



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 COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A
COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON: ESCORIA VOLCÁNICA
COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO GRUESO Y ARENA
VOLCÁNICA COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO.**

AUTOR: REVELO ANDRADE CHRISTIAN JAVIER
TUTOR: ING. MG. DIEGO SEBASTIÁN CHÉRREZ GAVILANES

Ambato – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes certifico que la presente tesis de grado ***“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON: ESCORIA VOLCÁNICA COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO GRUESO Y ARENA VOLCÁNICA COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO”*** realizado por el señor Christian Javier Revelo Andrade Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

.....
Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes
TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Christian Javier Revelo Andrade, CI. 180348769-1 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON: ESCORIA VOLCÁNICA COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO GRUESO Y ARENA VOLCÁNICA COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO” es de mi completa autoría.

.....
Christian Javier Revelo Andrade
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo Experimental 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, 07 de Julio del 2016

.....
Christian Javier Revelo Andrade
AUTOR

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: ***“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON: ESCORIA VOLCÁNICA COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO GRUESO Y ARENA VOLCÁNICA COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO”***, del egresado Christian Javier Revelo Andrade, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 7 de Julio de 2016

Para constancia firman

.....
Ing. Mg. Galo Núñez
PROFESOR CALIFICADOR

.....
Ing. Mg. Carlos Navarro
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico en primer lugar mi trabajo a *DIOS*, el que me ha dado fortaleza y sabiduría para continuar y quien me acompañado siempre.

A mis *PADRES* que ha sabido formarme con buenos sentimientos y valores, lo cual me ha ayudado a salir siempre adelante en todas las circunstancias de mi vida.

A mis *HERMANOS* que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mi *FAMILIA* en general, que fueron parte de mi crecimiento como persona y como profesional.

Christían Revelo A.

AGRADECIMIENTO

A *DIOS*, por guiarme y acompañarme en este importante momento de mi vida. A mis *PADRES* quienes me han cuidado y guiado, que con su empeño y sacrificio velaron por mí bienestar y a quienes les debo todo lo que soy. *LOS AMO*

Agradezco también a mis *HERMANOS* con quienes he pasado amenos momentos inolvidables. *LOS QUIERO HERMANOS*

A mi *FAMILIA* quienes me acompañaron en mi infancia y juventud, apoyándose siempre incondicionalmente.

Al *INGENIERO* Diego Sebastián Chérrez Gavilanes, mi tutor académico, por su asesoría y colaboración en la elaboración de este proyecto.

A mis *COMPAÑEROS Y AMIGOS* que me brindaron su apoyo y amistad verdadera.

Christían Revelo A.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

| | |
|--|------|
| CERTIFICACIÓN | II |
| AUTORÍA..... | III |
| APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES..... | V |
| DEDICATORIA..... | VI |
| AGRADECIMIENTO | VII |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS..... | XI |
| RESUMEN EJECUTIVO | XIII |

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

| | |
|---|---|
| 1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL..... | 1 |
| 1.2. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 5 |
| 1.4. OBJETIVOS..... | 6 |
| 1.4.1. OBJETIVO GENERAL | 6 |
| 1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO | 6 |

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

| | |
|---|----|
| 2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 7 |
| 2.1.1. HORMIGÓN CONVENCIONAL..... | 7 |
| 2.1.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS..... | 7 |
| 2.1.1.1.1. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO | 8 |
| 2.1.1.1.2. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO..... | 11 |
| 2.1.2. HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD | 13 |
| 2.1.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS | 13 |
| 2.1.2.2. MATERIALES..... | 14 |
| 2.1.2.2.1. ESCORIA VOLCÁNICA..... | 14 |

| | |
|---|----|
| 2.1.2.2. 2. ARENA VOLCÁNICA | 15 |
| 2.1.3. LOS AGREGADOS | 16 |
| 2.1.3.1. AGREGADO FINO | 16 |
| 2.1.3.2. AGREGADO GRUESO..... | 17 |
| 2.1.3.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS ... | 17 |
| 2.1.3.3.1. GRANULOMETRÍA..... | 17 |
| 2.1.3.3.2. DENSIDAD APARENTE SUELTA Y COMPACTADA..... | 19 |
| 2.1.3.3.3. DENSIDAD REAL DE LOS AGREGADOS | 19 |
| 2.1.3.3.4. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN..... | 19 |
| 2.2. HIPÓTESIS | 20 |
| 2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS..... | 20 |
| 2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE | 20 |
| 2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE | 20 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

| | |
|---|----|
| 3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN | 21 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 21 |
| 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 23 |
| 3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE | 23 |
| 3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE | 24 |
| 3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 25 |
| 3.5. PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS..... | 26 |
| 3.5.1. PLAN DE PROCESAMIENTO..... | 26 |
| 3.5.2. PLAN DE ANÁLISIS | 26 |

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

| | |
|--|----|
| 4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS | 27 |
| 4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | 28 |
| 4.2.1. GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO..... | 28 |
| 4.2.2. GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO | 29 |
| 4.2.3. DENSIDAD APARENTE SUELTA Y COMPACTADA | 31 |

| | |
|---|----|
| 4.2.4. DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA..... | 32 |
| 4.2.5. DENSIDAD REAL AGREGADO FINO | 34 |
| 4.2.6. DENSIDAD REAL AGREGADO GRUESO..... | 36 |
| 4.2.7. DENSIDAD REAL DEL CEMENTO | 38 |
| 4.2.8. DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN: MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA..... | 39 |
| 4.2.9. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO..... | 43 |
| 4.2.10. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO | 47 |
| 4.2.11. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS..... | 51 |
| 4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS | 56 |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|--|----|
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 57 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 58 |
| | |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 60 |
| 7. ANEXOS | 62 |
| 7.1. IMÁGENES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN | 62 |
| 7.2. TABLA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÁS COMÚN DEL HORMIGÓN..... | 68 |

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Consistencia del Hormigón en función del Asentamiento</i> | 9 |
| <i>Tabla 2. Trabajabilidad del Hormigón en función del Asentamiento</i> | 10 |
| <i>Tabla 3. Densidades del Hormigón</i> | 11 |
| <i>Tabla 4. Propiedades químicas de la arena volcánica</i> | 15 |
| <i>Tabla 5. Propiedades físicas de la arena volcánica</i> | 16 |
| <i>Tabla 6. Límites especificados para el agregado fino</i> | 17 |
| <i>Tabla 7. Límites especificados para el agregado grueso</i> | 18 |
| <i>Tabla 8. Operacionalización de Variable Independiente</i> | 23 |
| <i>Tabla 9. Operacionalización de Variable Dependiente</i> | 24 |
| <i>Tabla 10. Plan de Recolección de Información</i> | 25 |
| <i>Tabla 11. Ensayo Realizados a los Agregados</i> | 27 |
| <i>Tabla 12. Granulometría Agregado Grueso</i> | 28 |
| <i>Tabla 13. Granulometría Agregado Fino</i> | 29 |
| <i>Tabla 14. Densidad Aparente Suelta y Compactada (Agregado Fino y Grueso)</i> | 31 |
| <i>Tabla 15. Densidad Aparente Combinada (Agregado Fino y Grueso)</i> | 32 |
| <i>Tabla 16. Densidad Real Agregado Fino</i> | 34 |
| <i>Tabla 17. Capacidad de Absorción Agregado Fino</i> | 34 |
| <i>Tabla 18. Densidad Real Agregado Grueso</i> | 36 |
| <i>Tabla 19. Capacidad de Absorción Agregado Grueso</i> | 36 |
| <i>Tabla 20. Densidad Real del Cemento</i> | 38 |
| <i>Tabla 21. Datos para el diseño de hormigón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$</i> | 39 |
| <i>Tabla 22. Cantidad de pasta en función del asentamiento</i> | 40 |
| <i>Tabla 23. Relación agua/cemento</i> | 40 |
| Tabla 24. Resumen dosificación $f'c= 240\text{kg/cm}^2$ | 42 |
| <i>Tabla 25. Propiedades del Hormigón Fresco (Mezcla 1)</i> | 43 |
| <i>Tabla 26. Propiedades del Hormigón Fresco (Mezcla 2)</i> | 44 |
| <i>Tabla 27. Propiedades del Hormigón Fresco (Mezcla 3)</i> | 45 |
| <i>Tabla 28. Propiedades del Hormigón Fresco (Mezcla 4)</i> | 46 |
| <i>Tabla 29. Propiedades del Hormigón Endurecido (Mezcla 1)</i> | 47 |
| <i>Tabla 30. Propiedades del Hormigón Endurecido (Mezcla 2)</i> | 48 |
| <i>Tabla 31. Propiedades del Hormigón Endurecido (Mezcla 3)</i> | 49 |
| <i>Tabla 32. Propiedades del Hormigón Endurecido (Mezcla 4)</i> | 50 |
| <i>Tabla 33. Resistencia Relativa a la Compresión</i> | 51 |
| <i>Tabla 34. Resumen de Ensayos a Compresión - Mezcla 1 y 2</i> | 52 |
| <i>Tabla 35. Resumen de Ensayos a Compresión - Mezcla 1 y 3</i> | 53 |
| <i>Tabla 36. Resumen de Ensayos a Compresión - Mezcla 1 y 4</i> | 54 |

GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| <i>Gráfico 1. Probeta de Hormigón para Compresión</i> | 12 |
| <i>Gráfico 2. Escoria Volcánica</i> | 14 |
| <i>Gráfico 3. Arena Volcánica</i> | 15 |
| <i>Gráfico 4. Curva Edad vs Resistencia Relativa</i> | 51 |
| <i>Gráfico 5. Curva de Crecimiento - Mezcla 1 y 2</i> | 52 |
| <i>Gráfico 6. Variación de Resistencia en Porcentajes - Mezcla 1 y 2</i> | 52 |
| <i>Gráfico 7. Curva de Crecimiento - Mezcla 1 y 3</i> | 53 |
| <i>Gráfico 8. Variación de Resistencia en Porcentajes - Mezcla 1 y 3</i> | 53 |
| <i>Gráfico 9. Curva de Crecimiento - Mezcla 1 y 4</i> | 54 |
| <i>Gráfico 10. Variación de Resistencia en Porcentajes - Mezcla 1 y 4</i> | 54 |
| <i>Gráfico 11. Curva de Crecimiento - Mezcla 1, 2, 3 y 4</i> | 55 |
| <i>Gráfico 12. Ensayo Granulométrico agregado fino y grueso</i> | 62 |
| <i>Gráfico 13. Ensayo Densidad Aparente</i> | 62 |
| <i>Gráfico 14. Ensayo Densidad Real</i> | 63 |
| <i>Gráfico 15. Ensayo Capacidad de Absorción</i> | 63 |
| <i>Gráfico 16. Ensayo Densidad Real del Cemento</i> | 63 |
| <i>Gráfico 17. Ensayo Cono de Abrams</i> | 64 |
| <i>Gráfico 18. Preparación de Probetas de Hormigón</i> | 64 |
| <i>Gráfico 19. Probetas de Hormigón</i> | 64 |
| <i>Gráfico 20. Curado Probetas de Hormigón</i> | 65 |
| <i>Gráfico 21. Máquina de Compresión</i> | 65 |
| <i>Gráfico 22. Probetas Ensayadas de Hormigón</i> | 65 |
| <i>Gráfico 23. Falla Tipo 5(Fractura al lado extremo superior)</i> | 66 |
| <i>Gráfico 24. Falla Tipo 3(Fisura vertical columna a través de ambos extremos)</i> | 66 |
| <i>Gráfico 25. Falla Tipo 5(Fractura al lado extremo superior)</i> | 67 |
| <i>Gráfico 26. Falla Tipo 3(Fisura vertical columna a través de ambos extremos)</i> | 67 |
| <i>Gráfico 27. Resistencia a la Compresión más Comunes del Hormigón</i> | 68 |

RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo de este Trabajo Experimental se analizó las propiedades físicas y mecánicas de los agregados grueso y fino, componentes del hormigón, y a su vez verificar si los mismos cumplen con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana.

Posteriormente se realizó la dosificación del hormigón utilizando el método de la Densidad Optima, para resistencia $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, con un asentamiento de 6 a 9 cm debido a que es el tipo de hormigón más utilizado en el medio de la construcción.

A partir de una misma dosificación se tomaron probetas cilíndricas con diferentes porcentajes de agregado volcánico (escoria y arena), además de elaborar un hormigón patrón de referencia (sin agregado volcánico) con la finalidad de verificar la influencia del agregado volcánico sobre la resistencia a la compresión del hormigón.

Posteriormente, con los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, se verifico la influencia de los agregados volcánicos en la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad de las diferentes mezclas empleadas.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

Análisis comparativo de la Resistencia a Compresión del Hormigón con: escoria volcánica como sustituto del agregado grueso y arena volcánica como sustituto del agregado fino.

1.2. ANTECEDENTES

Primera fuente de información:

Tesis de grado de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.

Apellido y nombres del autor:

Milton Rolando Angamarca Tene

Rubén Alejandro Cáceres Chico

Lugar y año de investigación:

Quito, 2015.

Tema:

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

Conclusiones:

- El hormigón de baja densidad con piedra pómez obtenido en esta investigación cumple con parámetros de calidad para ser utilizado en elementos estructurales establecidos según los lineamientos del A.C.I.

- La utilización de hormigón de baja densidad estructural en nuestro país es innovadora y eficaz para ser empleado en proyectos civiles.
- Manteniendo la dosificación y el mismo método para un hormigón convencional y un hormigón de baja densidad se alcanza una resistencia aceptable según el reglamento del A.C.I.
- La consistencia obtenida para el hormigón de baja densidad utilizando piedra pómez fue de 4 cm medido con el cono de Abrams, en comparación con el hormigón convencional que fue de 7 cm, esta consistencia se puede mejorar con el uso de un aditivo plastificante que permita un mejor desempeño en obra.
- El hormigón de baja densidad presenta un costo mayor que el hormigón convencional, pero este valor puede ser compensado con las menores dimensiones de elementos estructurales que producen variaciones en volumen total de hormigón y rendimientos al elaborar elementos estructurales.
- Al reemplazar la mitad del agregado grueso por piedra pómez se logró reducir la densidad del hormigón llegando a un valor entre 1873 kg/m³ y 1891 kg/m³ a diferentes edades de curado, lo que representa una reducción del 14% a la densidad de un hormigón convencional, la resistencia a la compresión de las muestras tomadas disminuye en un 13% en cada etapa de ensayo de muestras frente a la resistencia del hormigón convencional dosificado la cual cumple con la resistencia.

