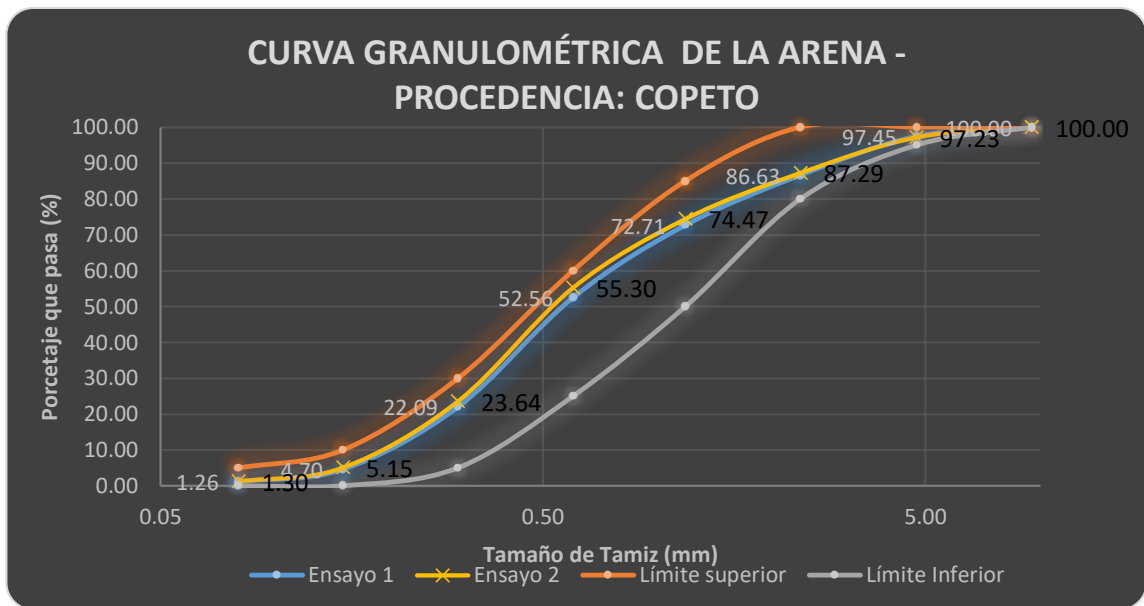
Se determinó que el material fino perteneciente a la mina “Brisas del Toachi” tiene una mala granulometría, ya que en los tamices N° 16, 30, 50 y 100 se encuentra fuera de los límites establecidos en la norma NTE INEN 872 y con un módulo de finura de 2.04 es inferior a su límite el cual está marcado con valores de 2.3 al 3.1 establecido en la norma NTE INEN 696, dichos resultados nos indican que este tipo de arena es muy fina por lo cual tendría una mejor trabajabilidad dándole una textura superficial tersa en el hormigón, pero también se produce una desventaja ya que se necesitará mayor cantidad de cemento y agua. [12], [14]

**Tabla 18.** Resultados del análisis granulométrico agregado fino.

<b>MINA COPETO</b>				
<b>Tamiz</b>	<b>% Pasa</b>		<b>Límites</b>	
	<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
3/8"	100.00	100.00	<b>100</b>	<b>100</b>
N° 4	97.45	97.23	<b>95</b>	<b>100</b>
N° 8	86.63	87.29	<b>80</b>	<b>100</b>
N° 16	72.71	74.47	<b>50</b>	<b>85</b>
N° 30	52.56	55.30	<b>25</b>	<b>60</b>
N° 50	22.09	23.64	<b>5</b>	<b>30</b>
N° 100	4.70	5.15	<b>0</b>	<b>10</b>
N° 200	1.26	1.30	<b>0</b>	<b>5</b>
<b>Módulo de Finura</b>		2.64	2.57	
<b>Prom. Módulo Finura</b>		<b>2.60</b>		

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Figura 13:** Curva granulométrica del agregado fino



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados.**

Los resultados obtenidos en el ensayo de granulometría para la mina Copeto denotan que dicha arena tiene una buena granulometría, con un módulo de finura de 2.6 ya que se encuentra dentro de los rangos establecidos en la normativa NTE INEN 872 y 696 respectivamente. Estos resultados nos demuestran que esta arena tiene muy buenas características granulométricas cuyo grano es de un tamaño medio donde no se necesitará cantidades de pasta alta obteniendo una trabajabilidad y textura adecuada para la elaboración del hormigón. [12], [14]

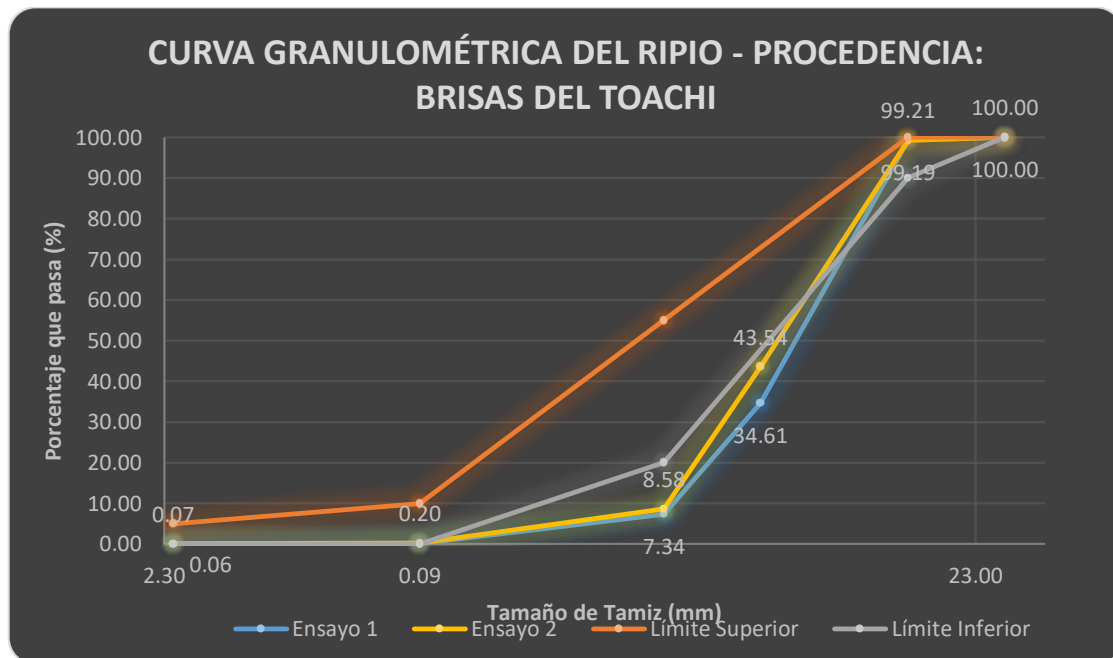
**Análisis granulométrico para agregado grueso.**

**Tabla 19.** Resultados del análisis granulométrico

<b>MINA BRISAS DEL TOACHI</b>				
Tamiz	% Pasa		Límites Específicos	
	Ensayo 1	Ensayo 2	Desde	Hasta
1"	100.00	100	100	100
3/4"	99.19	99.21	90	100
1/2"	34.61	43.54	---	---
3/8"	7.34	8.58	20	55
N° 4	0.09	0.20	0	10
N° 8	0.06	0.07	0	5
Bandeja	0.00	0		
<b>T.N.M</b>	<b>¾"</b>			

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Figura 14:** Curva granulométrica del agregado grueso.



**Realizado por:** Víctor Chacón S.



➤ **Interpretación de resultados.**

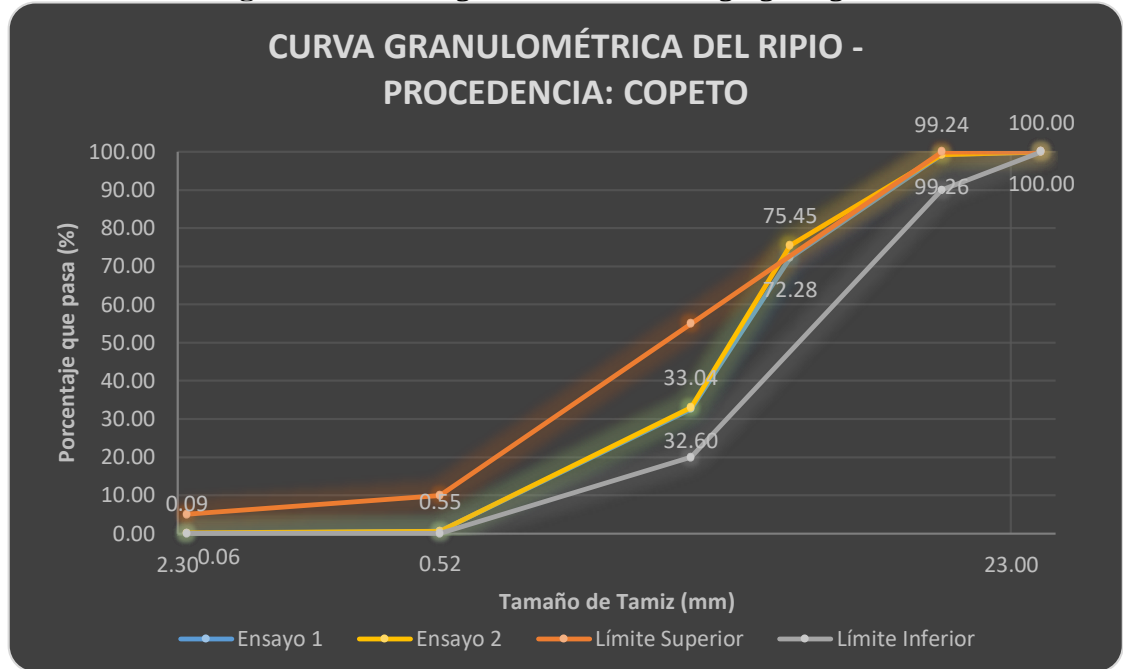
El ensayo de granulometría realizado en el agregado grueso nos muestra que el ripio perteneciente a la mina Brisas del Toachi no tiene una buena gradación siendo gruesas la mayor parte de sus partículas ya se encuentra fuera de los límites establecidos por la normativa NTE INEN 872. [12]

**Tabla 20.** Resultados del análisis granulométrico

<b>MINA COPETO</b>				
<b>Tamiz</b>	<b>% Pasa</b>		<b>Límites Específicos</b>	
	<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>
1"	100.00	100	100	100
3/4"	99.26	99.24	90	100
1/2"	72.28	75.45	---	---
3/8"	32.60	33.04	20	55
N° 4	0.52	0.55	0	10
N° 8	0.06	0.09	0	5
Bandeja	0.00	0		
<b>T.N.M</b>	<b>3/4</b>			

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Figura 15:** Curva granulométrica del agregado grueso.



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados.**

La granulometría del árido grueso perteneciente a la mina Copeto se denota que la curva tiene una tendencia a cumplir los límites establecidos en la normativa NTE INEN 872, ya que en sus límites para el tamiz ½” no se encuentra con un valor específico es por ello que las curvas de los ensayos tienden a salirse del límite, aun así, el material tiene buenas características de gradación. [12]

### 3.1.2.5 Determinación de la densidad SSS del árido fino y grueso.

**Tabla 21.** Resultados de la densidad relativa (SSS) Agregado fino

<b>PESO ESPECÍFICO - AGREGADO FINO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
M. del Picnómetro+ arena en SSS (g)	834.80	834.80	834.80	834.80
M. del Picnómetro (gr)	334.80	334.80	334.80	334.80
M. de arena en SSS(gr)	500.00	500.00	500.00	500.00
M. del Picnómetro calibrado (gr)	814.60	814.80	828.60	828.50
M. Picnómetro+arena SSS+agua (gr)	1123.90	1126.50	1143.90	1146.60
Volumen desalojado (gr)	190.70	188.30	184.70	181.90
PESO ESPECÍFICO(gr/cm <sup>3</sup> )	2.62	2.66	2.71	2.75
<b>PROM. PESO ESPECÍFICO(gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.64</b>		<b>2.73</b>	

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Tabla 22.** Resultados de la densidad relativa (SSS) Agregado fino

<b>PESO ESPECÍFICO - AGREGADO GRUESO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
M. del recipiente + ripio en SSS (gr)	3937.5	3943.8	3934.8	3941.8
M. del recipiente (gr)	903.2	903.1	900.3	902.1
M. del ripio en SSS (gr)	3034.3	3040.7	3034.5	3039.7
M. canastilla sumergida en agua (gr)	1659	751.5	1659	754.1
M. canastilla + ripio sumergido en agua	3570.4	2659.5	3572	2668.3
M. del ripio en agua (gr)	1911.4	1908	1913	1914.2
Volumen Desalojado (cm <sup>3</sup> )	1122.9	1132.7	1121.5	1125.5
PESO ESPECÍFICO (gr/cm <sup>3</sup> )	2.70	2.68	2.71	2.70
<b>PROM. PESO ESPECÍFICO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.69</b>		<b>2.70</b>	

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados.**

Al realizar el ensayo de densidad en estado saturado superficial seco se obtuvo que el material fino y grueso de la mina Copeto son más denso con valores de 2.73 y 2.70 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente con respecto al material fino y grueso de la mina de Brisas del Toachi con 2.64 y 2.69 gr/cm<sup>3</sup>. Dichos valores se encuentran dentro de los rangos de 2.4 al 3.0 establecidos en la normativa NTE INEN 694. [27]

**3.1.2.6 Determinación de la capacidad de absorción en los áridos fino y grueso**

**Tabla 23.** Resultados de la capacidad de absorción Agregado fino

<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN - AGREGADO FINO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
M. recipiente + M. de arena en SSS	1403.1	1404.2	1402.1	1392.3
M. de arena seca + recipiente (gr)	1397.5	1398.7	1396.3	1386.6
M. del recipiente (gr)	903.3	905.1	902.1	892.3
M. del agregado en SSS (gr)	499.8	499.1	500	500
M. de arena seca al horno (gr)	494.2	493.6	494.2	494.3
<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ( % )</b>	1.13%	1.11%	1.17%	1.15%
<b>PROM. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>	<b>1.12%</b>		<b>1.16%</b>	

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados.**

La capacidad de absorción que contienen los materiales finos de las minas estudiadas son menores al 2% cumpliendo con los límites establecidos por la normativa NTE INEN 856 que son de 0.2% al 2% y por ello son considerados materiales aptos. [28]

**Tabla 24.** Resultados de la capacidad de absorción Agregado grueso

<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN - AGREGADO GRUESO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
M. recipiente + M. de ripio en SSS	3937.5	3943.8	3934.8	3941.8
M. de ripio seca + recipiente (gr)	3897.6	3903.8	3895.4	3902.8
M. del recipiente (gr)	903.2	904.2	900.3	905.2
M. del agregado en SSS (gr)	3034.3	3039.6	3034.5	3036.6
M. de ripio seca al horno (gr)	2994.4	2999.6	2995.1	2997.6
<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ( % )</b>	<b>1.33%</b>	<b>1.33%</b>	<b>1.32%</b>	<b>1.30%</b>
<b>PROM. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>	<b>1.33%</b>		<b>1.31%</b>	

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados.**

En el ensayo realizado se determinó que la capacidad de absorción de los materiales gruesos de las minas es menor al 4% y se encuentra dentro de los límites establecidos en la normativa NTE INEN 857 que nos da parámetros que nos indica que la capacidad de absorción del agregado grueso debe oscilar entre 0.2% al 4%. [29]

**3.1.2.7 Determinación de la resistencia al desgaste en el agregado grueso**

**Tabla 25.** Resultados de la abrasión.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
Masa Inicial (g)	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Porcentaje de Pérdida después de 100 revoluciones (%)	6.08%	5.92%	5.32%	4.88%
Porcentaje de Pérdida después de 500 revoluciones (%)	21.33%	18.76%	18.84%	17.82%
Coefficiente de Uniformidad	0.29	0.32	0.28	0.27
Porcentaje de DESGASTE	26.11%	23.57%	23.15%	21.83%
<b>PROMEDIO PORCENTAJE DE DESGASTE</b>	<b>24.84%</b>		<b>22.49%</b>	

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados.**

Los porcentajes obtenidos mediante el ensayo de desgaste son valores apropiados para ser considerados materiales de construcción de buena calidad ya que dichos valores son menores al 50% indicado en la normativa NTE INEN 872, sin embargo, el coeficiente de uniformidad no cumple con el rango establecido que debe de ser menor al 0.2% estipulado en la normativa NTE INEN 860 debido a que es un material que sufrió un desgaste mayor en el proceso de su manufacturación. [12], [30]

**3.1.2.8 Determinación de la densidad suelta y compactada de los agregados**

**Tabla 26.** Resultado de la densidad suelta y compactada del agregado fino.

Densidad Aparente Suelta y Compactada - Agregado Fino									
Masa Recip (gr)	2672	Bisas del Toachi				Copeto			
Vol. Recip (cm3)	3012	ENSAYO 1		ENSAYO 2		ENSAYO 1		ENSAYO 2	
DESCRIPCIÓN		Suelto	Compac.	Suelto	Compac.	Suelto	Compac.	Suelto	Compac.
PROM. Masa de arena + recipiente (g)		7465	7887	7453	7907	7581	7951	7616	7956
$\delta$ aparente Arena		1.591	1.731	1.587	1.738	1.630	1.753	1.641	1.754
<b>PROM. <math>\delta</math>ap. Suelta Arena (gr/cm3):</b>		1.589				1.636			
<b>PROM. <math>\delta</math>ap. Compact. Arena (gr/cm3):</b>		1.735				1.753			

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Tabla 27.** Resultado de la densidad suelta y compactada del agregado grueso.

