

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**

**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**  
**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

Análisis comparativo entre hormigones elaborados con agregados de Santo Domingo y de Manabí.

**ELABORADO POR:**

Minchala Ozaeta Iván Andrés.


Pacheco Franco Carlos Maelo.

**TUTOR (A):**

Ing. Yuri Mauricio Rodríguez Andrade.

**MANTA – MANABÍ – ECUADOR**

Enero 2026

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-04-F-004</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO</b> <b>BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Pacheco Franco Carlos Maelo, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"Análisis comparativo entre hormigones elaborados con agregados de Santo Domingo y de Manabí"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.


Manta, 30 de enero de 2026.

Lo certifico,

**YURI MAURICIO RODRIGUEZ ANDRADE**  
 Firmado digitalmente por YURI MAURICIO RODRIGUEZ ANDRADE

Ing. Yuri Mauricio Rodríguez Andrade, Mg.

**Docente Tutor**  
**Área: Hormigones**

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-04-F-004</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO  BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Minchala Ozaeta Iván Andrés, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"Análisis comparativo entre hormigones elaborados con agregados de Santo Domingo y de Manabí"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 30 de enero de 2026.

Lo certifico,

<b>YURI MAURICIO RODRIGUEZ ANDRADE</b>	Firmado digitalmente por YURI MAURICIO RODRIGUEZ ANDRADE
--	--

Ing. Yuri Mauricio Rodríguez Andrade, Mg.  
**Docente Tutor**  
**Área: Hormigones**

## **DECLARACIÓN DE AUTORIA**

Yo, Pacheco Franco Carlos Maelo con CC: 131666856-3, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación con el tema **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE HORMIGONES ELABORADOS CON AGREGADOS DE SANTO DOMINGO Y DE MANABÍ**", el cual fue dirigido por el tutor, Ing. Yuri Mauricio Rodríguez Andrade.

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 30 días del mes de enero de dos mil veinte y seis.



---

Pacheco Franco Carlos Maelo

C.C. 1316668563

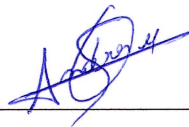
Autor

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, Minchala Ozaeta Iván Andrés con CC: 172223015-6, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación con el tema "**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE HORMIGONES ELABORADOS CON AGREGADOS DE SANTO DOMINGO Y DE MANABÍ**", el cual fue dirigido por el tutor, Ing. Yuri Mauricio Rodríguez Andrade

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 30 días del mes de enero de dos mil veinte y seis.



---

Minchala Ozaeta Iván Andrés

C.C. 1722230156

Autor

## CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En calidad de tribunales de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber revisado el trabajo de titulación, bajo la modalidad de **Proyecto de Investigación**, cuyo tema es **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE HORMIGONES ELABORADOS CON AGREGADOS DE SANTO DOMINGO Y DE MANABÍ”** de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo APRUEBO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para proceder a la defensa correspondiente.

Certifico lo anterior para los fines pertinentes, a salvo disposición de Ley en contrario.

En la ciudad de *Manta*, a los 24 días del mes de febrero de dos mil veinte y seis.



**Ing. Efrén Loor Loor, Mg**

C.C. 1313157768

Tribunal 1



**Ing. Jorge García Argandoña, Mg**

C.C. 1307564060

Tribunal 2

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación está dedicado a mis padres, sin cuyo esfuerzo y apoyo no sería posible este logro, gracias por ser mis guías en la vida.

Minchala Ozaeta Iván Andrés

C.I 1722230156

**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres, Iván Minchala y Mercy Ozaeta y a mis hermanos por todas las veces que me escucharon, me tuvieron paciencia en los tiempos buenos y malos y sobre todo por brindarme su apoyo para no rendirme y llegar a ser un profesional.

A Murillo, cuya tenacidad de no darse por vencido aun teniendo todo perdido, me enseñó a mantener la esperanza en los días más oscuros.

A Kamii, a quien me supo escuchar y brindarme su apoyo a lo largo de la carrera y a pesar de la distancia siempre estuvo al pendiente.

A Jonathan, al cual en los momentos más difíciles de la carrera de siempre me estuvo apoyando.

A todos mis docentes, quienes han dejado una marca significativa en mi formación académica. A mi tutor, Ing Yuri Rodríguez por su constante guía, sus orientaciones y recomendaciones que fueron fundamentales para el desarrollo de la tesis. Al Ing. Francisco Zambrano, quien con su experiencia en el campo nos brindó valiosos consejos para la correcta elaboración en este trabajo.

A todos los amigos que hice a lo largo de la carrera, un grupo de personas peculiares que encontré en el camino, pero hicieron de dicho recorrido un lugar más placentero para andar.

Minchala Ozaeta Iván Andrés

C.I 1722230156

**Autor**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación está dedicado a mis padres, que sin su guía y esfuerzo este objetivo no se habría alcanzado, gracias por enseñarme que la dedicación y la perseverancia es el camino para cumplir tus metas.

A mi hermano, que, aunque ya no está físicamente en este mundo, su recuerdo y presencia me acompaña en cada paso que doy.

Pacheco Franco Carlos Maelo

C.I 1316668563

**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres Gloria Franco y Carlos Pacheco por su apoyo constante en esta etapa importante de mi vida y estar presentes en los momentos que mas los necesitaba. A mi hermano Matias Pacheco, por su ayuda y su presencia en todo lo que estuvo a su alcance, le agradezco profundamente y lo llevaré siempre en mi recuerdo.

A mi familia que estuvo siempre pendiente, acompañándome y preguntando en cada paso de mi proceso universitario, brindándome consejos y apoyo.

A mis amigos, que me han acompañado en este camino y han sido parte fundamental de este proceso, tanto en lo académico como en lo personal. Estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles y aunque esta etapa llegue a su fin, siempre los llevaré presentes.

A todos mis docentes, quienes han dejado una marca significativa en mi formación académica, agradezco profundamente los conocimientos transmitidos y la motivación de ser un gran profesional. De manera especial, a mi tutor, Ing Yuri Rodríguez por la guía constante, sus orientaciones y recomendaciones que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Al Ing. Francisco Zambrano, quien con su experiencia en el campo nos brindó valiosos consejos para la correcta elaboración en este trabajo.

Pacheco Franco Carlos Maelo

C.I 1316668563

**Autor**

## RESUMEN

El hormigón es uno de los materiales más utilizados en la ingeniería civil, su desempeño mecánico y durabilidad dependen en gran medida de la calidad y procedencia de los agregados empleados en su elaboración. En Ecuador, la variabilidad geológica entre regiones genera diferencias significativas en las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, que puede influir directamente en la resistencia y el costo del hormigón. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo comparar el comportamiento del hormigón elaborado con agregados de Santo Domingo y Manabí, para determinar cuál presenta mejores propiedades mecánicas y mayor eficiencia económica.

La metodología empleada se basó en la investigación experimental, realizando la caracterización física y mecánica de los agregados finos y gruesos mediante ensayos normalizados. Luego, se diseñaron mezclas de hormigón, utilizando agregados finos de Manabí y los agregados gruesos de ambas procedencias. Se mantuvieron criterios técnicos comparables, y se elaboraron probetas cilíndricas que fueron ensayadas a compresión a los 3, 7, 28 días, conforme a la normativa vigente. Efectuándose el análisis de costos para evaluar la viabilidad económica de cada mezcla.

Los resultados obtenidos dan diferencias significativas en el comportamiento del hormigón según la procedencia. Los agregados gruesos de Santo Domingo presentaron mejor distribución granulométrica y menores porcentajes de absorción, con mayores resistencias a la compresión, optimizando el uso del cemento. Los agregados de Manabí alcanzaron resistencias aceptables, aunque con mayor cantidad de cemento, lo que incrementa el costo final del metro cúbico de hormigón.

En conclusión, el estudio demuestra que el origen de los agregados influye significativamente en el desempeño mecánico y el costo del hormigón, los agregados de Santo Domingo presentan mejores resultados de resistencia y economía. Esta investigación aporta con criterios técnicos para la selección de agregados y diseño de mezclas de hormigón, promoviendo el uso eficiente sostenible de recursos locales.

### **Palabras claves.**

Hormigones, agregado grueso, resistencia a la compresión, costos.

## **ABSTRACT**

Concrete is one of the most widely used materials in civil engineering, and its mechanical performance and durability largely depend on the quality and origin of the aggregates used in its production. In Ecuador, geological variability between regions leads to significant differences in the physical and mechanical properties of aggregates, which can directly affect the strength and cost of concrete. In this context, this research aims to compare the behavior of concrete produced with aggregates from the provinces of Santo Domingo and Manabí, in order to determine which presents better mechanical properties and greater economic efficiency.

The methodology was based on experimental research, including the physical and mechanical characterization of fine and coarse aggregates through standardized laboratory tests. Subsequently, concrete mixtures were designed for both aggregate sources under comparable technical criteria, and cylindrical specimens were prepared and tested for compressive strength at 3, 14, and 28 days, in accordance with current standards. Additionally, a cost analysis was carried out to evaluate the economic feasibility of each mixture.

The results show significant differences in concrete performance depending on aggregate origin. Aggregates from Santo Domingo exhibited better granulometric distribution and lower absorption values, resulting in higher compressive strength and optimized cement consumption. In contrast, aggregates from Manabí achieved acceptable strength values but required a higher cement paste content, increasing the final cost per cubic meter of concrete.

In conclusion, the study demonstrates that the geographical origin of aggregates significantly influences both the mechanical performance and cost of concrete. Aggregates from Santo Domingo de showed superior results in terms of strength and economy. These findings provide relevant technical criteria for aggregate selection and concrete mix design in civil engineering projects, promoting the efficient and sustainable use of local resources.

### **Keywords.**

Concretes, coarse aggregate, compressive strength, costs.

## Contenido

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ...V	
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
DEDICATORIA .....	VIII
AGRADECIMIENTO .....	IX
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
Introducción .....	20
Planteamiento del problema .....	21
Justificación .....	22
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos .....	23
Hipótesis .....	24
Antecedentes de la investigación.....	25
Capítulo I: Marco teórico.....	26
1.1.    Hormigón.....	26
1.1.1 Definición del hormigón.....	26
1.1.2 Componentes del hormigón.....	27
1.2    Propiedades del hormigón. ....	28
1.2.1 Resistencia.....	28
1.2.2 Durabilidad.....	29

1.3	Agregados para hormigón. ....	29
1.3.1	Tipos de agregados. ....	29
1.4	Propiedades de los agregados. ....	29
1.4.1	Granulometría. ....	29
1.4.2	Forma y textura. ....	30
1.4.3	Densidad. ....	30
1.4.4	Absorción y humedad. ....	30
1.4.5	Resistencia. ....	31
1.5	Importancia de la calidad del agregado en el desempeño del hormigón. 31	
1.6	Procedencia de los agregados. ....	32
1.6.1	Agregados de Manabí. ....	32
1.6.2	Agregados de Santo Domingo. ....	32
1.7	Normativas. ....	32
1.7.1	Granulometría de Agregados. ....	32
1.7.2	Densidad Aparente Suelta y Compactada. ....	33
1.7.3	. Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción. ....	34
1.7.4	Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm. Mediante el uso de la máquina de los Ángeles. 35	
1.2.1	Determinación material más fino que pasa el tamiz de 75 µm. ....	35
1.2.2	Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón. 36	
1.2.3	Contenido de humedad. ....	37

1.2.4	Densidades óptimas. ....	37
1.2.5	Compresión de cilindros. ....	38
Capítulo II: Metodología. ....		39
2.1	Metodología de la investigación. ....	39
2.2	Ensayos. ....	39
2.2.1	Granulometría. ....	39
2.2.2	Pasante 200. ....	40
2.2.3	Peso unitario suelto y compactado. ....	40
2.2.3.1	Peso unitario suelto. ....	40
2.2.3.2	Peso unitario compactado. ....	40
2.2.4	Contenido de absorción. ....	41
2.4.5	Densidades óptimas. ....	41
2.4.5.1	Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados. ....	42
2.4.5.2	Determinar el porcentaje óptimo de vacíos. ....	42
2.4.5.3	Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados. ....	43
2.3	Dosificación de la mezcla con agregados de Manabí. ....	44
2.3.1	Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados. ....	44
2.3.2	Determinar el porcentaje óptimo de vacíos. ....	45
2.3.3	Cálculo de la cantidad de pasta (CP) ....	46
2.3.4	Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados. ....	46
2.3.5	Observaciones: ....	47