Segunda fuente de información:

Tesis de grado de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

Apellido y nombres del autor:

Pablo Larrea Heredia

Sergio Domínguez Reyes

Lugar y año de investigación:

Guayaquil, 2011

Tema:

Hormigón Simple utilizando agregado volcánico de la isla Galápagos “San Cristóbal”

Conclusiones:

- La causa de que estos hormigones sean livianos se debe a su baja densidad lograda por medio de agregados cuya relación de vacíos es alta.
- Los hormigones livianos son muy buenos aislantes de temperatura, Un aislante térmico es un material usado en la construcción y caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.
La conductividad es la característica por la cual el calor pasa de un material solido a otro cuando están en contacto entre sí, sabemos que el aire es un mal conductor de calor, por lo tanto los hormigones livianos que son porosos por excelencia, lo cual indica que encierran cantidades considerables de aire, los convierte en buenos aislantes térmicos.
- Estos hormigones no alcanzan resistencias iguales a las de un hormigón tradicional.

Tercera fuente de información:

Tesis de grado de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

Apellido y nombres del autor:

Darwin Iván Iza Manobanda

Lugar y año de investigación:

Guayaquil, 2009.

Tema:

Hormigón Liviano con agregado de Origen Volcánico y Aditivo Incorporador de Aire

Conclusiones:

- La dosificación N°1 utilizada para la mezcla de cemento con agregado de origen volcánico se obtuvo 14.7 MPA, aunque para ello se utilizó 394 kg de cemento por m³ de hormigón. La densidad estuvo en 1569 kg/m³.
- El diseño efectuado para nuestro ensayo patrón para la mezcla de cemento con agregado de origen volcánico se obtuvo 11.4 MPA, aunque para ello se utilizó 328 kg de cemento por m³ de hormigón. La densidad estuvo en 1415 kg/m³. Tiene similitud con la resistencia del diseño con la dosificación N°2 con 320 kg de cemento por m³ de hormigón.
- La constante de la Conductividad Térmica del hormigón liviano con agregado de origen volcánico está por debajo de la mitad comparado con el hormigón convencional.
- Los gráficos de Deformación Vs Tiempo de cada una de las dosificaciones muestran una contracción apreciable, para esto se recomienda realizar buen curado para no tener futuras figuraciones en los paneles, de ser así estas figuraciones provocarían el debilitamiento del material o puede afectar la capacidad para soportar las cargas de diseño, además de dañar su apariencia.
- La mejor trabajabilidad de la mezcla permitirá reducir los tiempos de colocación y compactación del hormigón en los paneles, lo que sin duda influirá en el costo final por panel.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los hormigones livianos desde hace tiempo vienen siendo utilizados, conjuntamente con el hormigón tradicional cuando se inició la expansión del uso del concreto en construcciones civiles en el mundo, pero al comienzo del siglo XX tiene mayor uso y desarrollo en la construcción. Cabe mencionar que a lo largo del continente americano, el uso de hormigones con agregados livianos ha tenido poca utilización, a diferencia del continente europeo, donde la utilización de agregados livianos es fundamental en la mayoría de sus construcciones civiles. [1]

Hoy en día con el avance tecnológico se experimentan con nuevos tipos de hormigones livianos, que por general, se diferencian entre sí solamente por los materiales utilizados en su elaboración. Este hormigón debido a sus bajas densidades presenta propiedades físicas como: aislamiento térmico, acústico, y resistencia al fuego. Permitiendo obtener mayores beneficios en comparación con el hormigón convencional, además utiliza materiales locales abundantes en el medio. [2]

En el Ecuador se ha llevado a cabo investigaciones sobre hormigones livianos elaborados con agregados de nuestro medio y en estas se ha podido observar las características que estos hormigones poseen para la construcción. Es por ello que se hace interesante experimentar la utilización de agregados con origen volcánico (escoria y agregado fino) en el hormigón y el presente proyecto pretende obtener parámetros de comparación, en resistencias finales producidas por compresión entre hormigones con los diferentes agregados propuestos y la posible aplicación en obras de construcción civil.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Efectuar un análisis comparativo de la Resistencia a Compresión del Hormigón con: escoria volcánica como sustituto del agregado grueso y arena volcánica como sustituto del agregado fino.

1.4.2. Objetivo Específico

- Comparar la influencia de los agregados propuestos en la resistencia a la rotura por compresión del hormigón.
- Determinar la variación de la resistencia a compresión del hormigón al adicionar diferentes porcentajes de los materiales propuestos.
- Evaluar el comportamiento del hormigón con los materiales propuestos.
- Definir uso y aplicación en construcciones civiles.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Hormigón Convencional

Es un material ampliamente utilizado en la construcción el mismo que a su vez endurecido tiene semejanza a la piedra, formada al mezclar en proporciones adecuadas cemento, agua, arena y ripio.

Para Romo [3], *“El hormigón es un material sumamente resistente a la compresión, pero extremadamente frágil y débil a solicitaciones de tracción. Para aprovechar sus fortalezas y superar sus limitaciones, en estructuras se utiliza el hormigón armado con barras de acero resistente a la tracción, lo que se conoce como hormigón armado, o combinado con cables tensados de acero de alta resistencia, lo que se identifica como hormigón pre esforzado.”*

La mezcla de cemento con el agua toma el nombre de *Pasta* cuyas funciones son:

- En estado plástico sirve como lubricante permitiendo el deslizamiento entre partículas. [4]
- En estado sólido, contribuye a proporcionar a la mezcla su resistencia mecánica. Además, rellena los espacios entre partículas proporcionándole al hormigón la característica de impermeabilidad. [4]

2.1.1.1. Propiedades Físicas y Mecánicas

El proceso de fraguado y endurecido del hormigón viene a ser hacer el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. El fraguado viene hacer el proceso inicial de hidratación caracterizada por el cambio de la mezcla de fluido a sólido.

Así definido, el fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón. El tiempo de fraguado del hormigón ocurre entre 2 y 4 horas el inicial, y el final entre 4 a 8 horas, el cual se determinan a través del ensayo de resistencia a la penetración. [5]

El endurecimiento del hormigón se produce después de su vertido, está va perdiendo humedad y adquiriendo dureza. El endurecimiento viene hacer un proceso muy lento, el cual va perdiendo agua necesaria para la hidratación del cemento, que se ve reflejado en la perdida de resistencia. Esta pérdida se puede evitar manteniendo al hormigón en constante humedecimiento llamado así como, “curado”. El hormigón al sufrir este proceso de endurecimiento, cambia de un material plástico a sólido, mediante un proceso físico-químico llamado fraguado. [5]

2.1.1.1.1. Propiedades del Hormigón Fresco

Se la conoce como la capacidad que tiene el Hormigón de poder ser maleable y fácilmente trabajable, el hormigón fresco está comprendido desde el amasado hasta cuando este inicia su proceso de fraguado.

A continuación se detalla las propiedades del hormigón fresco:

- Consistencia
- Trabajabilidad
- Homogenidad
- Densidad del Hormigón Fresco

2.1.1.1.1.1. Consistencia

Para Jiménez [6]: *“Es la menor o mayor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse. Varía con multitud de factores: cantidad de agua de amasado, tamaño máximo, granulometría y forma de los áridos, etc.”*

Para determinar la Consistencia del hormigón fresco se realiza el ensayo de asentamiento mediante el uso del llamado Cono de Abrams (NTE-INEN 1578 [7]- ASTM C143 [8]); este es un método muy común y practico de realizarlo en obra. Este procedimiento nos permite observar los cambios que pueden ocurrir entre diferentes muestras de hormigón, sean por el agua de amasado, humedad de los agregados o también por la granulometría de estos.

El Cono de Abrams es un molde de 30 cm de altura, 10 cm de diámetro superior y 20 cm de diámetro inferior, donde se coloca el hormigón, donde después de haber sido compactado en tres capas de igual volumen con una varilla metálica de 16 mm de punta redonda, dando 25 golpes a cada capa, se enrasa la superficie retirando el exceso del hormigón y se retira el cono de forma vertical realizándolo evitando el movimiento en el hormigón. Para medir el asentamiento de la mezcla de hormigón se mide la diferencia de altura entre el cono y el punto más alto de la mezcla asentada. Esta mediada determinara la consistencia de la mezcla de hormigón conforme a la Tabla 1.

| CONSISTENCIA | ASENTAMIENTO (cm) |
|---------------------|------------------------------|
| Seca | 0 – 2 |
| Plástica | 3 – 5 |
| Blanda | 6 – 9 |
| Fluida | 10 – 15 |
| Líquida | > 16 |

Tabla 1. Consistencia del Hormigón en función del Asentamiento
Fuente: Montoya P. [9]

2.1.1.1.1.2. Trabajabilidad

Es la propiedad del hormigón fresco que determina el esfuerzo requerido para el amasado, manipulación y puesto en obra, con los medios de compactación que se disponga. En otras palabras podemos definir a la trabajabilidad como una propiedad

que nos ayuda que el hormigón fresco se fácil de manipular y contraer, sin un riesgo de segregación.

Los factores que afectan a la trabajabilidad son:

- Cantidad de agua, cuanto mayor sea está mejor trabajabilidad
- Contenido de agregado fino.
- Granulometría del agregado grueso (formas alargadas y con aristas).
- Cantidad y finura del cemento.

Para apreciar la trabajabilidad del hormigón se lo puede medir mediante el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams teniendo muy en cuenta que a mayor asentamiento mejor será la trabajabilidad.

En fin, se ve necesario realizar una correcta dosificación y selección adecuada de los agregados para que nuestra trabajabilidad sea la requerida sin afectar sus propiedades.

| ASENTAMIENTO (cm) | TRABAJABILIDAD |
|------------------------------|-----------------------|
| 0 – 2 | Muy baja |
| 3 – 5 | Baja |
| 6 – 9 | Media |
| 10 – 15 | Alta |
| > 16 | Muy alta |

Tabla 2. *Trabajabilidad del Hormigón en función del Asentamiento*
Fuente: Montoya P. [9]

2.1.1.1.1.3. Homogeneidad

Para Jiménez [10]: “Es la cualidad por la cual los diferentes componentes del hormigón aparecen regularmente distribuidos en toda la masa de manera tal que dos muestras tomadas de distintos lugares de la misma resulten prácticamente iguales”

La homogeneidad en el hormigón se la consigue a partir de un buen amasado y para mantener esta se requiere de un adecuado transporte y correcta colocación. Los factores por la cual la homogeneidad del hormigón se puede ver afectada son:

- Segregación: Cuando hay separación de los agregados gruesos y finos y por,
- Decantación: Cuando la mezcla de hormigón es muy líquida el agregado grueso se va al fondo mientras que el mortero queda en la superficie.

Estos fenómenos aumentan con el contenido de agua, con el tamaño máximo del árido, con las vibraciones o sacudidas durante el transporte y con la puesta en obra en caída libre. [10]

2.1.1.1.4. Densidad del Hormigón Fresco

Se la define como la cantidad de peso por unidad de volumen. La densidad del hormigón fresco es un indicativo de uniformidad del hormigón, y éste se verá afectado por: los agregados utilizados y la puesta en obra.

2.1.1.1.2. Propiedades del Hormigón Endurecido

2.1.1.1.2.1. Densidad del Hormigón Endurecido

Se la define como el peso por unidad de volumen. Está depende de varios factores como: la naturaleza y granulometría que tenga el agregado fino y grueso, y su método de compactación. [10]

| Hormigón | | Densidad (kg/m³) |
|-----------------|---------------|------------------------------------|
| Ligero | | 200 -2000 |
| Ordinarios | Apisonados | 2000-2200 |
| | Vibrados | 2300-2400 |
| | Centrifugados | 2400-2500 |
| | Proyectadas | 2500-2600 |
| Pesado | | 3000-4000 |

Tabla 3. Densidades del Hormigón

Fuente: Medina S. [11]

2.1.1.1.2.2. Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión del hormigón se la puede definir como la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. [12]

La resistencia a la compresión se establece fracturando probetas cilíndricas de hormigón en una máquina de ensayos de compresión. Esta se obtiene a partir de la carga dividida por el área de la sección esto en unidades de kg/cm². [12]

Resistencia Característica.- Valor de la resistencia a la compresión del hormigón simple, si se ensayan varias muestras en el laboratorio, el 95% de las probetas tienen resistencias mayores o iguales. [11]

Resistencia Media.- Media aritmética entre las resistencias a compresión obtenidas de varias muestras de hormigón. [11]

La Norma ASTM C39 [13] determina la resistencia a compresión mediante la utilización de probetas cilíndricas de hormigón, en este caso normalizados de 15cm de diámetro y 30cm de altura, son llevados a la rotura mediante el incremento de carga en su sección, éstas resistencias se las mide a los 7, 14, 21 y 28 días de edad en condiciones óptimas de curado.



Gráfico 1. *Probeta de Hormigón para Compresión*

Fuente: Romo M. [3]

2.1.2. Hormigón de Baja Densidad

Se define como hormigones de baja densidad a aquellos que poseen una densidad que oscila entre 300 kg/m^3 y 1900 kg/m^3 , a diferencia del hormigón convencional que posee una densidad normal de 2400 kg/m^3 . [14]

Por su tipo de aplicación el hormigón liviano se clasifica en:

- Hormigón de relleno,
- Hormigón aislante, y
- Hormigón estructural

Hormigón de Relleno

Es aquel cuya densidad está comprendida entre 300 kg/m^3 y los 1000 kg/m^3 . Este tipo de hormigón presenta buenas propiedades como aislante térmico, pero presenta baja resistencia. El hormigón de relleno posee una consistencia y tamaño de agregados adecuados para rellenar huecos, la trabajabilidad de éste debe ser la necesaria para lograr un llenado completo. [14]

Hormigón Aislante

Es aquel cuya densidad está comprendida entre 800 kg/m^3 , su resistencia a la compresión es de 7 kg/cm^2 y 70 Kg/cm^2 , además se clasifica en función de su coeficiente de conductividad térmica que debe estar por debajo de los $3 \text{ J/ms}^\circ\text{C}$ y su densidad viene hacer más baja que los hormigones convencionales. [14]

Hormigón Estructural

Este tipo de hormigón comparado con el tradicional es un 25% a un 35% más liviano, su densidad no excede de los 1840 kg/m^3 y su resistencia es mínima. [14]

2.1.2.1. Características Físicas y Químicas

Las características físicas y químicas en el hormigón de baja densidad, se generan por el tipo de agregados que se utilice para su elaboración, presentado ventajas para su utilización en obras civiles.