Densidad Aparente Suelta y Compactada - Agregado Grueso									
Masa Recip (gr)	8773	Bisas del Toachi				Copeto			
Vol. Recip (cm3)	13880	ENSAYO 1		ENSAYO 2		ENSAYO 1		ENSAYO 2	
DESCRIPCIÓN		Suelto	Compac.	Suelto	Compac.	Suelto	Compac.	Suelto	Compac.
PROM. Masa del ripio + recipiente (g)		27109	29012	27106	29028	27090	29163	27196	29203
$\delta$ aparente Ripio		1.321	1.458	1.321	1.459	1.320	1.469	1.327	1.472
<b>PROM. <math>\delta</math>ap. Suelta ripio (gr/cm3):</b>		1.321				1.323			
<b>PROM. <math>\delta</math>ap. Compact. ripio (gr/cm3):</b>		1.459				1.470			

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados.**

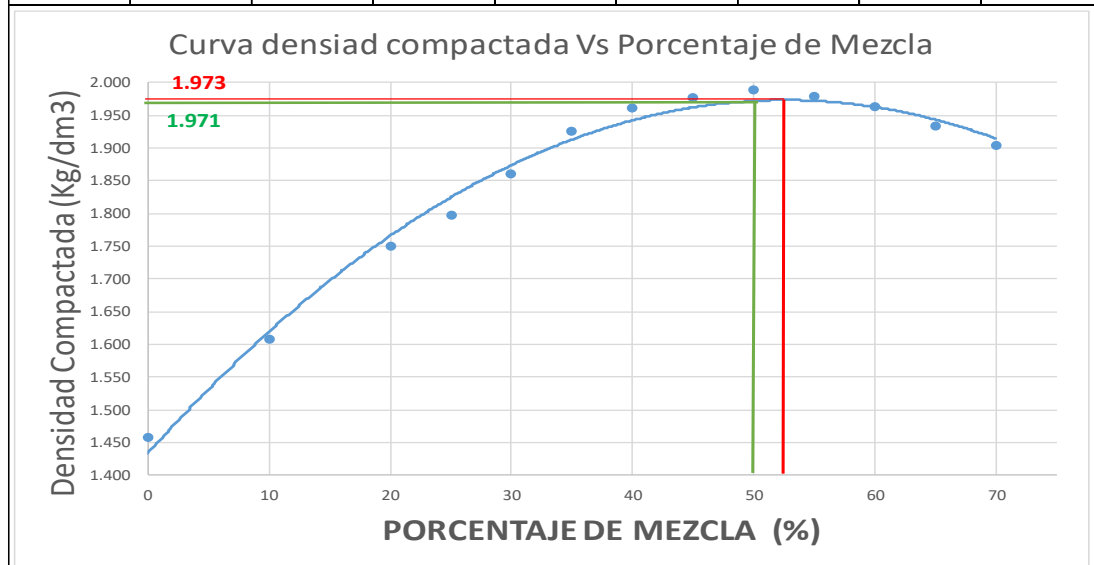
Los resultados obtenidos en las densidades aparentes sueltas y compactas de los agregados finos y gruesos de las minas estudiadas se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa NTE INEN 694 que nos indica que la densidad normal de los áridos oscila entre 1.12 y 1.92 gr/cm<sup>3</sup>. Es por ello que dichos materiales son aptos para ser uso en la elaboración del hormigón. [27]

**3.1.2.9 Condición mezcla del árido grueso más fino**

**Mina Brisas del Toachi**

**Tabla 28.** Resultado de mezcla del agregado grueso con el agregado fino.

Mezcla %		Masa Kg		Añadir Arena Kg	Masa del recipiente + mezcla (gr)		Masa de la Mezcla en (gr)	Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )
Ripio	Arena	Ripio	Arena					
100	0	25	0.00	0.00	28985	29006	20223	1.457
90	10		2.78	2.78	31189	30986	22315	1.608
80	20		6.25	3.47	33218	32886	24279	1.749
75	25		8.33	2.08	33850	33600	24952	1.798
70	30		10.71	2.38	34294	34213	25481	1.836
65	35		13.46	2.75	35480	35507	26721	1.925
60	40		16.67	3.21	36058	35919	27216	1.961
55	45		20.45	3.79	36285	36139	27439	1.977
50	50		25.00	4.55	36393	36383	27615	1.990
45	55		30.56	5.56	36305	36159	27459	1.978
40	60		37.50	6.94	35980	36045	27240	1.963
35	65		46.43	8.93	35600	35621	26838	1.934
30	70		58.33	11.90	35195	35201	26425	1.904



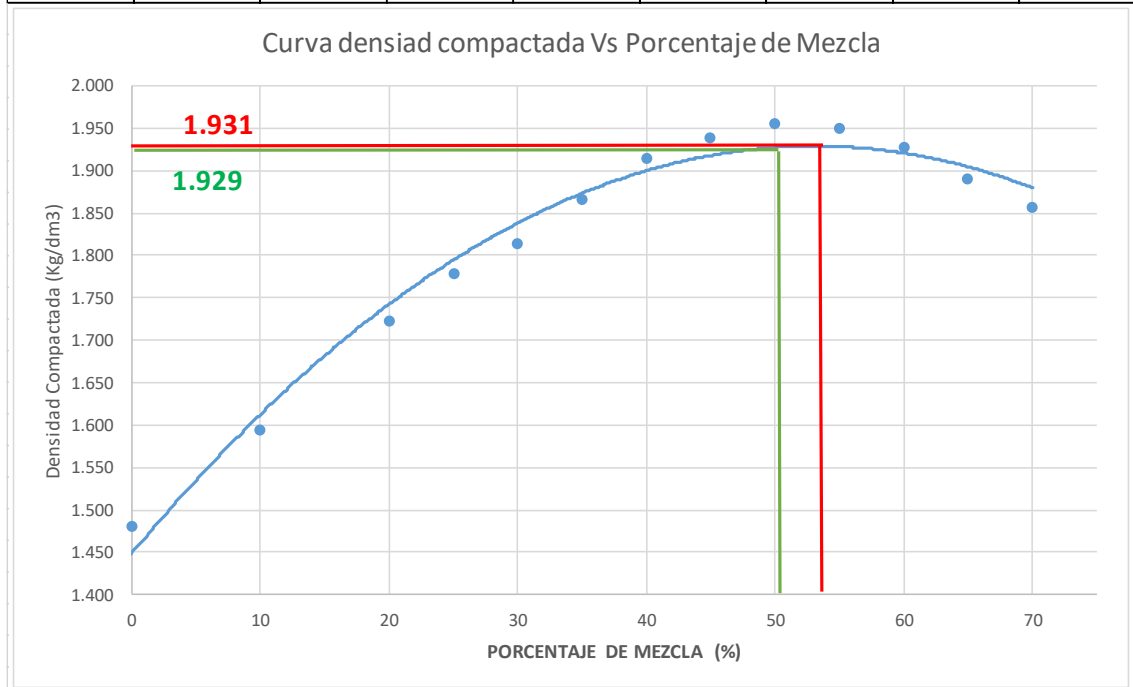
% Max. Agregado fino	52%	% Opt. Agregado fino	50%	D. A. Max. (gr/cm <sup>3</sup> )	1.973
% Max. Agregado grueso	48%	% Opt. Agregado fino	50%	D. A. Opt. (gr/cm <sup>3</sup> )	1.971

Realizado por: Víctor Chacón S.

## Mina Copeto

**Tabla 29.** Resultado de mezcla del agregado grueso con el agregado fino.

Mezcla %		Masa Kg		Añadir Arena Kg	Masa del recipiente + mezcla (gr)		Masa de la Mezcla en (gr)	Densidad Aparente (gr/cm³)
Ripio	Arena	Ripio	Arena					
100	0	25	0.00	0.00	29285	29338	20539	1.480
90	10		2.78	2.78	30964	30838	22128	1.594
80	20		6.25	3.47	32648	32741	23922	1.723
75	25		8.33	2.08	33439	33453	24673	1.778
70	30		10.71	2.38	33977	33944	25188	1.815
65	35		13.46	2.75	34508	34850	25906	1.866
60	40		16.67	3.21	35388	35288	26565	1.914
55	45		20.45	3.79	35738	35643	26918	1.939
50	50		25.00	4.55	35886	35921	27131	1.955
45	55		30.56	5.56	35823	35853	27065	1.950
40	60		37.50	6.94	35503	35526	26742	1.927
35	65		46.43	8.93	35021	34993	26234	1.890
30	70		58.33	11.90	34532	34567	25777	1.857



% Max. Agregado fino	53%	% Opt. Agregado fino	50%	D. A. Max. (gr/cm3)	1.931
% Max. Agregado grueso	47%	% Opt. Agregado fino	50%	D. A. Opt. (gr/cm3)	1.929

Realizado por: Víctor Chacón S.



### 3.1.3. Diseño de mezclas por el Método de Densidad Óptima

#### 3.1.3.1. Antecedentes

La tabla número 27 corresponde a las condiciones físicas y mecánicas de los agregados pétreos de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados con los cuales se procederá a realizar la dosificación del hormigón por el método de densidades máximas.

#### 3.1.3.2. Ensayos de caracterización de los agregados

Las propiedades físicas y mecánicas correspondientes a los materiales pétreos de las minas Brisas del Toachi y Copeto fueron obtenidos por medio de ensayos en laboratorio las cuales están explícitas en la tabla 27.

**Tabla 30.** Resumen de las propiedades de los materiales estudiados.

PROPIEDADES		MINA	
		BRISAS DEL TOACHI	COPETO
Material más fino que pasa tamiz N° 200		4.48%	3.11%
Granulometría	Curva Granulométrica de la Arena	NO CUMPLE	SI CUMPLE
	Modulo Finura de la arena	2.04	2.6
	Tamaño Nominal Max. Del Ripio	3/4	3/4
	Curva Granulométrica del ripio	NO CUMPLE	SI CUMPLE
Densidad SSS (gr/cm <sup>3</sup> )	<i>Arena</i>	2.64	2.73
	<i>Ripio</i>	2.69	2.7
Capacidad de absorción (%)	<i>Arena</i>	1.12	1.16
	<i>Ripio</i>	1.33	1.31
Densidad aparente suelta (gr/cm <sup>3</sup> )	<i>Arena</i>	1.59	1.64
	<i>Ripio</i>	1.32	1.32
Densidad aparente compactada (gr/cm <sup>3</sup> )	<i>Arena</i>	1.73	1.75
	<i>Ripio</i>	1.46	1.47
Contenido de Humedad (%)	<i>Arena</i>	0.59	0.85
	<i>Ripio</i>	0.95	0.89
Porcentaje de Desgaste del Ripio (%)		24.84	22.49

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

La tabla 28 presentada a continuación, nos indica los porcentajes óptimos de los agregados, para realizar una mezcla óptima de prueba en la dosificación para el hormigón.

**Tabla 31.** Densidades para la mezcla en hormigón

Propiedades		Mina	
		Brisas del Toachi	Copeto
Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	Máxima	1.973	1.931
	Óptima	1.971	1.929
Porcentaje Óptimo	Arena	50%	50%
	Ripio	50%	50%
Porcentaje Máximo	Arena	52%	53%
	Ripio	48%	47%

**Realizado por:** Víctor Chacón S.

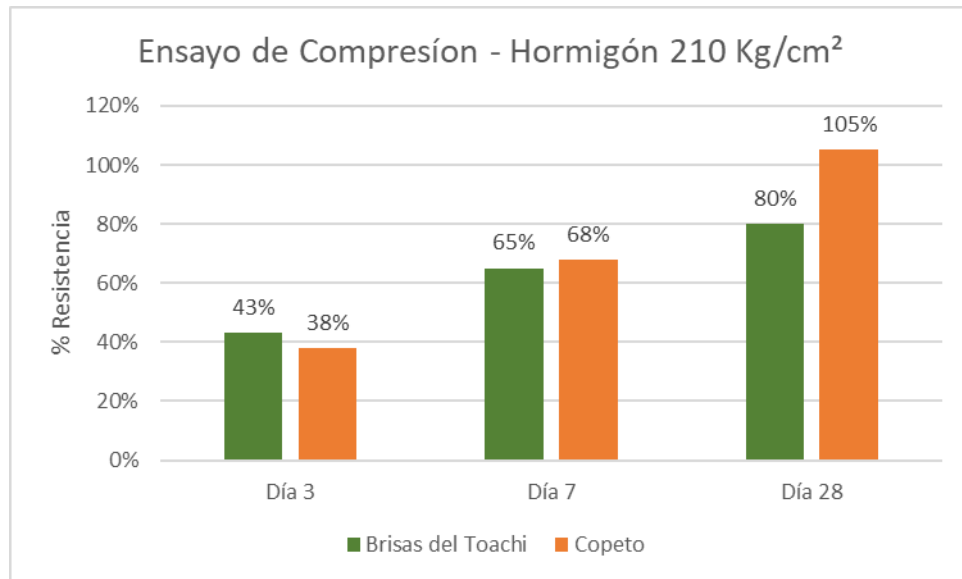
### 3.1.3.3 Resultados de las mezclas de prueba.

El Anexo 2 expone el resultado a los 3, 7 y 28 días de la dosificación obtenida mediante el método de Densidad Máxima para las dos minas de estudio. Mientras el Anexo 3 es un aporte adicional sobre la dosificación para la mina Brisas del Toachi, debido a que la dosificación dada por el Método de Densidades Máximas no cumplió con el esfuerzo a compresión esperado. Y es por ello que se adicionó una nueva dosificación con la cual se verifica el esfuerzo a compresión necesaria para obtener los resultados adecuados.

El Anexo 4 se presenta una dosificación viable con el cual se podrá finiquitar un diseño de hormigón para las resistencias de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 240 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, con materiales pétreos de la mina Brisas del Toachi. Cabe recalcar que dicha dosificación se atribuye a la investigación de prueba y error realizada en el laboratorio.

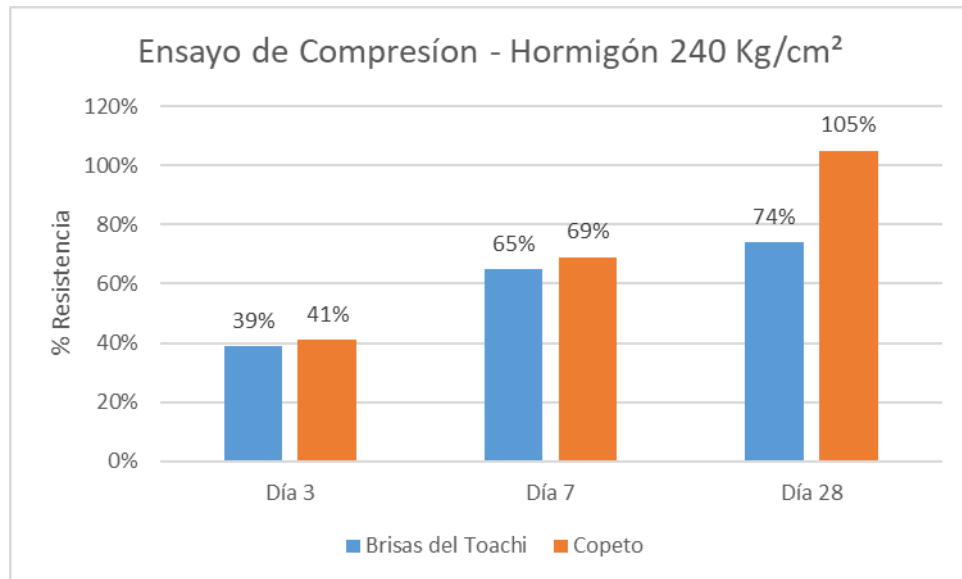
Las figuras 16 y figura 17 se muestra los resultados de comparación del ensayo a compresión realizados mediante la dosificación de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 240 Kg/cm<sup>2</sup> obtenida por medio del método de densidades máximas. La figura 18 y figura 19 se indica los resultados que se obtuvieron con la nueva dosificación presentada adicionalmente como un trabajo investigativo y los resultados de la dosificación para la mina Copeto mediante el método de densidad máxima.

**Figura 16.** Comparación de la resistencia a la compresión 210 Kg/cm<sup>2</sup>



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Figura 17.** Comparación de la resistencia a la compresión 240 Kg/cm<sup>2</sup>

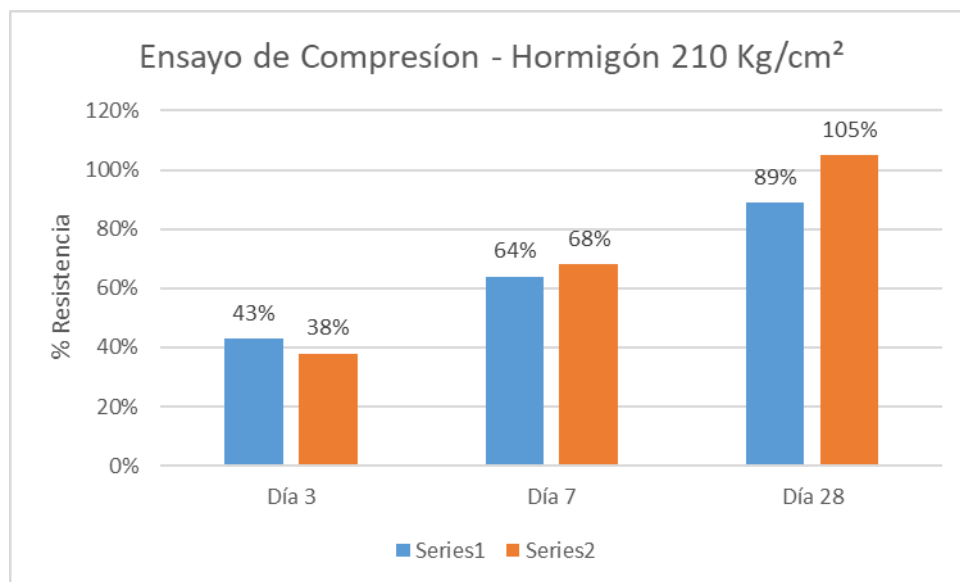


**Realizado por:** Víctor Chacón S.

### ➤ Interpretación de resultados

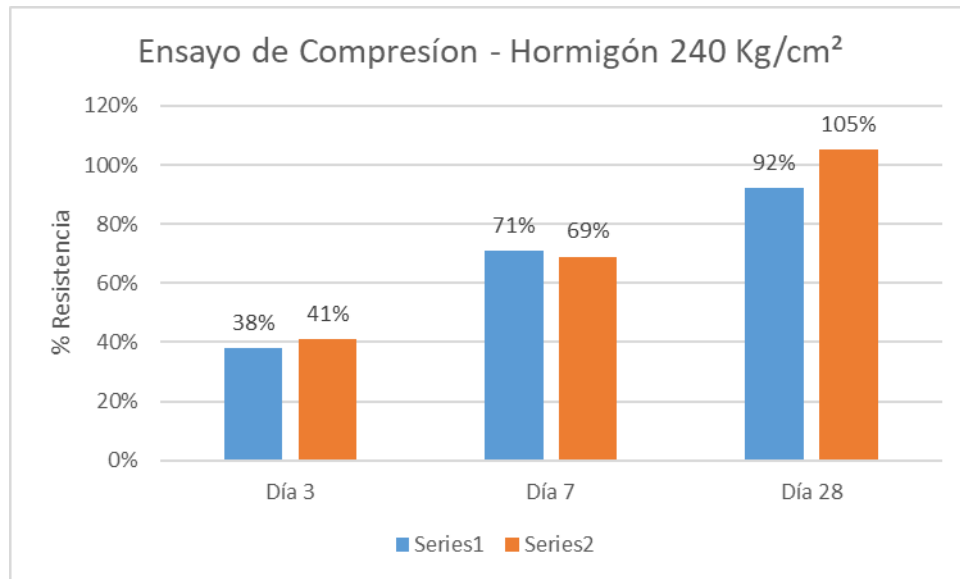
Mediante el ensayo de compresión y la interpretación por medio de los diagramas se puede observar que la dosificación de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 240 210 kg/cm<sup>2</sup> en la mina de Copetó cumplió con la resistencia esperada, mientras que para la mina Brisas del Toachi no cumple con la resistencia deseada. Esto puede ser debido a varios factores los cuales se pudieron verificar mediante los diferentes ensayos realizados a los materiales pétreos de dicha mina. Se observó que el agregado fino de dicha mina tiene una mala granulometría, su módulo de finura es de 2.04 siendo el límite inferior de 2.1, el contenido de impurezas orgánicas es de 4.82 % sobrepasando el límite de 3%, mediante el ensayo de colorimetría se pudo afirmar la presencia de materia orgánica en la arena. Mientras para el agregado grueso podemos decir también que existe una mala granulometría y además de ello se constató que en el ripio existía grandes presencias de material fino. Argumentado y expuesto los factores por el cual la dosificación falló, se procedió a realizar una nueva dosificación para poder obtener datos y valores para el MEE.