2.4	Dosificación de la mezcla con agregados santo Domingo .....	47
2.4.1	Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados de Santo Domingo. 48	
2.4.2	Determinar el porcentaje óptimo de vacíos. ....	48
2.4.3	Cálculo de la cantidad de pasta. ....	49
2.4.4	Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados. ....	49
2.4.5	Observaciones: .....	50
Capítulo III: Resultados .....		52
3	Caracterización de los agregados. ....	52
3.1	Caracterización del agregado fino. ....	52
3.1.1	Granulometría. ....	52
3.1.2	Pasante 200 .....	53
3.1.3	Peso unitario suelto y compactado. ....	54
3.1.4	Contenido de Absorción. ....	54
3.2	Caracterización de los agregados de Santo Domingo. ....	55
3.2.1	Granulometría. ....	55
3.2.2	Pasante 200. ....	57
3.2.3	Peso unitario suelto y compactado. ....	58
3.2.4	Contenido de absorción. ....	59
3.3	Caracterización de los agregados de Manabí. ....	61
3.3.1	Granulometría. ....	61
3.3.2	Pasante 200 .....	63

3.3.3	Peso unitario suelto y compactado. ....	64
3.3.4	Contenido de absorción. ....	65
3.4	Resistencia a la compresión de los cilindros. ....	67
3.4.1	Resistencia a la compresión de los cilindros con agregados de Santo Domingo. ....	67
3.4.2	Resistencia a la compresión de los cilindros con agregados de Manabí. ....	68
3.5	Costos de la mezcla. ....	70
3.5.1	Análisis estadístico inferencial – Resistencia a los 28 días. ....	71
3.5.2	Observación. ....	72
3.6	Optimización de cemento – Santo Domingo. ....	73
3.6.1	Reducción potencial del cemento. ....	73
Capítulo IV:	Conclusiones y recomendaciones. ....	74
4.1	Conclusiones. ....	74
4.2	Recomendaciones. ....	75
	Bibliografía. ....	76
	Anexos. ....	81

<b>Tabla 1.</b> <i>Relación agua/cemento</i>	42
<b>Tabla 2.</b> <i>Cantidad de pasta de cemento.</i>	43
<b>Tabla 3.</b> <i>Relación agua/cemento para la mezcla con agregados de Manabí.</i>	44
<b>Tabla 4.</b> <i>Cantidad de pasta de cemento con agregados de Manabí.</i>	46
<b>Tabla 5.</b> <i>Dosificación con agregados de Manabí.</i>	48
<b>Tabla 6.</b> <i>Relación agua/cemento para los agregados de Santo Domingo.</i>	49
<b>Tabla 7.</b> <i>Cantidad de Pasta de cemento para los agregados de Santo Domingo.</i>	50
<b>Tabla 8.</b> <i>Dosificación con agregados de Santo Domingo.</i>	52
<b>Tabla 9.</b> <i>Granulometría del agregado fino de Manabí.</i>	53
<b>Tabla 10.</b> <i>Pasante 200 del agregado fino de Manabí.</i>	54
<b>Tabla 11.</b> <i>Peso unitario suelto y compactado del agregado fino de Manabí.</i>	54
<b>Tabla 12.</b> <i>Contenido de absorción del agregado fino de Manabí.</i>	55
<b>Tabla 13.</b> <i>Granulometría de los agregados de Santo Domingo.</i>	55
<b>Tabla 14.</b> <i>Agregados de Santo Domingo.</i>	57
<b>Tabla 15.</b> <i>Peso unitario y suelto de los agregados de Santo Domingo.</i>	58
<b>Tabla 16.</b> <i>Contenido de absorción de los agregados de Santo Domingo.</i>	59
<b>Tabla 17:</b> <i>Granulometría del agregado grueso de Manabí.</i>	61
<b>Tabla 18.</b> <i>Pasante 200 del agregado grueso de Manabí.</i>	63
<b>Tabla 19.</b> <i>Peso unitario y suelto del agregado grueso de Manabí.</i>	64
<b>Tabla 20.</b> <i>Contenido de absorción del agregado grueso de Manabí.</i>	65

<b>Tabla 21.</b> <i>Resumen de los agregados.</i>	66
<b>Tabla 22.</b> <i>Resistencia a la compresión a los 3 días.</i>	67
<b>Tabla 23.</b> <i>Resistencia a la compresión a los 7 días.</i>	67
<b>Tabla 24.</b> <i>Resistencia a la compresión a los 14 días.</i>	68
<b>Tabla 25.</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días.</i>	68
<b>Tabla 26.</b> <i>Resistencia a la compresión a los 3 días.</i>	69
<b>Tabla 27.</b> <i>Resistencia a la compresión a los 7 días.</i>	69
<b>Tabla 28.</b> <i>Resistencia a la compresión a los 14 días.</i>	69
<b>Tabla 29.</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días.</i>	70
<b>Tabla 30.</b> <i>Dosificación para 1m<sup>3</sup> con agregados de Santo Domingo.</i>	72
<b>Tabla 31.</b> <i>Dosificación para 1m<sup>3</sup> con los agregados de Manabí.</i>	72
<b>Tabla 32.</b> <i>Resultados estadísticos.</i>	72
<b>Tabla 33.</b> <i>Análisis de costos de la mezcla (1m<sup>3</sup>)</i>	73
<b>Tabla 34.</b> <i>Costo de las mezclas.</i>	74

<b>Figura1.</b> <i>Curva Granulométrica del agregado fino de Manabí.</i>	53
<b>Figura 2.</b> <i>Curva granulométrica de los agregados de Santo Domingo.</i>	56
<b>Figura 3.</b> <i>Elaboración de la granulometría.</i>	57
<b>Figura 4.</b> <i>Ejecución del ensayo Pasante 200.</i>	58
<b>Figura5.</b> <i>Elaboración del ensayo Peso unitario suelto y compactado.</i>	59
<b>Figura 6.</b> <i>Ejecución del ensayo de Absorción.</i>	61
<b>Figura 7.</b> <i>Curva Granulométrica de los agregados gruesos de Manabí.</i>	62
<b>Figura 8.</b> <i>Elaboración del ensayo de Granulometría.</i>	63
<b>Figura 9.</b> <i>Ejecución del ensayo Pasante 200.</i>	64
<b>Figura 10.</b> <i>Ejecución del ensayo de peso unitario suelto y compactado.</i>	65
<b>Figura 11.</b> <i>Ejecución del ensayo de absorción.</i>	66
<b>Figura12.</b> <i>Resistencia a la compresión Santo Domingo.</i>	71
<b>Figura13.</b> <i>Resistencia a la compresión Manabí.</i>	71
<b>Figura 14.</b> <i>Visualización de los agregados</i>	81
<b>Figura 15.</b> <i>Ensayo de peso unitario compactado</i>	81
<b>Figura16.</b> <i>Peso del cilindro</i>	81
<b>Figura 17.</b> <i>Elaboración del hormigón</i>	81
<b>Figura18.</b> <i>Rotura a compresión a los 3 días</i>	82
<b>Figura19.</b> <i>Homogeneidad de la mezcla</i>	82
<b>Figura 20.</b> <i>Rotura a la compresión a los 28 días</i>	82
<b>Figura 21.</b> <i>Resistencia del cilindro a los 7 días</i>	82

## Introducción

En el campo de la ingeniería civil, el hormigón constituye uno de los materiales más utilizados, resultando un material de estudio continuo, en el cual cuya composición y desempeño influyen directamente en la resistencia y durabilidad de las estructuras. Sin embargo, la calidad del hormigón depende en gran medida de los materiales que lo componen, en particular de los agregados finos y los agregados gruesos, complementados con el uso de aditivos para lograr la mejora de una o más de sus propiedades.

Se han llevado a cabo estudios en la provincia de Manabí que han comparado la resistencia del hormigón utilizando agregados de diferentes regiones. De manera similar, investigaciones en Azuay han demostrado que la procedencia geológica de los agregados tiene un impacto considerable en el rendimiento mecánico del hormigón; en este caso, los agregados provenientes del río Paute presentaron mejores resultados en comparación con los del río Jubones, debido a una distribución granulométrica más favorable y menor porosidad.

Sin embargo, a pesar del creciente interés por comparar las propiedades de los agregados en función de su origen geográfico, se observa una carencia de investigaciones que aborden el tema de la comparación de hormigones con diferentes agregados. Esta investigación busca contribuir a llenar ese vacío, ya que, se estudiará el desempeño de los hormigones elaborados con agregados de las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y de Manabí.

Al realizar esta comparación de hormigones elaborados con los agregados de las provincias mencionadas se espera que haya diferencias en las resistencias y en los costos de elaboración de estos; así se podrá definir con qué agregados se pueden obtener hormigones más resistentes y económicos.

Esta investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera: en el capítulo 1 se presenta resumidamente el marco teórico de la investigación; en el capítulo 2, se encuentra la metodología en la cual se especifica los procedimientos y el método para la dosificación. En el capítulo 3, se establecen los principales resultados de la investigación. Finalmente, en el capítulo 4 se encuentran las debidas conclusiones y recomendaciones con el cual concluye esta tesis.

## **Planteamiento del problema**

El desempeño y la durabilidad del hormigón depende en gran medida de la calidad y las propiedades de los agregados empleados en su fabricación. Sin embargo, en Ecuador existe una marcada variabilidad en las características físicas y mecánicas de los materiales pétreos disponibles en distintas regiones. En provincias como Santo Domingo de los Tsáchilas y Manabí, los agregados presentan diferencias significativas en su origen geológico, granulometría densidad y absorción, factores que pueden influir directamente en la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del hormigón.

A pesar de la relevancia de estos materiales en la construcción de infraestructuras, no se dispone de estudios comparativos que analicen de manera sistemática el comportamiento del hormigón elaborado con agregados provenientes de ambas provincias. Esta falta de información genera incertidumbre en los procesos de diseño y dosificación de mezclas, lo que podría conducir a un aprovechamiento no óptimo de los recursos locales y a deficiencias en el desempeño estructural de las obras.

Ante esta situación, surge la necesidad de realizar una investigación que evalúe las propiedades y el comportamiento del hormigón fabricado con agregados de Santo Domingo de los Tsáchilas y Manabí, con el fin de determinar su idoneidad para aplicaciones estructurales, establecer criterios técnicos de selección y promover el uso eficiente y económico de los materiales disponibles de la región.

## **Justificación**

La selección adecuada de los agregados es un aspecto crítico en la ingeniería civil, ya que incide directamente en el desempeño y la vida útil de las estructuras de hormigón. En Ecuador, y específicamente en las provincias de Santo Domingo y Manabí, la disponibilidad y las características de los agregados pueden variar significativamente, lo que hace imperativo investigar cómo estas diferencias afectan las propiedades del hormigón. La falta de un estudio comparativo específico para estas regiones podría llevar a un uso ineficiente de los recursos locales y a posibles deficiencias en el desempeño estructural.

Este proyecto se justifica por la necesidad de generar conocimiento técnico que permita a los ingenieros y constructores locales tomar decisiones informadas sobre la elección y dosificación de los agregados. Al comparar los hormigones elaborados con materiales de ambas provincias, se busca identificar las ventajas y desventajas de cada fuente, optimizar el diseño de mezclas y mejorar la calidad y durabilidad de las construcciones en la región; de igual manera, se conocerá con que agregados se puede tener un ahorro económico teniendo la misma resistencia. De este modo, se contribuirá a la ingeniería civil en Ecuador, promoviendo prácticas constructivas más eficientes, económicas, seguras.

## **Objetivo General**

Comparar el desempeño de los hormigones elaborados con agregados provenientes de Santo Domingo y de Manabí, con el fin de determinar cuál ofrece mejores propiedades mecánicas y costos más bajos.

## **Objetivos Específicos**

- Determinar la dosificación adecuada para la elaboración del hormigón en función del tipo de agregado empleado.
- Comparar las resistencias a compresión obtenidas en probetas de hormigón elaboradas con agregados de diferentes procedencias, para determinar su influencia en el desempeño estructural.
- Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados utilizados mediante ensayos normalizados.

## **Hipótesis**

El origen geográfico de los agregados incide significativamente en las propiedades mecánicas del hormigón, por lo que los hormigones elaborados con los agregados de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas poseen mejor resistencia y durabilidad, que los hormigones elaborados con los agregados de Manabí.

La procedencia geográfica de los agregados influye notablemente en el costo final del metro cúbico del hormigón, por lo que este costo resultaría más económico utilizando los agregados provenientes de la provincia de Santo Domingo, que utilizando los agregados de Manabí.

## **Antecedentes de la investigación.**

De acuerdo con investigaciones realizadas anteriormente. Los agregados del hormigón son fundamentales para la calidad, resistencia, durabilidad y demás propiedades.

Ante lo expuesto por las ingenieras Johana Montesdeoca y Lourdes Peralta en su tesis con el tema “Análisis comparativo de la resistencia del hormigón con agregados de las minas ubicadas en Santa Isabel y Paute de la provincia del Azuay”. Dicha investigación proporcionó un precedente técnico de la selección adecuada de agregados en proyectos de pavimentación con hormigón, resaltando la importancia de realizar análisis previos de los materiales disponibles en la región para garantizar estructuras de calidad, durabilidad y servicio a largo plazo.