Este tipo de hormigón presenta ventajas tales como:

- Baja densidad (Disminución del peso en estructuras).
- Resistencia al fuego.
- Aislación acústica y térmica.
- Fraguado uniforme.
- Trabajabilidad buena

Este tipo de hormigón presenta desventajas tales como:

- Costo de los agregados.
- Contracción por secado
- Corrosión en el acero debido a su capacidad de absorción
- Módulo de elasticidad bajo

2.1.2.2. Materiales

2.1.2.2.1. Escoria Volcánica

Son piedras de diverso tamaño y de aspecto esponjoso, se forma cuando la lava tiene mucho gas que tiende a escaparse generando una espuma o burbujas. Además cuando la lava se solidificada como resultado una roca con una textura vesicular. [15]

La escoria volcánica se utiliza bastante en la construcción, aunque sus propiedades mecánicas son malas debido a que su peso específico es bajo, producto de la porosidad que este presenta. A pesar de su frecuente utilización no se han realizado caracterizaciones mecánicas que arrojen datos sobre su comportamiento in situ. [15]



Gráfico 2. Escoria Volcánica
Fuente: Cantera de Baños

2.1.2.2. 2. Arena Volcánica

Este tipo de arena se forma de rocas emanadas de volcanes, al ser expuestas al calor de estos, se expanden hasta hervir y derretirse, convirtiéndose en espuma y sacando así sus impurezas químicas orgánicas. Durante la erupción de un volcán esta masa derretida se enfría rápidamente, formando millones de celdas miniaturas de aire dentro de la roca, así se forma la piedra volcánica. [16]



Gráfico 3. Arena Volcánica
Fuente: Cantera de Baños

Propiedades químicas de la arena volcánica

| COMPONENTE | PORCENTAJE |
|--------------------------------|------------|
| SiO ₂ | 70.5 |
| Al ₂ O ₃ | 13.5 |
| Fe ₂ O ₃ | 01.1 |
| FeO | 00.1 |
| Na | 01.6 |
| K | 01.8 |
| Ca | 00.8 |
| TiO ₂ | 00.2 |
| SO ₃ | 00.1 |
| MgO | 00.5 |

Tabla 4. Propiedades químicas de la arena volcánica
Fuente: QuimiNet. [16]

Propiedades físicas de la arena volcánica

| PROPIEDAD | DATO |
|------------------------|------------------|
| Dureza (escala Mohs) | 5.5 |
| pH | 7.2 |
| Punto de ablandamiento | 900°C |
| Peso unitario | 25~60 libras/uc3 |

Tabla 5. *Propiedades físicas de la arena volcánica*

Fuente: *QuimiNet.* [16]

2.1.3. Los Agregados

Se puede definir como agregado al conjunto de partículas de diferentes tamaños que se puede encontrar en nuestro medio, ya sea en forma de finos, arenas y gravas por resultado de la trituración de rocas. La norma NTE INEN0872 [17] indica: “*El termino Agregado se emplea para definir al material pétreo que se utiliza en el hormigón, independientemente de su tamaño*”

Por su tamaño los agregados se clasifican en: agregados finos y gruesos. Los finos son arenas naturales o fabricadas con tamaños que van desde los 5 mm hasta 60 mm; los gruesos son aquellos cuyas partículas son mayores a 5mm hasta 125 mm. [18]

De acuerdo a su peso específico, los agregados se clasifican en normal, ligeros y pesados; estas características los hacen idóneos para elaborar hormigón con variedad de pesos específico, el cual es una característica muy básica del material. [19] [20]

2.1.3.1. Agregado Fino

También llamado árido o arena, se define como la porción que pasa por el tamiz 3/8” y es retenido en el #200. Para que el agregado fino sea idóneo para el hormigón debe estar libre de impurezas orgánicas, arcillas o algún otro material dañino. Esta deberá ser bien graduada de acuerdo a la ASTM C136. [21]

2.1.3.2. Agregado Grueso

El agregado grueso se lo define como aquella fracción mayor a 5 mm y es retenida en el tamiz #4, el cual proviene de la combinación de gravas o agregado triturado. El agregado triturado es aquel que se obtiene mediante la trituración de roca, piedra bola, grava de gran tamaño, teniendo una mayor resistencia que un agregado redondeado. Esta se debe a la conexión que este desarrolla en sus partículas angulosas.

2.1.3.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Agregados

2.1.3.3.1. Granulometría

La granulometría es la distribución de los distintos tamaños de las partículas que componen al agregado se la determina por análisis de tamices, NTE INEN 696. [22]

Se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca.

2.1.3.3.1.1. Granulometría del Agregado Fino

El agregado fino es recomendable para el hormigón, cuando su granulometría está comprendida dentro de los límites especificados en la norma NTE INEN 696 [22]- ASTM C33 [23], mostrada a continuación.

| TAMIZ INEN | TAMIZ ASTM | PORCENTAJE QUE PASA |
|------------|------------|---------------------|
| 9.50 mm | 3/8" | 100 |
| 4.75 mm | #4 | 95 – 100 |
| 2.36 mm | #8 | 80 – 100 |
| 1.18 mm | #16 | 50 – 85 |
| 0.60 mm | #30 | 25 – 60 |
| 0.30 mm | #50 | 10 – 30 |
| 0.15 mm | #100 | 2 – 10 |

Tabla 6. Límites especificados para el agregado fino

Fuente: NTE INEN 696. [22]

Módulo de Finura

Según especifica la norma ASTM C125 [24]: “El módulo de finura es el valor correspondiente a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices #100, #50, #30, #16, #8, #4, 3/8”, 3/4”, etc. ”, este valor para su uso en hormigón, debe estar entre 2,3 y 3,1.

2.1.3.3.1.2. Granulometría del Agregado Grueso

El agregado grueso es recomendable para el hormigón, cuando su granulometría está comprendida dentro de los límites especificados en la norma NTE INEN 696 [22]- ASTM C33 [23], mostrada a continuación.

| TAMIZ INEN | TAMIZ ASTM | PORCENTAJE QUE PASA |
|---------------|---------------|------------------------|
| 50.8 mm | 2" | 100 |
| 38.1 mm | 1½" | 95 – 100 |
| 25.4 mm | 1" | - |
| 19.1 mm | ¾" | 35 – 70 |
| 12.7 mm | ½" | - |
| 9.52 mm | 3/8" | 10 – 30 |
| 4.76 mm | #4 | 0 – 5 |

Tabla 7. Límites especificados para el agregado grueso
Fuente: NTE INEN 696. [22]

Tamaño Nominal Máximo

Se lo define como el tamiz comercial anterior al tamiz en el que se retuvo el 15% o más, a medida que se disminuye el tamaño máximo del agregado este tiende a incrementar su resistencia, debido a reducción de esfuerzos de adherencia, por el aumento de superficie específica de las partículas.

2.1.3.3.2. Densidad Aparente Suelta y Compactada

La densidad aparente es la relación que existe entre la masa del agregado para el volumen del recipiente.

Para determinar la densidad suelta y compactada de los agregados se aplica la norma NTE INEN 0858^[25] - ASTM C29^[26].

2.1.3.3.3. Densidad Real de los Agregados

Se la define como la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada incluyendo los poros que pueda tener el agregado.

Para determinar la densidad real de los agregados se aplica la norma:

- NTE INEN 0857^[27] - ASTM C127^[28] para el agregado grueso y,
- NTE INEN 0856^[29] - ASTM C128^[30] para el agregado fino.

2.1.3.3.4. Capacidad de Absorción

La capacidad de absorción se la podría definir como la cantidad de agua que el agregado puede absorber hasta obtener la condición Superficie Seca Saturada (SSS).

Para determinar la capacidad de absorción de los agregados se aplica la norma:

- NTE INEN 0857^[27] - ASTM C127^[28] para el agregado grueso y,
- NTE INEN 0856^[29] - ASTM C128^[30] para el agregado fino.

2.2. HIPÓTESIS

Hormigón elaborado con: escoria volcánica como sustituto del agregado grueso y arena volcánica como sustituto del agregado fino influye en la resistencia a compresión.

2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. Variable Independiente

Hormigón elaborado con: escoria volcánica como sustituto del agregado grueso y arena volcánica como sustituto del agregado fino.

2.3.2. Variable Dependiente

La Resistencia a compresión.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los niveles o tipo de investigación considerados para este proyecto son:

- Descriptiva
- Exploratoria

Será descriptiva porque se busca comprar entre diferentes agregados disponibles en nuestro medio y que son utilizados en la fabricación de hormigones. Además, se determinará el comportamiento que el hormigón tiene al adicionar en diferentes porcentajes los materiales propuestos buscando así definir su posible uso y aplicación en obras civiles.

Será exploratorio ya que busca determinar la influencia que tienen los agregados de origen volcánico en resistencia a compresión, cuando sustituyen parcialmente al agregado fino y grueso en el hormigón.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

El presente proyecto podría tener un infinito número de probetas, esto a su vez involucra de una inversión alta para el desarrollo de los ensayos.

La norma ACI-318S-11 [31], menciona que para ensayos de resistencia a compresión se debe al menos promediar los resultados de dos probetas de 150 mm por 300 mm, elaboradas de la misma porción de hormigón y ensayadas a la edad establecida para la determinación de su resistencia a la compresión f_c .

Con este antecedente, para efectuar un análisis comparativo se decide trabajar con total de 36 probetas de hormigón, 9 por cada tipo de mezcla:

Mezcla 1 = Ag. Grueso - Ag. Fino - Cemento - Escoria y Arena Volcánica (0%),

Mezcla 2 = Ag. Grueso - Ag. Fino - Cemento - Escoria y Arena Volcánica (25%),

Mezcla 3 = Ag. Grueso - Ag. Fino - Cemento - Escoria y Arena Volcánica (50%),

Mezcla 4 = Ag. Grueso - Ag. Fino - Cemento - Escoria y Arena Volcánica (100%).

Se ensayarán 3 probetas de hormigón para su resistencia promedio, a los 7, 14 y 28 días de edad utilizando una misma dosificación.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable Independiente

Hormigón elaborado con: escoria volcánica como sustituto del agregado grueso y arena volcánica como sustituto del agregado fino

| Conceptualización | Dimensiones | Indicadores | Ítems | Técnicas e Instrumentos |
|--|-------------------|---|------------------------------------|--|
| Hormigón: Es un material ampliamente utilizado en la construcción el mismo que a su vez endurecido tiene semejanza a la piedra formada al mezclar en proporciones adecuadas cemento, agua, arena y ripio. | Escoria volcánica | Tamaño nominal máximo - 1/2” - 3/4” | ¿Cuál es el tamaño nominal máximo? | - Ensayo de Granulometría del agregado grueso - Ficha de Registro |
| | Arena volcánica | Módulo de finura 2.3 < MF < 3.1 | ¿Cuál es el módulo de finura? | - Ensayo de Granulometría del agregado fino - Ficha de Registro |

*Tabla 8. Operacionalización de Variable Independiente
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.*

3.3.2. Variable Dependiente

La resistencia a compresión.

| Conceptualización | Dimensiones | Indicadores | Ítems | Técnicas e Instrumentos |
|--|-------------|--|---|--|
| <p>Resistencia a compresión:</p> <p>La resistencia a la compresión se establece fracturando probetas cilíndricas de hormigón en una máquina de ensayos de compresión. Esta se obtiene a partir de la carga dividida por el área de la sección esto en unidades de kg/cm²</p> | Hormigón | <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Densidad media</p> | ¿Cómo influye la calidad de los agregados en las propiedades del hormigón endurecido? | <ul style="list-style-type: none"> - Ficha de Registro - Investigación bibliográfica Normas INEN, ASTM - Investigación en Laboratorio |

*Tabla 9. Operacionalización de Variable Dependiente
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.*

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

| Preguntas Básicas | Explicación |
|-------------------------|---|
| 1. ¿Qué evaluar? | - Propiedades del Hormigón Fresco y Endurecido. |
| 2. ¿Sobre qué evaluar? | - Agregados cantera Villacrés de la ciudad de Ambato. - Agregados de Origen volcánico: escoria y arena. |
| 3. ¿Sobre qué aspectos? | - Trabajabilidad. - Homogeneidad. - Consistencia. - Resistencia a la Compresión. |
| 4. ¿Quién evaluar? | - Egresado: Christian Javier Revelo Andrade. - Tutor: Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes. |
| 5. ¿A quiénes evalúa? | - 36 probetas cilíndricas (Altura 30cm y Diámetro 15cm). |
| 6. ¿Dónde evalúa? | - Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato. |
| 7. ¿Cómo y con qué? | - Mediante Pruebas y Ensayos de Laboratorio. - Investigaciones bibliográficas en Normas INEN-ASTM. |

Tabla 10. Plan de Recolección de Información
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

3.5. PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1. Plan de Procesamiento

- Tabulación según las variables de la Hipótesis.
- Revisión crítica de la información recolectada.
- Representación gráfica de los datos resultantes de las pruebas realizadas a las probetas de Hormigón.

3.5.2. Plan de Análisis

- Analizar e interpretar los resultados obtenidos en base a los objetivos e hipótesis.
- Verificar las Hipótesis dependiendo de los resultados obtenidos en el proyecto.
- Establecer conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de este capítulo se realizó ensayos de laboratorio para el agregado grueso, agregado fino; así como del cemento, Holcim; con el objetivo de conocer las características físicas y mecánicas de los materiales para la preparación del Hormigón.