**Figura 18.** Comparación de la resistencia a la compresión 210 Kg/cm<sup>2</sup>



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Figura 19.** Comparación de la resistencia a la compresión 240 Kg/cm<sup>2</sup>



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

➤ **Interpretación de resultados**

El resultado obtenido con la nueva dosificación realizada se puede determinar que tiende a haber una mejora en la resistencia a la compresión. Sin embargo, no es la resistencia sé que esperaba, pero con dicha dosificación se pude trabajar como un hormigón de 180 Kg/cm<sup>2</sup>, ya que el promedio del esfuerzo es de 187.90 Kg/cm<sup>2</sup>. Mientras que para la dosificación de 240 Kg/cm<sup>2</sup>, tampoco cumple, pero con esta dosificación se pudo obtener la dosificación de 210 Kg/cm<sup>2</sup> que se deseaba con anterioridad. Y con ello podríamos trabajar para obtener el MEE y obtener una dosificación adecuada.

### 3.1.4 Diseño de mezcla por el Método de Densidad Óptima

#### Mina Brisas del Toachi

##### 1. Parámetros de Diseño

Parámetros de Diseño		Valores
F'c		210 - 240 Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento		10 cm
Relación A/C	210 kg/cm <sup>3</sup>	0.58
	240 kg/cm <sup>3</sup>	0.56
Tipo de Cemento		Hidráulico GU
Cantidad		1 m <sup>3</sup>

##### 2. Datos Requeridos

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Densidad real del cemento	DRC	2.97	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real de la arena	DRA	2.64	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real del ripio	DRR	2.69	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente de la arena (Suelta)	DAA	1.59	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente del ripio (Suelta)	DAR	1.32	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente de la arena (Compactada)	DAA	1.73	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente del ripio (Compactada)	DAR	1.46	gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de finura de la arena	MFA	2.04	%
Porcentaje óptimo de arena	POA	50	%
Porcentaje óptimo del ripio	POR	50	%
Densidad óptima de la mezcla	DOM	1.97	gr/cm <sup>3</sup>
Capacidad de Absorción de la arena	CAA	1.12	%
Capacidad de Absorción del ripio	CAR	1.33	%
Contenido de humedad de la arena	CHA	0.59	%
Contenido de humedad del ripio	CHR	0.95	%

### 3. Resultados de Dosificación

Dosificación para F'c 210 Kg/cm <sup>2</sup>					
Materiales	Cantidad en Kg por m <sup>3</sup> de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en Kg por saco de cemento	Vol Aparente suelto en dm <sup>3</sup> por cada saco de cemento	Dosificación al Vol en obra
W	195.81	0.58	29	-----	29 Litros
C	337.60	1.00	50	-----	1 Sacos
A	911.49	2.70	135.00	84.90	3.1 Cajón
R	928.76	2.75	137.55	104.21	3.9 Cajón

Dosificación para F'c 240 Kg/cm <sup>2</sup>					
Materiales	Cantidad en Kg por m <sup>3</sup> de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en Kg por saco de cemento	Vol Aparente suelto en dm <sup>3</sup> por cada saco de cemento	Dosificación al Vol en obra
W	193.27	0.56	28	-----	28 Litros
C	345.13	1.00	50	-----	1 Sacos
A	911.49	2.64	132.05	83.05	3.1 Cajón
R	928.76	2.69	134.55	101.93	3.8 Cajón

### Mina Copeto

#### 1. Parámetros de Diseño

Parámetros de Diseño		Valores
F'c		210 - 240 Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento		10 cm
Relación A/C	210 kg/cm <sup>3</sup>	0.58
	240 kg/cm <sup>3</sup>	0.56
Tipo de Cemento		Hidráulico GU
Cantidad		1 m <sup>3</sup>

## 2. Datos Requeridos

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Densidad real del cemento	DRC	2.97	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real de la arena	DRA	2.73	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real del ripio	DRR	2.70	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente de la arena (Suelta)	DAA	1.64	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente del ripio (Suelta)	DAR	1.32	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente de la arena (Compactada)	DAA	1.75	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente del ripio (Compactada)	DAR	1.47	gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de finura de la arena	MFA	2.60	%
Porcentaje óptimo de arena	POA	50	%
Porcentaje óptimo del ripio	POR	50	%
Densidad óptima de la mezcla	DOM	1.93	gr/cm <sup>3</sup>
Capacidad de Absorción de la arena	CAA	1.16	%
Capacidad de Absorción del ripio	CAR	1.31	%
Contenido de humedad de la arena	CHA	0.85	%
Contenido de humedad del ripio	CHR	0.89	%

## 3. Resultados de Dosificación

Dosificación para F'c 210 Kg/cm <sup>2</sup>					
Materiales	Cantidad en Kg por m <sup>3</sup> de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en Kg por saco de cemento	Vol Aparente suelto en dm <sup>3</sup> por cada saco de cemento	Dosificación al Vol en obra
W	215.71	0.58	29	-----	29 Litros
C	371.92	1.00	50	-----	1 Sacos
A	899.62	2.42	120.94	76.06	2.8 Cajón
R	889.73	2.39	119.61	90.62	3.4 Cajón



Dosificación para F'c 240 Kg/cm <sup>2</sup>					
Materiales	Cantidad en Kg por m <sup>3</sup> de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en Kg por saco de cemento	Vol Aparente suelto en dm <sup>3</sup> por cada saco de cemento	Dosificación al Vol en obra
W	212.92	0.56	28	-----	28 Litros
C	380.22	1.00	50	-----	1 Sacos
A	899.62	2.37	118.30	74.40	2.8 Cajón
R	889.73	2.34	117.00	88.64	3.3 Cajón

### 3.1.4.1. Ensayos realizados al hormigón dosificado por el método de Densidad Óptima

#### Ensayo del hormigón en estado fresco

**Tabla 32.** Ensayo del hormigón en estado Fresco

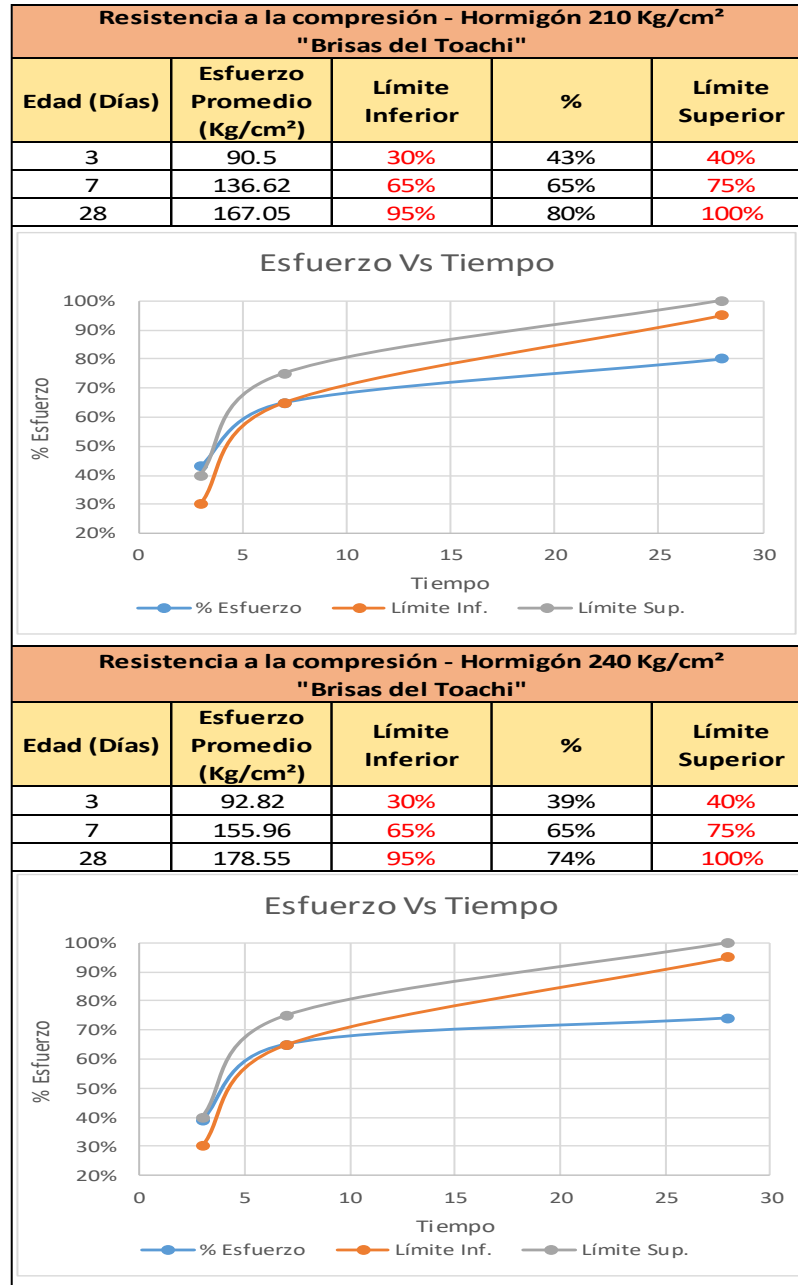
Ensayo del Hormigón en Estado Fresco										
Mina	Código	F. Elaboración	Hora	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Asentamiento (cm)	Consistencia	Trabajabilidad	Homogeneidad	Cont. Aire (%)	Rendimiento
<i>Brisas del Toachi</i>	BT21-1'	7/5/2021	11:30	2367.49	10	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.26%	1.000
	BT21-2'									
	BT21-3'									
	BT24-1'	7/5/2021	16:00	2371.31	9.5	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.31%	1.000
	BT24-2'									
	BT24-3'									
<i>Copeto</i>	CP21-1'	4/6/2021	14:00	2368.98	10	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.34%	1.000
	CP21-2'									
	CP21-3'									
	CP24-1'	11/6/2021	12:00	2374.07	9.5	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.35%	1.000
	CP24-2'									
	CP24-3'									

Realizado por: Víctor Chacón S.

## Ensayo del hormigón en estado endurecido

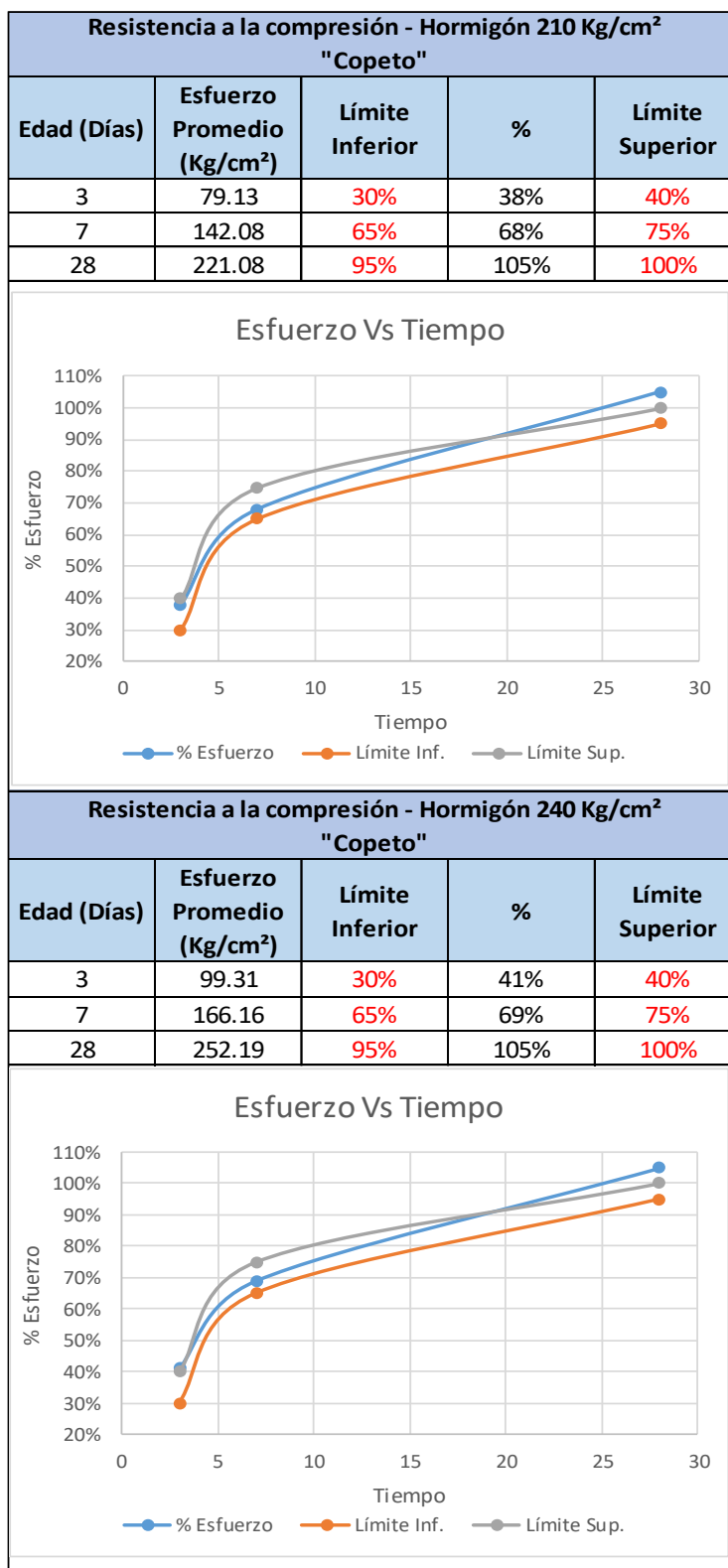
Determinación de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico; NTE INEN 1573.

**Tabla 33.** Ensayo de compresión: Edad Vs Días



Realizado por: Víctor Chacón S.

**Tabla 34.** Ensayo de compresión: Edad Vs Días



Realizado por: Víctor Chacón S.

### 3.1.5 Determinación del módulo de elasticidad estático (MEE) del hormigón

El módulo de elasticidad estático para los cilindros elaborados con materiales de la ciudad de Santo Domingo es obtenido mediante el ensayo de laboratorio expuesto en la normativa ASTM C469-02, en el cual podemos obtener formulas expresadas en dicha normativa, para el cual vamos a obtener los valores para las minas a estudio.

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

E= Módulo de elasticidad secante, en MPa

S<sub>2</sub> = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S<sub>1</sub> = Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal E<sub>1</sub>, de la millonésima, en MPa.

E<sub>2</sub> = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo S<sub>2</sub>.

### CÁLCULOS

#### DATOS:

Esfuerzo Máx. = 18.43 Mpa

S<sub>2</sub> = 7.37 Mpa

S<sub>1</sub> = 3.4981 Mpa

E<sub>2</sub> = 0.0002665

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E = \frac{7.37 \text{ MPa} - 3.4981 \text{ MPa}}{0.0002665 - 0.00005}$$

$$E = 17893.1 \text{ MPa}$$

## Factores locales **Ka** y **Kb**

A continuación, se procede a realizar el cálculo para los factores **Ka** y **Kb**, los cuales están relacionados con el módulo de elasticidad estático, peso específico y resistencia a la compresión del hormigón.

### 1. Peso unitario (**wc**) entre 1440 y 2560 Kg/m<sup>3</sup>

$$Ec = wc^{1.5} * 0.14 * \sqrt{f'c} \quad \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

$$Ec = wc^{1.5} * \mathbf{Ka} * \sqrt{f'c}$$

$$\mathbf{Ka} = \frac{Ec}{wc^{1.5} * \sqrt{f'c}}$$

### 2. Para hormigones de peso normal

$$Ec = 15100 * \sqrt{f'c} \quad \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

$$Ec = \mathbf{Kb} * \sqrt{f'c}$$

$$\mathbf{Kb} = \frac{Ec}{\sqrt{f'c}}$$

Donde:

$E_c$  = Módulo de elasticidad estático experimental del hormigón

$f'c$  = Resistencia a la compresión del hormigón.

$wc$  = Peso unitario del hormigón por el método gravimétrico.

**Tabla 35.** Módulo de elasticidad estático perteneciente a la mina Brisas del Toachi

<b>Módulo de elasticidad estático y Factores (Ka, Kb) para la mina Brisas del Toachi F'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>												
<b>Ensayado por</b>		Víctor Chacón Santos			<b>Normativa</b>			ASTM C-469				
<b>Fecha de Ensayo</b>		12/07/2021			<b>Edad</b>			28 días				
<b>Resistencia (MPa)</b>		18.43			<b>40% Resistencia (MPa)</b>			7.37				
<b>Nº</b>	<b>DATOS</b>			<b>LECTURA</b>		<b>MEE (Mpa)</b>	<b>MEE (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>FACTORES (MPa)</b>		<b>FACTORES (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
	<b>φ (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>W (Kg)</b>	<b>S1 (MPa)</b>	<b>e1x10E-4</b>				<b>Ka</b>	<b>Kb</b>	<b>Ka</b>	<b>Kb</b>
1	10.1	20.3	3.8300	3.4981	2.665E-04	17893.10	182459.51	2437.94	0.0346	4167.954	0.111	13309.55
2	10.1	20.3	3.8430	3.5013	2.670E-04	17841.62	181934.52	2446.21	0.0344	4155.961	0.110	13271.25
3	10.1	20.4	3.8440	3.4737	2.651E-04	18120.06	184773.89	2446.85	0.0349	4220.822	0.111	13478.37
4	10.1	20.4	3.8300	3.4885	2.662E-04	17966.50	183208.04	2437.94	0.0348	4185.053	0.111	13364.15
5	10.1	20.3	3.8160	3.5865	2.644E-04	17656.25	180044.31	2429.03	0.0344	4112.783	0.110	13133.37
6	10.1	20.3	3.8640	3.4995	2.675E-04	17808.69	181598.79	2459.58	0.0340	4148.292	0.109	13246.76
7	10.1	20.4	3.8345	3.5797	2.620E-04	17887.43	182401.71	2440.80	0.0346	4166.634	0.110	13305.33
8	10.1	20.4	3.8400	3.5897	2.673E-04	17408.52	177518.20	2444.30	0.0336	4055.079	0.107	12949.10
9	10.1	20.3	3.8210	3.5765	2.634E-04	17783.16	181338.45	2432.21	0.0345	4142.345	0.110	13227.77
<b>PROMEDIO</b>						<b>17818.37</b>	<b>181697.49</b>	<b>2441.65</b>	<b>0.0344</b>	<b>4150.547</b>	<b>0.110</b>	<b>13253.964</b>