En el año 2024 una investigación realizada en Cuenca referente a los hormigones para pavimentos con diferentes tipos de canteras mostró que, una detallada caracterización de los agregados finos como gruesos, van a influir en los resultados. Puesto que, se diseñaron mezclas de hormigón empleando el método Fuller-Thompson, con el objetivo de alcanzar una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$ . Los resultados de los ensayos de compresión y flexión realizados evidenciaron diferencias significativas en el comportamiento de las mezclas (Montesdoeca & Peralta, 2024).

Se observó que los agregados del río Paute permitieron alcanzar una resistencia superior a los 35 Mpa, mientras que los del río Jubones alcanzaron solo 30,23 Mpa, debido a una proporción granulométrica inadecuada (Montesdoeca & Peralta, 2024).

## **Capítulo I: Marco teórico.**

### **1.1. Hormigón.**

#### **1.1.1 Definición del hormigón.**

El hormigón, compuesto por cemento, agua, arena y grava, es un material de construcción que posee gran resistencia mecánica. Es ampliamente usado en estructuras civiles, por su durabilidad, versatilidad y bajo costo; además, tiene capacidad de adaptarse a diversas formas (Neville A. , 2012).

Adicionalmente, según los estudios efectuados, se ha podido demostrar que, con los métodos habituales de construcción del hormigón armado, sin hacer uso de técnicas especiales y teniendo el respectivo cuidado en obra, se ha determinado que el hormigón puede alcanzar a tener una vida útil de 50 años. Los hormigones no deberían presentar problemas de ningún tipo, en el mejor de los casos, si se garantiza un mantenimiento con una regularidad requerida y en los momentos indicados, este puede alargar su vida útil logrando alcanzar entre 80 a 100 años.

Se denomina pasta de cemento a la mezcla de materiales cementantes, agua, aire (atrapado naturalmente) y aditivos en ocasiones especiales; constituye entre el 25% y 41% del volumen del hormigón. La mezcla de pasta de cemento y arena, se le conoce como mortero (Matallana, 2019).

Actualmente, los aditivos son utilizados con mucha frecuencia en la elaboración de hormigones y morteros. Los aditivos son sustancias químicas que se agregan al cemento, mortero u hormigón, para mejorar determinadas características. Por lo general, se utilizan en proporciones que van desde el 0,05% y el 5%, dependiendo del aditivo que se use (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2020). Los aditivos son productos que se agregan al hormigón antes o durante el proceso de mezclado, para modificar algunas de las propiedades de la mezcla; no reemplaza a ningún componente del hormigón (Ellison, 2022).

### 1.1.2 Componentes del hormigón.

- **Cemento:** Actúa como el pegamento al reaccionar con el agua creando una pasta la cual cumple la función de aglutinar los agregados, dando origen a una estructura sólida similar a una piedra artificial. Mientras está fresca, mejora la fluidez de la mezcla y su facilidad de manejo. Asimismo, juega un papel fundamental en el proceso de fraguado y en el incremento de la resistencia (Matallana, 2019).
- **Agua:** El agua es un disolvente universal que se combina químicamente con un gran número de componentes naturales. Tiene su función en el hormigón y se evidencia en la creación de la pasta. Por lo que se puede decir que, el agua es absolutamente necesaria para obtener la hidratación del cemento (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).
- **Agregado fino (arena):** Es un elemento esencial en la composición del hormigón, es necesaria para formar la pasta y conseguir una mezcla homogénea con el resto de los componentes, especialmente es la encargada de unir todas las gravas en una masa única (BECOSAN, 2020).
- **Agregado grueso (grava):** Se conoce como material proveniente de la desintegración de la roca y que por su tamaño queda retenido en el tamiz N° 4. Por lo tanto, el agregado grueso es una parte fundamental en la resistencia del hormigón (SREE METALIKS, 2023).
- **Aditivos:** Los aditivos son composiciones químicas que se incorporan en los hormigones, para modificar o mejorar sus características tanto en estado fresco como en el estado endurecido. Dependiendo las características de las estructuras se define qué tipo de aditivo se va a usar (CROM, 2023).

Los agregados son materiales inertes que se incorporan al hormigón para aportar, resistencia, volumen y estabilidad. Se dividen en agregados finos y gruesos que representan el 75% del volumen total del hormigón, son fundamentales en las propiedades mecánicas (Mindess, Young, & Darwin, 2003). Los agregados son los materiales de relleno para hacer más económica la mezcla, evitan la formación de grietas durante el

proceso de fraguado; junto con la pasta cementicia y el proceso de hidratación, permiten el desarrollo de la resistencia. (Matallana, 2019).

## **1.2 Propiedades del hormigón.**

El hormigón tiene dos estados definidos los cuales son: fresco y endurecido. El hormigón fresco se obtiene al mezclar agua, arena, grava y cemento, y en algunos casos también aditivos. El hormigón fresco va desde que el hormigón se crea hasta que se inicia el fraguado del hormigón (BECOSAN, 2021). El hormigón fresco se refiere al estado en que la mezcla tiene trabajabilidad, es decir tiene cierto grado de facilidad para poder ser manejada y transportada, además, posee consistencia determinando la capacidad de deformarse ya adaptarse a la forma de los encofrados. Cabe recalcar que el hormigón fresco se va a ver influenciado por su relación agua/cemento, tipo de agregados y aditivos (Grupo Nuñez, 2024).

El hormigón endurecido se refiere al estado final del hormigón, y este ha pasado por el proceso de fraguado y endurecimiento, en dicho estado las propiedades de este hormigón son resistencia, durabilidad, densidad y demás características las cuales son aprovechadas en la construcción (Matallana, 2019).

### **1.2.1 Resistencia.**

Los factores que influyen en la resistencia del hormigón son el contenido de cemento, la relación agua/cemento, fraguado, curado, influencia de los agregados y temperatura. El cemento es el material más activo, debido a que a mayor contenido de cemento se obtiene una mayor resistencia y a menor contenido menor resistencia (Osorio, 2024). Por otro lado, la relación agua cemento influye tanto en la trabajabilidad como en la resistencia del hormigón final. Una alta relación agua/cemento da una mayor trabajabilidad, pero afecta negativamente a la resistencia, y una baja relación agua/cemento aumenta la resistencia (JSW, 2024).

La resistencia es una de las propiedades que tiene el hormigón para soportar esfuerzos de diferentes tipos y magnitudes; en especial, el hormigón es muy resistente a los esfuerzos de compresión logrando que esta sea su propiedad más importante (Matallana, 2019).

### **1.2.2 Durabilidad.**

Es la propiedad del hormigón para resistir la acción de factores ambientales, como ciclos de humedecimiento y secado, calentamiento y enfriamiento, hielo y deshielo, la erosión y abrasión. El aumento de la durabilidad está dado por la elaboración de mezclas con bajos contenidos de agua para disminuir la permeabilidad, además del uso de aditivos (Matallana, 2019). Los factores que están ligados en la durabilidad del hormigón son: compactación y curado, tipo de calidad de los materiales, presencia y protección del acero de refuerzo (Neville A. , 2012).

### **1.3 Agregados para hormigón.**

Los agregados son materiales granulares, tales como arena, grava y piedra triturada, los cuales, junto con el agua y cemento, constituyen los ingredientes esenciales del hormigón (Mehta & Monteiro, 2014). Estos materiales representan la mayor parte de la masa y el volumen del hormigón, típicamente ocupando entre el 60% y el 75% del volumen total. (PCA, 2002).

#### **1.3.1 Tipos de agregados.**

- **Agregado fino:** compuesto por partículas pequeñas, como la arena natural o arena manufacturada (producto de trituración). Pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm) y se retiene en el tamiz N° 200 (0,074 mm).
- **Agregado grueso:** compuesto por partículas más grandes, como la grava natural o la piedra triturada. Se retiene en el tamiz N° 4.

### **1.4 Propiedades de los agregados.**

#### **1.4.1 Granulometría.**

La granulometría es la composición en porcentaje, de los diversos tamaños de agregado en una muestra. Esta proporción se suele indicar de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición (Corral, 2012).

#### **1.4.2 Forma y textura.**

La textura del agregado describe su rugosidad o lisura, esta característica es crucial porque afecta directamente la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, lo que a su vez impacta la resistencia del hormigón. Además, la textura influye en la fluidez de la mezcla fresca (Ferreira Cuellar & Torres López).

La forma del agregado es vital para el desempeño del hormigón. Los agregados redondeados facilitan la trabajabilidad de la mezcla fresca, permitiendo un menor uso de agua. Sin embargo, los agregados angulares y rugosos son preferibles para el hormigón endurecido, ya que mejoran la adherencia con la pasta de cemento y aumentan la resistencia y la durabilidad. (Ferreira Cuellar & Torres López).

#### **1.4.3 Densidad.**

La densidad de los agregados se define como la masa por unidad de volumen de sus partículas, considerando tanto los poros permeables como los impermeables dentro de su estructura. Esta propiedad es crítica, ya que la selección de agregados con densidades específicas (naturales o artificiales) influye directamente en la densidad final del hormigón, permitiendo clasificarlo como ligero, de peso normal o pesado. (Ferreira Cuellar & Torres López).

#### **1.4.4 Absorción y humedad.**

La absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco (Campos, 2017).

El contenido de humedad superficial en los agregados se refiere al agua presente en su superficie cuando estos se encuentran en un estado saturado superficialmente seco, expresado como un porcentaje. Este valor es crítico para el control de la relación agua/cemento en la mezcla de hormigón (Arrascue, 2011).

### **1.4.5 Resistencia.**

La resistencia de los agregados depende de su composición, textura. y estructura. Por lo que una baja resistencia puede deberse a la debilidad de los granos que lo constituyen, o bien, a que siendo éstos suficientemente resistentes no están bien unidos o cementados unos con otros. (Ferreira Cuellar & Torres López).

### **1.5 Importancia de la calidad del agregado en el desempeño del hormigón.**

Los agregados son componentes esenciales del hormigón, constituyendo la mayor parte de su volumen. Su calidad es un factor determinante para el desempeño general del hormigón, tanto en su estado fresco como endurecido. La granulometría, la forma, la textura superficial, la resistencia y la limpieza de los agregados influyen directamente en propiedades críticas como la trabajabilidad, la resistencia a la compresión, la durabilidad y la permeabilidad (Neville A. M., 1996).

Una granulometría adecuada, es decir, una distribución óptima de tamaños de partículas es fundamental para una mezcla de hormigón densa y con bajos vacíos. Como señalan (Kosmatka, Kerkhoff, & Panarese, 2002), "la distribución del tamaño de las partículas del agregado es un factor importante en la dosificación del hormigón y en las propiedades del hormigón fresco y endurecido". Esto se traduce en una mayor resistencia y menor porosidad, lo que incrementa la durabilidad del material.

La forma y la textura superficial de las partículas también son cruciales. Los agregados angulares y rugosos ofrecen una mejor adherencia con la pasta de cemento, lo que contribuye a una mayor resistencia mecánica del hormigón endurecido. Por otro lado, los agregados redondeados y lisos pueden mejorar la trabajabilidad de la mezcla fresca, aunque pueden requerir un ajuste en la dosificación para mantener la resistencia deseada (Mehta & Monteiro, 2014).

La resistencia y durabilidad inherente de las partículas de agregado son igualmente vitales. Agregados débiles o susceptibles a reacciones químicas con el cemento pueden comprometer seriamente la vida útil del hormigón. (Neville A. M., 1996) enfatiza que "la calidad de los agregados afecta directamente la durabilidad del hormigón", subrayando que los agregados deben ser resistentes al desgaste y a las condiciones ambientales para asegurar un rendimiento a largo plazo.

## **1.6 Procedencia de los agregados.**

El uso de agregados es esencial en la construcción para asegurar la base y resistencia de cualquier estructura; estos agregados provienen de ríos, lechos fluviales y principalmente, de canteras. Los agregados desempeñan una función crucial al aportar resistencia y durabilidad al hormigón; gracias a los agregados el hormigón es capaz de soportar cargas y resistir el desgaste a lo largo de su vida útil. Al ser abundantes y económicos ayudan a reducir los gastos en los proyectos (Costos Perú, 2024).

Los agregados finos como gruesos deben cumplir con normas específicas para garantizar su calidad. La eficacia de los agregados está vinculada al proceso de extracción y a los tratamientos posteriores; los tratamientos posteriores son el lavado y clasificación (Cimat, 2023).

### **1.6.1 Agregados de Manabí.**

La calidad de los agregados de Manabí proviene de una cantera ubicada en Santa Marianita los cuales resultan ser adecuadas para la construcción según el uso que se le vaya a dar en los diversos proyectos. Si bien no se posee información geotécnica sobre los materiales se puede decir que los materiales de Santa Marianita son idóneos para los diferentes proyectos en los que se requieren.