Ensayos Realizados en los Agregados

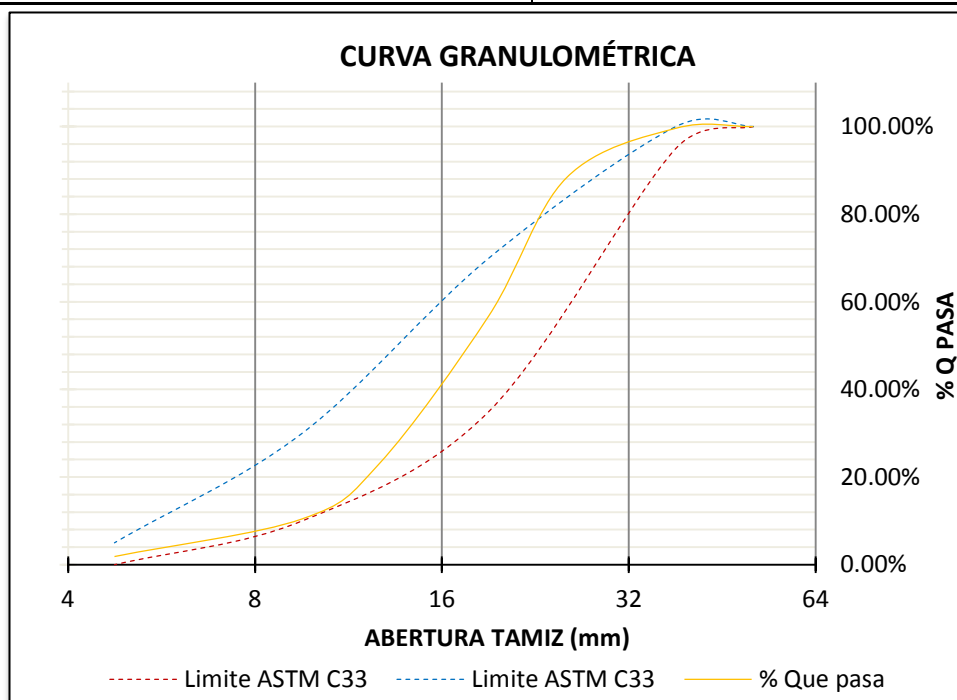
| ENSAYOS | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO |
|------------------------|---------------|-----------------|
| Granulometría | X | X |
| Densidad Aparente | X | X |
| Densidad real | X | X |
| Capacidad de Absorción | X | X |

Tabla 11. *Ensayo Realizados a los Agregados*
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Granulometría Agregado Grueso

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO" </div>  </div> | | | | | | |
|--|---------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|-------------------------|
| ORIGEN: | | Cantera Villacrés | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | | 10000 | | PÉRDIDA DE MUESTRA (%): 0,11% | | |
| ENSAYADO POR: | | Christian Javier Revelo Andrade | | FECHA: 01/Mar/2016 | | |
| NORMA: | | NTE INEN 696 | | | | |
| Tamiz | Abertura (mm) | Retenido parcial (gr) | Retenido acumulado (gr) | % Retenido acumulado | % que pasa | Límites ASTM % que pasa |
| 2" | 50,8 | 0 | 0 | 0,00% | 100,00% | 100 |
| 1 ½" | 38,1 | 38,9 | 38,9 | 0,39% | 99,61% | 95 - 100 |
| 1" | 25,4 | 1128,3 | 1167,2 | 11,67% | 88,33% | - |
| ¾" | 19,05 | 3146,2 | 4313,4 | 43,13% | 56,87% | 35 - 70 |
| ½" | 12,7 | 3371,2 | 7684,6 | 76,85% | 23,15% | - |
| ⅜" | 9,53 | 1269,3 | 8953,9 | 89,54% | 10,46% | 10 - 30 |
| #4 | 4,75 | 859,3 | 9813,2 | 98,13% | 1,87% | 0 - 5 |
| FUENTE | | 176,2 | 9989,4 | 99,89% | 0,11% | - |
| TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO: | | | | 1 ½" | | |



*Tabla 12. Granulometría Agregado Grueso
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.*

4.2.2. Granulometría Agregado Fino

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO" </div>  </div> | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| ORIGEN: | | Cantera Villacrés | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | | 900 | | PÉRDIDA DE MUESTRA (%): | | 1,21 |
| ENSAYADO POR: | | Christian Javier Revelo Andrade | | FECHA: | | 01/03/2016 |
| NORMA: | | NTE INEN 696 | | | | |
| <i>Tamiz</i> | <i>Abertura (mm)</i> | <i>Retenido parcial (gr)</i> | <i>Retenido acumulado (gr)</i> | <i>% Retenido acumulado</i> | <i>% que pasa</i> | <i>Límites ASTM % que pasa</i> |
| 3/8 | 9,5 | 0 | 0 | 0,00% | 100,00% | 100 |
| #4 | 4,76 | 0 | 0 | 0,00% | 100,00% | 95-100 |
| #8 | 2,38 | 130,5 | 130,5 | 14,50% | 85,50% | 80-100 |
| #16 | 1,19 | 213,1 | 343,6 | 38,18% | 61,82% | 50-85 |
| #30 | 0,59 | 203,5 | 547,1 | 60,79% | 39,21% | 25-60 |
| #50 | 0,297 | 256,2 | 803,3 | 89,26% | 10,74% | 10-30 |
| #100 | 0,149 | 76,1 | 879,4 | 97,71% | 2,29% | 2-10 |
| #200 | 0,075 | 6,9 | 886,3 | 98,48% | 1,52% | - |
| FUENTE | | 2,8 | 889,1 | 98,79% | - | - |
| MÓDULO DE FINURA | | | | 3,00% | | |

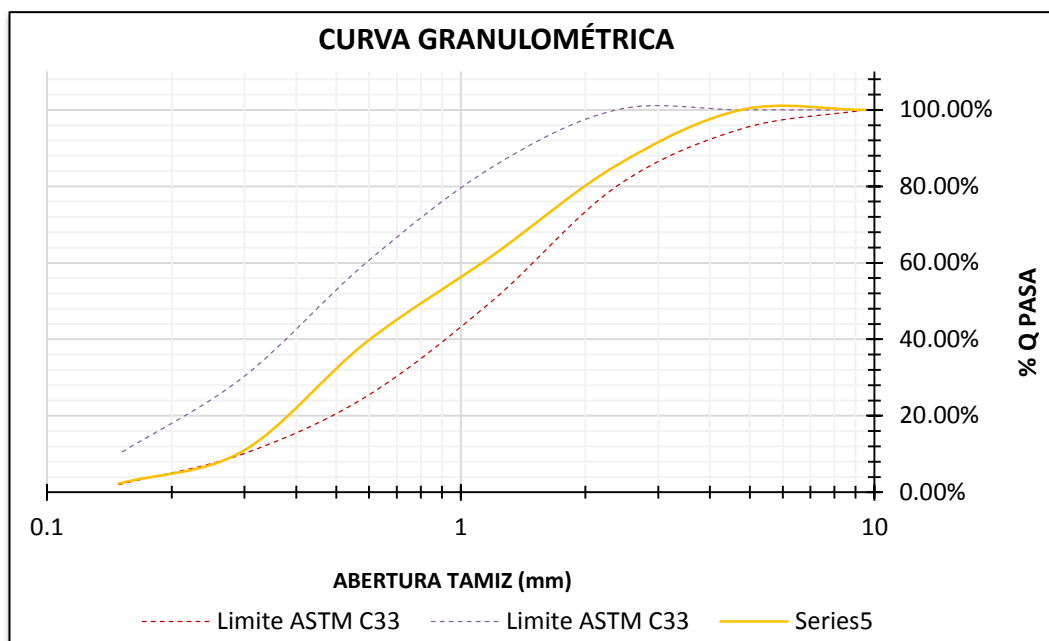


Tabla 13. Granulometría Agregado Fino
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

Análisis:

Realizado el ensayo de Granulometría Tabla 12 y 13 bajo la norma NTE INEN 696 [22] del agregado Grueso y Fino, se verificó que los mismos se encuentran dentro de los límites establecidos y permisibles, siendo así que los agregados son aptos para la elaboración de Hormigón.

4.2.3. Densidad Aparente Suelta y Compactada



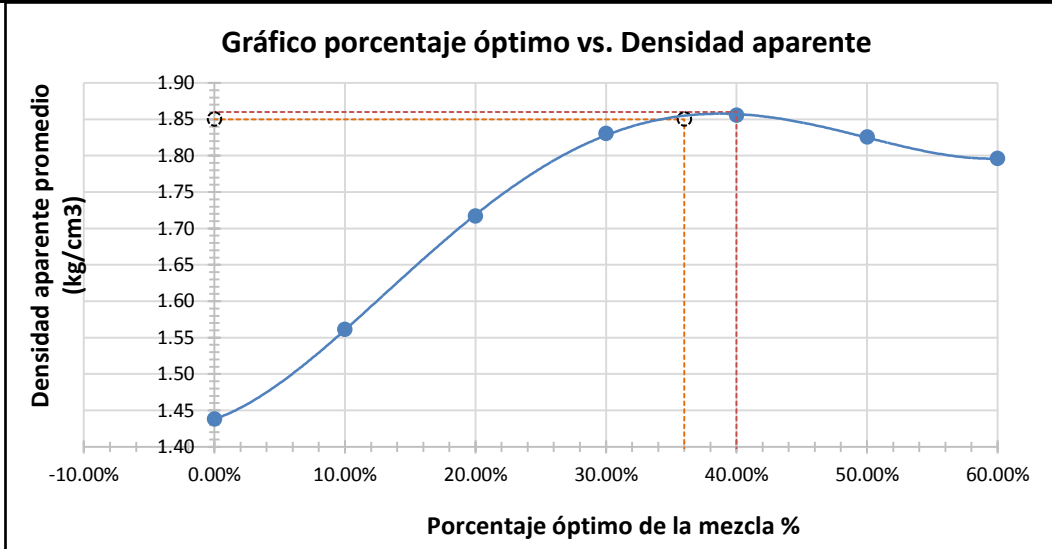
|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  “DENSIDAD APARENTE DEL LOS AGREGADOS” | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------------------------------|--|
| ORIGEN: | | Cantera Villacrés | | |
| MASA RECIPIENTE (Kg): | | 9,9 | | |
| ENSAYADO POR: | | Christian Javier Revelo Andrade FECHA: 02/Mar/2016 | | |
| VOLUMEN RECIPIENTE (dm³): | | 20,24 | | |
| NORMA: | | NTE INEN 858- ASTM C29 | | |
| “DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO” | | | | |
| <i>Agregado</i> | <i>Agregado + Recipiente (kg)</i> | <i>Agregado (kg)</i> | <i>Densidad (kg/dm³)</i> | <i>Densidad Promedio (kg/dm³)</i> |
| GRUESO | 38,90 | 29,00 | 1,43 | 1,44 |
| | 39,10 | 29,20 | 1,44 | |
| FINO | 41,70 | 31,80 | 1,57 | 1,57 |
| | 41,80 | 31,90 | 1,58 | |
| “DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO” | | | | |
| <i>Agregado</i> | <i>Agregado + Recipiente (kg)</i> | <i>Agregado (kg)</i> | <i>Densidad (kg/dm³)</i> | <i>Densidad Promedio (kg/dm³)</i> |
| GRUESO | 36,90 | 27,00 | 1,33 | 1,33 |
| | 36,80 | 26,90 | 1,33 | |
| FINO | 39,80 | 29,90 | 1,48 | 1,47 |
| | 39,50 | 29,60 | 1,46 | |

Tabla 14. Densidad Aparente Suelta y Compactada (Agregado Fino y Grueso)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

4.2.4. Densidad Aparente Compactada de la Mezcla

| % Mezcla | | Cantidad (kg) | | Fino añadido (kg) | Agregado + Recipiente (kg) | Agregado (kg) | Densidad mezcla (kg/dm ³) | Densidad promedio (kg/dm ³) |
|----------|--------|---------------|-------|-------------------------|----------------------------------|------------------|---|---|
| GRUESO | FINO | GRUESO | FINO | FINO | AGREGADO FINO + GRUESO | | | |
| 100,00% | 0,00% | 40,00 | 0,00 | 0,00 | 38,90 | 29,00 | 1,43 | 1,44 |
| | | | | | 39,10 | 29,20 | 1,44 | |
| 90,00% | 10,00% | 40,00 | 4,44 | 4,44 | 41,40 | 31,50 | 1,56 | 1,56 |
| | | | | | 41,60 | 31,70 | 1,57 | |
| 80,00% | 20,00% | 40,00 | 10,00 | 5,56 | 44,60 | 34,70 | 1,71 | 1,72 |
| | | | | | 44,70 | 34,80 | 1,72 | |
| 70,00% | 30,00% | 40,00 | 17,14 | 7,14 | 46,90 | 37,00 | 1,83 | 1,83 |
| | | | | | 47,00 | 37,10 | 1,83 | |
| 60,00% | 40,00% | 40,00 | 26,67 | 9,53 | 47,50 | 37,60 | 1,86 | 1,86 |
| | | | | | 47,40 | 37,50 | 1,85 | |
| 50,00% | 50,00% | 40,00 | 40,00 | 13,33 | 46,80 | 36,90 | 1,82 | 1,83 |
| | | | | | 46,90 | 37,00 | 1,83 | |
| 40,00% | 60,00% | 40,00 | 60,00 | 20,00 | 46,20 | 36,30 | 1,79 | 1,80 |
| | | | | | 46,30 | 36,40 | 1,80 | |



| | |
|---|--------|
| <i>Porcentaje máximo de agregado fino (%)</i> | 40,00% |
| <i>Porcentaje máximo de agregado grueso (%)</i> | 60,00% |
| <i>Porcentaje óptimo de agregado fino (%)</i> | 36,00% |
| <i>Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)</i> | 64,00% |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | 1,860 |
| <i>Densidad óptima (gr/cm³)</i> | 1,850 |

Tabla 15. Densidad Aparente Combinada (Agregado Fino y Grueso)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

Análisis:

Observamos mediante la Tabla 15 que el Peso unitario Máximo y Óptimo, fue de $1,86 \text{ gr/cm}^3$ y $1,85 \text{ gr/cm}^3$ respectivamente, el primero nos permitió establecer el porcentaje Máximo de Agregado Grueso (60%) y Fino (40%), y el segundo el porcentaje Óptimo de Agregado Grueso (64%) y Fino (36%), se determina mediante la norma NTE INEN 858 ^[25] - ASTM C29 ^[26], así estableciendo la cantidad de peso de agregado que requiere por unidad de volumen de Hormigón.