**Realizado por:** Víctor Chacón Santos

**Tabla 36.** Módulo de elasticidad estático perteneciente a la mina Brisas del Toachi

Módulo de elasticidad estático y Factores (Ka, Kb) para la mina Brisas del Toachi												F'c = 240 Kg/cm <sup>2</sup>	
Ensayado por		Víctor Chacón Santos			Normativa			ASTM C-469					
Fecha de Ensayo		14/07/2021			Edad			28 días					
Resistencia (MPa)		21.699			40% Resistencia (MPa)			8.68					
Nº	DATOS			LECTURA		MEE (Mpa)	MEE (Kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	FACTORES (MPa)		FACTORES (Kg/cm <sup>2</sup> )		
	φ (cm)	h (cm)	W (Kg)	S1 (MPa)	e1x10E-4				Ka	Kb	Ka	Kb	
1	10.1	20.3	3.838	3.9595	2.932E-04	19408.47	197912.06	2443.03	0.0345	4166.501	0.110	13304.91	
2	10.1	20.3	3.815	3.9697	2.920E-04	19461.34	198451.23	2428.39	0.0349	4177.851	0.111	13341.16	
3	10.1	20.4	3.834	3.9641	2.886E-04	19767.34	201571.56	2440.48	0.0352	4243.542	0.112	13550.92	
4	10.1	20.4	3.834	3.9320	2.888E-04	19885.33	202774.66	2440.48	0.0354	4268.870	0.113	13631.80	
5	10.1	20.3	3.831	3.9402	2.976E-04	19139.42	195168.54	2438.57	0.0341	4108.743	0.109	13120.47	
6	10.1	20.3	3.822	3.9210	2.895E-04	19873.04	202649.39	2432.85	0.0356	4266.232	0.114	13623.38	
7	10.1	20.4	3.851	3.9699	2.924E-04	19431.42	198146.06	2451.30	0.0344	4171.427	0.110	13320.64	
8	10.1	20.4	3.864	3.9406	2.917E-04	19607.96	199946.34	2459.58	0.0345	4209.327	0.110	13441.67	
9	10.1	20.3	3.829	3.9509	2.988E-04	19009.69	193845.59	2437.30	0.0339	4080.892	0.108	13031.54	
<b>PROMEDIO</b>						<b>19509.34</b>	<b>198940.60</b>	<b>2441.33</b>	<b>0.0347</b>	<b>4188.154</b>	<b>0.111</b>	<b>13374.055</b>	

Realizado por: Víctor Chacón Santos

**Tabla 37.** Módulo de elasticidad estático perteneciente a la mina Copeto

<b>Módulo de elasticidad estático y Factores (Ka, Kb) para la mina Copeto F'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>												
<b>Ensayado por</b>		Víctor Chacón Santos			<b>Normativa</b>		ASTM C-469					
<b>Fecha de Ensayo</b>		13/07/2021			<b>Edad</b>		28 días					
<b>Resistencia (MPa)</b>		21.68			<b>40% Resistencia (MPa)</b>		8.67					
<b>Nº</b>	<b>DATOS</b>			<b>LECTURA</b>		<b>MEE (Mpa)</b>	<b>MEE (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>FACTORES (MPa)</b>		<b>FACTORES (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
	<b>φ (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>W (Kg)</b>	<b>S1 (MPa)</b>	<b>e1x10E-4</b>				<b>Ka</b>	<b>Kb</b>	<b>Ka</b>	<b>Kb</b>
1	10.1	20.3	3.8320	3.2584	3.108E-04	20757.52	211668.62	2439.21	0.0370	4458.060	0.118	14235.95
2	10.1	20.3	3.8140	3.2153	3.102E-04	20971.43	213849.82	2427.75	0.0377	4503.999	0.120	14382.65
3	10.1	20.4	3.8290	3.3052	3.298E-04	19178.62	195568.25	2437.30	0.0342	4118.962	0.109	13153.10
4	10.1	20.4	3.8170	3.2242	3.292E-04	19512.34	198971.27	2429.66	0.0350	4190.635	0.112	13381.98
5	10.1	20.3	3.8330	3.1584	3.196E-04	20449.63	208528.98	2439.85	0.0364	4391.934	0.116	14024.79
6	10.1	20.3	3.7960	3.3779	3.015E-04	21048.39	214634.60	2416.30	0.0381	4520.528	0.122	14435.43
7	10.1	20.4	3.7850	3.1347	3.195E-04	20548.30	209535.10	2409.29	0.0373	4413.125	0.119	14092.46
8	10.1	20.4	3.8070	3.2564	3.199E-04	20063.72	204593.79	2423.30	0.0361	4309.053	0.115	13760.12
9	10.1	20.3	3.8070	3.2088	3.012E-04	21748.52	221773.96	2423.30	0.0392	4670.894	0.125	14915.59
<b>PROMEDIO</b>						<b>20475.39</b>	<b>208791.60</b>	<b>2427.33</b>	<b>0.0368</b>	<b>4397.466</b>	<b>0.117</b>	<b>14042.451</b>

**Realizado por:** Víctor Chacón Santos



**Tabla 38.** Módulo de elasticidad estático perteneciente a la mina Copeto

<b>Módulo de elasticidad estático y Factores (Ka, Kb) para la mina Copeto <math>F^1c = 240 \text{ Kg/cm}^2</math></b>												
<b>Ensayado por</b>		Víctor Chacón Santos			<b>Normativa</b>			ASTM C-469				
<b>Fecha de Ensayo</b>		15/07/2021			<b>Edad</b>			28 días				
<b>Resistencia (MPa)</b>		24.73			<b>40% Resistencia (MPa)</b>			9.89				
<b>Nº</b>	<b>DATOS</b>			<b>LECTURA</b>		<b>MEE (Mpa)</b>	<b>MEE (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>FACTORES (MPa)</b>		<b>FACTORES (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
	<b>φ (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>W (Kg)</b>	<b>S1 (MPa)</b>	<b>e1x10E-4</b>				<b>Ka</b>	<b>Kb</b>	<b>Ka</b>	<b>Kb</b>
1	10.1	20.3	3.8210	3.7096	3.298E-04	22092.62	225282.91	2432.21	0.0370	4442.580	0.118	14186.51
2	10.1	20.3	3.8320	3.6950	3.299E-04	22140.05	225766.52	2439.21	0.0370	4452.117	0.118	14216.97
3	10.1	20.4	3.8260	3.6917	3.302E-04	22131.34	225677.65	2435.39	0.0370	4450.364	0.118	14211.37
4	10.1	20.4	3.8230	3.6802	3.317E-04	22051.00	224858.46	2433.48	0.0369	4434.210	0.118	14159.79
5	10.1	20.3	3.8320	3.6266	3.389E-04	21687.04	221147.05	2439.21	0.0362	4361.021	0.116	13926.07
6	10.1	20.3	3.8290	3.6658	3.321E-04	22070.94	225061.75	2437.30	0.0369	4438.219	0.118	14172.59
7	10.1	20.4	3.8340	3.6117	3.344E-04	22081.70	225171.47	2440.48	0.0368	4440.382	0.118	14179.50
8	10.1	20.4	3.8320	3.8792	3.191E-04	22344.45	227850.83	2439.21	0.0373	4493.219	0.119	14348.22
9	10.1	20.3	3.8280	3.7485	3.310E-04	21861.44	222925.46	2436.66	0.0365	4396.091	0.117	14038.06
<b>PROMEDIO</b>						<b>22051.17</b>	<b>224860.23</b>	<b>2437.02</b>	<b>0.0369</b>	<b>4434.245</b>	<b>0.118</b>	<b>14159.898</b>

**Realizado por:** Víctor Chacón Santos

En las tablas 36 se presentan los factores locales para las minas Brisas del Toachi y Copeto correspondientes, obtenidos mediante la experimentación y en la tabla 37 se presenta la propuesta de los factores locales redondeados  $K_a$  y  $K_b$  para las minas de estudio.

**Tabla 39.** Factores locales para el MEE experimental del hormigón.

MINA	CODIGO	FACTORES			
		Ec en Mpa		Ec en Kg/cm <sup>2</sup>	
		Ka	Kb	Ka	Kb
BRISAS DEL TOACHI	BT18	0.0344	4150.547	0.110	13253.964
	BT21	0.0347	4188.154	0.111	13374.055
COPETO	CP21	0.0368	4397.466	0.117	14042.451
	CP24	0.0369	4434.245	0.118	14159.898

**Realizado por:** Víctor Chacón Santos

**Tabla 40.** Propuesta de factores locales para el MEE experimental del hormigón

MINA	$E_c = w^{1.5} * 0.043 * \sqrt{f_c}$ (MPa)		$E_c = 4700 * \sqrt{f_c}$ (MPa)	
	$E_c = w^{1.5} * 0.043 * \sqrt{f_c}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )		$E_c = 15100 * \sqrt{f_c}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	Factor Ka		Factor Kb	
	Ka (Mpa)	Ka (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kb (Mpa)	Kb (Kg/cm <sup>2</sup> )
BRISAS DEL TOACHI	0.035	0.110	4200	13300
COPETO	0.037	0.118	4400	14100

**Realizado por:** Víctor Chacón Santos

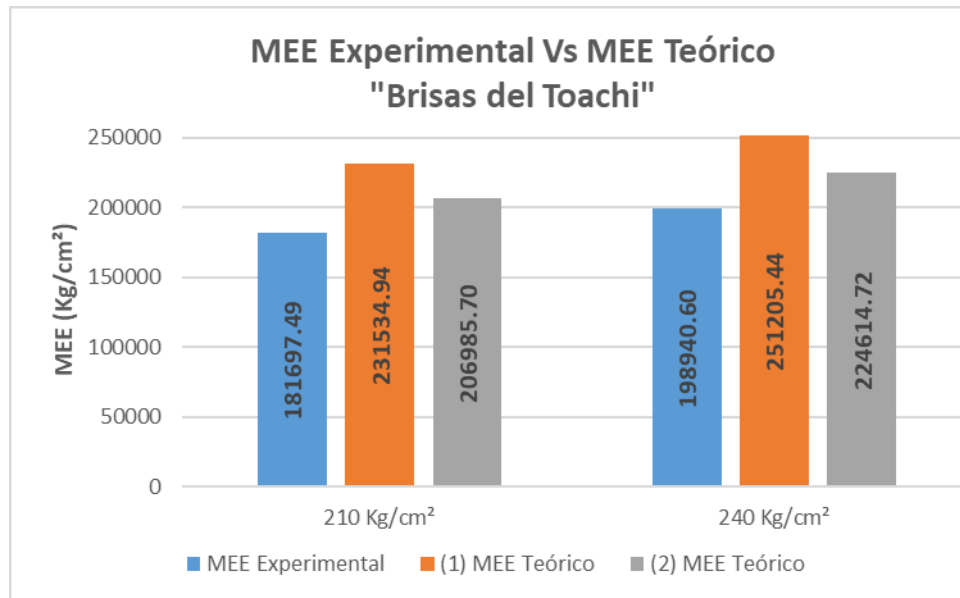
### 3.1.5.1 Comparación del MEE experimental con el MEE teórico ACI 318-14

**Tabla 41.** Análisis comparativo del MEE experimental Vs MEE teórico

Mina	Código	MEE EXPERIMENTAL			MEE TEÓRICO ACI 318-14			
		Promedio F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Promedio MEE Experimental ASTM C496-02 (Kg/cm <sup>2</sup> )	(1) Wc entre 1440 y 2560 Kg/m <sup>3</sup>	% Variación	(2) Concreto de peso normal	% Variación
Brisas del Toachi	BT21	187.9	2441.65	181697.49	231534.94	22%	206985.70	12%
	BT24	221.27	2441.33	198940.60	251205.44	21%	224614.72	11%
Copeto	CP21	221.08	2427.33	208791.60	248940.75	16%	224518.26	7%
	CP24	252.19	2437.02	224860.23	267473.41	16%	239795.42	6%

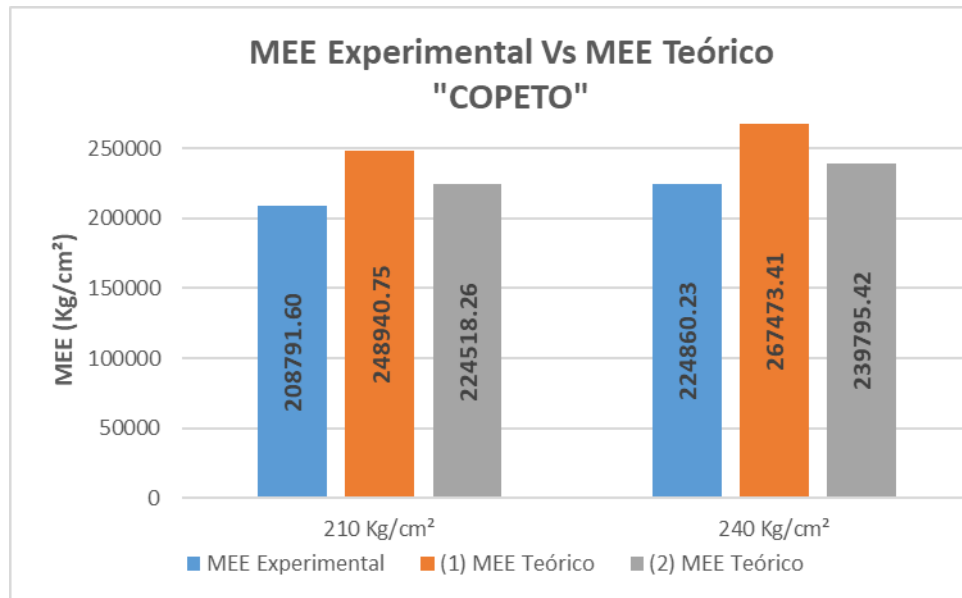
**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Figura 20.** Comparación MEE experimental Vs MEE Teórico



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

**Figura 21.** Comparación MEE experimental Vs MEE Teórico



**Realizado por:** Víctor Chacón S.

### **3.1.6 Verificación de Hipótesis**

Los resultados obtenidos por medio de la experimentación siguiendo la normativa ASTM C469 y los ensayos con normativa NTE INEN para los materiales pétreos de las minas Brisas del Toachi y Copeto, para la determinación de las características físico - mecánicas el módulo de elasticidad experimental del hormigón se obtuvo valores menores al 18% con respecto a la Mina Copeto y 14% en la Mina Brisas del Toachi, estos resultados fueron comparados con lo expuesto por la normativa ACI 318-14.

Dicho esto, se afirma que el uso de los agregados pétreos de las minas Brisas del Toachi y Copeto para la elaboración del hormigón influye directamente en el módulo de elasticidad estático.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Se determinó las propiedades físico – mecánicas mediante el uso de la normativa NTE INEN 872 de los agregados pétreos para la elaboración del hormigón, donde se obtuvieron los siguientes resultados; la mina “Brisas del Toachi” no cumple con la granulometría tanto para los áridos finos y gruesos, con un módulo de finura la arena inferior al límite establecido de 2.1 cuyo valor es obtenido es de 2.04, la densidad relativa para la arena 2.64 gr/cm<sup>3</sup> y de ripio es de 2.69 gr/cm<sup>3</sup>, capacidad de absorción para la arena de 1.12% y para el ripio de 1.33%, densidad aparente suelta de la arena es de 1.59 gr/cm<sup>3</sup> y de ripio es de 1.32 gr/cm<sup>3</sup>, densidad aparente compactada de la arena es de 1.73 gr/cm<sup>3</sup> y de ripio es de 1.46 gr/cm<sup>3</sup>, una abrasión al desgaste de 24.84%. Mientras que para la mina “Copeto” cumple con la granulometría tanto para los áridos finos y gruesos, con un módulo de finura de la arena de 2.60, la densidad relativa para la arena 2.73 gr/cm<sup>3</sup> y de ripio es de 2.70 gr/cm<sup>3</sup>, capacidad de absorción para la arena de 1.16% y para el ripio de 1.31%, densidad aparente suelta de la arena es de 1.64 gr/cm<sup>3</sup> y de ripio es de 1.32 gr/cm<sup>3</sup>, densidad aparente compactada de la arena es de 1.75 gr/cm<sup>3</sup> y de ripio es de 1.47 gr/cm<sup>3</sup>, una abrasión al desgaste de 22.49%.
- Se realizó el diseño del concreto estructural haciendo uso del método de densidades óptimas. Donde se obtuvo para la mina “Brisas del Toachi” la siguiente dosificación para un metro cúbico: 195.81 litros de agua, 337.60 kg de cemento, 911.49 Kg de arena y 928.76 Kg de ripio para un hormigón de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y para un hormigón de 240 Kg/cm<sup>2</sup> se usó 193.27 litros de agua, 345.13 kg de cemento, 911.49 Kg de arena y 928.76 Kg, cabe recalcar que con dicha dosificación no se

obtuvo la resistencia deseada llegando a un máximo de 80% y 74% respectivamente. Mientras que para la mina “Copeto” se determinó la siguiente dosificación para un metro cúbico: 215.71 litros de agua, 371.92 kg de cemento, 899.62 Kg de arena y 889.73 Kg de ripio para un hormigón de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y para un hormigón de 240 Kg/cm<sup>2</sup> se usó 212.92 litros de agua, 380.22 kg de cemento, 899.62 Kg de arena y 889.73 Kg, con dicha dosificación se obtuvo una resistencia mayor a la deseada con un 105%.

- Se propone el uso de los valores de 0.110 y 0.118, para hormigones con peso unitario entre 1140 y 2560 kg/cm<sup>2</sup>, valores 13300 y 14100 para concreto normal, que fueron obtenidos mediante la experimentación con los agregados pétreos de las minas “Brisas del Toachi” y “Copeto”, reemplazar los factores de las ecuaciones que nos ofrece la normativa ACI 318-14 para el cálculo del MEE:

$$E_c = w^{1.5} * 0.14 * \sqrt{f_c} \left( \frac{kg}{cm^2} \right) \quad \text{y} \quad E_c = 15100 * \sqrt{f_c} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

respectivamente.

- Se propone uso de los valores de 0.035 y 0.037, para hormigones con peso unitario entre 1140 y 2560 kg/cm<sup>2</sup>, valores de 4200 y 4400 para concreto normal, que fueron obtenidos mediante la experimentación con los agregados pétreos de las minas “Brisas del Toachi” y “Copeto”, reemplazar los factores de las ecuaciones que nos ofrece la normativa ACI 318-14 para el cálculo del MEE:

$$E_c = w^{1.5} * 0.043 * \sqrt{f_c} (MPa) \quad \text{y} \quad E_c = 4700 * \sqrt{f_c} (MPa)$$

respectivamente.

- Se comparó los resultados del MEE obtenidos mediante la experimentación con el expuesto en la normativa ACI 318-14, donde se puede verificar para la mina

“Brisas de Toachi” existe una diferencia de 22 % y 21% para hormigones con peso unitario entre 1140 y 2560 kg/cm<sup>2</sup>, resultados del 12% y 11% para hormigón de peso normal, con una dosificación de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 240 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Mientras que para la mina “Copeto” existe una diferencia de 16% para hormigones con peso unitario entre 1140 y 2560 kg/cm<sup>2</sup>, y un valor del 7% para una dosificación de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 6% para una dosificación de 240 kg/cm<sup>2</sup> para hormigón de peso normal.

- Se concluye que el módulo de elasticidad estático del hormigón depende fundamentalmente de las características físicas y mecánicas que poseen los agregados pétreos, ya que dichos materiales tienen un comportamiento distinto al ser mezclados y utilizados para la elaboración del hormigón.

## **4.2 Recomendaciones**

- ✓ Para la mina “Brisas del Toachi” se recomienda verificar el estado de las mallas para cribar el material con un adecuado procedimiento de control de calidad, observar que los revestimientos laterales no se encuentren desgastados y asegurarse que tenga una tensión y soporte adecuado.
- ✓ Se recomienda hacer uso del Anexo 4 donde se propone una dosificación experimental para la elaboración de hormigones con una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 240 Kg/cm<sup>2</sup> haciendo uso de los materiales pétreos de las minas “Brisas del Toachi” y “Copeto”.



- ✓ Se sugiere sustituir los factores locales dados por la normativa ACI 318-14 con los valores obtenidos mediante la experimentación para el cálculo del MEE expuestos en la tabla 37.
  