### **1.6.2 Agregados de Santo Domingo.**

El agregado de Santo Domingo proviene de la cantera de Copeto, la cual extraen los materiales de las zonas aledañas al Río Toachi, estas rocas son llevadas a trituración donde se procesan y se clasifican por tamaños de acuerdo al uso que se requieran en las diferentes obras civiles.

Gracias a la geología de la provincia ofrecen un material resistente y adecuado para los diferentes proyectos asegurando la calidad y durabilidad.

## **1.7 Normativas.**

### **1.7.1 Granulometría de Agregados.**

Normas: NTE INEN 696, ASTM C136.

Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de partículas (INEN, 2011).

### **Materiales.**

- Árido fino.
- Árido grueso.

### **Equipos.**

- **Balanzas.** Las balanzas utilizadas en el ensayo del árido fino y grueso deben tener una legibilidad y exactitud como la que se indica a continuación:
  - Para árido fino, debe ser legible hasta 0,1 g y tener una precisión de 0,1 g o del 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto, dentro del rango de uso.
  - Para árido grueso o mezclas de áridos fino y grueso, debe ser legible y tener una precisión de 0,5 g o 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.
- **Tamices.** La tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado. La tela y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir con los requisitos de la NTE NTE INEN 154.
- **Agitador de tamices mecánico.** Un dispositivo de tamizado mecánico, si se utiliza, debe crear un movimiento en los tamices que produzca que las partículas reboten y caigan, u otro tipo de movimiento que presente diferente orientación a la superficie de tamizado.
- **Horno.** Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **1.7.2 Densidad Aparente Suelta y Compactada.**

Normas: NTE INEN 858, ASTM C29.

Se coloca el árido en un molde con una capacidad adecuada, se lo compacta mediante alguno de los tres procedimientos (varillado, sacudidas y paladas) señalados en este método de ensayo; se calcula la masa unitaria (peso volumétrico) del árido y el contenido de vacíos mediante las fórmulas indicadas en esta norma. (INEN, 2010).

#### **Equipos.**

**Balanza.** Que tenga una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, con graduaciones de al menos 0,05 kg.

**Varilla de compactación.** Debe ser una varilla de acero lisa y recta, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud.

**Molde.** Recipiente cilíndrico de metal, impermeable, con la parte superior y el fondo rector y uniformes.

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

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

**Termómetro.** Con un rango de entre 10 °C y 32 °C.

### **1.7.3 . Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción**

Normas: NTE INEN 856 ASTM C128.

Se sumerge un árido seco en agua por  $24 \pm 4$  horas para saturar sus poros, luego se retira, se seca superficialmente y se mide su masa. Después, se determina su volumen por métodos gravimétricos o volumétricos. Finalmente, se seca la muestra al horno y se vuelve a pesar. Con estas masas y las fórmulas del ensayo, se calculan la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido (INEN, 2010).

#### **Equipos.**

**Balanza.** Que tenga una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, con graduaciones de al menos 0,05 kg.

**Picnómetro o matraz.** Para una muestra de aproximadamente 55g.

**Horno.** De tamaño suficiente capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C a 5°C.

**1.7.4 Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm. Mediante el uso de la máquina de los Ángeles.**

Normas: NTE NTE INEN 860, ASTM C131.

Este ensayo mide la pérdida de masa de agregados minerales normalizados debido a abrasión, impacto y molienda. La muestra y esferas de acero giran en un tambor; una plataforma las eleva y deja caer, generando impacto y trituración. Tras un número de revoluciones, se tamiza el árido para cuantificar la degradación como porcentaje de pérdida (INEN, 2011).

**Equipos.**

**Máquina de Los Ángeles.** Para medir la resistencia a la abrasión y fragmentación de los agregados.

**1.2.1 Determinación material más fino que pasa el tamiz de 75 µm.**

Normas: NTE INEN 697, ASTM C117.

El procedimiento consiste en lavar una muestra de árido con agua (con o sin dispersor), pasar el agua de lavado por un tamiz de 75 µm, secar el material y calcular la pérdida de masa respecto a la muestra original, expresándola como el porcentaje de material más fino que 75 µm (INEN, 2010).

**Materiales.**

**Agente dispersor.** Cualquier agente que promueva la separación de los materiales finos como los detergentes líquidos para lavar la vajilla.

**Equipos.**

**Balanza.** Que tenga una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, con graduaciones de al menos 0,05 kg.

**Tamices.** Un arreglo de dos tamices, el inferior debe ser de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) y el superior de 1.18 mm (No. 16).

**Recipiente.** Un contenedor de un tamaño suficiente para resistir la muestra cubierta con agua y permitir una agitación sin pérdida.

**Horno.** De un tamaño adecuado, capaz de mantener la temperatura uniforme entre 110°C a 5°C.

### **1.2.2 Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.**

Normas: NTE INEN 855, ASTM C40.

Una muestra de árido fino se le agrega una solución normalizada de hidróxido de sodio, se la agita y luego de 24 horas se compara el color del líquido que sobrenada la muestra con el color de la solución normalizada o con el comparador de colores para determinar si la muestra contiene impurezas orgánicas inapropiadas (INEN, 2010).

#### **Equipo.**

**Botellas de vidrio:** Graduadas e incoloras, con una capacidad nominal de aproximadamente 240  $\text{cm}^3$  a 470  $\text{cm}^3$ , equipadas con tapones o tapas herméticas, no solubles con los reactivos especificados. En ningún caso, la dimensión externa de las botellas, medida a lo largo de la línea de vista utilizada para la comparación del color, debe ser superior a 63,5 mm o menor a 38,1 mm. La graduación de las botellas debe estar en cm, a excepción de las botellas sin marcar que pueden ser calibradas con graduaciones realizadas por el usuario. En tal caso, sólo son necesarias tres marcas de graduación, de la siguiente manera:

- Nivel de la solución de color normalizada: 75 $\text{cm}^3$
- Nivel del árido fino: 130 $\text{cm}^3$
- Nivel de la solución de NaOH: 200 $\text{cm}^3$
- **Comparador de colores normalizados.** Debe ser conformado como se describe en la norma ASTM D 1 544.

### 1.2.3 Contenido de humedad.

Normas: NTE INEN 862, ASTM C566.

Una muestra de masa normalizada en estado natural es secada en horno hasta eliminar la humedad tanto superficial como aquella ubicada entre los poros del árido. La cantidad de agua evaporada expresada en porcentaje respecto de la masa seca es la humedad de árido (INEN, 2011).

#### Equipos.

- **Balanza.** Una balanza precisa, legible y con sensibilidad de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso. Dentro de un intervalo igual al 10% de la capacidad de la balanza que se utiliza para determinar la masa, la indicación de carga debe tener una precisión de 0,1% de la diferencia entre las masas.
- **Horno.** De un tamaño adecuado, capaz de mantener la temperatura uniforme entre 110°C a 5°C.
- **Recipiente para la muestra.** Un recipiente de material que no le afecte el calor, de volumen suficiente para contener la muestra sin peligro de derrame y con una forma tal que la profundidad de la muestra no exceda en un quinto la dimensión lateral menor.
- **Agitador.** Una cuchara o espátula de metal de tamaño conveniente.

### 1.2.4 Densidades óptimas.

El diseño de mezcla por el método de densidades óptimas se basa en emplear la cantidad mínima de pasta de cemento para elaborar un hormigón de buena calidad, para lo cual es necesario obtener una combinación granulométrica que reduzca al máximo la presencia de vacíos (Almeida, 2019).

Dicho método, fue diseñado y complementado en las instalaciones de la Universidad Central del Ecuador. En el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Central del Ecuador en la ciudad de Quito, puesto que, se fundamenta en la consideración general para crear una roca artificial mediante el relleno de espacios vacíos que simultáneamente dejan los agregados, para ser llenados con pasta de cemento y agua, bajo las consideraciones siguientes:

- Una tabla empírica la cual está basada en la experiencia, permitiéndonos obtener la relación agua/cemento, dicha relación va a variar dependiendo de la resistencia que se desea alcanzar.
- Un volumen aparente de agregado grueso que contiene un cierto porcentaje de vacíos entre partículas, las cuales procederán a ser llenadas por el agregado fino.
- La mezcla de los agregados finos y gruesos, la cual es correspondiente a su densidad óptima, deja un cierto porcentaje de vacíos los cuales deben ser llenados por medio de la pasta de cemento y agua. Dicha pasta debe ocupar los vacíos que deja la mezcla de los agregados y también debe ser capaz de recubrir cada una de las partículas, construyendo un nexo de unión entre las partículas.

### **1.2.5 Compresión de cilindros.**

Normas: NTE INEN 1573, ASTM C39.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen (INEN, 2010).

**Máquina de ensayo.** Determina la resistencia a la compresión del hormigón.

## **Capítulo II: Metodología.**

### **2.1 Metodología de la investigación.**

En la presente investigación se utilizará un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de tipo comparativo y un alcance explicativo. Este tipo de estudio permite medir, analizar y comparar de forma objetiva las propiedades del hormigón elaborado con agregados de distintas procedencias geográficas. El enfoque cuantitativo facilita la recolección y el análisis de datos numéricos obtenidos mediante ensayos de laboratorio estandarizados, conforme a normas técnicas vigentes, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados.

El carácter experimental de la investigación radica en la manipulación directa de la variable dependiente (procedencia de los agregados), con el propósito de observar sus efectos sobre las variables dependientes como la resistencia mecánica y los costos de producción del hormigón. El análisis comparativo permitirá identificar diferencias significativas entre las mezclas evaluadas, contribuyendo a establecer criterios técnicos para la selección de materiales en obras civiles.

Para esta comparación de hormigones los agregados gruesos serán de 2 provincias diferentes, mientras que en el agregado fino será específicamente de la cantera de Picoazá, ubicada en Manabí, debido a que las arenas de ambas provincias son diferentes.

La cantera de Picoazá obtiene su arena principalmente de trituración y lavado de materiales pétreos extraídos en la misma cantera, para dicha comparación se usó arena homogenizada la cual es una combinación de cisco y arena de banco, esta arena posee una excelente graduación convirtiéndola idónea en los diseños de hormigón (Megarok, 2015).

### **2.2 Ensayos.**

#### **2.2.1 Granulometría.**

Para realizar este ensayo se siguieron los procedimientos especificados en la Norma NTE INEN 696:

- Tomar una muestra representativa de 5 kilos.
- Secar la muestra en el horno por 24 horas.
- Armar un juego de tamices con las siguientes aberturas: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N4, N10, N16, N30, N50, N100, N200, fondo.
- Tamizar la muestra y obtener el porcentaje retenido de cada tamiz.

### **2.2.2 Pasante 200.**

Para realizar este ensayo se siguieron los procedimientos especificados en la Norma NTE INEN 697:

- Tomar una muestra representativa de 0.5 kilos.
- Secar la muestra en el horno por 24 horas.
- Lavar la muestra con agua en el tamiz N200 hasta que el agua salga sin impurezas.
- Secar la muestra en el horno por 24 horas.
- Pesar la muestra e identificar la masa que paso por el tamiz N200.

### **2.2.3 Peso unitario suelto y compactado.**

Para realizar este ensayo se siguieron los procedimientos especificados en la Norma NTE INEN 858:

#### **2.2.3.1 Peso unitario suelto.**

- Tomar una muestra representativa de 5 kilos.
- Secar la muestra en el horno por 24 horas.
- Agarrar un cilindro de 10x20.
- Llenar el cilindro con la muestra seleccionada.
- Enrasar el cilindro.
- Pesar en la balanza para saber el peso.
- Repetir el procedimiento por 4 veces.

#### **2.2.3.2 Peso unitario compactado.**

- Tomar una muestra representativa de 5 kilos.
- Secar la muestra en el horno por 24 horas.
- Agarrar un cilindro de 10x20.

- Llenar el cilindro en 2 capas con la muestra seleccionada.
- Llenada la primera capa compactar el cilindro dando 25 golpes con una varilla.
- Llenada la segunda capa compactar el cilindro dando 15 golpes con una varilla, rellenar el cilindro en caso de que falte material y posteriormente dar los 10 golpes faltantes con la varilla.
- Pesar en la balanza para saber el peso.
- Repetir el procedimiento por 4 veces.

#### **2.2.4 Contenido de absorción.**

Para realizar este ensayo se siguieron los procedimientos especificados en la Norma NTE INEN 857:

- Tomar una muestra representativa de 2 kilos.
- Secar la muestra en el horno por 24 horas.
- Lavar superficialmente para retirar las impurezas.
- Sumergir la muestra en agua por 24 horas.
- Pesar la muestra saturada.

#### **2.4.5 Densidades óptimas.**

Para realizar el método de densidades óptimas se deben realizar los siguientes pasos

- Determinar la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión del hormigón a los 28 días.