4.2.5. Densidad Real Agregado Fino



|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL  "DENSIDAD REAL AGREGADO FINO" | | | |
|--|--|--------------------|-------------|
| ORIGEN: | Cantera Villacrés | | |
| ENSAYADO POR: | Christian Javier Revelo Andrade | FECHA: | 03/Mar/2016 |
| NORMA: | NTE INEN 856 - ASTM C128 | | |
| CALCULO DE LA DENSIDAD REAL | | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR |
| M1 | Masa del picnómetro | gr | 146,40 |
| M2 | Masa del picnómetro + muestra SSS | gr | 367,80 |
| M3 | Masa del picnómetro + muestra SSS + agua | gr | 779,10 |
| M4=M3-M2 | Masa agua añadida | gr | 411,30 |
| M5 | Masa picnómetro + 500cc de agua | gr | 642,90 |
| M6=M5-M1 | Masa de 500cc de agua | gr | 496,50 |
| DA=M6/500cm ³ | Densidad del agua | gr/cm ³ | 0,99 |
| M7=M6-M4 | Masa del agua desalojada por la muestra | gr | 85,20 |
| Msss=M2-M1 | Masa del agregado | gr | 221,40 |
| Vsss=M7/DA | Volumen del agua desalojada | cm ³ | 85,80 |
| DRA=Msss/Vsss | Densidad real de la arena | gr/cm ³ | 2,58 |

Tabla 16. Densidad Real Agregado Fino
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

| "CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO" | | | | |
|--|------------------------------------|--------|--------|--------|
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR | |
| M7 | Masa del recipiente | gr | 24,80 | 25,20 |
| M8 | Masa del recipiente + muestra SSS | gr | 158,10 | 169,90 |
| M9=M8-M7 | Masa de la muestra SSS | gr | 133,30 | 144,70 |
| M10 | Masa del recipiente + muestra seca | gr | 156,50 | 166,20 |
| M11=M10-M7 | Masa de la muestra seca | gr | 131,70 | 141,00 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100 | Capacidad de absorción | % | 1,21 | 2,62 |
| P2=(CA1+CA2)/2 | Capacidad de absorción promedio | % | 1,92 | |

Tabla 17. Capacidad de Absorción Agregado Fino
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

Análisis:

La densidad real de nuestro agregado fino es de $2,58 \text{ gr/cm}^3$ (Tabla 16) y la capacidad de absorción que presento es $1,92\%$ (Tabla 17), se determina mediante la norma NTE INEN 856 [29] - ASTM C128 [30], el rango de tolerancia es de $2,21 \text{ gr/cm}^3$ a $2,67 \text{ gr/cm}^3$ y de 0% a 3% , cumpliendo satisfactoriamente con el límite especificado y por eso el Agregado se utiliza para la elaboración de Hormigón.

4.2.6. Densidad Real Agregado Grueso



|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL  | | | |
|---|--|--------------------|-------------|
| "DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO" | | | |
| ORIGEN: | Cantera Villacrés | | |
| ENSAYADO POR: | Christian Javier Revelo Andrade | FECHA: | 03/Mar/2016 |
| NORMA: | NTE INEN 857 - ASTM C127 | | |
| CALCULO DE LA DENSIDAD REAL | | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR |
| M1 | Masa de la canastilla en el aire | gr | 1239,00 |
| M2 | Masa de la canastilla en el agua | gr | 1079,00 |
| M3 | Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire | gr | 5354,00 |
| M4 | Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua | gr | 3628,00 |
| DA | Densidad real del agua | gr/cm ³ | 1,00 |
| M5 = M3-M1 | Masa de la muestra SSS en el aire | gr | 4115,00 |
| M6 = M4-M2 | Masa de la muestra SSS en el agua | gr | 2549,00 |
| VR=(M5-M6)/DA | Volumen real de la muestra | cm ³ | 1566,00 |
| DR=M5/VR | Densidad real | gr/cm ³ | 2,63 |

Tabla 18. Densidad Real Agregado Grueso
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

| "CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO" | | | | |
|---|------------------------------------|--------|--------|--------|
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR | |
| M7 | Masa del recipiente | gr | 24,70 | 25,80 |
| M8 | Masa del recipiente + muestra SSS | gr | 133,40 | 149,80 |
| M9=M8-M7 | Masa de la muestra SSS | gr | 108,70 | 124,00 |
| M10 | Masa del recipiente + muestra seca | gr | 131,30 | 148,00 |
| M11=M10-M7 | Masa de la muestra seca | gr | 106,60 | 122,20 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100 | Capacidad de absorción | % | 1,97 | 1,47 |
| P2=(CA1+CA2)/2 | Capacidad de absorción promedio | % | 1,72 | |

Tabla 19. Capacidad de Absorción Agregado Grueso
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

Análisis:

La densidad real de nuestro Agregado Grueso es de $2,63 \text{ gr/cm}^3$ (Tabla 18) y la capacidad de absorción que presento es $1,72\%$ (Tabla 19), se determina mediante la norma NTE INEN 857 [27] - ASTM C127 [28], el rango de tolerancia es de $2,33 \text{ gr/cm}^3$ a $2,75 \text{ gr/cm}^3$ y de 0% al 3% , cumpliendo satisfactoriamente con el límite especificado y por eso el Agregado se utiliza para la elaboración de Hormigón.

4.2.7. Densidad Real del Cemento



|  <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>  <p style="text-align: center;">"DENSIDAD REAL DEL CEMENTO"</p> | | | | |
|---|---|---------------------------------|---------------------------|--------|
| ORIGEN: | | Cemento HOLCIM Rocafuerte | | |
| ENSAYADO POR: | | Christian Javier Revelo Andrade | FECHA: 03/Mar/2016 | |
| NORMA: | | NTE INEN 156 | | |
| <i>CALCULO DE LA DENSIDAD REAL</i> | | | | |
| DATOS | DESIGNACIÓN | UNIDAD | VALOR | |
| M1 | Masa del picnómetro | gr | 152,70 | 156,90 |
| M2 | Masa del picnómetro + muestra | gr | 301,60 | 305,80 |
| M3 | Masa del picnómetro + muestra + gasolina | gr | 631,00 | 635,20 |
| M4=M3-M2 | Masa gasolina añadida | gr | 329,40 | 329,40 |
| M5 | Masa picnómetro + 500cc de gasolina | gr | 519,70 | 524,10 |
| M6=M5-M1 | Masa de 500cc de gasolina | gr | 367,00 | 367,20 |
| DG=M6/500cm ³ | Densidad de la gasolina | gr/cm ³ | 0,73 | 0,73 |
| M7=M6-M4 | Masa de la gasolina desalojada por la muestra | gr | 37,60 | 37,80 |
| M _C =M2-M1 | Masa del cemento | gr | 148,90 | 148,90 |
| V _G =M7/DG | Volumen de la gasolina desalojada | cm ³ | 51,23 | 51,47 |
| DRC=M _C /V _G | Densidad real del cemento | gr/cm ³ | 2,91 | 2,89 |
| | Densidad real promedio | gr/cm ³ | 2,90 | |


Tabla 20. Densidad Real del Cemento
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

Análisis:

La densidad real del cemento fue de 2,90 gr/cm³ (Tabla 20), se determina mediante la norma NTE INEN 156 [32], el rango de tolerancia es de 2,9 gr/cm³ a 3,15 g/cm³, cumpliendo satisfactoriamente con los límites establecidos y por eso se utiliza la marca HOLCIM de cemento para la elaboración de Hormigón.

4.2.8. Dosificación de Hormigón: Método de la Densidad Óptima

Determinadas las propiedades físicas y mecánicas de los agregados se procede a calcular la dosificación para hormigón de resistencia y asentamiento tomado para este estudio; se aplicara el Método de la Densidad Óptima.

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  | | |
|--|---------------------------------|--------------------------|
| DATOS DE DISEÑO DE HORMIGÓN f'c=240 kg/cm2 | | |
| ORIGEN : | Cantera Villacrés | FECHA: 02/03/2016 |
| REALIZADO: | Christian Javier Revelo Andrade | |
| DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA | | |
| PARÁMETROS | VALORES | UNIDADES |
| VOLUMEN DEL HORMIGÓN | 1 | m ³ |
| f'c | 240 | Kg/cm ² |
| ASENTAMIENTO | 6 - 9 | cm |
| DENSIDAD REAL DEL CEMENTO (DRC) | 2,900 | gr/cm ³ |
| DENSIDAD REAL DE LA ARENA (DRA) | 2,580 | gr/cm ³ |
| DENSIDAD REAL DEL RIPIO (DRR) | 2,630 | gr/cm ³ |
| DENSIDAD SUELTA DE LA ARENA (DSA) | 1,470 | gr/cm ³ |
| DENSIDAD SUELTA DEL RIPIO (DSR) | 1,330 | gr/cm ³ |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE ARENA (POA) | 36 | % |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE RIPIO (POR) | 64 | % |
| DENSIDAD ÓPTIMA DE LA MEZCLA (DOM) | 1,850 | gr/cm ³ |

*Tabla 21. Datos para el diseño de hormigón f'c= 240 kg/cm²
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.*

1. Densidad real de la mezcla

$$DRM = \frac{(DRA * POA) + (DRR * POR)}{100} \quad (1)$$

$$DRM = \frac{(2,58 * 36) + (2,63 * 64)}{100} \quad (1)$$

$$DRM = 2,612 \text{ kg/dm}^3 \quad (1)$$

2. Porcentaje óptimo de vacíos

$$POV\% = \frac{(DRM - DOM)}{DRM} * 100 \quad (2)$$

$$POV\% = \frac{(2,612 - 1,85)}{2,612} * 100 \quad (2)$$

$$POV\% = 29,17\% \quad (2)$$

3. Cantidad de pasta (CP)

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

Tabla 22. Cantidad de pasta en función del asentamiento

Fuente: Medina Santiago. [11]

$$CP = POV + 2\% + 8\%(POV) \quad (3)$$

$$CP = 29,17 + 2 + 0,08(29,17) \quad (3)$$

$$CP = 33,507\% * 1000 \text{ dm}^3 \quad (3)$$

$$CP = 335.07 \text{ dm}^3 \quad (3)$$

4. Relación agua/cemento

| f'c (kg/cm2) | w/c |
|--------------|------|
| 210 | 0,58 |
| 240 | 0,56 |
| 280 | 0,52 |
| 350 | 0,46 |

Tabla 23. Relación agua/cemento

Fuente: Medina Santiago. [11]

5. Cálculo cantidad de materiales

a) Cantidad de cemento

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}} \quad (4)$$

$$C = \frac{335,07}{0,56 + \frac{1}{2,90}} \quad (4)$$

$$C = 370,31 \text{ kg} \quad (4)$$

b) Cantidad de agua (W)

$$W = \frac{W}{C} * C \quad (5)$$

$$W = 0,56 * 370,31 \quad (5)$$

$$W = 207,37 \text{ lts} \quad (5)$$

c) Cantidad de arena (A)

$$A = (1000 - CP) * DRA * \frac{POA}{100} \quad (6)$$

$$A = (1000 - 335,07) * 2,58 * \frac{36}{100} \quad (6)$$

$$A = 617,59 \text{ kg} \quad (6)$$

d) Cantidad de ripio (R)

$$R = (1000 - CP) * DRR * \frac{POR}{100} \quad (7)$$

$$R = (1000 - 335,07) * 2,63 * \frac{64}{100} \quad (7)$$

$$R = 1119,21 \text{ kg} \quad (7)$$



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN
MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA

ORIGEN: Cantera Villacrés **FECHA:** 02/03/2016
REALIZADO: Christian Javier Revelo Andrade

DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL

| DATOS DE ENSAYOS | | | DATOS DE TABLAS | | |
|------------------|-------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| f'c | 240 | Kg/cm ² | W/C | 0,56 | |
| Asentamiento | 6 - 9 | cm | CP (%) | POV + 2% + 8%(POV) | |
| DRC | 2,900 | gr/cm ³ | CÁLCULOS | | |
| DRA | 2,580 | gr/cm ³ | DRM | 2,612 | kg/dm ³ |
| DRR | 2,630 | gr/cm ³ | POV | 29,17 | % |
| DSA | 1,470 | gr/cm ³ | CP | 335,07 | dm ³ |
| DSR | 1,330 | gr/cm ³ | C | 370,31 | Kg |
| POA | 36 | % | W | 207,37 | lts |
| POR | 64 | % | A | 617,59 | kg |
| DOM | 1,850 | gr/cm ³ | R | 1119,21 | kg |

DOSIFICACIÓN AL PESO

| MATERIAL | CANTIDAD EN Kg POR CADA m ³ DE HORMIGÓN | DOSIFICACIÓN AL PESO |
|--------------|--|--|
| W | 207,37 | 0,56 |
| C | 370,31 | 1,00 |
| A | 617,59 | 1,67 |
| R | 1119,21 | 3,02 |
| TOTAL | 2314,49 | Kg/m³ Densidad del Horm. |

NOMENCLATURA:

| | | | |
|-----|------------------------------|--------|-----------------------------|
| DRC | Densidad Real del Cemento | CP (%) | Cantidad de Pasta en % |
| DRA | Densidad Real de la Arena | DRM | Densidad Real de la Mezcla |
| DRR | Densidad Real del Ripio | POV | Porcentaje Óptimo de Vacíos |
| DSA | Densidad Suelta de la Arena | CP | Cantidad de Pasta |
| DSR | Densidad Suelta del Ripio | C | Cantidad de Cemento |
| POA | Porcentaje Óptimo de Arena | W | Cantidad de Agua |
| POR | Porcentaje Óptimo de Ripio | A | Cantidad de Arena |
| DOM | Densidad Óptima de la Mezcla | R | Cantidad de Ripio |
| W/C | Relación Agua Cemento | | |

Tabla 24. Resumen dosificación f'c= 240kg/cm²
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

4.2.9. Propiedades del Hormigón Fresco



|  <p style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO MEZCLA 1 AG. GRUESO - AG. FINO - CEMENTO - ESCORIA Y ARENA VOLCÁNICA (0%) </p>  | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------------------------------|---------------|---|---|---------------------------|-------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| ORIGEN: | | Cantera Villacrés | | | | FECHA: 30/Mar/2016 | | | | |
| ENSAYADO POR: | | Christian Javier Revelo Andrade | | | | RELACIÓN W/C: 0,56 | | | | |
| PROBETA# | MEZCLA | FECHA DE ELABORACIÓN | DIÁMETRO (cm) | PESO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO (kg) | VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³) | TRABAJABILIDAD | CONSISTENCIA (cm) | HOMOGENEIDAD | DENSIDAD (kg/m ³) | DENSIDAD MEDIA (kg/m ³) |
| 1 | 1 | 03/03/2016 | 15,1 | 12,7 | 5372,37 | Muy Buena | 7 | Muy Buena | 2363,95 | 2397,04 |
| 2 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,8 | 5372,37 | | | | 2382,56 | |
| 3 | | 03/03/2016 | 15,1 | 13,0 | 5372,37 | | | | 2419,79 | |
| 4 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,8 | 5372,37 | | | | 2382,56 | |
| 5 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,6 | 5372,37 | | | | 2345,33 | |
| 6 | | 03/03/2016 | 15,1 | 13,2 | 5372,37 | | | | 2457,02 | |
| 7 | | 03/03/2016 | 15,1 | 13,1 | 5372,37 | | | | 2438,40 | |
| 8 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,8 | 5372,37 | | | | 2382,56 | |
| 9 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,9 | 5372,37 | | | | 2401,17 | |

