



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**Análisis del Comportamiento de un Pavimento Rígido Adicionando fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo de la caña de Azúcar**

**TUTOR**

**Ing. Max Darío Almeida Franco Msc.**

**AUTORES**

**Hector Steven Guevara Aguaguña**

**Andrew Johao Loor Guerrero**

**GUAYAQUIL**

**2022**

| <b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>   |                                    |
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>  |                                    |
| Análisis del Comportamiento de un Pavimento Rígido Adicionando fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo de la caña de Azúcar   |                                    |
| <b>AUTOR/ES:</b>  | <b>REVISORES O TUTORES:</b>        |
| Héctor Steven Guevara Aguaguíña<br>Andrew Johao Loor Guerrero   | Ing. Max Darío Almeida Franco Msc. |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>   | <b>Grado obtenido:</b>             |
| Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil  | Ingeniero Civil                    |
| <b>FACULTAD:</b>  | <b>CARRERA:</b>                    |
| FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN   | INGENIERÍA CIVIL                   |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>  | <b>N. DE PAGS:</b>                 |
| 2022  | 150                                |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura Y Construcción   |                                    |
| <b>PALABRAS CLAVE:</b> HORMIGÓN; PET; CENIZAS; CAÑA DE AZÚCAR   |                                    |
| <b>RESUMEN:</b>   |                                    |
| En Ecuador uno de los grandes problemas que posee el pavimento rígido se encuentra en la superficie de rodadura constituido por hormigón hidráulico. Esto afecta directamente a la vida útil del hormigón utilizado en las carreteras. Es necesario implementar nuevas tecnologías para mejorar la durabilidad del hormigón. La |                                    |

constante evolución del ser humano está produciendo grandes cambios que afectan al planeta esto se debe por el uso desmedido de los recursos naturales para el beneficio de la humanidad. El principal componente que está degradando al ecosistema es el plástico PET que tarda mucho en degradarse, contiene aditivos y absorbe metales pesados, antibióticos, pesticidas y otras toxinas, y a medida que aumenta el número de envases, su degradación se vuelve cada vez más difícil. Otra de las afecciones a las personas que hemos encontrado son los residuos de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Dado que son partículas pequeñas que se inhalan y se transportan a los pulmones, puede experimentar molestias. Debido a esto, el presente trabajo tuvo como principal objetivo llevar a cabo un estudio exploratorio en el que se analizaron ciertos eventos utilizando pruebas de laboratorio y principios descubiertos en métodos científicos. En este caso, se realizaron pruebas de laboratorios en las que se fue reemplazando los agregados del hormigón hidráulico por las partículas de PET triturado y las cenizas del bagazo de la caña de azúcar a la mezcla. La producción masiva de residuos de PET amenaza el medio ambiente, así mismo las cenizas del bagazo de la caña de azúcar están afectando gravemente a las personas que habitan cerca de los ingenios, por lo que es necesario realizar este estudio para analizar el comportamiento físicos y mecánicos de estos componentes ensayos de flexión y compresión en el hormigón hidráulico.

**ABSTRACT:**

In Ecuador, one of the major problems with rigid pavement is the rolling surface formed by hydraulic concrete. This directly affects the service life of concrete used on roads. It is necessary to implement new technologies to improve the durability of concrete. The constant evolution of the human being is producing great changes that affect the planet. This is due to the excessive use of natural resources for the benefit of humanity. The main component that is degrading the ecosystem is pet plastic that takes a long time to degrade, contains additives and absorbs heavy metals, antibiotics, pesticides and other toxins, and as the number of packaging increases, its degradation becomes increasingly difficult. Another of the affections to the people that we have found is the residue of the sugar cane bagasse ash. Because they are small particles that are inhaled and transported to the lungs, you may experience discomfort. Because of this, the present work had as main objective to carry out an exploratory study in which certain events were analyzed using laboratory tests and principles discovered in scientific methods. In this case, laboratory tests were carried out in which the aggregates of hydraulic concrete were replaced by crushed pet particles and ash from sugarcane bagasse into the mixture. The mass production of waste from

**N. DE REGISTRO**

**N. DE CLASIFICACIÓN:**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>  |  |  |
| <b>ADJUNTO PDF:</b>  | <b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>  | <b>NO</b> <input type="checkbox"/>   |
| <b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b><br><br>Héctor Steven Guevara<br>Aguaguña<br><br>Andrew Johao Loor Guerrero | <b>Teléfono:</b><br><br>0981689624<br><br>0939511139   | <b>E-mail:</b><br><br><a href="mailto:hguevaraa@ulvr.edu.ec">hguevaraa@ulvr.edu.ec</a><br><br><a href="mailto:aloorg@ulvr.edu.ec">aloorg@ulvr.edu.ec</a> |
| <b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>   | <b>Decano:</b><br><br><b>Mg. Milton Andrade Laborde</b><br><br><b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 Ext. 210<br><br><b>E-mail:</b> <a href="mailto:mandradel@ulvr.edu.ec">mandradel@ulvr.edu.ec</a><br><br><b>Mg. Alexis Valle</b><br><br><b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 Ext. 210<br><br><b>E-mail:</b> <a href="mailto:avalleb@ulvr.edu.ec">avalleb@ulvr.edu.ec</a> |  |