En la tabla1 se muestra la relación agua/cemento que debe tener la mezcla para la resistencia que se busca.

**Tabla 1.**

*Relación agua/cemento.*

<b>f 'c</b>	<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO</b>
<b>MPa</b>	
45	0.37
42	0.40
40	0.42
35	0.46
32	0.50
30	0.51
28	0.52
25	0.55
24	0.56
21	0.58
18	0.60

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales. UCE. Quito –Ecuador.

**2.4.5.1 Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados.**

$$DRM = DA_{SSS}x\%AA + DR_{SSS}x\%AR$$

Donde:

- DRM: Densidad real de la mezcla de agregados.
- DAsss y DRsss: densidad de la arena y ripio en estado SSS.
- %AA y %AR: Porcentaje aparente de arena y ripio correspondiente a la mezcla óptima de agregados.

**2.4.5.2 Determinar el porcentaje óptimo de vacíos.**

$$\%OV = \frac{(DRM - DOM)}{DRM} x 100$$

Donde:

- %OV: Porcentaje óptimo de vacíos.
- DOM: Densidad Optima de la mezcla.

En la tabla 2 se muestra la relación que tiene el asentamiento y la cantidad de pasta en porcentaje.

**Tabla 2.**

*Cantidad de pasta de cemento.*

ASENTAMIENTO (cm)	CANTIDAD DE PASTA (%) (CP)
0 – 3	% OV + 2% + 3% (OV)
3 – 6	% OV + 2% + 6% (OV)
6 – 9	% OV + 2% + 8% (OV)
9 – 12	% OV + 2% + 11% (OV)
12 – 15	% OV + 2% + 13% (OV)

Nota: Garzón M. (2010). Investigación sobre el Módulo de Elasticidad del Hormigón. Universidad central del ecuador UCE. Quito. Pág. 47

#### 2.4.5.3 Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados.

- Cemento (C)

$$C = \frac{CP \times 10}{\frac{W}{C} + \frac{DRC}{C}}$$

- Agua (W)

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

- Arena (A)

$$A = (1 - CP) \times DA_{SSS} \times \%AA$$

- Ripio.

$$R = (1 - CP) \times DR_{SSS} \times \%AR$$

### 2.3 Dosificación de la mezcla con agregados de Manabí.

Para determinar la relación agua/cemento en la mezcla de hormigón con agregados de Manabí de acuerdo con la resistencia a la compresión del hormigón a los 28 días.

En la tabla 3 se especifica que la relación agua/cemento que se utilizó para en un diseño de 28 MPa con los agregados gruesos de Manabí.

**Tabla 3.**

*Relación agua/cemento para la mezcla con agregados de Manabí.*

<b>f 'c</b> <b>MPa</b>	<b>RELACIÓN</b> <b>AGUA/CEMENTO</b>
45	0.37
42	0.40
40	0.42
35	0.46
32	0.50
30	0.51
<b>28</b>	<b>0.52</b>
25	0.55
24	0.56
21	0.58
18	0.60

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales. UCE. Quito –Ecuador.

#### 2.3.1 Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados.

$$DRM = DA_{SSS}x\%AA + DR_{SSS}x\%AR$$

$$DRM = 2520x55\% + 2620x45\%$$

$$DRM = 2565 \text{ kg/m}^3$$

Donde:

- DRM: Densidad real de la mezcla de agregados.
- DAsss y DRsss: densidad de la arena y ripio en estado SSS.
- %AA y %AR: Porcentaje aparente de arena y ripio correspondiente a la mezcla óptima de agregados.

### 2.3.2 Determinar el porcentaje óptimo de vacíos.

$$\%OV = \frac{(DRM - DOM)}{DRM} \times 100$$

$$\%OV = \frac{(2565 - 1980)}{2572} \times 100$$

$$\%OV = 22,81$$

Donde:

- %OV: Porcentaje óptimo de vacíos.
- DOM: Densidad Optima de la mezcla.

En la tabla 5 se representa el asentamiento requerido para la mezcla, el cual constituye el parámetro base para la cantidad de pasta con los agregados gruesos de Manabí.

**Tabla 5.**

*Cantidad de pasta de cemento con agregados de Manabí.*

<b>ASENTAMIENTO (cm)</b>	<b>CANTIDAD DE PASTA (%) (CP)</b>
0 – 3	% OV + 2% + 3% (OV)
3 – 6	% OV + 2% + 6% (OV)
6 – 9	% OV + 2% + 8% (OV)
9 – 12	% OV + 2% + 11% (OV)
<b>12 – 15</b>	<b>% OV + 2% + 13% (OV)</b>

Fuente: Garzón M. (2010). Investigación sobre el Módulo de Elasticidad del Hormigón. Universidad central del ecuador UCE. Quito. Pág. 47

### 2.3.3 Cálculo de la cantidad de pasta (CP)

$$CP = 22,81 + 2 + 13(0,2281)$$

$$CP = 27,78$$

### 2.3.4 Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados.

- Cemento (C)

$$C = \frac{CP \times 10}{\frac{W}{C} + \frac{1000}{DRC}}$$

$$C = \frac{27,78 \times 10}{0,52 + \frac{1000}{2920}}$$

$$C = 322 \text{ kg/m}^3$$

- Agua (W)

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

$$W = 322 \times 0,52$$

$$W = 167,44 \text{ kg/m}^3$$

- Arena (A)

$$A = (1 - CP) \times DA_{SSS} \times \%AA$$

$$A = (1 - 0,2778) \times 2520 \times 55$$

$$A = 1001 \text{ kg/m}^3$$

- Ripio.

$$R = (1 - CP) \times DR_{SSS} \times \%AR$$

$$R = (1 - 0,2778) \times 2620 \times 45$$

$$R = 851 \text{ kg/m}^3$$

### 2.3.5 Observaciones:

De acuerdo a las observaciones realizadas en las densidades optimas, existen variaciones en la relación de finos que modifican las proporciones de los agregados. Estas variaciones incrementan en un 6,93% el peso del agregado grueso y reduce en un 16,08% el peso del agregado fino. Adicionalmente por factor de seguridad se incrementó un 5% del factor cementante.

El uso de aditivos súper plastificantes de base policarboxilato permite reducir en un 25% el agua de amasado para la experimentación.

En la tabla 6 se presenta la dosificación de los materiales usados en la elaboración de un metro cúbico hormigón.

**Tabla 6.**

*Dosificación con agregados de Manabí.*

<b>Materias primas.</b>	<b>Dosificación estándar. Método de densidades óptimas.</b>	<b>Dosificación corregida.</b>
Cemento Holcim UTKA.	322	350
Agua.	167	164
Agregado Grueso.	851	910
Agregado Fino.	1001	840
Aditivo súper plastificante.	3,85 (1,2%)	3,85 (1,1%)
Aditivo Retardante.	1,85 (0,57%)	1,85 (0,53%)

### 2.4 Dosificación de la mezcla con agregados santo Domingo

Para determinar la relación agua/cemento en la mezcla de hormigón con agregados de Manabí de acuerdo a la resistencia a la compresión del hormigón a los 28 días.

En la tabla 7 se especifica que la relación agua/cemento que se utilizó para en un diseño de 280 MPa con los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Tabla 7.**

*Relación agua/cemento para los agregados de Santo Domingo.*

<b>f 'c</b> <b>MPa</b>	<b>RELACIÓN</b> <b>AGUA/CEMENTO</b>
45	0.37
42	0.40
40	0.42
35	0.46
32	0.50
30	0.51
<b>28</b>	<b>0.52</b>
25	0.55
24	0.56
21	0.58
18	0.60

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales. UCE. Quito –Ecuador

**2.4.1 Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados de Santo Domingo.**

$$DRM = DA_{SSS}x\%AA + DR_{SSS}x\%AR$$

$$DRM = 2520x55\% + 2690x45\%$$

$$DRM = 2597 \text{ kg/m}^3$$

Donde:

- DRM: Densidad real de la mezcla de agregados.
- DA<sub>SSS</sub> y DR<sub>SSS</sub>: densidad de la arena y ripio en estado SSS.
- %AA y %AR: Porcentaje aparente de arena y ripio correspondiente a la mezcla óptima de agregados.

**2.4.2 Determinar el porcentaje óptimo de vacíos.**

$$\%OV = \frac{(DRM - DOM)}{DRM} x 100$$

$$\%OV = \frac{(2597 - 2050)}{2597} \times 100$$

$$\%OV = 21,06$$

Donde:

- %OV: Porcentaje óptimo de vacíos.
- DOM: Densidad Optima de la mezcla.

En la tabla 8 se representa el asentamiento requerido para la mezcla, el cual constituye el parámetro base para la cantidad de pasta con los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Tabla 8.**

*Cantidad de Pasta de cemento para los agregados de Santo Domingo.*

<b>ASENTAMIENTO (cm)</b>	<b>CANTIDAD DE PASTA (%) (CP)</b>
0 – 3	% OV + 2% + 3% (OV)
3 – 6	% OV + 2% + 6% (OV)
6 – 9	% OV + 2% + 8% (OV)
9 – 12	% OV + 2% + 11% (OV)
<b>12 – 15</b>	<b>% OV + 2% + 13% (OV)</b>

Fuente: Garzón M. (2010). Investigación sobre el Módulo de Elasticidad del Hormigón. Universidad central del ecuador UCE. Quito. Pág. 47

#### 2.4.3 Cálculo de la cantidad de pasta.

$$CP = 21,06 + 2 + 13(0,2106)$$

$$CP = 25,90$$

#### 2.4.4 Calcular la densidad real de la mezcla de los agregados.

- Cemento (C)

$$C = \frac{CP \times 10}{\frac{W}{C} + \frac{1000}{DRC}}$$

$$C = \frac{25,80 \times 10}{0,52 + \frac{1000}{2920}}$$

$$C = 299 \text{ kg/m}^3$$

- Agua (W)

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

$$W = 299 \times 0,52$$

$$W = 156 \text{ kg/m}^3$$

- Arena (A)

$$A = (1 - CP) \times DA_{SSS} \times \%AA$$

$$A = (1 - 0,2580) \times 2520 \times 55$$

$$A = 1028 \text{ kg/m}^3$$

- Ripio.

$$R = (1 - CP) \times DR_{SSS} \times \%AR$$

$$R = (1 - 0,2580) \times 2690 \times 45$$

$$R = 898 \text{ kg/m}^3$$

#### 2.4.5 Observaciones:

De acuerdo con las observaciones realizadas en las densidades optimas, existen variaciones en la relación de finos que modifican las proporciones de los agregados. Estas variaciones incrementan en un 6,93% el peso del agregado grueso y reduce en un 16,08% el peso del agregado fino. Adicionalmente por factor de seguridad se incrementó un 5% del factor cementante.

El uso de aditivos súper plastificantes de base policarboxilato permite reducir en un 25% el agua de amasado para la experimentación.

En la tabla 9 se presenta la dosificación que se utilizó para la elaboración de un metro cúbico de hormigón con los agregados gruesos de Manabí.

**Tabla 9.**

*Dosificación con agregados de Santo Domingo.*

<b>Materias primas.</b>	<b>Dosificación estándar Método de densidades óptimas.</b>	<b>Dosificación corregida.</b>
Cemento Holcim UTKA.	299	350
Agua.	156	164
Agregado Grueso.	898	910
Agregado Fino.	1028	840
Aditivo súper plastificante.	3.85 (1,2%)	3.85 (1,1%)
Aditivo Retardante.	1,85 (0,57%)	1,85 (0,53%)

## Capítulo III: Resultados

### 3 Caracterización de los agregados.

#### 3.1 Caracterización del agregado fino.

Para realizar la caracterización del agregado fino se llevaron a cabo los siguientes ensayos.

##### 3.1.1 Granulometría.

En la tabla 10 se presenta la granulometría de los agregados finos de Manabí.