Tabla 25. Propiedades del Hormigón Fresco (Mezcla 1)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO



MEZCLA 2

AG. GRUESO - AG. FINO - CEMENTO - ESCORIA Y ARENA VOLCÁNICA (25%)

ORIGEN: Cantera Villacrés

FECHA: 30/Mar/2016

ENSAYADO POR: Christian Javier Revelo Andrade

RELACIÓN W/C: 0,56

| PROBETA # | MEZCLA # | FECHA DE ELABORACIÓN | DIÁMETRO (cm) | PESO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO (kg) | VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³) | TRABAJABILIDAD | CONSISTENCIA (cm) | HOMOGENEIDAD | DENSIDAD (kg/m ³) | DENSIDAD MEDIA (kg/m ³) |
|-----------|----------|----------------------|---------------|---|---|----------------|-------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 03/03/2016 | 15,1 | 12,5 | 5372,37 | Muy Buena | 8 | Muy Buena | 2326,72 | 2374,29 |
| 2 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,7 | 5372,37 | | | | 2363,95 | |
| 3 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,8 | 5372,37 | | | | 2382,56 | |
| 4 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,8 | 5372,37 | | | | 2382,56 | |
| 5 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,6 | 5372,37 | | | | 2345,33 | |
| 6 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,4 | 5372,37 | | | | 2308,11 | |
| 7 | | 03/03/2016 | 15,1 | 13,0 | 5372,37 | | | | 2419,79 | |
| 8 | | 03/03/2016 | 15,1 | 13,1 | 5372,37 | | | | 2438,40 | |
| 9 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,9 | 5372,37 | | | | 2401,17 | |

Tabla 26. Propiedades del Hormigón Fresco (Mezcla 2)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.



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

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO**



MEZCLA 3

AG. GRUESO - AG. FINO - CEMENTO - ESCORIA Y ARENA VOLCÁNICA (50%)

| ORIGEN: | | Cantera Villacrés | | | | FECHA: 30/Mar/2016 | | | | |
|----------------------|----------|---------------------------------|---------------|---|-----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|------------------|------------------------|
| ENSAYADO POR: | | Christian Javier Revelo Andrade | | | | RELACIÓN W/C: 0,56 | | | | |
| PROBETA # | MEZCLA # | FECHA DE ELABORACIÓN | DIÁMETRO (cm) | PESO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO (kg) | VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3) | TRABAJABILIDAD | CONSISTENCIA (cm) | HOMOGENEIDAD | DENSIDAD (kg/m3) | DENSIDAD MEDIA (kg/m3) |
| 1 | 3 | 03/03/2016 | 15,1 | 12,6 | 5372,37 | Muy Buena | 8 | Muy Buena | 2345,33 | 2308,11 |
| 2 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,4 | 5372,37 | | | | 2308,11 | |
| 3 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,2 | 5372,37 | | | | 2270,88 | |
| 4 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,3 | 5372,37 | | | | 2289,49 | |
| 5 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,4 | 5372,37 | | | | 2308,11 | |
| 6 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,3 | 5372,37 | | | | 2289,49 | |
| 7 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,4 | 5372,37 | | | | 2308,11 | |
| 8 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,4 | 5372,37 | | | | 2308,11 | |
| 9 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,6 | 5372,37 | | | | 2345,33 | |

**Tabla 27. Propiedades del Hormigón Fresco (Mezcla 3)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO



MEZCLA 4
CEMENTO - ESCORIA Y ARENA VOLCÁNICA (100%)

ORIGEN: Cantera Villacrés

FECHA: 30/Mar/2016

ENSAYADO POR: Christian Javier Revelo Andrade

RELACIÓN W/C: 0,56

| PROBETA # | MEZCLA # | FECHA DE ELABORACIÓN | DIÁMETRO (cm) | PESO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO (kg) | VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³) | TRABAJABILIDAD | CONSISTENCIA (cm) | HOMOGENEIDAD | DENSIDAD (kg/m ³) | DENSIDAD MEDIA (kg/m ³) |
|-----------|----------|----------------------|---------------|---|---|----------------|-------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 4 | 03/03/2016 | 15,1 | 12,2 | 5372,37 | Muy Buena | 8 | Muy Buena | 2270,88 | 2233,65 |
| 2 | | 03/03/2016 | 15,1 | 11,9 | 5372,37 | | | | 2215,04 | |
| 3 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,1 | 5372,37 | | | | 2252,26 | |
| 4 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,2 | 5372,37 | | | | 2270,88 | |
| 5 | | 03/03/2016 | 15,1 | 11,8 | 5372,37 | | | | 2196,42 | |
| 6 | | 03/03/2016 | 15,1 | 11,9 | 5372,37 | | | | 2215,04 | |
| 7 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,1 | 5372,37 | | | | 2252,26 | |
| 8 | | 03/03/2016 | 15,1 | 11,8 | 5372,37 | | | | 2196,42 | |
| 9 | | 03/03/2016 | 15,1 | 12,0 | 5372,37 | | | | 2233,65 | |

Tabla 28. Propiedades del Hormigón Fresco (Mezcla 4)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

4.2.10. Propiedades del Hormigón Endurecido

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</p> <p>PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO</p> <p>MEZCLA 1</p> <p>AG. GRUESO - AG. FINO - CEMENTO - ESCORIA Y ARENA VOLCÁNICA (0%)</p> </div>  </div> | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|-----------------------------------|--|------------------|------------------------|---------|
| ORIGEN: Cantera Villacrés | | | FECHA: 30/Mar/2016 | | | | | f'c = 240 kg/cm2 | | | | |
| ENSAYADO POR: Christian Javier Revelo Andrade | | | RELACIÓN W/C: 0,56 | | | | | | | | | |
| PROBETA # | MEZCLA # | FECHA DE ELABORACIÓN | EDAD DEL HORMIGÓN (DÍAS) | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm) | CARGA P (kN) | CARGA P (kg) | ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (kg/cm2) | ESFUERZO A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm2) | DENSIDAD (kg/m3) | DENSIDAD MEDIA (kg/m3) | |
| 1 | 1 | 03/03/2016 | 7 | 09/03/2016 | 15,0 | 274,3 | 27970,82 | 158,28 | 157,32 | 2400,85 | 2398,47 | |
| 2 | | 03/03/2016 | | 09/03/2016 | 15,1 | 270,6 | 27593,52 | 154,09 | | 2395,40 | | |
| 3 | | 03/03/2016 | | 09/03/2016 | 14,9 | 272,9 | 27828,06 | 159,60 | | 2399,16 | | |
| 4 | | 14 | 03/03/2016 | 14 | 16/03/2016 | 15,1 | 355,1 | 36210,12 | 202,20 | 202,66 | 2399,31 | 2399,91 |
| 5 | | | 03/03/2016 | | 16/03/2016 | 14,9 | 347,6 | 35445,34 | 203,28 | | 2401,07 | |
| 6 | | | 03/03/2016 | | 16/03/2016 | 15,0 | 350,9 | 35781,84 | 202,48 | | 2399,34 | |
| 7 | | 28 | 03/03/2016 | 28 | 30/03/2016 | 15,0 | 426,1 | 43450,11 | 245,88 | 245,49 | 2401,21 | 2401,39 |
| 8 | | | 03/03/2016 | | 30/03/2016 | 14,9 | 424,9 | 43327,74 | 248,49 | | 2401,03 | |
| 9 | | | 03/03/2016 | | 30/03/2016 | 15,1 | 425,2 | 43358,33 | 242,12 | | 2401,92 | |

Tabla 29. Propiedades del Hormigón Endurecido (Mezcla 1)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO



MEZCLA 2

AG. GRUESO - AG. FINO - CEMENTO - ESCORIA Y ARENA VOLCÁNICA (25%)

ORIGEN: Cantera Villacrés **FECHA:** 30/Mar/2016 **f_c** = 240 kg/cm²
ENSAYADO POR: Christian Javier Revelo Andrade **RELACIÓN W/C:** 0,56

| PROBETA # | MEZCLA # | FECHA DE ELABORACIÓN | EDAD DEL HORMIGÓN (DÍAS) | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm) | CARGA P (kN) | CARGA P (kg) | ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²) | ESFUERZO A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm ²) | DENSIDAD (kg/m ³) | DENSIDAD MEDIA (kg/m ³) |
|-----------|----------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|--|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 03/03/2016 | 7 | 09/03/2016 | 15,0 | 255,8 | 26088,10 | 147,63 | 146,72 | 2275,60 | 2274,14 |
| 2 | | 03/03/2016 | | 09/03/2016 | 14,9 | 252,4 | 25736,20 | 147,60 | | 2272,99 | |
| 3 | | 03/03/2016 | | 09/03/2016 | 15,1 | 254,5 | 25954,95 | 144,94 | | 2273,82 | |
| 4 | | 03/03/2016 | 14 | 16/03/2016 | 14,9 | 340,8 | 34749,77 | 199,29 | 194,52 | 2273,94 | 2273,84 |
| 5 | | 03/03/2016 | | 16/03/2016 | 15,1 | 333,6 | 34015,83 | 189,95 | | 2274,60 | |
| 6 | | 03/03/2016 | | 16/03/2016 | 15,0 | 336,7 | 34338,76 | 194,32 | | 2272,96 | |
| 7 | | 03/03/2016 | 28 | 30/03/2016 | 15,1 | 403,2 | 41111,62 | 229,57 | 232,28 | 2276,46 | 2275,40 |
| 8 | | 03/03/2016 | | 30/03/2016 | 14,9 | 402,0 | 40995,84 | 235,11 | | 2274,90 | |
| 9 | | 03/03/2016 | | 30/03/2016 | 15,0 | 402,3 | 41024,79 | 232,15 | | 2274,85 | |

Tabla 30. Propiedades del Hormigón Endurecido (Mezcla 2)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO



MEZCLA 3

AG. GRUESO - AG. FINO - CEMENTO - ESCORIA Y ARENA VOLCÁNICA (50%)

ORIGEN: Cantera Villacrés **FECHA:** 30/Mar/2016 **f_c** = 240 kg/cm²
ENSAYADO POR: Christian Javier Revelo Andrade **RELACIÓN W/C:** 0,56

| PROBETA # | MEZCLA # | FECHA DE ELABORACIÓN | EDAD DEL HORMIGÓN (DÍAS) | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm) | CARGA P (kN) | CARGA P (kg) | ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²) | ESFUERZO A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm ²) | DENSIDAD (kg/m ³) | DENSIDAD MEDIA (kg/m ³) |
|-----------|----------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|--|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 3 | 03/03/2016 | 7 | 09/03/2016 | 14,9 | 244,9 | 24967,87 | 143,19 | 140,43 | 1999,62 | 2000,02 |
| 2 | | 03/03/2016 | | 09/03/2016 | 15,1 | 241,5 | 24631,08 | 137,54 | | 2000,98 | |
| 3 | | 03/03/2016 | | 09/03/2016 | 15,0 | 243,6 | 24840,44 | 140,57 | | 1999,45 | |
| 4 | | 03/03/2016 | 14 | 16/03/2016 | 15,1 | 326,6 | 33299,55 | 185,95 | 186,37 | 2000,16 | 1999,75 |
| 5 | | 03/03/2016 | | 16/03/2016 | 14,9 | 319,7 | 32596,24 | 186,94 | | 2001,53 | |
| 6 | | 03/03/2016 | | 16/03/2016 | 15,0 | 322,7 | 32905,70 | 186,21 | | 1997,57 | |
| 7 | | 03/03/2016 | 28 | 30/03/2016 | 15,1 | 386,1 | 39371,45 | 219,86 | 222,45 | 2000,98 | 2000,01 |
| 8 | | 03/03/2016 | | 30/03/2016 | 14,9 | 385,0 | 39260,57 | 225,16 | | 1997,71 | |
| 9 | | 03/03/2016 | | 30/03/2016 | 15,0 | 385,3 | 39288,29 | 222,33 | | 2001,34 | |

Tabla 31. Propiedades del Hormigón Endurecido (Mezcla 3)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO
MEZCLA 4
CEMENTO - ESCORIA Y ARENA VOLCÁNICA (100%)



| ORIGEN: | | Cantera Villacrés | | | | FECHA: 30/Mar/2016 | | | f'c = 240 kg/cm ² | | |
|----------------------|----------|---------------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|---------------------------|--------------|--|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| ENSAYADO POR: | | Christian Javier Revelo Andrade | | | | RELACIÓN W/C: 0,56 | | | | | |
| PROBETA # | MEZCLA # | FECHA DE ELABORACIÓN | EDAD DEL HORMIGÓN (DÍAS) | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm) | CARGA P (kN) | CARGA P (kg) | ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²) | ESFUERZO A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm ²) | DENSIDAD (kg/m ³) | DENSIDAD MEDIA (kg/m ³) |
| 1 | 4 | 03/03/2016 | 7 | 09/03/2016 | 15,1 | 223,0 | 22734,68 | 126,95 | 127,86 | 1889,30 | 1890,01 |
| 2 | | 03/03/2016 | | 09/03/2016 | 14,9 | 219,9 | 22428,01 | 128,63 | | 1892,56 | |
| 3 | | 03/03/2016 | | 09/03/2016 | 15,0 | 221,8 | 22618,64 | 128,00 | | 1888,16 | |
| 4 | | 03/03/2016 | 14 | 16/03/2016 | 14,9 | 298,2 | 30408,54 | 174,39 | 169,48 | 1894,48 | 1892,83 |
| 5 | | 03/03/2016 | | 16/03/2016 | 15,0 | 291,9 | 29766,28 | 168,44 | | 1891,94 | |
| 6 | | 03/03/2016 | | 16/03/2016 | 15,2 | 294,7 | 30048,88 | 165,60 | | 1892,07 | |
| 7 | | 03/03/2016 | 28 | 30/03/2016 | 15,0 | 352,1 | 35902,39 | 203,17 | 200,17 | 1891,94 | 1894,81 |
| 8 | | 03/03/2016 | | 30/03/2016 | 15,2 | 351,1 | 35801,28 | 197,30 | | 1895,75 | |
| 9 | | 03/03/2016 | | 30/03/2016 | 15,1 | 351,3 | 35826,56 | 200,06 | | 1896,74 | |