- ✓ Se recomienda un nuevo estudio del MEE con otras minas que no sean aledañas a las ya estudiadas, para verificar los factores locales obtenidos por medio de la experimentación debido a que el MEE varía dependiendo de las características físicas mecánicas de los agregados pétreos y con ello asegurar un adecuado cálculo del módulo de elasticidad estático para la ciudad de Santo Domingo de los Colorados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Á. Nistal Cordero, M. Retana Maqueda, and T. Ruiz Abrio, “EL HORMIGÓN: HISTORIA, ANTECEDENTES EN OBRAS Y FACTORES INDICATIVOS DE SU RESISTENCIA.,” *Revista Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*, vol. 10, no. 10, pp. 1–16, 2012.
- [2] J. Toirac Corral, “LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN, CONDICIÓN NECESARIA PERO NO SUFICIENTE PARA EL LOGRO DE LA DURABILIDAD DE LAS OBRAS,” *Cienc. y Soc.*, vol. 34, pp. 463–504, 2009.
- [3] J. Chan Yam, R. Solis Carcaño, and E. Moreno, “Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto,” *Ing. Rev. académica*, vol. 7, no. 2, pp. 39–46, 2003.
- [4] S. Herrería Cisneros and V. D. Fausto, “MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y CURVAS DE ESFUERZO DEFORMACIÓN, EN BASE A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN A 21, 28, 35 MPA,” Escuela Politécnica del Ejército, 2008.
- [5] E. Bruno Castillo and J. Peralta López, “DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO CHIMBOTE,” Universidad Nacional del Santa, 2014.
- [6] D. Ferreira Cuellar and K. Torres López, “CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE AGREGADOS PETREOS PARA CONCRETOS CASO: CANTERA DROMOS (MOSQUERA) Y MINA CEMEX (APULO),” UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, 2014.
- [7] L. Cala Cristancho, “OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y LA RELACIÓN DE POISSON PARA EN CONCRETOS DE 21 Y 28 MPA EN SEIS DIFERENTES OBRAS UBICADAS EN LA ZONA OCCIDENTAL DE BOGOTA,” UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA, 2015.
- [8] ACI 318-14, “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario.” pp. 1–592, 2014.
- [9] Norma Ecuatoriana de la Construcción, “ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN,” in *NEC-SE-HM*, 2015, pp. 1–122.

- [10] A. Padilla Rodríguez, “Materiales Básicos,” in *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante ensayos de pista*, 2004, pp. 4–38.
- [11] N. de J. Alvarado Alcaraz, “Influencia de la Morfología de Pétreos: Volcánicos, Triturados y Cantos Rodados; correlacionando matemáticamente los Módulos de Elasticidad, Estático y Dinámico, en cilindros de concreto de 10cm x 20cm,” 2010.
- [12] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 872, pp. 1–19, 2011.
- [13] S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Pnarese, and J. Tanesi, *DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO*. 2004.
- [14] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS FINO Y GRUESO,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 696, pp. 1–12, 2011.
- [15] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 862, pp. 1–8, 2011.
- [16] J. Serpa Bojorque and D. Vázquez Maita, “Determinación del módulo de elasticidad y la resistencia a compresión del hormigón en función de la variabilidad y caracterización de los agregados.,” UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2018.
- [17] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “CEMENTOS HIDRÁULICOS COMPUESTOS. REQUISITOS,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 490, pp. 1–17, 2011.
- [18] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “CEMENTOS HIDRÁULICOS. REQUISITOS DE DESEMPEÑO PARA CEMENTOS HIDRÁULICOS.,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 2380, pp. 1–11, 2011.
- [19] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. AGUA PARA MEZCLA. REQUISITOS,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 2617, pp. 1–10, 2012.
- [20] D. Sánchez de Guzmán, *Tecnología del Concreto y del Mortero*. 2001.
- [21] S. Medina, “Homigón,” *Univ. Técnica Ambato*, 2014.
- [22] M. Romo Proaño, “DISEÑO EN HORMIGÓN ARMADO,” *Esc. Politécnica del*

*Ejército*, pp. 1–584, 2015.

- [23] A. H. Nilson, *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO*. 201AD.
- [24] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 156, pp. 1–9, 2009.
- [25] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “ÁRIDOS MUESTREO,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 695, pp. 1–12, 2010.
- [26] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “ÁRIDOS. REDUCCIÓN DE MUESTRAS A TAMAÑO DE ENSAYOS,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 2566, pp. 1–9, 2010.
- [27] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “HORMIGÓN Y ÁRIDOS PARA ELABORAR HORMIGÓN. TERMINOLOGÍA,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 694, pp. 1–11, 2010.
- [28] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 856, pp. 1–15, 2010.
- [29] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 857, pp. 1–14, 2010.
- [30] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTICULAS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. INEN 860, pp. 1–10, 2011.

## ANEXOS

### Anexo 1. Resultados de ensayos realizados

a) Determinación de la densidad del cemento. (NORMA NTE INEN 156)

Densidad del cemento "METODO DEL PICNOMETRO"					
ENSAYADO POR			Víctor Steve Chacón Santos		
NORMA	NTE INEN 156		F. Muestreo:	4/5/2021	
			F. Ensayo:	4/5/2021	
DESCRIPCIÓN		ENSAYO		Unidad	
		I	II		
	Masa del cemento		64.00	70.00	gr
A	Masa del picnómetro vacío		150.10	150.10	gr
B	Masa del picnómetro + cemento		214.10	220.10	gr
C	Masa del picnómetro + cemento + gasolina		564.30	568.70	gr
D	Masa del picnómetro + 500 cm <sup>3</sup> de gasolina		516.10	515.90	gr
	Masa de la gasolina desplazada (D-A) -(C-B)		15.80	17.20	gr
	Densidad de la gasolina (D-A) / 500 (cm <sup>3</sup> )		0.73	0.73	gr/cm <sup>3</sup>
	Volumen del líquido desplazado = (Masa de la gasolina desplazada)/(densidad de la gasolina )		21.58	23.51	cm <sup>3</sup>
	Densidad del cemento= ( masa del cemento) / (Volumen del líquido desplazado)		<b>2.965</b>	<b>2.977</b>	gr/cm <sup>3</sup>
<b>PROMEDIO</b>			<b>2.971</b>		gr/cm <sup>3</sup>


- b) Material más fino que pasa el tamiz con abertura de 75 µm (N° 200), mediante lavado. (NORMA NTE INEN 967)

<b>Material más fino que pasa el tamiz #200</b>			
<b>ENSAYADO POR</b>	Víctor Steve Chacón Santos		
<b>NORMA</b>	NTE INEN 967	<b>F. Muestreo:</b>	19/3/2021
<b>MINA</b>	Brisas del Toachi	<b>F. Ensayo:</b>	23/3/2021
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>		
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Masa seca original de la muestra (gr)	500	500	500
Masa seca de la muestra luego del lavado. (gr)	476.6	475.3	475.8
% de material más fino que pasa el tamiz N° 200 (%)	4.68	4.94	4.84
Promedio del material más fino que el tamiz N° 200 (%)	<b>4.82</b>		

<b>Material más fino que pasa el tamiz #200</b>			
<b>ENSAYADO POR</b>	Víctor Steve Chacón Santos		
<b>NORMA</b>	NTE INEN 967	<b>F. Muestreo:</b>	19/3/2021
<b>MINA</b>	Copeto	<b>F. Ensayo:</b>	23/3/2021
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>		
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Masa seca original de la muestra (gr)	500	500	500
Masa seca de la muestra luego del lavado. (gr)	484.4	485	483.9
% de material más fino que pasa el tamiz N° 200 (%)	3.12	3.00	3.22
Promedio del material más fino que el tamiz N° 200 (%)	<b>3.11</b>		

- c) Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino. (NORMA NTE INEN 855)

ENSAYO DE COLORIMETRÍA			
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos	
<b>ORIGEN:</b>	Brisas del Toachi	<b>F. MUESTREO:</b>	22/3/2021
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 855	<b>F. ENSAYO</b>	23/3/2021
<b>N° COMPARADOR:</b>			
3			
<b>ESCALA GARDNER:</b>			
11			
<b>COLOR:</b>			
Color anaranjado claro			
<b>CONTENIDO ORGÁNICO:</b>			
Aceptable			
<b>PROPIEDAD ASTM C40:</b>			
Agregado fino de buena calidad contiene poca cantidad de materia orgánica.			

ENSAYO DE COLORIMETRÍA			
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos	
<b>ORIGEN:</b>	Copeto	<b>F. MUESTREO:</b>	22/3/2021
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 855	<b>F. ENSAYO</b>	23/3/2021
<b>N° COMPARADOR:</b>			
3			
<b>ESCALA GARDNER:</b>			
11			
<b>COLOR:</b>			
Color anaranjado oscuro			
<b>CONTENIDO ORGÁNICO:</b>			
Aceptable			
<b>PROPIEDAD ASTM C40:</b>			
Agregado fino de buena calidad contiene poca cantidad de materia orgánica.			

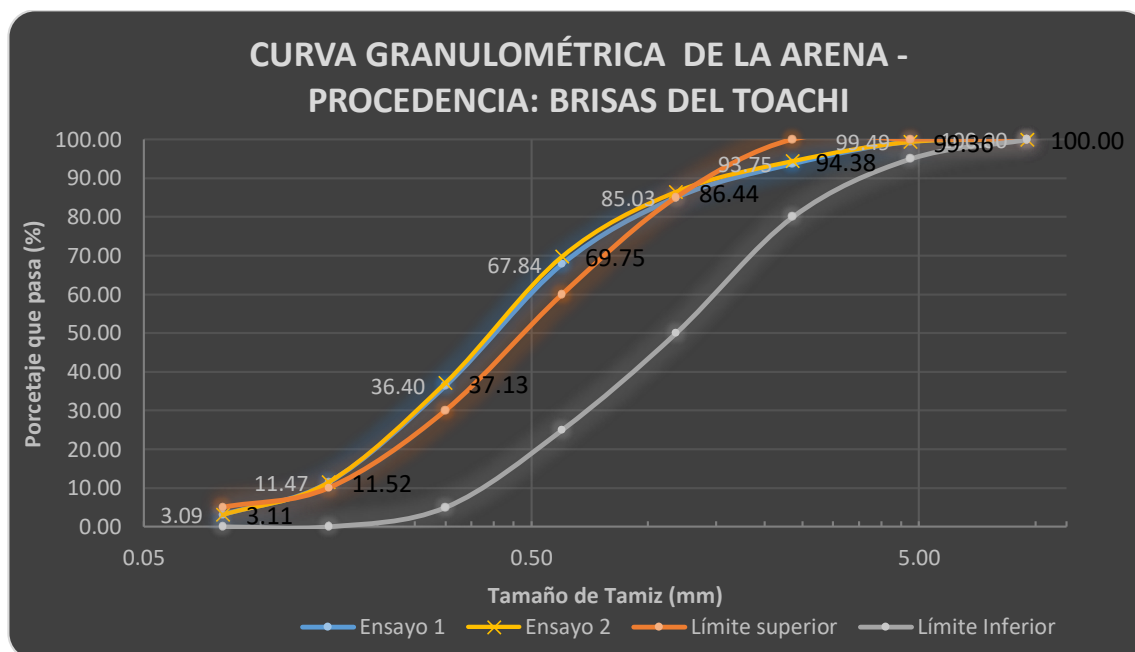


d) Análisis granulométrico en el árido fino. (NORMA NTE INEN 696)

**MINA:** Brisas del Toachi

<b>Ensayo de Granulometría</b>							
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos					
<b>ORIGEN:</b>	Brisas del Toachi	<b>F. MUESTREO:</b>		23/3/2021			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 696	<b>F. ENSAYO</b>		24/3/2021			
<b>ENSAYO N° 1</b>							
<b>Tabla 1: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO</b>					<b>PROCEDENCIA: Brisas del toachi</b>		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% Retenido	% Pasa	Límites Específicos	
		Parcial	Acumulado			Desde	Hasta
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	3.60	3.60	0.51	99.49	95	100
N° 8	2.36	40.10	43.70	6.25	93.75	80	100
N° 16	1.18	61.00	104.70	14.97	85.03	50	85
N° 30	0.60	120.20	224.90	32.16	67.84	25	60
N° 50	0.30	219.90	444.80	63.60	36.40	5	30
N° 100	0.15	174.40	619.20	88.53	11.47	0	10
N° 200	0.08	58.60	677.80	96.91	3.09	0	5
Bandeja		21.60	699.40	100.00			
<b>Masa Inicial</b>	<b>700</b>		<b>Σ % ret.acum</b>	<b>206.02</b>			
<b>% ERROR</b>	<b>0.09%</b>		<b>M.F</b>	<b>2.06</b>			
<b>El error es &lt;0.3%</b>							

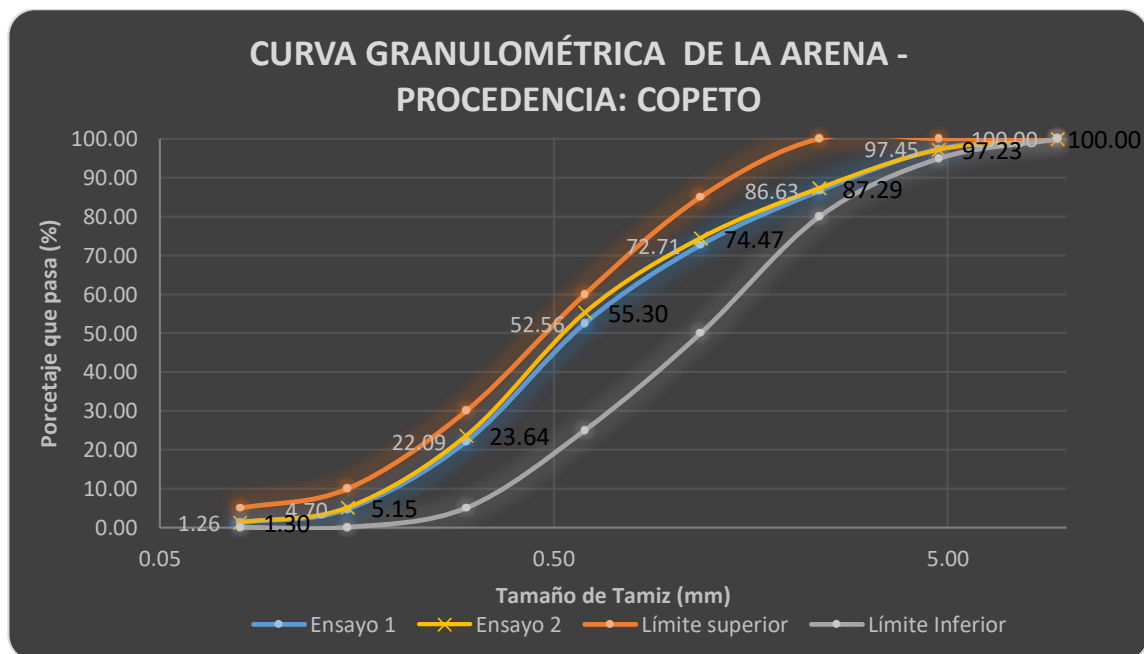
Ensayo de Granulometría							
ENSAYADO POR:		Víctor Steve Chacón Santos					
ORIGEN:	Brisas del Toachi	F. MUESTREO:		23/3/2021			
NORMA:	NTE INEN 696	F. ENSAYO		24/3/2021			
ENSAYO N° 2							
Tabla 1: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO					PROCEDENCIA: Brisas del Toachi		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% Retenido	% Pasa	Límites Específicos	
		Parcial	Acumulado			Desde	Hasta
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	4.50	4.50	0.64	99.36	95	100
N° 8	2.36	34.80	39.30	5.62	94.38	80	100
N° 16	1.18	55.60	94.90	13.56	86.44	50	85
N° 30	0.60	116.80	211.70	30.25	69.75	25	60
N° 50	0.30	228.30	440.00	62.87	37.13	5	30
N° 100	0.15	179.30	619.30	88.48	11.52	0	10
N° 200	0.08	58.80	678.10	96.89	3.11	0	5
Bandeja		21.80	699.90	100.00			
Masa Inicial	700		Σ % ret.acum	201.41			
% ERROR	0.01%		M.F	2.01			
El error es <0.3%							



MINA: Copeto

<b>Ensayo de Granulometría</b>							
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos					
<b>ORIGEN:</b>	Copeto	<b>F. MUESTREO:</b>		23/3/2021			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 696	<b>F. ENSAYO</b>		24/3/2021			
<b>ENSAYO N° 1</b>							
<b>Tabla 1: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO</b>					<b>PROCEDENCIA: Copeto</b>		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% Retenido	% Pasa	Límites Específicos	
		Parcial	Acumulado			Desde	Hasta
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	17.80	17.80	2.55	97.45	95	100
N° 8	2.36	75.70	93.50	13.37	86.63	80	100
N° 16	1.18	97.40	190.90	27.29	72.71	50	85
N° 30	0.60	140.90	331.80	47.44	52.56	25	60
N° 50	0.30	213.10	544.90	77.91	22.09	5	30
N° 100	0.15	121.60	666.50	95.30	4.70	0	10
N° 200	0.08	24.10	690.60	98.74	1.26	0	5
Bandeja		8.80	699.40	100.00			
<b>Masa Inicial</b>	<b>700</b>		<b>Σ % ret.acum</b>	<b>263.85</b>			
<b>% ERROR</b>	<b>0.09%</b>		<b>M.F</b>	<b>2.64</b>			
<b>El error es &lt;0.3%</b>							

Ensayo de Granulometría							
ENSAYADO POR:		Víctor Steve Chacón Santos					
ORIGEN:		Copeto	F. MUESTREO:		23/3/2021		
NORMA:		NTE INEN 696	F. ENSAYO		24/3/2021		
ENSAYO N° 2							
Tabla 1: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO				PROCEDENCIA: Copeto			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% Retenido	% Pasa	Límites Específicos	
		Parcial	Acumulado			Desde	Hasta
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	19.40	19.40	2.77	97.23	95	100
N° 8	2.36	69.50	88.90	12.71	87.29	80	100
N° 16	1.18	89.70	178.60	25.53	74.47	50	85
N° 30	0.60	134.10	312.70	44.70	55.30	25	60
N° 50	0.30	221.50	534.20	76.36	23.64	5	30
N° 100	0.15	129.40	663.60	94.85	5.15	0	10
N° 200	0.08	26.90	690.50	98.70	1.30	0	5
Bandeja		9.10	699.60	100.00			
Masa Inicial	700		Σ % ret.acum	256.92			
% ERROR	0.06%		M.F	2.57			
El error es <0.3%							