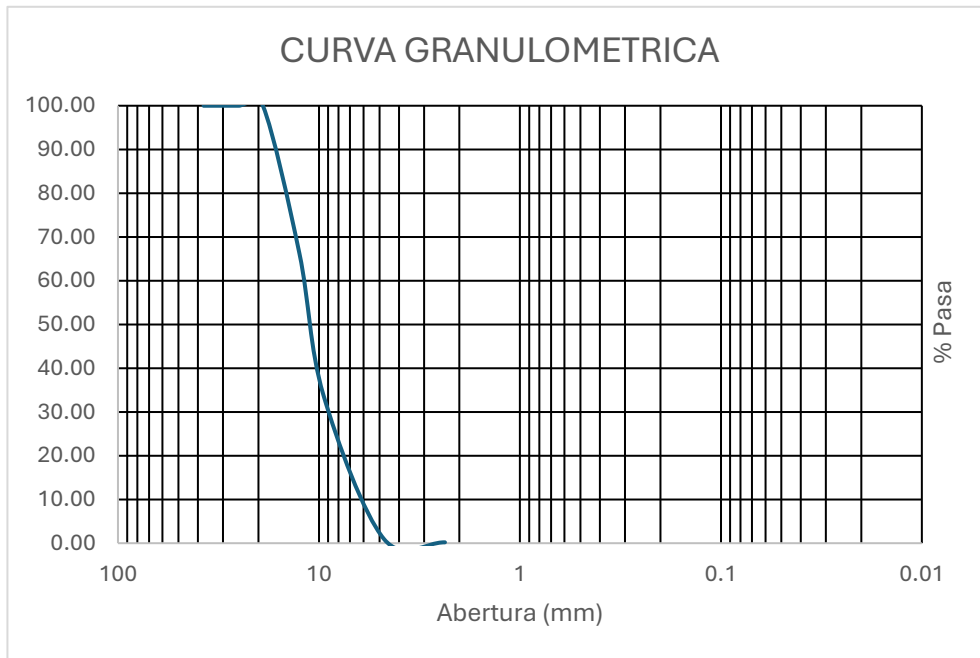
**Tabla 10.**

*Granulometría del agregado fino de Manabí.*

<b>Tamiz</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Retenido</b>	<b>Pasa</b>	<b>%Retenido</b>	<b>%Acumulado</b>	<b>%Pasa</b>
Tamiz 3/8"	9,5	0,00	511,60	0,00	0,00	100,00
Tamiz N4	4,75	3,60	508,00	0,70	0,70	99,30
Tamiz N8	2,36	74,10	433,90	14,48	15,19	84,81
Tamiz N16	1,18	82,60	351,30	16,15	31,33	68,67
Tamiz N30	0,6	56,10	295,20	10,97	42,30	57,70
Tamiz N50	0,3	60,70	234,50	11,86	54,16	45,84
Tamiz N100	0,15	133,70	100,80	26,13	80,30	19,70
Tamiz N200	0,075	97,90	2,90	19,14	99,43	0,57
Fondo	0	2,90	0,00	0,57	100,00	0,00
		<b>511,60</b>				

En la Figura 1 se muestra la curva granulométrica del agregado fino de Manabí.

**Figura 1.**  
*Curva Granulométrica del agregado fino de Manabí.*



**Módulo de finura**

$$MF = \frac{\sum Ret. Ac. (3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + +N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF = \frac{(0 + 0,70 + 15,19 + 31,33 + 42,30 + 54,16 + 80,30 + 99,43 + 100)}{100}$$

$$MF = 2,24$$

**3.1.2 Pasante 200**

En la tabla 11 se presenta el porcentaje de material que pasa en el ensayo del pasante 200 del agregado fino de Manabí.

**Tabla 11.**  
*Pasante 200 del agregado fino de Manabí.*

<b>Agregado Fino de Manabí.</b>	
Tara.	352
Tara + Muestra.	883,8
Muestra seca.	531,8
Tara.	205,4

<b>Agregado Fino de Manabí.</b>	
Tara + muestra.	717,3
Muestra.	511,9
Pasante.	19,9
<b>%Pasante.</b>	<b>3,89</b>

### 3.1.3 Peso unitario suelto y compactado.

En la tabla 12 se presentan los resultados de 3 muestras y el promedio del ensayo peso unitario suelto y compactado del agregado fino de Manabí.

**Tabla 12.**

*Peso unitario suelto y compactado del agregado fino de Manabí.*

<b>Peso unitario suelto y compactado del agregado fino de Manabí</b>		
<b>Muestras</b>	<b>Suelto</b>	<b>Compactado</b>
Muestra 1	6,36	7,04
Muestra 2	6,36	7,06
Muestra 3	6,46	7,05
	<b>6,39</b>	<b>7,05</b>

$$PUS = 1404,76 \text{ kg/m}^3$$

$$PUC = 1639,29 \text{ kg/m}^3$$

### 3.1.4 Contenido de Absorción.

En la tabla 13 se muestra los resultados del contenido de absorción del agregado fino de Manabí.

**Tabla 13.**

*Contenido de absorción del agregado fino de Manabí.*

<b>Contenido de absorción del agregado fino de Manabí</b>	
Masa Del Agregado SSS	500
Masa Muestra Seca	478
Contenido De Absorción	4,60

### 3.2 Caracterización de los agregados de Santo Domingo.

Para realizar los ensayos se siguieron los procedimientos mostrados anteriormente dándonos los siguientes resultados.

#### 3.2.1 Granulometría.

En la tabla 14 se presentan los resultados de la granulometría del agregado grueso de Santo Domingo.

**Tabla 14.**

*Granulometría de los agregados de Santo Domingo.*

<b>Tamiz</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Retenido</b>	<b>Pasa</b>	<b>%Retenido</b>	<b>%Acumulado</b>	<b>%Pasa</b>
Tamiz 3"	75	0	5002.8	0	0	100
Tamiz 1 1/2"	37.5	0	5002.8	0	0	100
Tamiz 3/4"	19	0	5002.8	0	0	100
Tamiz 3/8"	9.5	1236.8	3766	24.7222	24.7222	75.2778
Tamiz N4	4.75	3586.2	179.8	71.6839	96.4060	3.5940
Tamiz N10	2	140.8	39	2.8144	99.2204	0.7796
Tamiz N16	1.18	0.4	38.6	0.0080	99.2284	0.7716
Tamiz N30	0.6	0.6	38	0.0120	99.2404	0.7596
Tamiz N50	0.3	3.2	34.8	0.0640	99.3044	0.6956
Tamiz N100	0.15	12.8	22	0.2559	99.5602	0.4398
Tamiz N200	0.075	12.2	9.8	0.2439	99.8041	0.1959
Fondo	0	9.8	0	0.1959	100	0
<b>5002.8</b>						



**Figura 3.**  
Elaboración de la granulometría.



### 3.2.2 Pasante 200.

En la tabla 15 se evidencian los resultados del ensayo pasante 200 en los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Tabla 15.**

*Agregados gruesos de Santo Domingo Pasante 200.*

<b>Agregado Grueso de Santo Domingo.</b>	
Tara	352 g
Tara + Muestra	852,4 g
Muestra	500,4
Tara	205,4 g
Tara + Muestra	699,2 g
Muestra	493,8 g
<b>Pasante</b>	<b>6,6 g</b>

$$\%Pasante\ 200 = \frac{6,6}{504,4} \times 100 = 1,31\%$$

En la Figura 4 se demuestra el procedimiento realizado en el ensayo del pasante 200 de los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Figura 4.**

*Ejecución del ensayo Pasante 200.*



**3.2.3 Peso unitario suelto y compactado.**

En la tabla 16 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Tabla 16.**

*Peso unitario y suelto de los agregados de Santo Domingo.*

<b>Peso Unitario Suelto Y Compactado De Los Agregados Gruesos De Santo Domingo</b>		
	<b>Suelto</b>	<b>Compactado</b>
Tara	204,6g	
Muestra 1	2,53 kg	2,7 kg
Muestra 2	2,53 kg	2,73 kg
Muestra 3	2,59 kg	2,69 kg
Muestra 4	2,51 kg	2,7 kg
<b>Promedio</b>	<b>2,55 kg</b>	<b>2,7 kg</b>

$$PUS = 1487,30 \text{ kg/m}^3$$

$$PUC = 1588,43 \text{ kg/m}^3$$

En la Figura 5 se demuestra el procedimiento utilizado para la ejecución del ensayo peso unitario suelto y compactado de los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Figura 5.**

*Elaboración del ensayo Peso unitario suelto y compactado.*



**3.2.4 Contenido de absorción.**

En la tabla 17 se presentan los resultados del ensayo contenido de absorción de los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Tabla 17.**

*Contenido de absorción de los agregados de Santo Domingo.*

<b>Tara 1</b>	<b>459,4 g</b>
Tara + Muestra Seca	2461,4 g
Muestra Seca	2002 g
Tara 2	205,6 g

Tara + Muestra SSS	2230,2 g
Muestra SSS	2024,6 g

Con los datos obtenidos en el laboratorio se procede a utilizar la siguiente fórmula.

$$\%abs = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

%abs= Porcentaje de absorción.

A= Peso de la muestra seca al horno.

B= Peso de la muestra saturada con superficie seca.

Dádonos como resultado lo siguiente:

$$\%abs = \frac{2024,6 - 2002}{2002} \times 100$$

$$\%abs = 0,01128 \times 100$$

$$\%abs = 1,128$$

En la figura 6 se evidencia el procedimiento para realizar el ensayo de contenido de absorción de los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Figura 6.**

*Ejecución del ensayo de Absorción en los agregados gruesos de Santo Domingo.*



### **3.3 Caracterización de los agregados de Manabí.**

#### **3.3.1 Granulometría.**

En la figura 18 se muestran los tamices utilizados en la granulometría para los agregados gruesos de Manabí.

**Tabla 18.**

*Granulometría del agregado grueso de Manabí.*

<b>Tamiz</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Retenido</b>	<b>Pasa</b>	<b>%Retenido</b>	<b>%Acumulado</b>
Tamiz 1 1/2"	37,5	0	3224	0	0
Tamiz 1"	25	0	3224	0	0
Tamiz 3/4"	19	0	3224	0	0
Tamiz 1/2"	12,5	1089,7	2134,20	33,80	34
Tamiz 3/8"	9,5	1042,3	1091,90	32,33	66,13
Tamiz N4	4,75	1060,5	31,40	32,89	99,03
Tamiz N8	2,36	25,1	6,30	0,78	99,80
Tamiz N16	1,18	0,2	6,10	0,01	99,81
Fondo	0	6,1	0,00	0	100
		<b>3223,9</b>			

En la Figura 7 se muestra la curva granulométrica de los agregados gruesos de Manabí.



**Figura 8.**

*Elaboración del ensayo de Granulometría.*



### 3.3.2 Pasante 200

En la tabla 19 se muestran los resultados del ensayo pasante 200 de los agregados gruesos de Manabí.

**Tabla 19.**

*Pasante 200 del agregado grueso de Manabí.*

<b>Agregado grueso de Manabí</b>	
Tara.	352 g
Tara + Muestra.	852,4 g
Muestra.	3431 g
Tara.	205,4 g
Tara + Muestra.	699,2 g
Muestra.	3372,6 g
<b>Pasante.</b>	<b>58,4 g</b>

$$\%Pasante\ 200 = \frac{58,4}{3431} \times 100 = 1,7\%$$

En la Figura 9 se evidencia el procedimiento para realizar el ensayo pasante 200 en los agregados gruesos de Manabí.

**Figura 9.**  
Ejecución del ensayo Pasante 200.



### 3.3.3 Peso unitario suelto y compactado.

En la tabla 20 se presentan los resultados del ensayo peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de Manabí.

**Tabla 20.**

*Peso unitario y suelto del agregado grueso de Manabí.*

<b>Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de Manabí.</b>			
Tara		6,62	
Muestra 1	19,53		21,11
Muestra 2	19,65		21,23
Muestra 3	19,61		21,18
<b>Promedio</b>	<b>19,597</b>		<b>21,173</b>

En la Figura 10 se muestra el procedimiento para realizar el ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados de Manabí.

**Figura 10.**

*Ejecución del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de Manabí.*



### **3.3.4 Contenido de absorción.**

En la tabla 21 se muestran los resultados del contenido de absorción del agregado grueso de Manabí.

**Tabla 21.**

*Contenido de absorción del agregado grueso de Manabí.*

<b>Agregado Grueso De Manabí</b>	
Tara 1	459,4
Tara + Muestra Seca	4694,5
Muestra Seca	4235,1
Tara 2	205,6
Tara + Muestra SSS	4549,9
Muestra SSS	4344,3
Contenido de Absorción	0,025784515
<b>Contenido de Absorción %</b>	<b>2,58</b>

En la Figura 11 se la ejecución del ensayo de absorción en los agregados gruesos de Manabí.

**Figura 11.**

*Ejecución del ensayo de absorción.*



En la tabla 22 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos a los agregados gruesos.

**Tabla 22.**

*Resumen de los agregados.*

<b>Ensayos realizados.</b>	<b>Agregado grueso de Santo Domingo.</b>	<b>Agregado grueso de Manabí</b>
Granulometría.	El módulo de finura es de 6,18	El módulo de finura es de 5,99
Pasante 200.	1,31%	1,7%
Peso unitario suelto.	PUS = 1487 kg/cm <sup>3</sup>	PUS = 1395,34 kg/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado.	PUC= 1588,43 kg/cm <sup>3</sup>	PUC= 1564,87 kg/cm <sup>3</sup>
Contenido de absorción.	1,13%	2,58 %

### 3.4 Resistencia a la compresión de los cilindros.

Con los cilindros una vez desmoldados y puestos con la piscina con agua para su curado, se procede a romper un total de 2 a 3 cilindros en los días 3, 7, 14 y 28 días en los cuales se va a mostrar la resistencia que han ido adquiriendo.