Tabla 32. Propiedades del Hormigón Endurecido (Mezcla 4)
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

4.2.11. Análisis de la Resistencia a Compresión a Edades de 7, 14 y 28 Días.

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos en los Ensayos, se procedió a comparar la resistencia obtenida en laboratorio con la resistencia relativa (Tabla 33).

| Tiempo (Días) | Resistencia Relativa a la Compresión (%) | | |
|---------------|--|----------|-----------------|
| | Límite Inferior | Promedio | Límite Superior |
| 7 | 65 | 70 | 75 |
| 14 | 80 | 85 | 90 |
| 28 | 95 | 100 | 105 |

Tabla 33. Resistencia Relativa a la Compresión
Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, FICM-UTA

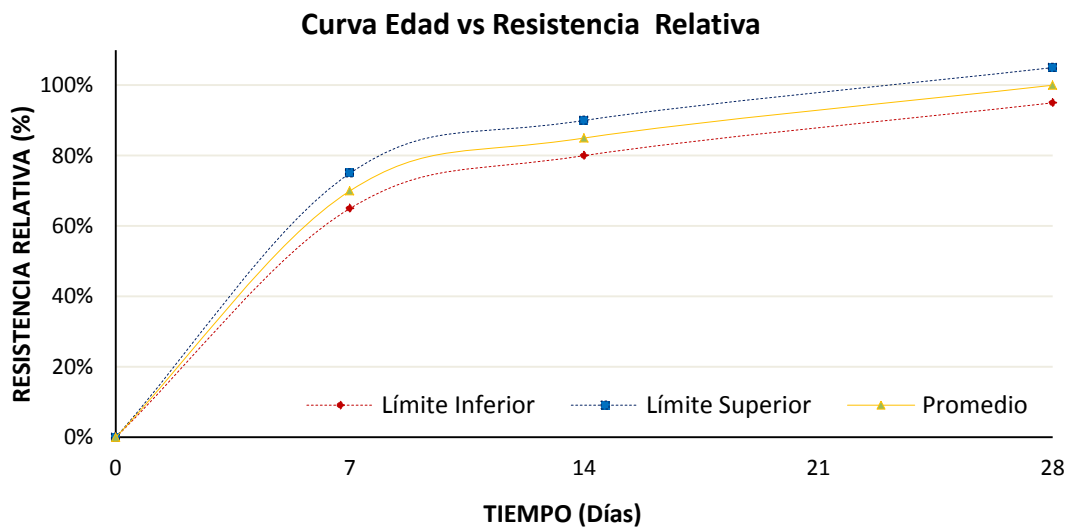


Gráfico 4. Curva Edad vs Resistencia Relativa
Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, FICM-UTA

| Tiempo (Días) | Resistencia Relativa (%) | Resistencia Mezcla 1 (0%) | | Resistencia Mezcla 2 (25%) | |
|---------------|--------------------------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | | % | kg/cm2 | % | kg/cm2 |
| 7 | 65% - 75% | 65,55% | 157,32 | 61,13% | 146,72 |
| 14 | 80% - 90% | 84,44% | 202,66 | 81,05% | 194,52 |
| 28 | 95% - 100% | 102,29% | 245,49 | 96,78% | 232,28 |

Tabla 34. Resumen de Ensayos a Compresión - Mezcla 1 y 2
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

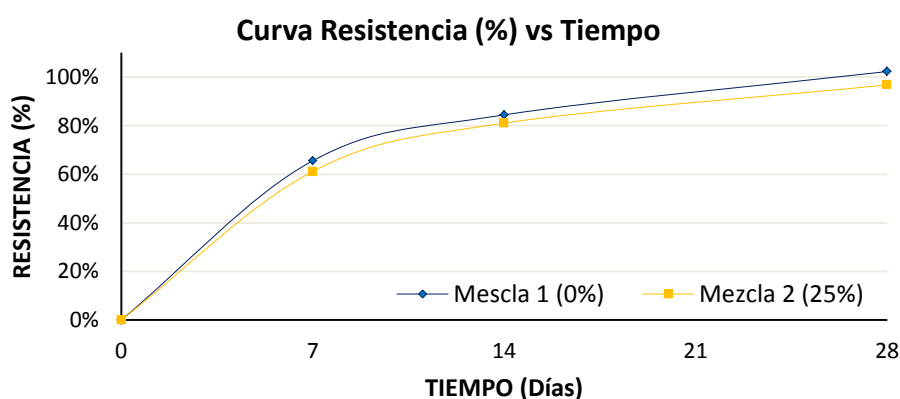


Gráfico 5. Curva de Crecimiento - Mezcla 1 y 2
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

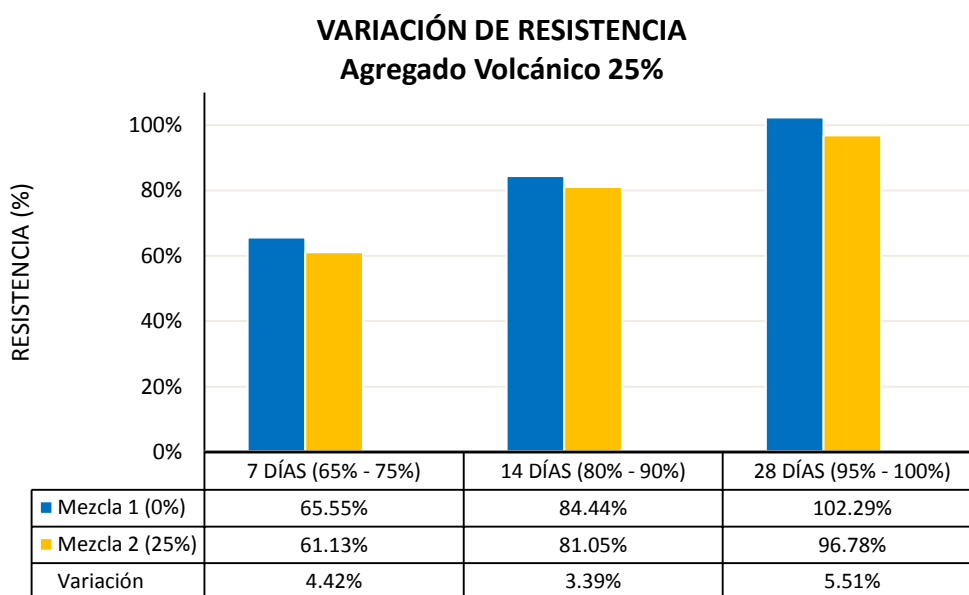


Gráfico 6. Variación de Resistencia en Porcentajes - Mezcla 1 y 2
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

| Tiempo (Días) | Resistencia Relativa (%) | Resistencia Mezcla 1 (0%) | | Resistencia Mezcla 3 (50%) | |
|---------------|--------------------------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | | % | kg/cm2 | % | kg/cm2 |
| 7 | 65% - 75% | 65,55% | 157,32 | 58,51% | 140,43 |
| 14 | 80% - 90% | 84,44% | 202,66 | 77,65% | 186,37 |
| 28 | 95% - 100% | 102,29% | 245,49 | 92,69% | 222,45 |

Tabla 35. Resumen de Ensayos a Compresión - Mezcla 1 y 3
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

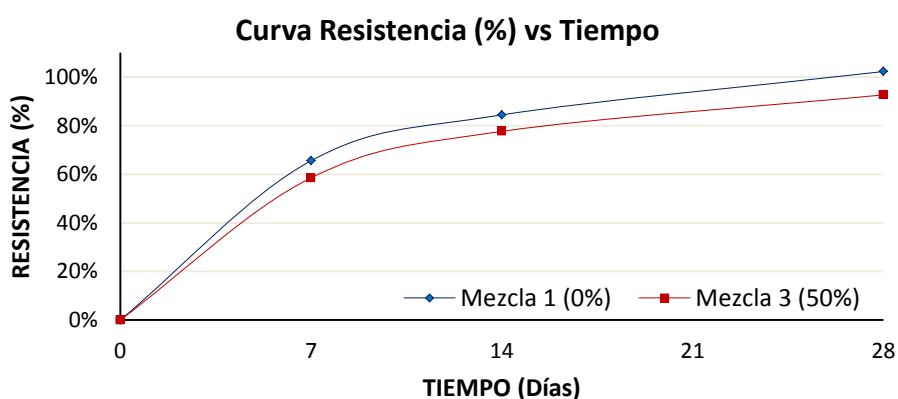


Gráfico 7. Curva de Crecimiento - Mezcla 1 y 3
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

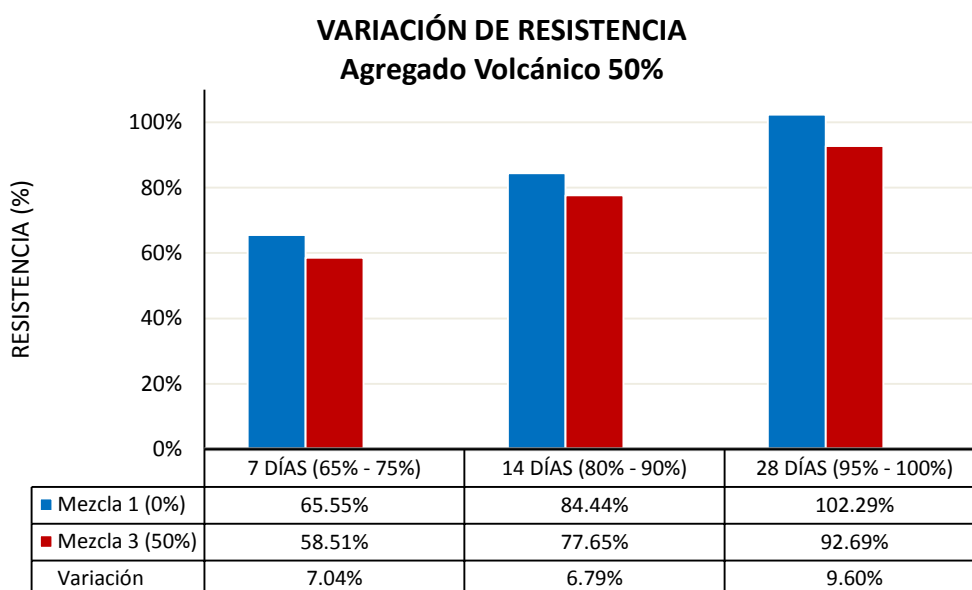


Gráfico 8. Variación de Resistencia en Porcentajes - Mezcla 1 y 3
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

| Tiempo (Días) | Resistencia Relativa (%) | Resistencia Mezcla 1 (0%) | | Resistencia Mezcla 4 (100%) | |
|---------------|--------------------------|---------------------------|--------|-----------------------------|--------|
| | | % | kg/cm2 | % | kg/cm2 |
| 7 | 65% - 75% | 65,55% | 157,32 | 53,27% | 127,86 |
| 14 | 80% - 90% | 84,44% | 202,66 | 70,62% | 169,48 |
| 28 | 95% - 100% | 102,29% | 245,49 | 83,41% | 200,17 |

Tabla 36. Resumen de Ensayos a Compresión - Mezcla 1 y 4
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

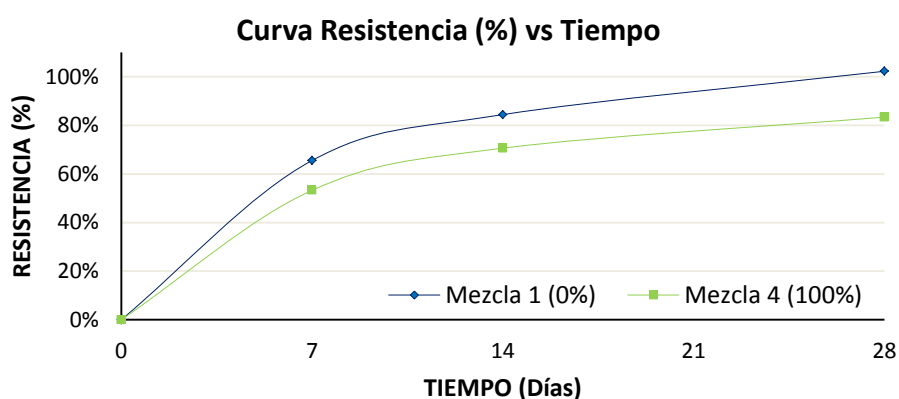


Gráfico 9. Curva de Crecimiento - Mezcla 1 y 4
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

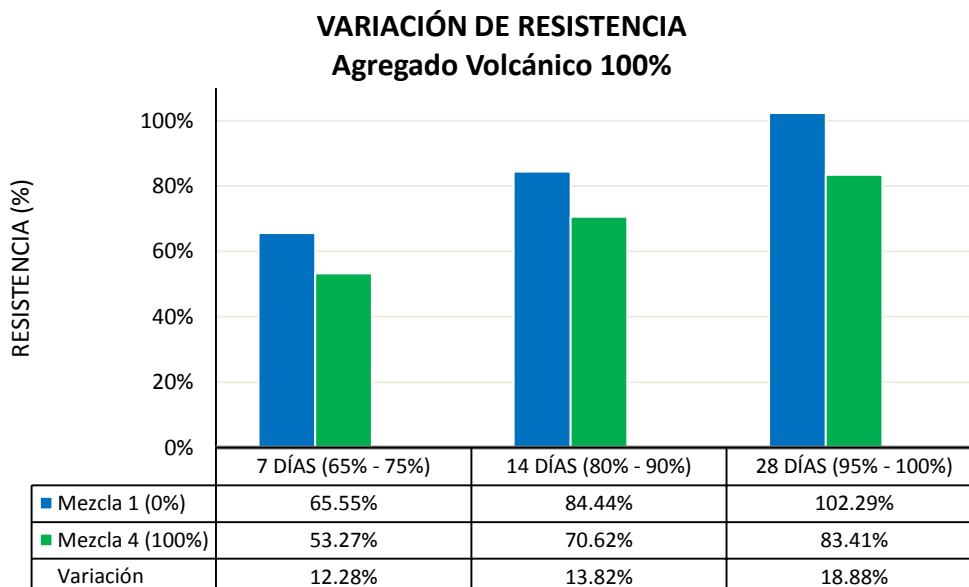


Gráfico 10. Variación de Resistencia en Porcentajes - Mezcla 1 y 4
Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