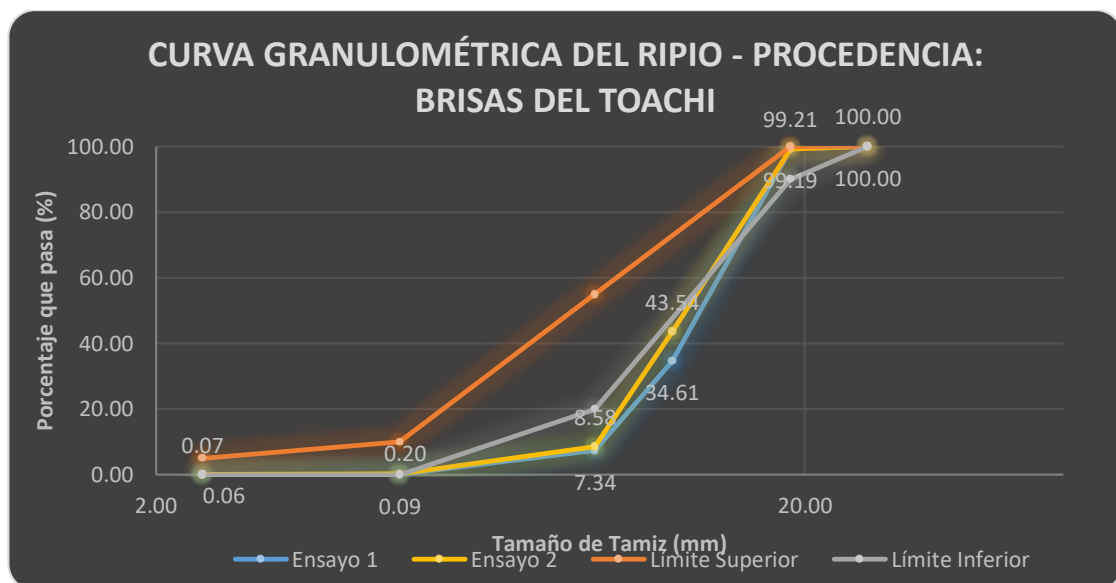


e) Análisis granulométrico en el árido Grueso. (NORMA NTE INEN 696)

**MINA:** Brisas del Toachi

<b>Ensayo de Granulometría</b>							
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos					
<b>ORIGEN:</b>	Brisas del Toachi	<b>F. MUESTREO:</b>		25/3/2021			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 696	<b>F. ENSAYO</b>		25/3/2021			
<b>ENSAYO N° 1</b>							
<b>Tabla 1: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO</b>					<b>PROCEDENCIA: Brisas del Toachi</b>		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% Retenido	% Pasa	Límites Específicos	
		Parcial	Acumulado			Desde	Hasta
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	16.20	16.20	0.81	99.19	90	100
1/2"	12.50	1291.40	1307.60	65.39	34.61	-	-
3/8"	9.50	545.40	1853.00	92.66	7.34	20	55
N° 4	4.75	144.90	1997.90	99.91	0.09	0	10
N° 8	2.36	0.70	1998.60	99.94	0.06	0	5
Bandeja		1.10	1999.70	100.00	0.00		
<b>Masa Inicial</b>	<b>2000</b>		<b>Σ % ret.acum</b>	<b>593.33</b>			
<b>% ERROR</b>	<b>0.01%</b>		<b>M.F</b>	<b>5.93</b>			
<b>El error es &lt;0.3%</b>			<b>T.N.M =</b>	<b>3/4"</b>			

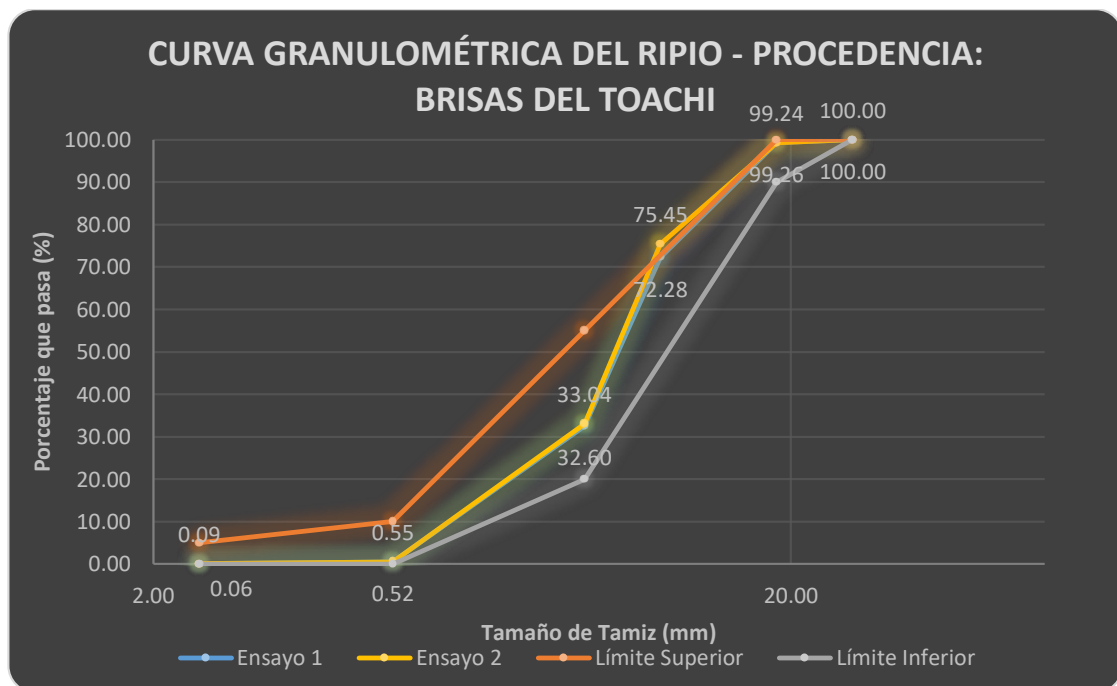
Ensayo de Granulometría							
ENSAYADO POR:		Víctor Steve Chacón Santos					
ORIGEN:	Brisas del Toachi	F. MUESTREO:		25/3/2021			
NORMA:	NTE INEN 696	F. ENSAYO		25/3/2021			
ENSAYO N° 2							
Tabla 1: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO					PROCEDENCIA: Brisas del Toachi		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% Retenido	% Pasa	Límites Específicos	
		Parcial	Acumulado			Desde	Hasta
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	15.80	15.80	0.79	99.21	90	100
1/2"	12.50	1113.20	1129.00	56.46	43.54	-	-
3/8"	9.50	698.90	1827.90	91.42	8.58	20	55
N° 4	4.75	167.60	1995.50	99.80	0.20	0	10
N° 8	2.36	2.70	1998.20	99.93	0.07	0	5
Bandeja		1.30	1999.50	100.00	0.00		
Masa Inicial	2000		Σ % ret.acum	591.94			
% ERROR	0.02%		M.F	5.92			
El error es <0.3%			T.N.M =	3/4"			



MINA: Copeto

<b>Ensayo de Granulometría</b>							
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos					
<b>ORIGEN:</b>	Copeto	<b>F. MUESTREO:</b>		25/3/2021			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 696	<b>F. ENSAYO</b>		25/3/2021			
<b>ENSAYO N° 1</b>							
<b>Tabla 1: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO</b>					<b>PROCEDENCIA: Copeto</b>		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% Retenido	% Pasa	Límites Específicos	
		Parcial	Acumulado			Desde	Hasta
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	14.80	14.80	0.74	99.26	90	100
1/2"	12.50	539.40	554.20	27.72	72.28	-	-
3/8"	9.50	793.40	1347.60	67.40	32.60	20	55
N° 4	4.75	641.30	1988.90	99.48	0.52	0	10
N° 8	2.36	9.20	1998.10	99.94	0.06	0	5
Bandeja		1.20	1999.30	100.00	0.00		
<b>Masa Inicial</b>	<b>2000</b>		<b>Σ % ret.acum</b>	<b>567.56</b>			
<b>% ERROR</b>	<b>0.04%</b>		<b>M.F</b>	<b>5.68</b>			
<b>El error es &lt;0.3%</b>			<b>T.N.M =</b>	<b>3/4"</b>			

Ensayo de Granulometría							
ENSAYADO POR:		Víctor Steve Chacón Santos					
ORIGEN:		Copeto		F. MUESTREO:		25/3/2021	
NORMA:		NTE INEN 696		F. ENSAYO		25/3/2021	
ENSAYO N° 2							
Tabla 1: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO					PROCEDENCIA: Copeto		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% Retenido	% Pasa	Límites Específicos	
		Parcial	Acumulado			Desde	Hasta
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	15.20	15.20	0.76	99.24	90	100
1/2"	12.50	475.70	490.90	24.55	75.45		
3/8"	9.50	847.90	1338.80	66.96	33.04	20	55
N° 4	4.75	649.60	1988.40	99.45	0.55	0	10
N° 8	2.36	9.20	1997.60	99.91	0.09	0	5
Bandeja		1.80	1999.40	100.00	0.00		
Masa Inicial	2000		Σ % ret.acum	567.08			
% ERROR	0.03%		M.F	5.67			
El error es <0.3%			T.N.M =	3/4"			





f) Densidad SSS del árido fino y grueso, y capacidad de absorción.

<b>PESO ESPECÍFICO - AGREGADO FINO</b>				
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos		
<b>NORMA:</b>	<b>NTE INEN 856</b>	<b>F.muestreo:</b>		26/4/2021
		<b>F. Ensayo:</b>		27/4/2021
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
M. del Picnometro+ arena en SSS (g)	834.80	834.80	834.80	834.80
M. del Picnometro (gr)	334.80	334.80	334.80	334.80
M. de arena en SSS(gr)	500.00	500.00	500.00	500.00
M. del Picnometro calibrado (gr)	814.60	814.80	828.60	828.50
M. Picnómetro+ arena SSS+ agua (gr)	1123.90	1126.50	1143.90	1146.60
Volumen desalojado (gr)	190.70	188.30	184.70	181.90
PESO ESPECÍFICO(gr/cm <sup>3</sup> )	2.62	2.66	2.71	2.75
<b>PROM. PESO ESPECÍFICO(gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.64</b>		<b>2.73</b>	
<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
M. recipiente + M. arena en SSS (gr)	1403.1	1404.2	1402.1	1392.3
M. de arena seca + recipiente (gr)	1397.5	1398.7	1396.3	1386.6
M. del recipiente (gr)	903.3	905.1	902.1	892.3
M. del agregado en SSS (gr)	499.8	499.1	500	500
M. de arena seca al horno (gr)	494.2	493.6	494.2	494.3
<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ( % )</b>	1.133%	1.114%	1.174%	1.153%
<b>PROM. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>	<b>1.12 %</b>		<b>1.16 %</b>	

<b>PESO ESPECÍFICO - AGREGADO GRUESO</b>					
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos			
<b>NORMA:</b>	<b>NTE INEN 857</b>	<b>F.muestreo:</b>	27/3/2021		
		<b>F. Ensayo:</b>	29/3/2021		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
		<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
M. del recipiente + ripio en SSS (gr)		3937.5	3943.8	3934.8	3941.8
M. del recipiente (gr)		903.2	903.1	900.3	902.1
M. del ripio en SSS (gr)		3034.3	3040.7	3034.5	3039.7
M. canastilla sumergida en agua (gr)		1659	751.5	1659	754.1
M. canastilla + ripio sumergido en agua (gr)		3570.4	2659.5	3572	2668.3
M. del ripio en agua (gr)		1911.4	1908	1913	1914.2
Volumen Desalojado (cm3)		1122.9	1132.7	1121.5	1125.5
PESO ESPECÍFICO (gr/cm3)		2.70	2.68	2.71	2.70
PROM. PESO ESPECÍFICO (gr/cm3)		<b>2.69</b>		<b>2.70</b>	
<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>Bisas del Toachi</b>		<b>Copeto</b>	
		<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>	<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
M. recipiente + M. ripio en SSS (gr)		3937.5	3943.8	3934.8	3941.8
M. de ripio seca + recipiente (gr)		3897.6	3903.8	3895.4	3902.8
M. del recipiente (gr)		903.2	904.2	900.3	905.2
M. del agregado en SSS (gr)		3034.3	3039.6	3034.5	3036.6
M. de ripio seca al horno (gr)		2994.4	2999.6	2995.1	2997.6
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ( % )		1.332%	1.334%	1.315%	1.301%
<b>PROM. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>		<b>1.33%</b>		<b>1.31%</b>	

g) Ensayo de densidad suelta de los agregados (NORMA NTE INEN 858)

Densidad Aparente Suelta y Compactada				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Víctor Steve Chacón Santos			
<b>ORIGEN:</b>	Brisas del Toachi	<b>F.muestreo:</b>	2/4/2021	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 858	<b>F. Ensayo:</b>	5/4/2021	
ENSAYO 1				
Agregado Grueso				
<b>Masa del recipiente vacío</b>	8773	(g)	<b>Volumen del recipiente:</b>	13880 (c.c.)
<b>Masa del ripio suelto + recipiente (g)</b>			<b>Masa del ripio compactado + recipiente</b>	
1	27395		1	28985
2	27092		2	29052
3	26840		3	29000
<b>Promedio</b>	27109.000		<b>Promedio</b>	29012.333
<b>δap. Suelta del ripio:</b>	1.321		<b>δap. Compactada del ripio:</b>	1.458
Agregado Fino				
<b>Masa del recipiente vacío</b>	2672	(g)	<b>Volumen del recipiente:</b>	3012 (c.c)
<b>Masa arena suelta + recipiente (g)</b>			<b>Masa arena compactada + recipiente</b>	
1	7454		1	7888
2	7442		2	7903
3	7499		3	7870
<b>Promedio</b>	7465.000		<b>Promedio</b>	7887.000
<b>δap. Suelta de la arena:</b>	1.591		<b>δap. Compactada de la arena:</b>	1.731

Densidad Aparente Suelta y Compactada				
ENSAYADO POR:	Víctor Steve Chacón Santos			
ORIGEN:	Brisas del Toachi	F.muestreo:	2/4/2021	
NORMA:	NTE INEN 858	F. Ensayo:	5/4/2021	
ENSAYO 2				
Agregado Grueso				
Masa del recipiente vacío	8773	(g)	Volumen del recipiente:	13880 (c.c.)
Masa del ripio suelto + recipiente (g)		Masa del ripio compactado + recipiente		
1	27105		1	29000
2	26927		2	29039
3	27286		3	29045
Promedio	27106.000		Promedio	29028.000
δap. Suelta del ripio:	1.321		δap. Compactada del ripio:	1.459
Agregado Fino				
Masa del recipiente vacío	2672	(g)	Volumen del recipiente:	3012 (c.c)
Masa arena suelta + recipiente (g)		Masa arena compactada + recipiente		
1	7435		1	7908
2	7454		2	7904
3	7470		3	7909
Promedio	7453.000		Promedio	7907.000
δap. Suelta de la arena:	1.587		δap. Compactada de la arena:	1.738

PROMEDIO DE DENSIDADES			
δap. Suelta Prom. de la arena:	1.589	δap. Compactada prom. de la arena:	1.735

δap. Suelta prom. del ripio:	1.321	δap. Compactada prom. del ripio:	1.459
------------------------------	-------	----------------------------------	-------

Densidad Aparente Suelta y Compactada				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Víctor Steve Chacón Santos			
<b>ORIGEN:</b>	<b>Copeto</b>	<b>F.muestreo:</b>	2/4/2021	
<b>NORMA:</b>	<b>NTE INEN 858</b>	<b>F. Ensayo:</b>	5/4/2021	
ENSAYO 1				
Agregado Grueso				
<b>Masa del recipiente vacío</b>	8773	(g)	<b>Volumen del recipiente:</b>	13880 (c.c.)
<b>Masa del ripio suelto + recipiente (g)</b>		<b>Masa del ripio compactado + recipiente</b>		
1	27374		1	28999
2	27076		2	29283
3	26819		3	29206
<b>Promedio</b>	27089.667		<b>Promedio</b>	29162.667
<b>δap. Suelta del ripio:</b>	1.32		<b>δap. Compactada del ripio:</b>	1.47
Agregado Fino				
<b>Masa del recipiente vacío</b>	2672	(g)	<b>Volumen del recipiente:</b>	3012 (c.c)
<b>Masa arena suelta + recipiente (g)</b>		<b>Masa arena compactada + recipiente</b>		
1	7610		1	7943
2	7547		2	7946
3	7587		3	7963
<b>Promedio</b>	7581.333		<b>Promedio</b>	7950.667
<b>δap. Suelta de la arena:</b>	1.63		<b>δap. Compactada de la arena:</b>	1.75

Densidad Aparente Suelta y Compactada				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Víctor Steve Chacón Santos			
<b>ORIGEN:</b>	Copeto	<b>F.muestreo:</b>	2/4/2021	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 858	<b>F. Ensayo:</b>	5/4/2021	
ENSAYO 2				
Agregado Grueso				
<b>Masa del recipiente vacío</b>	8773	(g)	<b>Volumen del recipiente:</b>	13880 (c.c.)
<b>Masa del ripio suelto + recipiente (g)</b>		<b>Masa del ripio compactado + recipiente</b>		
1	27408		1	28980
2	26798		2	29331
3	27383		3	29299
<b>Promedio</b>	27196.333		<b>Promedio</b>	29203.333
<b>δap. Suelta del ripio:</b>	1.33		<b>δap. Compactada del ripio:</b>	1.47
Agregado Fino				
<b>Masa del recipiente vacío</b>	2672	(g)	<b>Volumen del recipiente:</b>	3012 (c.c.)
<b>Masa arena suelta + recipiente (g)</b>		<b>Masa arena compactada + recipiente</b>		
1	7645		1	7962
2	7576		2	7950
3	7627		3	7955
<b>Promedio</b>	7616.000		<b>Promedio</b>	7955.667
<b>δap. Suelta de la arena:</b>	1.64		<b>δap. Compactada de la arena:</b>	1.75

Densidad Aparente Suelta y Compactada				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Víctor Steve Chacón Santos			
<b>ORIGEN:</b>	<b>Copeto</b>	<b>F.muestreo:</b>	2/4/2021	
<b>NORMA:</b>	<b>NTE INEN 858</b>	<b>F. Ensayo:</b>	5/4/2021	
ENSAYO 2				
Agregado Grueso				
<b>Masa del recipiente vacío</b>	8773	(g)	<b>Volumen del recipiente:</b>	13880 (c.c.)
<b>Masa del ripio suelto + recipiente (g)</b>	<b>Masa del ripio compactado + recipiente</b>			
1	27408		1	28980
2	26798		2	29331
3	27383		3	29299
<b>Promedio</b>	27196.333		<b>Promedio</b>	29203.333
<b>δap. Suelta del ripio:</b>	1.33		<b>δap. Compactada del ripio:</b>	1.47
Agregado Fino				
<b>Masa del recipiente vacío</b>	2672	(g)	<b>Volumen del recipiente:</b>	3012 (c.c)
<b>Masa arena suelta + recipiente (g)</b>	<b>Masa arena compactada + recipiente</b>			
1	7645		1	7962
2	7576		2	7950
3	7627		3	7955
<b>Promedio</b>	7616.000		<b>Promedio</b>	7955.667
<b>δap. Suelta de la arena:</b>	1.64		<b>δap. Compactada de la arena:</b>	1.75

PROMEDIO DE DENSIDADES			
<b>δap. Suelta Prom. de la arena:</b>	<b>1.64</b>	<b>δap. Compactada prom. de la arena:</b>	<b>1.75</b>