#### 3.4.1 Resistencia a la compresión de los cilindros con agregados de Santo Domingo.

En la tabla 23, 24, 25, 26 se presentan las resistencias alcanzadas de los cilindros a los 3, 7, 14 y 28 días con sus respectivos valores en porcentajes en el hormigón elaborado con los agregados gruesos de Santo Domingo.

**Tabla 23.**

*Resistencia a la compresión a los 3 días.*

Nº Cilindros	Peso (g)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje
1	3710	238,7	85,25%
2	3750	253	90,35 %

**Tabla 24.**

*Resistencia a la compresión a los 7 días.*

Nº Cilindros	Peso (g)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentajes
1	3742,8	305,5	109,1 %
2	3725	318,3	113,70 %
3	3764,4	325,3	116,2 %

**Tabla 25.***Resistencia a la compresión a los 14 días.*

Nº Cilindros	Peso (g)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentajes
1	3743,8	369,3	131,9 %
2	3731,2	386,8	138,15 %
3	3778,2	363,5	129,8 %

**Tabla 26.***Resistencia a la compresión a los 28 días.*

Nº Cilindros	Peso (g)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentajes
1	3743	385,2	137,6 %
2	3728,4	408,9	146,05 %
3	3734	384,9	137,5 %

**3.4.2 Resistencia a la compresión de los cilindros con agregados de Manabí.**

En las tablas 27, 28, 29 y 30 se presentan las resistencias alcanzadas de los cilindros a los 3, 7, 14 y 28 días con sus respectivos valores en porcentajes en el hormigón elaborado con los agregados gruesos de Manabí.

**Tabla 27.***Resistencia a la compresión a los 3 días.*

Nº Cilindros	Peso (g)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje
1	3700	186,4	66,6 %
2	3690	192,2	68,65 %

**Tabla 28.***Resistencia a la compresión a los 7 días.*

<b>N° Cilindros</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje</b>
1	3690	242,8	86,7 %
2	3690	235,6	84,15 %
3	3710	241,2	86,15

**Tabla 29.***Resistencia a la compresión a los 14 días.*

<b>N° Cilindros</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje</b>
1	3690	265,9	94,95 %
2	3690	267,8	95,65 %
3	3710	272,1	81,1 %

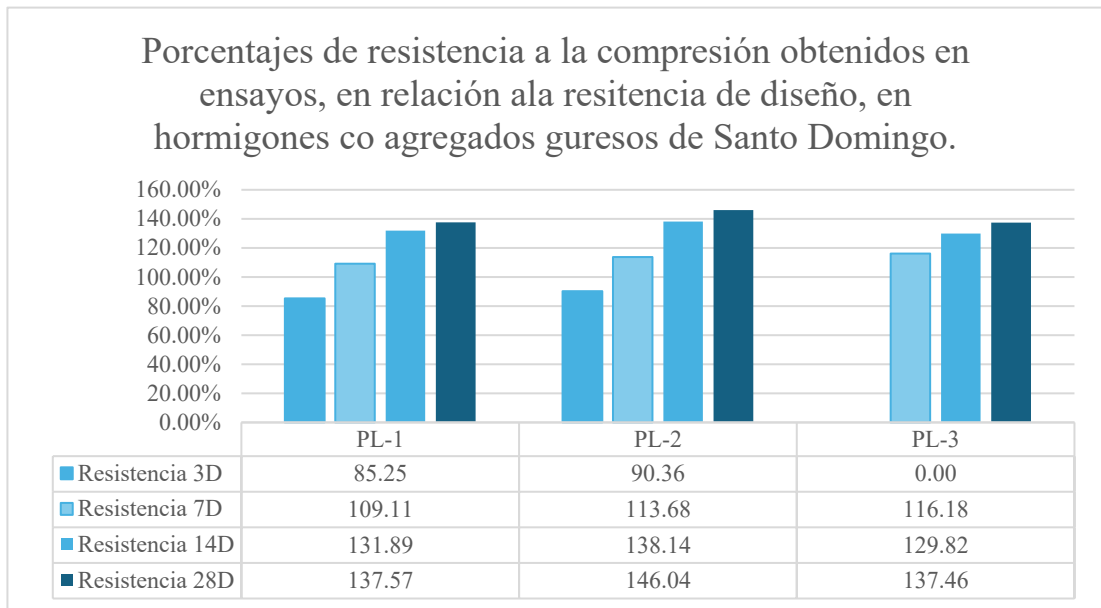
**Tabla 30.***Resistencia a la compresión a los 28 días.*

<b>N° Cilindros</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje</b>
1	3690	333,2	119 %
2	3690	334,5	119,5 %
3	3710	332,8	118,85 %

En las Figuras 12 y 13 se presenta un gráfico en porcentajes con las resistencias alcanzadas de los cilindros con sus agregados gruesos correspondientes.

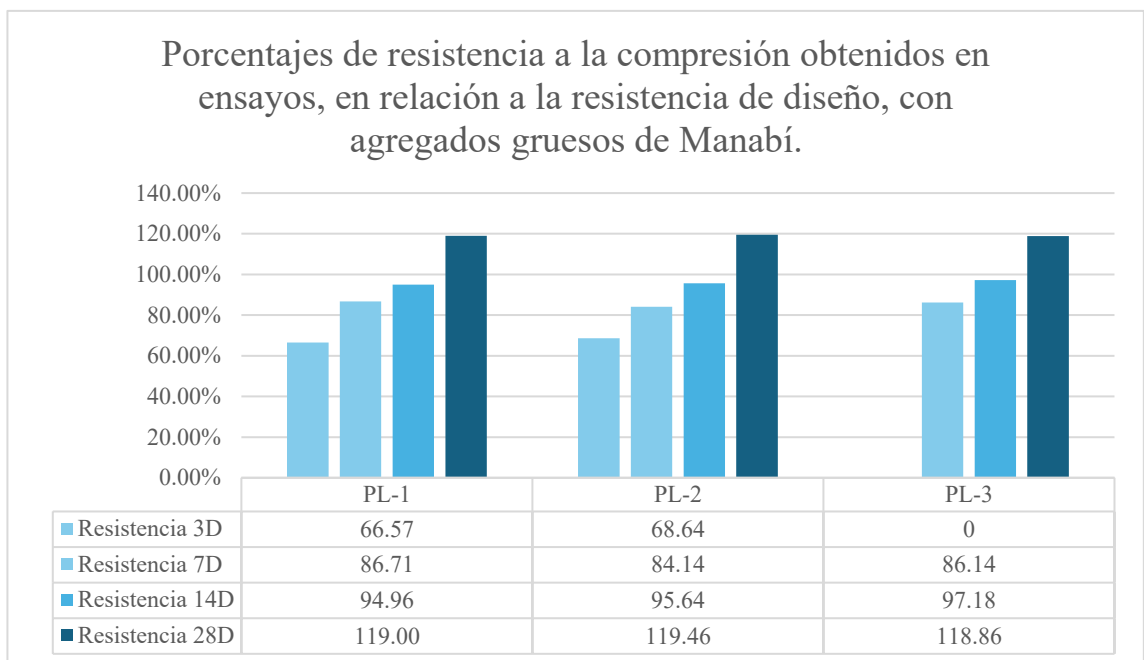
**Figura 12.**

*Resistencia a la compresión Santo Domingo.*



**Figura 13.**

*Resistencia a la compresión Manabí.*



### 3.5 Costos de la mezcla.

Para realizar un hormigón de resistencia a la compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup> para ambos agregados se utilizó la siguiente dosificación.

En la tabla 31 se presentan la dosificación para realizar 1m<sup>3</sup> de hormigón con los agregados gruesos de Santo Domingo y el costo de elaboración.

**Tabla 31.**  
*Dosificación para 1m<sup>3</sup> con agregados de Santo Domingo.*

<b>Santo Domingo</b>				
Materiales	Kg (laboratorio)	Kg (industrial 1 m <sup>3</sup> )	Costo (kg)	Costo (industrial 1 m <sup>3</sup> )
Arena	21,05	842	0,0116	9,768
Grava	22,45	898	0,0059	5,298
Cemento	8,75	350	0,097	33,950
Agua	2,85	114	-	-
Sikaviscocrete GL 7954 (Plastificante)	0,086	3,44	1,95	6,708
Sikament PH 836 (Retardante)	0,0438	1,75	1,2	2,100
<b>Total (\$)</b>			<b>57,82</b>	

En la tabla 32 se presentan la dosificación para realizar 1m<sup>3</sup> de hormigón con los agregados gruesos de Manabí y el costo de elaboración.

**Tabla 32.**  
*Dosificación para 1m<sup>3</sup> con los agregados de Manabí.*

<b>Manabí</b>				
Materiales	Kg (laboratorio)	Kg (industrial 1 m <sup>3</sup> )	Costo (kg)	Costo (industrial 1 m <sup>3</sup> )
Arena	21,05	842	0,0116	9,768
Grava	22,45	898	0,011	9,878
Cemento	8,75	350	0,097	33,950
Agua	2,85	114	-	-
Sikaviscocrete GL 7954 (Plastificante)	0,086	3,44	1,95	6,708
Sikament PH 836 (Retardante)	0,0438	1,75	1,2	2,100
<b>Total (\$)</b>			<b>64,40</b>	

### 3.5.1 Análisis estadístico inferencial – Resistencia a los 28 días.

Se analizaron los resultados a los 28 días (% de la resistencia de diseño) para mezclas con agregados de Santo Domingo y Manabí.

En la tabla 33 se presentan los resultados estadísticos de los hormigones.

**Tabla 33.***Resultados estadísticos.*

<b>Material</b>	<b>Media (%)</b>	<b>Desviación estándar (%)</b>	<b>Coefficiente de variación (%)</b>
Santo Domingo	140,36%	4,92	3,51 %
Manabí	119,11 %	0,31	0,26 %

**Interpretación técnica.****Santo Domingo.**

- Presenta resistencias significativamente superiores al valor de diseño.
- El coeficiente de variación  $< 5\%$  indica una muy buena uniformidad, cumpliendo ampliamente con los criterios ACI 214.
- Existe un sobredimensionamiento claro del diseño.

**Manabí.**

- Resistencias cercanas al 120%, dentro de los rangos óptimos de seguridad.
- Excelente control estadístico, con dispersión mínima.
- Diseño más eficiente desde el punto de vista técnico-económico.

Con los resultados obtenidos el agregado de Santo Domingo es estadísticamente estable, pero excesivamente conservador, mientras que los agregados de Manabí se encuentran más cercano al rango óptimo de desempeño estructural.

En la tabla 34 se presenta el costo para elaborar un metro cúbico de hormigón con los agregados gruesos de ambas procedencias.

**Tabla 34.***Análisis de costos de la mezcla (1m<sup>3</sup>)*

<b>Origen de agregados</b>	<b>Costo total (\$/m<sup>3</sup>)</b>
Santo Domingo	57,82USD
Manabí	64,40 USD

**3.5.2 Observación.**

Aunque Santo Domingo presenta menor costo unitario, este beneficio se ve afectado por el exceso de resistencia, lo cual implica uso ineficiente de cemento.

### 3.6 Optimización de cemento – Santo Domingo.

**Objetivo:** Limitar resistencia a 115%

- Situación actual.
- **Resistencia media:** 146,36%
- Exceso sobre 115%

$$\frac{146,36}{115} = 1,22 \text{ (22\% de sobre – resistencia)}$$

#### 3.6.1 Reducción potencial del cemento.

Dado que la resistencia está directamente relacionada con la relación agua/cemento y el contenido de cemento, se puede estimar:

- Reducción conservadora de cemento: 15% - 20%
- **Cemento actual:** 8,75kg (escala de laboratorio)
- **Cemento optimizado:** 15% - 7,44 kg.

**Ahorro estimado en cemento.**

- Ahorro económico aproximado: **0,12 – 0,17 USD/m<sup>3</sup>**
- Nuevo costo estimado Santo Domingo optimizado.

En la tabla 35 se muestra el costo de la mezcla optimizando el uso de cemento en la dosificación de los materiales de Santo Domingo.

**Tabla 35.**

*Costo de las mezclas.*

<b>Origen de agregados</b>	<b>Costo total (\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Costo total optimizado (\$/m<sup>3</sup>)</b>
Santo Domingo	57,82 USD	50,38 USD
Manabí	64,40 USD	64,40 USD

## **Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones.**

### **4.1 Conclusiones.**

El análisis nos demuestra que el diseño de la mezcla con agregados de Santo Domingo presenta una resistencia media excesivamente alta ( $\approx 140\%$ ), lo cual habilita técnicamente una optimización del contenido de cemento sin comprometer la seguridad estructural. Ajustando el diseño máximo de 115% de resistencia, se podría lograr una reducción de hasta el 20% del cemento, generando un ahorro económico directo y un diseño más eficiente y sostenible para producción.