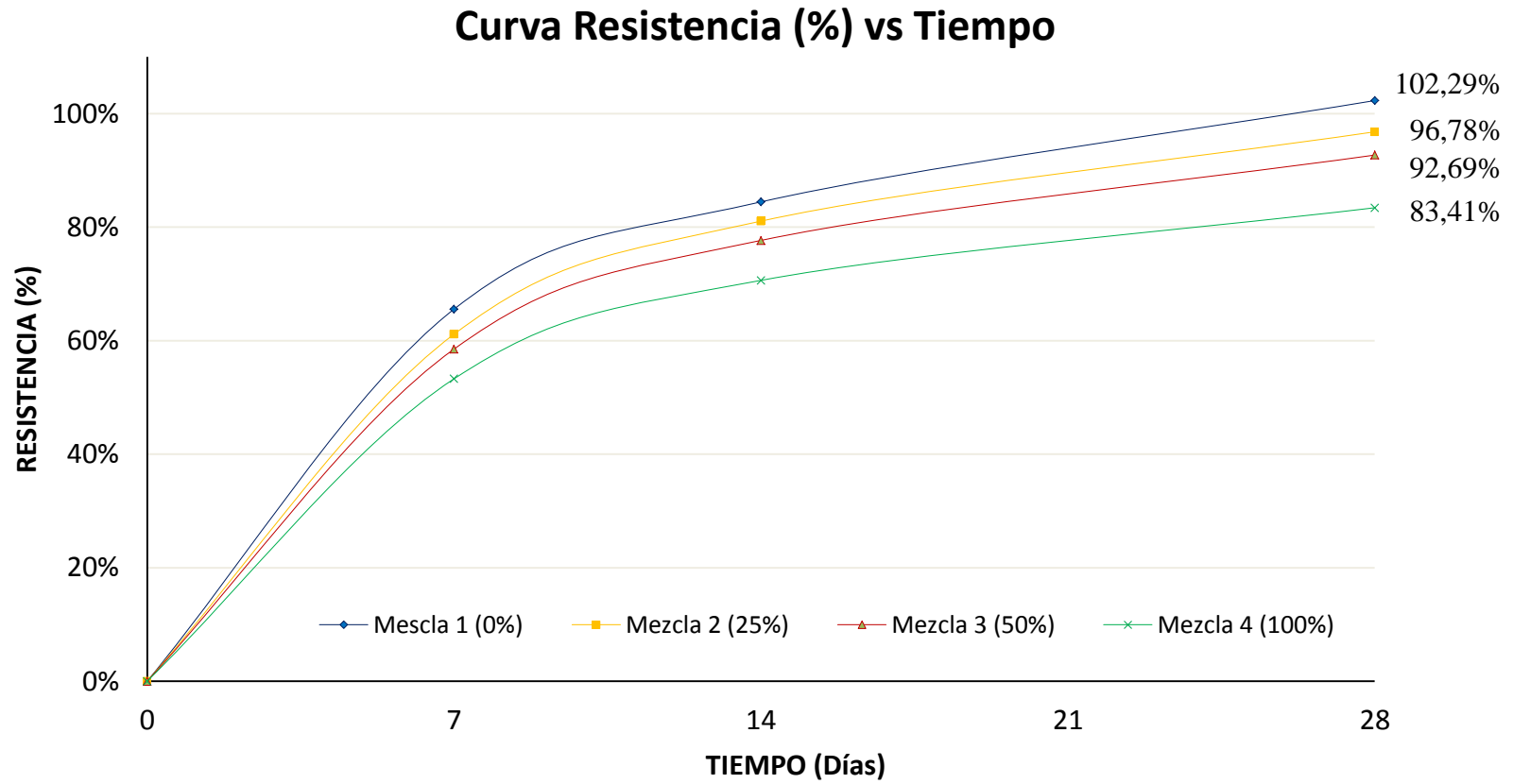


Gráfico 11. Curva de Crecimiento - Mezcla 1, 2, 3 y 4
 Elaborado por: Egdo. Christian Javier Revelo A.

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis

¿Hormigón elaborado con: escoria volcánica como sustituto del agregado grueso y arena volcánica como sustituto del agregado fino influye en la resistencia a compresión?

Realizado los ensayos de laboratorio a los agregados y probetas cilíndricas de hormigón elaborados con material de origen volcánico en diferentes porcentajes, se observa que la resistencia a la compresión y densidad media se reduce en comparación con el hormigón convencional. A los 28 días de edad donde el hormigón convencional alcanza el 102,29% de su resistencia, el hormigón elaborado con el 25%, 50% y 100% de agregado volcánico alcanza el 96,78%, 92,69% y 83,41% de resistencia respectivamente. La resistencia a compresión de diseño es 240 kg/cm².

Referente la densidad media el hormigón convencional tienen un valor de 2401,39 kg/m³, el hormigón elaborado con: el 25%, 50% y 100% de agregado volcánico fue de 2275,40 kg/m³, 2000,01 kg/m³ y 1894,81kg/m³ respectivamente.

Por lo tanto se verifico que la hipótesis del hormigón elaborado con: escoria volcánica como sustituto del agregado grueso y arena volcánica como sustituto del agregado fino influye en la resistencia a compresión. Disminuyendo la resistencia a compresión.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Al reemplazar el 25% del agregado grueso y fino por escoria y arena volcánica respectivamente, se observa que su resistencia a los 28 días de edad se redujo en un 5,51% (Gráfico 6) en comparación con el hormigón convencional de $245,49\text{kg/cm}^2$ a $238,28\text{kg/cm}^2$.
- Al reemplazar el 25% del agregado grueso y fino por escoria y arena volcánica respectivamente, se observa que su densidad media a los 28 días de edad se redujo en un 5,24% en comparación con el hormigón convencional de $2401,39\text{kg/m}^3$ a $2275,40\text{kg/m}^3$.
- Al reemplazar el 50% del agregado grueso y fino por escoria y arena volcánica respectivamente, se observa que su resistencia a los 28 días de edad se redujo en un 9,60% (Gráfico 8) en comparación con el hormigón convencional de $245,49\text{kg/cm}^2$ a $222,45\text{kg/cm}^2$.
- Al reemplazar el 50% del agregado grueso y fino por escoria y arena volcánica respectivamente, se observa que su densidad media a los 28 días de edad se redujo en un 16,71% en comparación con el hormigón convencional de $2401,39\text{kg/m}^3$ a $2000,01\text{kg/m}^3$.
- Al reemplazar el 100% del agregado grueso y fino por escoria y arena volcánica respectivamente, se observa que su resistencia a los 28 días de edad se redujo en un 18,88% (Gráfico 10) en comparación con el hormigón convencional de $245,49\text{kg/cm}^2$ a $200,17\text{kg/cm}^2$.
- Al reemplazar el 100% del agregado grueso y fino por escoria y arena volcánica respectivamente, se observa que su densidad media a los 28 días de

edad se redujo en un 21,10% en comparación con el hormigón convencional de 2401,39 kg/m³ a 1894,81 kg/m³.

- El porcentaje óptimo de agregado volcánico es de 25%, valor en el que según la Tabla 34 presenta una resistencia dentro de los límites especificados en la Tabla 33.
- Se observa que mientras aumenta la cantidad de agregado volcánico su resistencia disminuye (Tabla 35 y 36).
- El hormigón elaborado con agregado de origen volcánico (Escoria y Arena) por su baja densidad media, es ideal para la construcción de elementos secundarios como: aceras, bordillos, losas de cubierta, entre otros. Que requieran ser ligeros a fin de reducir carga muerta.
- El hormigón con agregado de origen volcánico (escoria y arena) también se puede utilizar para elementos de relleno que no soporten cargas estructurales.

5.2. RECOMENDACIONES

- Verificar el estado de los agregados antes de elaborar el hormigón, con la finalidad de apartar desechos orgánicos o aplicar correcciones de humedad en la dosificación, ya que esto afectaría en los resultados del hormigón.
- Tener cuidado con la relación agua/cemento al momento de la dosificación de hormigón, ya que al aumentarla cantidad de agua la resistencia final del hormigón baja considerablemente.
- Al elaborar hormigones con agregado volcánico, utilizar el método de compactación por vibración, para evitar fractura del agregado grueso y porosidad en el hormigón.
- Realizar un curado constante para que el hormigón alcance resistencias deseadas.

- Enrazar correctamente las probetas cilíndricas de hormigón ya que esto puede afectar a que la cabecera con las placas de neopreno la máquina de compresión no distribuya correctamente la carga y esto modifique los resultados finales.
- Al momento de ensayar las probetas dejar secar ya que el hormigón cuando se encuentra saturado en su totalidad no alcanza la resistencia que se desea.
- Se recomienda, a los estudiantes de Ingeniería Civil, continuar con estudios y análisis relacionados a hormigones elaborados con agregado de origen volcánico, para determinar su comportamiento ante sollicitaciones como tensión y tracción.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] X. Arce, *Hormigones Livianos*, Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997.
- [2] D. Iza, *Hormigón Liviano con agregado de origen volcánico y aditivo incorporador de aire*, Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009.
- [3] M. Romo Proaño, *Temas de Hormigón Armado*, Quito: 1 Edición, 2008.
- [4] R. Rochel Awad, *Hormigón Reforzado*, Colombia: Tomo I, 1998.
- [5] Conrado M. y Rojas J., “*Diseño de Hormigones con fibras de polipropileno para Resistencias a la Compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Guayllabamba*”, Quito: Univercidad Central del Ecuador, 2012.
- [6] P. Jiménez, «Hormigón Armado,» Barcelona, Gustavo Gili, 2001, p. 14.
- [7] *NTE INEN 1578: Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento*, Quito, 2010.
- [8] *ASTM C143: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*.
- [9] P. Montoya, «Consistencia y Trabajabilidad del Hormigón en función del Asentamiento,» de *Hormigón Armado*, Barcelona, décima edición, 2000, p. 76.
- [10] P. Jiménez, «Hormigón Armado,» Barcelona, Gustavo Gili, 2001, p. 77.
- [11] S. Medina, *Ensayo de Materiales II*.
- [12] NRMCA, «“Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto”,» [En línea]. Available: www.nrmca.org. [Último acceso: 2016 Marzo 10].
- [13] *ASTM C39: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.
- [14] M. Angamarca y R. Cáceres, *Análisis Comparativo entre el Hormigón Convencional y Hormigón de baja Densidad para emplearlo en Estructuras*, Quito: Univercidad Central del Ecuador, 2015.
- [15] Chávez C. y Arreygue E., “*Caracterización Mecánica de la Escoria Volcánica (Tezontle), de la Zona de Morelia*”, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2011.
- [16] R. Herrera, «“Ideas: beneficios y usos de la arena volcánica”,» 11 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://www.diarioandino.com.ar/diario/2011/06/11/ideas-beneficios->

y-usos-de-la-arena-volcanica/. [Último acceso: 10 Marzo 2016].

- [17] *NTE INEN 0872: Áridos para Hormigón. Requisitos*, Quito, 2011.
- [18] A. Neville, «Tecnología del concreto,» México, IMCYC, 1999, p. 163.
- [19] J. Alatorree y . R. Uribe, «Agregados para concreto: cada cual por su nombre,» de *Construcción y Tecnología*, México, 1993, pp. 13-14.
- [20] J. Chan Yam , R. Solis y E. Moreno , «Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto,» *Ingeniería*, vol. 7, pp. 13-14, 2003.
- [21] *ASTM C136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.
- [22] *NTE INEN 0696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*, Quito, 2011.
- [23] *ASTM C33: Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- [24] *ASTM C125: Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*.
- [25] *NTE INEN 0858: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos*, Quito, 2010.
- [26] *ASTM C29: Método de ensaye estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados*.
- [27] *NTE INEN 0857: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso*, Quito, 2010.
- [28] *ASTM C127: Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Gruesos*.
- [29] *NTE INEN 0856: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido Fino*, Quito, 2010.
- [30] *ASTM C128: Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos*.
- [31] *ACI-318-11: Calidad del Concreto, mezclado y colocación*, USA, 2011.
- [32] *NTE INEN 0156: Cemento hidráulico. Determinación de la densidad*, Quito, 2009.
- [33] J. Cañas , “*Determinación del Peso específico del Cemento*”, San Salvador: Universidad Centroamericana, 2006.

7. ANEXOS

7.1. IMÁGENES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS



Gráfico 12. Ensayo Granulométrico agregado fino y grueso
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.



Gráfico 13. Ensayo Densidad Aparente
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.



Gráfico 14. *Ensayo Densidad Real*
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.



Gráfico 15. *Ensayo Capacidad de Absorción*
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL DEL CEMENTO



Gráfico 16. *Ensayo Densidad Real del Cemento*
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.

DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO



Gráfico 17. Ensayo Cono de Abrams
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.

PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN



Gráfico 18. Preparación de Probetas de Hormigón
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.



Gráfico 19. Probetas de Hormigón
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.

CURADO DE CILINDROS DE HORMIGÓN



*Gráfico 20. Curado Probetas de Hormigón
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.*

ENSAYO DE COMPRESIÓN A CILINDROS DE HORMIGÓN



*Gráfico 21. Máquina de Compresión
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.*



*Gráfico 22. Probetas Ensayadas de Hormigón
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.*

TIPOS DE FALLAS LOCALIZADAS



Gráfico 23. *Falla Tipo 5(Fractura al lado extremo superior)
Probeta de Hormigón – Mescla 1
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.*



Gráfico 24. *Falla Tipo 3(Fisura vertical columna a través de ambos extremos)
Probeta de Hormigón – Mescla 2
Fuente: Egdo. Christian Javier Revelo A.*



Gráfico 25. *Falla Tipo 5(Fractura al lado extremo superior)*
Probeta de Hormigón – Mescla 3
Fuente: *Egdo. Christian Javier Revelo A.*



Gráfico 26. *Falla Tipo 3(Fisura vertical columna a través de ambos extremos)*
Probeta de Hormigón – Mescla 4
Fuente: *Egdo. Christian Javier Revelo A.*

7.2. TABLA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÁS COMÚN DEL HORMIGÓN



Gráfico 27. Resistencia a la Compresión más Comunes del Hormigón
 Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, FICM-UTA