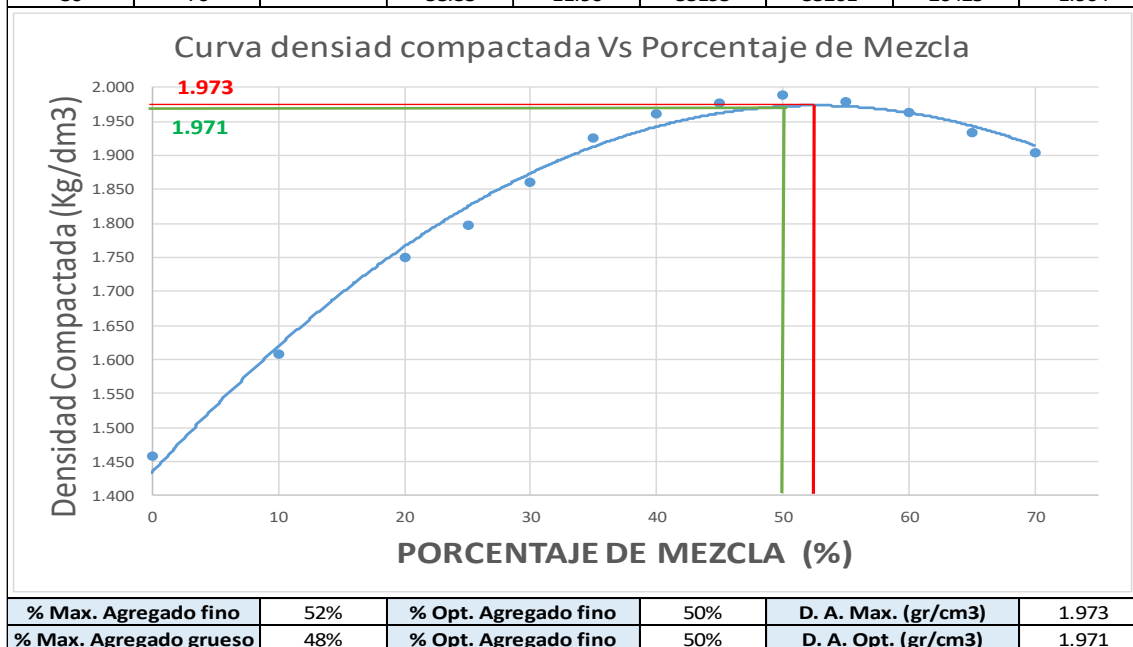
<b>δap. Suelta prom. del ripio:</b>	<b>1.32</b>	<b>δap. Compactada prom. del ripio:</b>	<b>1.47</b>
-------------------------------------	-------------	-----------------------------------------	-------------

PROMEDIO DE DENSIDADES			
$\delta$ ap. Suelta Prom. de la arena:	1.64	$\delta$ ap. Compactada prom. de la arena:	1.75

$\delta$ ap. Suelta prom. del ripio:	1.32	$\delta$ ap. Compactada prom. del ripio:	1.47
--------------------------------------	------	------------------------------------------	------

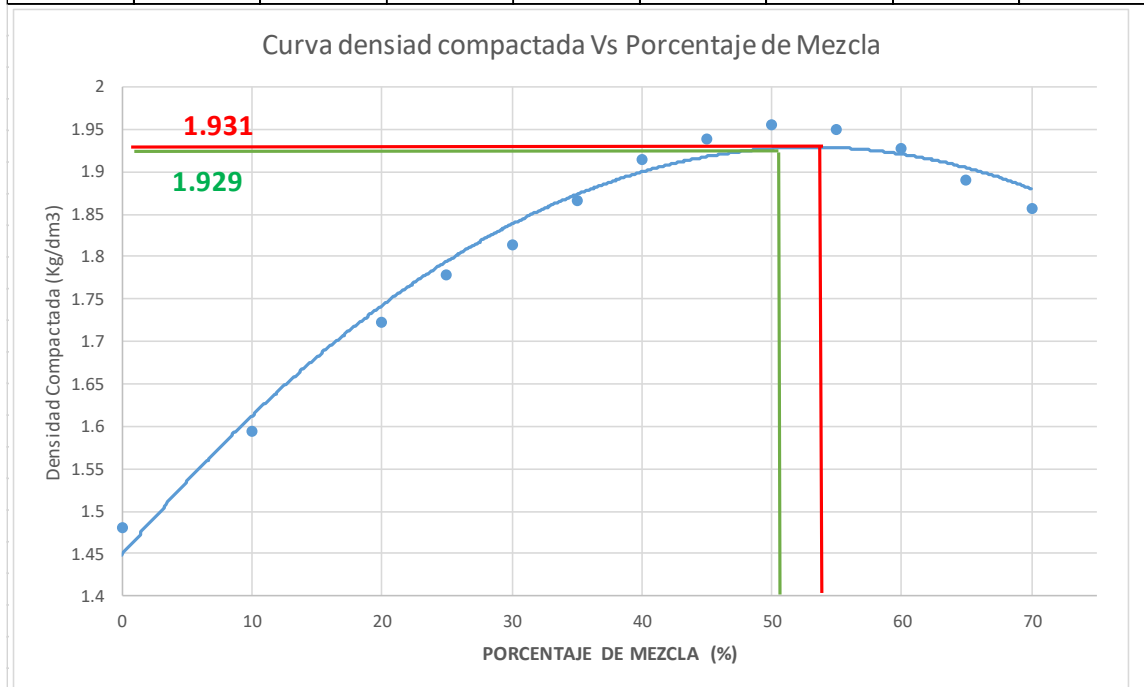
h) Condición mezcla del árido grueso más fino

Mezcla compactada de agregado grueso y agregado fino								
ENSAYADO POR:			Víctor Steve Chacón Santos					
ORIGEN:		Brisas del Toachi		F.muestreo:		21/4/2021		
NORMA:		NTE INEN 858		F. Ensayo:		21/4/2021		
Mezcla %		Masa Kg		Añadir Arena Kg	Masa del recipiente + mezcla (gr)	Masa de la Mezcla en (gr)	Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	
Ripio	Arena	Ripio	Arena					
100	0	25	0.00	0.00	28985	29006	20223	1.457
90	10		2.78	2.78	31189	30986	22315	1.608
80	20		6.25	3.47	33218	32886	24279	1.749
75	25		8.33	2.08	33850	33600	24952	1.798
70	30		10.71	2.38	34294	34213	25481	1.836
65	35		13.46	2.75	35480	35507	26721	1.925
60	40		16.67	3.21	36058	35919	27216	1.961
55	45		20.45	3.79	36285	36139	27439	1.977
50	50		25.00	4.55	36393	36383	27615	1.990
45	55		30.56	5.56	36305	36159	27459	1.978
40	60		37.50	6.94	35980	36045	27240	1.963
35	65		46.43	8.93	35600	35621	26838	1.934
30	70	58.33	11.90	35195	35201	26425	1.904	





Mezcla compactada de agregado grueso y agregado fino								
ENSAYADO POR:			Víctor Steve Chacón Santos					
ORIGEN:		Copeto		F.muestreo:		22/4/2021		
NORMA:		NTE INEN 858		F. Ensayo:		22/4/2021		
Mezcla %		Masa Kg		Añadir Arena Kg	Masa del recipiente + mezcla (gr)		Masa de la Mezcla en (gr)	Densidad Aparente (gr/cm³)
Ripio	Arena	Ripio	Arena					
100	0	25	0.00	0.00	29285	29338	20539	1.480
90	10		2.78	2.78	30964	30838	22128	1.594
80	20		6.25	3.47	32648	32741	23922	1.723
75	25		8.33	2.08	33439	33453	24673	1.778
70	30		10.71	2.38	33977	33944	25188	1.815
65	35		13.46	2.75	34508	34850	25906	1.866
60	40		16.67	3.21	35388	35288	26565	1.914
55	45		20.45	3.79	35738	35643	26918	1.939
50	50		25.00	4.55	35886	35921	27131	1.955
45	55		30.56	5.56	35823	35853	27065	1.950
40	60		37.50	6.94	35503	35526	26742	1.927
35	65		46.43	8.93	35021	34993	26234	1.890
30	70		58.33	11.90	34532	34567	25777	1.857



<b>% Max. Agregado fino</b>	53%	<b>% Opt. Agregado fino</b>	50%	<b>D. A. Max. (gr/cm3)</b>	1.931
<b>% Max. Agregado grueso</b>	47%	<b>% Opt. Agregado grueso</b>	50%	<b>D. A. Opt. (gr/cm3)</b>	1.929

i) Ensayo de Abrasión (NTE INEN 860)

<b>RESISTENCIA AL DESGASTE EN EL AGREGADO GRUESO</b>			
<b>AGREGADO GRUESO (RIPIO): BRISAS DEL TOACHI</b>			
<b>Graduación Escogida: B</b>		<b>Número de Esferas: 11</b>	
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos	
<b>ORIGEN:</b>	Brisas del Toachi	<b>F.muestreo</b>	5/4/2021
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 860	<b>F. Ensayo:</b>	6/4/2021
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
Masa Inicial (g)		5000.00	5000.00
Retenido en el Tamiz N°12 después de 100 revoluciones (gr)		4696.00	4704.20
Pérdida después de 100 revoluciones (gr)		304.00	295.80
Porcentaje de Pérdida después de 100 revoluciones (%)		6.08%	5.92%
Retenido en el Tamiz N°12 después de 500 revoluciones (gr)		3694.50	3821.70
Pérdida después de 500 revoluciones (gr)		1001.50	882.50
Porcentaje de Pérdida después de 500 revoluciones (%)		21.33%	18.76%
Coeficiente de Uniformidad		0.29	0.32
Porcentaje de DESGASTE		26.11%	23.57%
<b>Promedio del Porcentaje de Desgaste "Brisas del Toachi"</b>			<b>24.84 %</b>

<b>RESISTENCIA AL DESGASTE EN EL AGREGADO GRUESO</b>			
<b>AGREGADO GRUESO (RIPIO): Copeto</b>			
<b>Graduación Escogida: B</b>		<b>Número de Esferas: 11</b>	
<b>ENSAYADO POR:</b>		Víctor Steve Chacón Santos	
<b>ORIGEN:</b>	Copeto	<b>F.muestreo:</b>	6/4/2021
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 860	<b>F. Ensayo:</b>	7/4/2021
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>ENSAYO 1</b>	<b>ENSAYO 2</b>
Masa Inicial (g)		5000.00	5000.00
Retenido en el Tamiz N°12 después de 100 revoluciones (gr)		4734.20	4756.10
Pérdida después de 100 revoluciones (gr)		265.80	243.90
Porcentaje de Pérdida después de 100 revoluciones (%)		5.32%	4.88%
Retenido en el Tamiz N°12 después de 500 revoluciones (gr)		3842.40	3908.60
Pérdida después de 500 revoluciones (gr)		891.80	847.50
Porcentaje de Pérdida después de 500 revoluciones (%)		18.84%	17.82%
Coeficiente de Uniformidad		0.28	0.27
Porcentaje de DESGASTE		23.15%	21.83%
<b>Promedio del Porcentaje de Desgaste "Copeto"</b>		<b>22.49%</b>	

## Anexo 2. Diseño de mezclas para pruebas de dosificación

a. Datos y resultados obtenidos

### Mina Brisas del Toachi

#### Parámetros de Diseño

<b>Parámetros de Diseño</b>		<b>Valores</b>
F'c		210 - 240 Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento		10 cm
Relación A/C	210 Kg/cm <sup>3</sup>	0.58
	240 Kg/cm <sup>3</sup>	0.56
Tipo de Cemento		Hidráulico GU
Cantidad		1 m <sup>3</sup>

## Datos Requeridos

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Densidad real del cemento	DRC	2.97	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real de la arena	DRA	2.64	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real del ripio	DRR	2.69	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente de la arena (Suelta)	DAA	1.59	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente del ripio (Suelta)	DAR	1.32	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente de la arena (Compactada)	DAA	1.73	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente del ripio (Compactada)	DAR	1.46	gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de finura de la arena	MFA	2.04	%
Porcentaje óptimo de arena	POA	50	%
Porcentaje óptimo del ripio	POR	50	%
Densidad óptima de la mezcla	DOM	1.97	gr/cm <sup>3</sup>
Capacidad de Absorción de la arena	CAA	1.12	%
Capacidad de Absorción del ripio	CAR	1.33	%
Contenido de humedad de la arena	CHA	0.59	%
Contenido de humedad del ripio	CHR	0.95	%

## Resultados de Dosificación

Dosificación para F'c 210 Kg/cm <sup>2</sup>					
Materiales	Cantidad en Kg por m <sup>3</sup> de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en Kg por saco de cemento	Vol Aparente suelto en dm <sup>3</sup> por cada saco de cemento	Dosificación al Vol en obra
W	195.81	0.58	29	-----	29 Litros
C	337.60	1.00	50	-----	1 Sacos
A	911.49	2.70	135.00	84.90	3.1 Cajón
R	928.76	2.75	137.55	104.21	3.9 Cajón

Dosificación para F'c 240 Kg/cm <sup>2</sup>					
Materiales	Cantidad en Kg por m <sup>3</sup> de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en Kg por saco de cemento	Vol Aparente suelto en dm <sup>3</sup> por cada saco de cemento	Dosificación al Vol en obra
W	193.27	0.56	28	-----	28 Litros
C	345.13	1.00	50	-----	1 Sacos
A	911.49	2.64	132.05	83.05	3.1 Cajón
R	928.76	2.69	134.55	101.93	3.8 Cajón

### Mina Copeto

### Parámetros de Diseño

Parámetros de Diseño		Valores
F'c		210 - 240 Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento		10 cm
Relación A/C	210 Kg/cm <sup>3</sup>	0.58
	240 Kg/cm <sup>3</sup>	0.56
Tipo de Cemento		Hidráulico GU
Cantidad		1 m <sup>3</sup>

## Datos Requeridos

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Densidad real del cemento	DRC	2.97	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real de la arena	DRA	2.73	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real del ripio	DRR	2.70	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente de la arena (Suelta)	DAA	1.64	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente del ripio (Suelta)	DAR	1.32	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente de la arena (Compactada)	DAA	1.75	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente del ripio (Compactada)	DAR	1.47	gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de finura de la arena	MFA	2.60	%
Porcentaje óptimo de arena	POA	50	%
Porcentaje óptimo del ripio	POR	50	%
Densidad óptima de la mezcla	DOM	1.93	gr/cm <sup>3</sup>
Capacidad de Absorción de la arena	CAA	1.16	%
Capacidad de Absorción del ripio	CAR	1.31	%
Contenido de humedad de la arena	CHA	0.85	%
Contenido de humedad del ripio	CHR	0.89	%

## Resultados de Dosificación

Dosificación para F'c 210 Kg/cm <sup>2</sup>					
Materiales	Cantidad en Kg por m <sup>3</sup> de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en Kg por saco de cemento	Vol Aparente suelto en dm <sup>3</sup> por cada saco de cemento	Dosificación al Vol en obra
W	215.71	0.58	29	-----	29 Litros
C	371.92	1.00	50	-----	1 Sacos
A	899.62	2.42	120.94	76.06	2.8 Cajón
R	889.73	2.39	119.61	90.62	3.4 Cajón

Dosificación para F'c 240 Kg/cm <sup>2</sup>					
Materiales	Cantidad en Kg por m <sup>3</sup> de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en Kg por saco de cemento	Vol Aparente suelto en dm <sup>3</sup> por cada saco de cemento	Dosificación al Vol en obra
W	212.92	0.56	28	-----	28 Litros
C	380.22	1.00	50	-----	1 Sacos
A	899.62	2.37	118.30	74.40	2.8 Cajón
R	889.73	2.34	117.00	88.64	3.3 Cajón

b. Ensayos en estado Fresco del hormigón por el método gravimétrico.

Ensayo del Hormigón en Estado Fresco														
Mina	Código	F. Elaboración	Hora	Densidad T. (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso Hormigón fresco (kg)	Volumen Molde (m <sup>3</sup> )	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Prom. Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Asentamiento (cm)	Consistencia	Trabajabilidad	Homogeneidad	Cont. Aire (%)	Rendimiento R.
<i>Brisas del Toachi</i>	BT21-1'	7/5/2021	11:30	2373.65	3.720	0.001571	2367.92	2367.49	10	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.26%	1.000
	BT21-2'				3.717		2366.01							
	BT21-3'				3.721		2368.56							
	BT24-1'	7/5/2021	16:00	2378.65	3.735		2377.47	2371.31	9.5	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.31%	1.000
	BT24-2'				3.705		2358.37							
	BT24-3'				3.736		2378.10							

Ensayo del Hormigón en Estado Fresco														
Mina	Código	F. Elaboración	Hora	Densidad T. (Kg/m3)	Peso Hormigón fresco (kg)	Volumen Molde (m3)	Densidad (Kg/m3)	Prom. Densidad (Kg/m3)	Asentamiento (cm)	Consistencia	Trabajabilidad	Homogeneidad	Cont. Aire (%)	Rendimiento R.
<b>Copeto</b>	CP21-1'	4/6/2021	14:00	2376.98	3.722	0.001571	2369.19	2368.98	10	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.34%	1.000
	CP21-2'				3.719		2367.28							
	CP21-3'				3.724		2370.46							
	CP24-1'	11/6/2021	12:00	2382.49	3.742	0.001571	2381.92	2374.07	9.5	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.35%	1.000
	CP24-2'				3.730		2374.28							
	CP24-3'				3.717		2366.01							



c. Determinación de la resistencia a la compresión del hormigón.