Los resultados de los ensayos de compresión evidenciaron diferencias significativas en el comportamiento mecánico de los hormigones elaborados con agregados de Santo Domingo y Manabí. Se observó que las probetas fabricadas con agregados de Santo Domingo alcanzaron mayores valores de resistencia a la compresión en las distintas edades de ensayo, lo cual confirma que la procedencia del agregado influye directamente en el desempeño estructural del hormigón. Estos resultados validan la importancia de considerar el origen de los materiales pétreos en el diseño de mezclas para aplicaciones estructurales.

La caracterización de los agregados, realizada mediante ensayos normalizados de granulometría, peso unitario y compactado, absorción, pasante 200 y resistencia al desgaste permitió identificar diferencias relevantes entre los materiales de ambas provincias. Los agregados de Santo Domingo presentaron propiedades más favorables en términos de resistencia y menor absorción, mientras que los agregados de Manabí mostraron características adecuadas, aunque con ciertas limitaciones que influyeron en el desempeño final del hormigón. Esta caracterización resultó fundamental para explicar los resultados obtenidos en las mezclas y sustentar técnicamente la comparación realizada.

## **4.2 Recomendaciones.**

Se recomienda realizar una caracterización física y mecánica de los agregados antes de su utilización en la elaboración hormigones, teniendo en cuenta que dependiendo de donde sean los agregados su caracterización varía, con estos ensayos se puede optimizar el diseño de los hormigones, alcanzando la resistencia deseada al menor costo posible.

## Bibliografía

- Almeida, W. (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS DE UN HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA CONFORMADO POR AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CANTERA DE PINTAG*. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18189/1/UPS%20-%20ST004397.pdf>
- Arrascue. (2011). *Determinación de las propiedades físicas de los agregados de tres canteras y su influencia en la resistencia del concreto normal con cemento portland tipo I*. Obtenido de Universidad Ricardo Palma: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2152>
- BECOSAN. (7 de Octubre de 2020). [https://www.becosan.com/es/faq/por-que-el-hormigon-tiene-arena/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.becosan.com/es/faq/por-que-el-hormigon-tiene-arena/?utm_source=chatgpt.com). Obtenido de <https://www.becosan.com/es/>: [https://www.becosan.com/es/faq/por-que-el-hormigon-tiene-arena/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.becosan.com/es/faq/por-que-el-hormigon-tiene-arena/?utm_source=chatgpt.com)
- BECOSAN. (18 de Junio de 2021). *concrete floors*. Obtenido de concrete floors: <https://www.becosan.com/es/hormigon-fresco/#:~:text=Se%20llama%20hormig%C3%B3n%20fresco%20al,incia%20e1%20fraguado%20del%20cemento.>
- Campos. (2017). *Determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados extraídos de las canteras “Josecito” y “Manuel Olano” y su influencia en la calidad de concreto  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Jaén*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca: [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1056/T016\\_70675649\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1056/T016_70675649_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cimat. (12 de Junio de 2023). <https://cimat.info/lo-que-le-proporciona-el-peso-al-hormigon/>. Obtenido de <https://cimat.info/>: <https://cimat.info/lo-que-le-proporciona-el-peso-al-hormigon/>

- Corral, J. T. (2012). *Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón*. Obtenido de Ciencia y sociedad: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024622003.pdf>
- Costos Perú. (24 de septiembre de 2024). <https://revista-ps.costosperu.com/el-papel-fundamental-de-los-agregados-como-aliados-en-la-construccion/>. Obtenido de revista-ps.costosperu.com: <https://revista-ps.costosperu.com/el-papel-fundamental-de-los-agregados-como-aliados-en-la-construccion/>
- CROM. (09 de Febrero de 2023). *que-son-los-aditivos-para-hormigon-y-mortero-y-cuales-la-oferta-de-crom*. Obtenido de CROM: <https://crom.cl/2023/02/09/que-son-los-aditivos-para-hormigon-y-mortero-y-cual-es-la-oferta-de-crom/#:~:text=Los%20aditivos%20para%20hormig%C3%B3n%20son%20composiciones%20qu%C3%ADmicas,bajo%20techo%20y%20lejos%20de%20temperaturas%20extremas.>
- Ellison, A. (5 de Octubre de 2022). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/598778223/Importancia-de-Los-Aditivos>
- Ferreira Cuellar, D. A., & Torres López, K. M. (s.f.). *Caracterización física de agregados petreos para concretos*. Obtenido de Programa de Ingeniería civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/e8d6bda2-03d1-4cd4-9219-bf9b03d42592/content>
- Grupo Nuñez. (17 de Abril de 2024). <https://gruponunez.com/propiedades-hormigon-fresco>. Obtenido de <https://gruponunez.com/>: <https://gruponunez.com/propiedades-hormigon-fresco>
- NTE INEN. (2010). [https://drive.google.com/file/d/1\\_nj\\_H4hy1oDF4iolQ-K8jhwxIew5h50Q/view](https://drive.google.com/file/d/1_nj_H4hy1oDF4iolQ-K8jhwxIew5h50Q/view). Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>: [https://drive.google.com/file/d/1\\_nj\\_H4hy1oDF4iolQ-K8jhwxIew5h50Q/view](https://drive.google.com/file/d/1_nj_H4hy1oDF4iolQ-K8jhwxIew5h50Q/view)
- NTE INEN. (2010). <https://drive.google.com/file/d/1579KWrrPmMnM62pfoSJQoWk2LGeoPN1/view>. Obtenido de <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>:

<https://drive.google.com/file/d/1579KWrrPmMnM62pfoSJQoWk2LGeooPN1/view>

NTE INEN. (2010).

[https://drive.google.com/file/d/15g79YUbiSfMkMy8E6HSum1DRydht\\_4zS/view](https://drive.google.com/file/d/15g79YUbiSfMkMy8E6HSum1DRydht_4zS/view).

Obtenido de <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>:

[https://drive.google.com/file/d/15g79YUbiSfMkMy8E6HSum1DRydht\\_4zS/view](https://drive.google.com/file/d/15g79YUbiSfMkMy8E6HSum1DRydht_4zS/view)

w

NTE INEN. (2010). [https://drive.google.com/file/d/1Rqh9-](https://drive.google.com/file/d/1Rqh9-PGWVFulaG7JTHV4QmheslHjxcwy/view)

[PGWVFulaG7JTHV4QmheslHjxcwy/view](https://drive.google.com/file/d/1Rqh9-PGWVFulaG7JTHV4QmheslHjxcwy/view).

Obtenido de

<https://www.normalizacion.gob.ec/>: [https://drive.google.com/file/d/1Rqh9-](https://drive.google.com/file/d/1Rqh9-PGWVFulaG7JTHV4QmheslHjxcwy/view)

[PGWVFulaG7JTHV4QmheslHjxcwy/view](https://drive.google.com/file/d/1Rqh9-PGWVFulaG7JTHV4QmheslHjxcwy/view)

NTE INEN. (2010). [https://drive.google.com/file/d/1yhxU2W7u80SiqQOs0hylcnteSc30-](https://drive.google.com/file/d/1yhxU2W7u80SiqQOs0hylcnteSc30-wcS/view)

[wcS/view](https://drive.google.com/file/d/1yhxU2W7u80SiqQOs0hylcnteSc30-wcS/view).

Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>:

<https://drive.google.com/file/d/1yhxU2W7u80SiqQOs0hylcnteSc30-wcS/view>

NTE INEN. (2011).

<https://drive.google.com/file/d/14Gr3hihsK9ofej55UqThoouIpOTu4Axp/view>.

Obtenido de <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>:

<https://drive.google.com/file/d/14Gr3hihsK9ofej55UqThoouIpOTu4Axp/view>

NTE INEN. (2011). [https://drive.google.com/file/d/1f7OFd3z-](https://drive.google.com/file/d/1f7OFd3z-2TEKy6LfvM9N1RBoeDn8jzPt/view)

[2TEKy6LfvM9N1RBoeDn8jzPt/view](https://drive.google.com/file/d/1f7OFd3z-2TEKy6LfvM9N1RBoeDn8jzPt/view).

Obtenido de

<https://www.normalizacion.gob.ec/>: [https://drive.google.com/file/d/1f7OFd3z-](https://drive.google.com/file/d/1f7OFd3z-2TEKy6LfvM9N1RBoeDn8jzPt/view)

[2TEKy6LfvM9N1RBoeDn8jzPt/view](https://drive.google.com/file/d/1f7OFd3z-2TEKy6LfvM9N1RBoeDn8jzPt/view)

NTE INEN. (2011).

<https://drive.google.com/file/d/1GDXQ8BTyj87W4Z06MM9QemxTltNhEmxe/view>.

Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>:

[https://drive.google.com/file/d/1GDXQ8BTyj87W4Z06MM9QemxTltNhEmxe/](https://drive.google.com/file/d/1GDXQ8BTyj87W4Z06MM9QemxTltNhEmxe/view)

[view](https://drive.google.com/file/d/1GDXQ8BTyj87W4Z06MM9QemxTltNhEmxe/view)

Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2020). *Instituto del Cemento y del*

*Hormigón de Chile*. Obtenido de Hormigón al Día:

<https://hormigonaldia.ich.cl/tecnirreportaje/aditivos-para-hormigon-una-historia-de-exito/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Hormigón de cemento hidráulico. Agua para mezcla. Requisitos NTE NTE INEN 2617*. NTE INEN.

JSW. (22 de Agosto de 2024). *jswonemsme*. Obtenido de *jswonemsme*: <https://www.jswonemsme.com/blogs/blogs-articles/how-does-the-water-cement-ratio-affect-the-workability-and-strength-of>

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2002). *Diseño y control de mezcla de hormigón*. PCA.

Matallana, R. (2019). *El Concreto: Fundamentos y Nuevas Tecnologías*. Bogotá: Concreto.

Megarok. (22 de Febrero de 2015). <https://megarok.com.ec/web/portfolio-item/arena-homogenizada/#:~:text=Descripci%C3%B3n:,en%20los%20dise%C3%B1os%20de%20hormig%C3%B3n>. Obtenido de <https://megarok.com.ec>: <https://megarok.com.ec/web/portfolio-item/arena-homogenizada/#:~:text=Descripci%C3%B3n:,en%20los%20dise%C3%B1os%20de%20hormig%C3%B3n>.

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). *Hormigón: microestructura, propiedades y materiales*. Obtenido de McGraw-Hill Education.: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-andina-nestor-caceres-velasquez/mecanica-de-suelos-concreto-y-asfalto/concreto-estructura-propiedades-y-materiales-libro-metha-ingels/31023817>

Mindess, S., Young, F., & Darwin, D. (2003). *ConcreteMindess*. Obtenido de ConcreteMindess: <https://rexresearch1.com/ConcreteCementLibrary/ConcreteMindess.pdf>

Montesdoeca , J., & Peralta, L. (2024). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN CON AGREGADOS DE LAS MINAS UBICADAS EN SANTA ISABEL Y PAUTE DE LA PROVINCIA DEL AZUAY*. . Obtenido de Repositorio Digital: <https://uleam->

my.sharepoint.com/personal/yuri\_rodriguez\_uleam\_edu\_ec/\_layouts/15/onedrive.aspx?CT=1749825700553&OR=OWA%2DNT%2DMail&CID=d6622cd8%2D459d%2Df742%2Dd8fa%2De82bdc39230d&e=5%3A79f5a596d3bf4d629c52ff733510b3b3&sharingv2=true&fromShare=true&at=9&F

Neville, A. (2012). *Propiedades del concreto 5ta edicion*. Pearson educacion.

Neville, A. M. (1996). *Propiedades del concreto*. John Wiley & Sons.

Osorio , J. D. (24 de Enero de 2024). *360 en concreto*. Obtenido de 360 en concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion/>

PCA. (2002). *Diseño y control de mezclas de hormigón*. Obtenido de Asociación de Cemento Portland: <https://ingenierosciviles.com.mx/Biblioteca/files/original/4e03b9ddedc81f98353a2e65478f0c50.pdf>

SREE METALIKS. (4 de Julio de 2023). <https://sreemetaliks.com/blog/complete-guide-to-coarse-aggregate-in-concrete-construction>. Obtenido de <https://sreemetaliks.com/>: <https://sreemetaliks.com/blog/complete-guide-to-coarse-aggregate-in-concrete-construction>

## Anexos.

**Figura 14.**  
*Visualización de los agregados*



**Figura 15.**  
*Ensayo de peso unitario compactado*



**Figura 17.**  
*Elaboración del hormigón*



**Figura 16.**  
*Peso del cilindro*



**Figura 19.**  
*Rotura a la compresión a los 3 días.*



**Figura 18.**  
*Rotura a compresión a los 7 días*



**Figura 20.**  
*Rotura a la compresión a los 28 días*



**Figura 21.**  
*Homogeneidad de los materiales*