Mina	Código	F. Ensayo	Edad	CILINDROS			Volumen (m3)	Densidad (Kg/m3)	Prom. Densidad (Kg/m3)	Carga (KN)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c (Kg/cm2)	%
				φ (cm)	h (cm)	W (Kg)							
BRISAS DEL TOACHI	BT21-01	10/5/2021	3	10.1	20.4	3.834	0.001634	2345.79	2351.24	70.87	90.20	90.50	43%
	BT21-02			10.1	20.3	3.831	0.001626	2355.5		71.11	90.50		
	BT21-03			10.1	20.3	3.826	0.001626	2352.43		71.34	90.80		
	BT21-04	14/5/2021	7	10.1	20.4	3.849	0.001634	2354.97	2359.05	107.22	136.46	136.62	65%
	BT21-05			10.1	20.3	3.856	0.001626	2370.87		106.93	136.09		
	BT21-06			10.1	20.4	3.843	0.001634	2351.3		107.89	137.32		
	BT21-07	4/6/2021	28	10.1	20.3	3.842	0.001626	2362.27	2354.93	130.76	166.42	167.05	80%
	BT21-08			10.1	20.4	3.833	0.001634	2345.18		131.15	166.92		
	BT21-09			10.1	20.3	3.834	0.001626	2357.35		131.85	167.81		
	BT24-01	10/5/2021	3	10.1	20.3	3.835	0.001626	2357.96	2348.19	73.71	93.81	92.82	39%
	BT24-02			10.1	20.3	3.83	0.001626	2354.89		72.26	91.97		
	BT24-03			10.1	20.4	3.811	0.001634	2331.72		72.81	92.67		
	BT24-04	14/5/2021	7	10.1	20.3	3.837	0.001626	2359.19	2346.18	123.19	156.79	155.96	65%
	BT24-05			10.1	20.4	3.836	0.001634	2347.01		121.93	155.19		
	BT24-06			10.1	20.4	3.812	0.001634	2332.33		122.5	155.91		
	BT24-07	4/6/2021	28	10.1	20.3	3.834	0.001626	2357.35	2354.51	139.82	177.95	178.55	74%
	BT24-08			10.1	20.4	3.842	0.001634	2350.69		140.93	179.37		
	BT24-09			10.1	20.3	3.831	0.001626	2355.5		140.11	178.32		

Mina	Código	F. Ensayo	Edad	CILINDROS			Volumen (m3)	Densidad (Kg/m3)	Prom. Densidad (Kg/m3)	Carga (KN)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c (Kg/cm2)	%
				φ (cm)	h (cm)	W (Kg)							
COPETO	CP21-01	07/06/2021	3	10.1	20.4	3.813	0.001634	2332.94	2342.91	57.86	73.64	79.13	38%
	CP21-02			10.1	20.3	3.834	0.001626	2357.35		60.8	77.38		
	CP21-03			10.1	20.4	3.822	0.001634	2338.45		67.86	86.37		
	CP21-04	11/06/2021	7	10.1	20.4	3.869	0.001634	2367.21	2360.27	110.52	140.66	142.08	68%
	CP21-05			10.1	20.4	3.87	0.001634	2367.82		114.18	145.32		
	CP21-06			10.1	20.4	3.834	0.001634	2345.79		110.21	140.27		
	CP21-07	02/07/2021	28	10.1	20.3	3.834	0.001626	2357.35	2345.11	173.66	221.02	221.08	105%
	CP21-08			10.1	20.4	3.812	0.001634	2332.33		174.35	221.90		
	CP21-09			10.1	20.3	3.815	0.001626	2345.66		173.11	220.32		
	CP24-01	14/06/2021	3	10.1	20.3	3.811	0.001626	2343.2	2342.39	78.26	99.60	99.31	41%
	CP24-02			10.1	20.3	3.807	0.001626	2340.75		84.63	107.71		
	CP24-03			10.1	20.3	3.811	0.001626	2343.2		71.2	90.62		
	CP24-04	18/06/2021	7	10.1	20.3	3.800	0.001626	2336.44	2343.20	130.7	166.35	166.16	69%
	CP24-05			10.1	20.3	3.804	0.001626	2338.9		129.37	164.65		
	CP24-06			10.1	20.3	3.829	0.001626	2354.27		131.59	167.48		
	CP24-07	09/07/2021	28	10.1	20.3	3.821	0.001626	2349.35	2222.53	197.36	251.19	252.19	105%
	CP24-08			10.1	20.3	3.819	0.001626	2348.12		198.96	253.22		
	CP24-09			10.1	20.4	3.22	0.001634	1970.12		198.11	252.14		

### Anexo 3. Dosificación experimental para la Mina Brisas del Toachi.

Dosificación para Hormigón de 210 Kg/cm <sup>2</sup>			
MATERIAL	PESO SSS/ m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts
AGUA	208.80	204.49	208.80
CEMENTO	360.00	360.00	123.29
ARENA DE RIO	846.38	853.91	320.60
PIEDRA 3/4"	934.28	931.05	347.31
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2349.45	2349.45	1000

MATERIALES	CANTIDADES/m3		CANTIDADES/SACO	
AGUA	204.5	litros	28.40	litros
CEMENTO	7.2	saco	1	saco
ARENA	0.54	m3 SUELTOS	2.76	parihuela
RIPIO	0.71	m3 SUELTOS	3.63	parihuela

Dosificación para Hormigón de 240 Kg/cm <sup>2</sup>			
MATERIAL	PESO SSS/ m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts
AGUA	212.80	208.56	212.80
CEMENTO	380.00	380.00	130.14
ARENA DE RIO	832.63	840.04	315.39
PIEDRA 3/4"	919.10	915.92	341.67
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2344.53	2344.53	1000

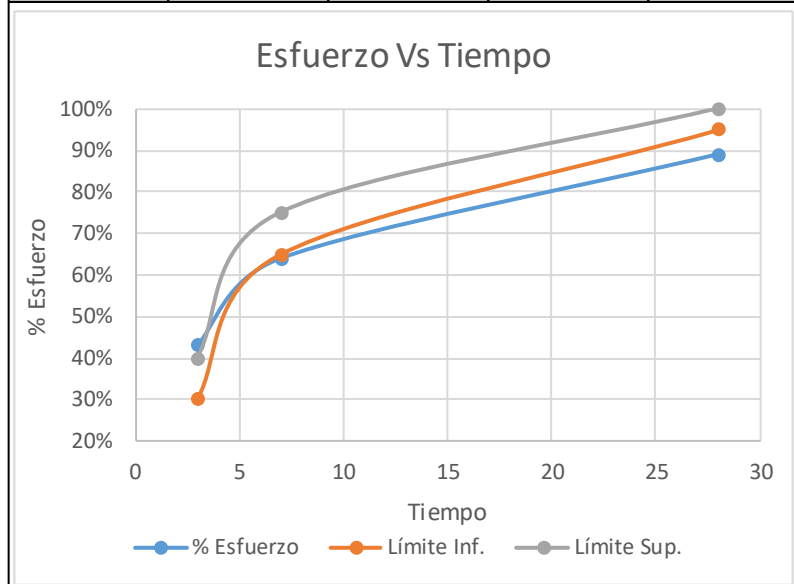
MATERIALES	CANTIDADES/m3		CANTIDADES/SACO	
AGUA	208.6	litros	27.44	litros
CEMENTO	7.6	saco	1	saco
ARENA	0.53	m3 SUELTOS	2.57	parihuela
RIPIO	0.69	m3 SUELTOS	3.38	parihuela

Ensayo del Hormigón en Estado Fresco														
Mina	Código	F. Elaboración	Hora	Densidad T. (Kg/m3)	Peso Hormigón fresco (Kg)	Volumen Molde (m3)	Densidad (Kg/m3)	Prom. Densidad (Kg/m3)	Asentamiento (cm)	Consistencia	Trabajabilidad	Homogeneidad	Cont. Aire (%)	Rendimiento R.
Brisas del Toachi	BT21-1'	1/6/2021	13:00	2349.45	3.685	0.001571	2345.64	2345.64	9.6	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.16%	1.000
	BT21-2'				3.681		2343.09							
	BT21-3'				3.689		2348.19							
	BT24-1'	9/6/2021	12:00	2344.53	3.67		2336.09	2339.70	9.8	Plástica	Muy Buena	Muy Buena	0.21%	1.000
	BT24-2'				3.675		2339.27							
	BT24-3'				3.682		2343.73							

Mina	Código	F. Ensayo	Edad	CILINDROS			Volumen (m3)	Densidad (Kg/m3)	Prom. Densidad (Kg/m3)	Carga (KN)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c (Kg/cm2)	%
				φ (cm)	h (cm)	W (Kg)							
BRISAS DEL TOACHI	BT21-01	7/6/2021	3	10.1	20.4	3.84	0.001634	2349.46	2349.84	71.71	91.27	90.26	43%
	BT21-02			10.1	20.3	3.829	0.001626	2354.27		69.2	88.07		
	BT21-03			10.1	20.4	3.834	0.001634	2345.79		71.84	91.43		
	BT21-04	11/6/2021	7	10.1	20.4	3.854	0.001634	2358.03	2355.99	102.34	130.25	135.21	64%
	BT21-05			10.1	20.4	3.861	0.001634	2362.31		107.38	136.67		
	BT21-06			10.1	20.4	3.837	0.001634	2347.63		108.99	138.72		
	BT21-07	2/7/2021	28	10.1	20.4	3.84	0.001634	2349.46	2347.39	146.81	186.85	187.90	89%
	BT21-08			10.1	20.4	3.826	0.001634	2340.9		148.45	188.94		
	BT21-09			10.1	20.3	3.825	0.001626	2351.81		147.65	187.92		
	BT24-01	12/6/2021	3	10.1	20.4	3.835	0.001634	2346.4	2340.49	71.71	91.27	90.26	38%
	BT24-02			10.1	20.4	3.83	0.001634	2343.34		69.2	88.07		
	BT24-03			10.1	20.4	3.811	0.001634	2331.72		71.84	91.43		
	BT24-04	16/6/2021	7	10.1	20.3	3.837	0.001626	2359.19	2353.86	133.99	170.53	171.38	71%
	BT24-05			10.1	20.3	3.836	0.001626	2358.58		138.93	176.82		
	BT24-06			10.1	20.3	3.812	0.001626	2343.82		131.05	166.79		
BT24-07	7/7/2021	28	10.1	20.3	3.834	0.001626	2357.35	2358.37	173.82	221.23	221.27	92%	
BT24-08			10.1	20.3	3.842	0.001626	2362.27		174.9	222.60			
BT24-09			10.1	20.3	3.831	0.001626	2355.5		172.83	219.97			

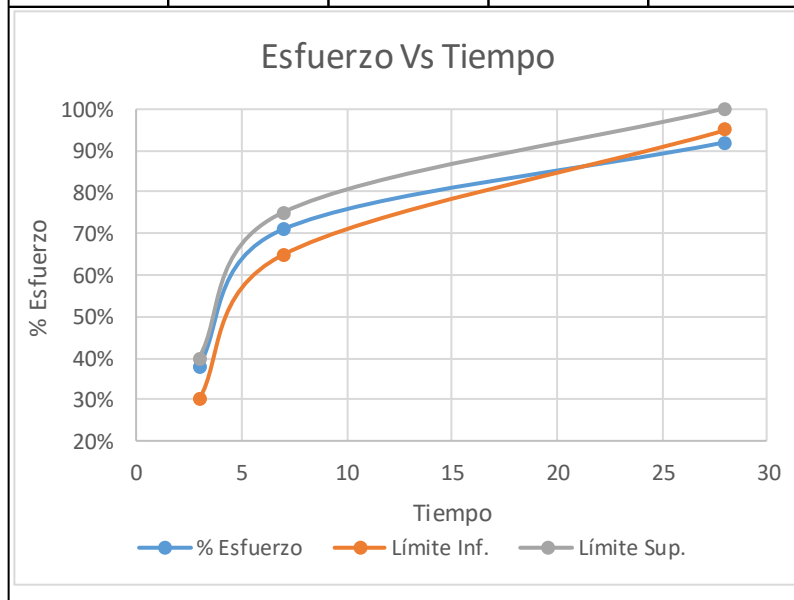
**Resistencia a la compresión - Hormigón 210 Kg/cm<sup>2</sup>**  
**"Brisas del Toachi"**

Edad (Días)	Esfuerzo Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Límite Inferior	%	Límite Superior
3	90.26	30%	43%	40%
7	135.21	65%	64%	75%
28	187.9	95%	89%	100%



**Resistencia a la compresión - Hormigón 240 Kg/cm<sup>2</sup>**  
**"Brisas del Toachi"**

Edad (Días)	Esfuerzo Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Límite Inferior	%	Límite Superior
3	90.26	30%	38%	40%
7	171.38	65%	71%	75%
28	221.27	95%	92%	100%



**Anexo 4. Propuesta para una dosificación final para hormigones de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 240 Kg/cm<sup>2</sup> con materiales pétreos de las minas: Brisas del Toachi y Copeto.**

*Mina Brisas del Toachi*

<b>Dosificación para Hormigón de 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO SSS/ m<sup>3</sup></b> Kg	<b>PESO NATURAL/m<sup>3</sup></b> Kg	<b>Vólumen por lts</b>
AGUA	212.80	208.56	212.80
CEMENTO	380.00	380.00	130.14
ARENA DE RIO	832.63	840.04	315.39
PIEDRA 3/4"	919.10	915.92	341.67
<b>TOTAL</b>	<b>2344.53</b>	<b>2344.53</b>	<b>1000</b>

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDADES/m3</b>	<b>CANTIDADES/SACO</b>
AGUA	208.6 litros	27.44 litros
CEMENTO	7.6 saco	1 saco
ARENA	0.53 m3 SUELTOS	2.57 parihuela
RIPIO	0.69 m3 SUELTOS	3.38 parihuela

<b>Dosificación para Hormigón de 240 Kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO SSS/ m<sup>3</sup></b> Kg	<b>PESO NATURAL/m<sup>3</sup></b> Kg	<b>Vólumen por lts</b>
AGUA	224.00	219.88	224.00
CEMENTO	400.00	400.00	136.99
ARENA DE RIO	809.76	816.97	306.73
PIEDRA 3/4"	893.85	890.76	332.29
<b>TOTAL</b>	<b>2327.61</b>	<b>2327.61</b>	<b>1000</b>

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDADES/m3</b>	<b>CANTIDADES/SACO</b>
AGUA	219.9 litros	27.48 litros
CEMENTO	8.0 saco	1 saco
ARENA	0.51 m3 SUELTOS	2.38 parihuela
RIPIO	0.67 m3 SUELTOS	3.12 parihuela

*Mina Copeto*

<b>Dosificación para F'c 210 Kg/cm2</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad en Kg por m<sup>3</sup> de hormigón</b>	<b>Dosificación al peso</b>	<b>Cantidad en Kg por saco de cemento</b>	<b>Vol Aparente suelto en dm<sup>3</sup> por cada saco de cemento</b>	<b>Dosificación al Vol en obra</b>
W	215.71	0.58	29	-----	29 Litros
C	371.92	1.00	50	-----	1 Sacos
A	899.62	2.42	120.94	76.06	2.8 Cajón
R	889.73	2.39	119.61	90.62	3.4 Cajón

<b>Dosificación para F'c 240 Kg/cm2</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad en Kg por m<sup>3</sup> de hormigón</b>	<b>Dosificación al peso</b>	<b>Cantidad en Kg por saco de cemento</b>	<b>Vol Aparente suelto en dm<sup>3</sup> por cada saco de cemento</b>	<b>Dosificación al Vol en obra</b>
W	212.92	0.56	28	-----	28 Litros
C	380.22	1.00	50	-----	1 Sacos
A	899.62	2.37	118.30	74.40	2.8 Cajón
R	889.73	2.34	117.00	88.64	3.3 Cajón

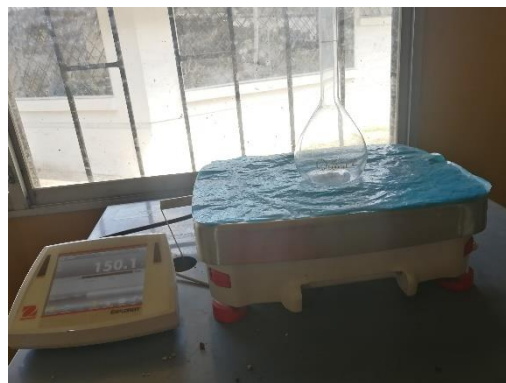
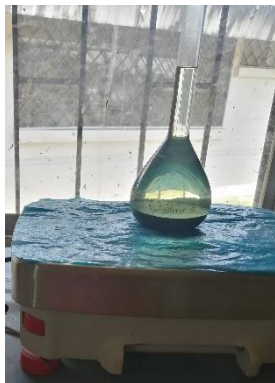
**ANEXOS FOTOGRÁFICOS**

**MUESTREO DE AGREGADOS**





## DENSIDAD REAL DEL CEMENTO



**MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ #200**



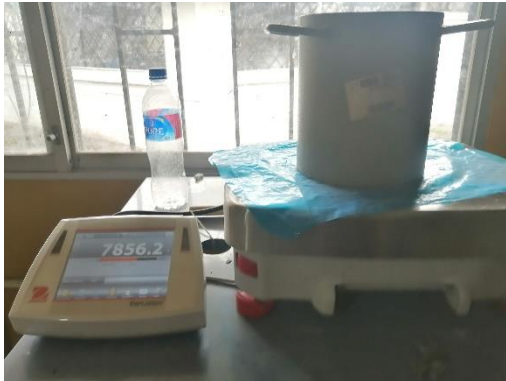
# COLORIMETRÍA



# GRANULOMETRÍA



**DENSIDAD APARENTE SUELTA Y COMPACTADA**



## ABRASIÓN



## DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

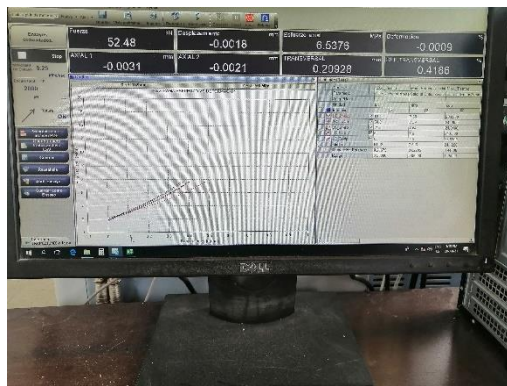


## ENSAYOS A COMPRESIÓN





# ENSAYO MEE



## DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN

Santo Domingo, 27 de Julio de 2021

### CERTIFICACIÓN

La Dirección de Fiscalización del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo, **CERTIFICA**, al señor **VÍCTOR STEVE CHACÓN SANTOS** con C.I: **235003103-1**, Tesista de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Civil, que los análisis, ensayos de los materiales pétreos y elaboración de los especímenes de hormigón fueron realizados dentro del laboratorio perteneciente a la Empresa Pública de Construcciones, Vivienda y de Aseo de Santo Domingo EP-CONST, en base al acuerdo interinstitucional dichos ensayos fueron **avalados** por el Analista de Laboratorio de Materiales Ing. Alan Carvajal, para la elaboración del proyecto de Titulación “**ANÁLISIS TEÓRICO - EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EN EL CANTÓN SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.**”

Es cuanto se puede certificar en honor a la verdad, la misma que autoriza a la parteinteresada hacer del presente documento el uso para los fines consiguientes siempre que se encuentre enmarcada dentro de los cánones legales.

Documento no válido para ningún trámite Judicial.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**FREDDY BOLIVAR  
SARAVIA ZAMBRANO**

Ing. Freddy Saravia Z.  
**DIRECTOR DE FISCALIZACIÓN DEL  
GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO.**



Firmado electrónicamente por:  
**JAMPIER PAUL  
CEDENO ZAMBRANO**

Ing. Jampier Cedeño Z.  
**ANALISTA DE FISCALIZACIÓN**

[www.santodomingo.gob.ec](http://www.santodomingo.gob.ec)  
Av. Quito y Tulcán  
023 836 320  
MunicipioSantoDomingo 



*Santo Domingo, 23 de Julio de 2021*

## CERTIFICACIÓN

Yo, Alan Rodrigo Carvajal Murillo con C.I: 131063146-8, en función como Analista de laboratorio de materiales por parte de la empresa EPCONST, **CERTIFICO** que los análisis, ensayos, estudios de los materiales pétreos, y elaboración de especímenes de hormigón realizados por el Señor Víctor Steve Chacón Santos con C.I: 235003103-1, Tesista de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Civil, fueron **avalados** por el laboratorio perteneciente a la empresa EPCONST, para la elaboración del proyecto de Titulación **“ANÁLISIS TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EN EL CANTÓN SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.”**

Es cuanto se puede certificar en honor a la verdad, la misma que autoriza a la parte interesada hacer del presente documento el uso para los fines consiguientes siempre que se encuentre enmarcada dentro de los cánones Legales.



Firmado electrónicamente por:  
**ALAN RODRIGO  
CARVAJAL  
MURILLO**

**Ing. Alan Carvajal Murillo**  
**131063146-8**  
**ANALISTA DE LABORATORIO**  
**DE MATERIALES - EPCONST**

Av. Quito entre Av. Río Lelia y el Parque de la Juventud  
(02) 2 710 216 / [info@epconst.gob.ec](mailto:info@epconst.gob.ec) / [www.epconst.gob.ec](http://www.epconst.gob.ec)