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

TESIS GUEVARA H- LOOR A

INFORME DE ORIGINALIDAD

**4%**

INDICE DE SIMILITUD

**5%**

FUENTES DE INTERNET

**2%**

PUBLICACIONES

**3%**

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

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

5%

★ idoc.pub

Fuente de Internet

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 1%

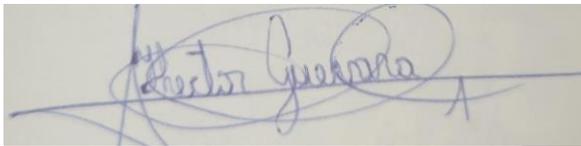
*idoc.pub Franco*

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

Los estudiantes egresados **ANDREW JOHAO LOOR GUERRERO**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **Análisis del Comportamiento de un Pavimento Rígido Adicionando fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo de la caña de Azúcar**, corresponde totalmente a los suscritos y menos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



Firma: \_\_\_\_\_

**HECTOR STEVEN GUEVARA AGUAGUIÑA**

C.I.: 0941600967



Firma: \_\_\_\_\_

**ANDREW JOHAO LOOR GUERRERO**

C.I.: 0953459195

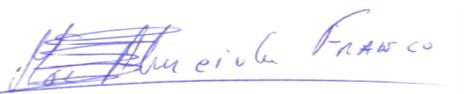
## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **Análisis del Comportamiento de un Pavimento Rígido Adicionando fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo de la caña de Azúcar**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **"Análisis del Comportamiento de un Pavimento Rígido Adicionando fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo de la caña de Azúcar"**, presentado por los estudiantes **ANDREW JOHAO LOOR GUERRERO** como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma: \_\_\_\_\_



**Ing. Max Darío Almeida Franco, MSc.**

C.C. 0906706981

## **AGRADECIMIENTO**

Esta tesis se pudo realizar gracias a Dios que nos brindó sabiduría y entendimiento para captar todo el conocimiento que se adquirió en las aulas y de esta manera ponerlos en práctica para la elaboración de este proyecto de investigación, también agradecer a nuestro tutor de tesis Msc. Max Almeida que nos supo guiar para poder llegar a este tan preciado objetivo.

Los principales motivadores que le llevaron a terminar esta tesis son mis padres, quienes con su confianza me impulsaron a continuar a pesar de los contratiempos que se presentaron en todo el transcurso de esta tesis.

Mi agradecimiento a todas las personas que a lo largo del tiempo que tomó elaborarla nos brindaron su tiempo, consejos, apoyo, paciencia colaboraron para que este sueño se pueda hacer realidad.

**Héctor Steven Guevara A.**

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis Hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar. Ojalá algún día yo me convierta en esa fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

**Andrew Johao Loor G.**

## **DEDICATORIA**

Se la dedico a mi padre celestial, también a las personas más valiosas que llevo en mi corazón que son mis padres que sin ellos nada de esto sería posible ya que ellos me motivan a mejorar como persona y profesional.

**Héctor Steven Guevara A.**

El presente trabajo si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de este trabajo y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación, primero y antes que todo, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, a mi tutor que con su amplia experiencia y conocimientos me orientaron al correcto desarrollo y culminación con éxito este trabajo para la obtención del título de Ingeniero Civil, a través de ellos a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil: autoridades y docentes.

Mil veces gracias.

**Andrew Johao Loor G.**

# ÍNDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO .....                       | v   |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES ..... | vi  |
| CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....                      | vii |
| DEDICATORIA.....  | x   |
| INTRODUCCIÓN .....  | 1   |
| CAPÍTULO I .....  | 3   |
| DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....                                 | 3   |
| 1.1. Tema.....  | 3   |
| 1.2. Planteamiento del Problema.....                            | 3   |
| 1.3. Formulación del Problema .....                             | 4   |
| 1.4. Sistematización del Problema .....                         | 5   |
| 1.5. Objetivos de la Investigación .....                        | 5   |
| 1.5.1. Objetivo General.....                                    | 5   |
| 1.5.2. Objetivos Específicos.....                               | 5   |
| 1.6. Justificación de la Investigación .....                    | 6   |
| Justificación teórica .....                                     | 6   |
| Justificación practica .....                                    | 6   |
| Justificación metodológica .....                                | 6   |
| Justificación ambiental .....                                   | 6   |
| 1.7. Delimitación del Problema.....                             | 7   |
| 1.8. Hipótesis o Idea a Defender .....                          | 7   |

|   |    |
|---|----|
| 1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad.....   | 7  |
| CAPÍTULO II.....  | 8  |
| MARCO TEÓRICO.....  | 8  |
| 2.1. Antecedentes .....   | 8  |
| 2.2. Marco Referencial .....  | 9  |
| 2.2.1. Pavimento Rígido.....  | 13 |
| 2.2.2. Como está compuesto un pavimento rígido:.....  | 14 |
| 2.2.3. Características de los pavimentos rígidos .....  | 15 |
| 2.2.4. Fallas en los pavimentos rígidos .....   | 16 |
| 2.2.5. Metodologías de Diseño .....   | 19 |
| 2.2.6. Cargas en el pavimento Rígido .....  | 19 |
| 2.2.7. Tiempo de Diseño .....   | 19 |
| 2.2.8. Tipos de Pavimentos Rígidos.....   | 20 |
| 2.2.9. Métodos de Diseño .....  | 22 |
| 2.2.10. Hormigón, descripción y características .....   | 24 |
| 2.2.11. Tipos de hormigón .....   | 24 |
| 2.2.12. Componentes del hormigón .....  | 25 |
| 2.2.13. Caña de azúcar .....  | 31 |
| 2.2.14. Bagazo de la caña de azucar .....   | 33 |
| 2.2.15. Cenizas de bagazo de caña de azúcar .....   | 33 |
| 2.2.16. Métodos para determinar el análisis químico de las cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) ..... | 33 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.2.17. | Polietileno Tereftalato (PET) .....                    | 34 |
| 2.2.18. | Propiedades mecánicas y físicas del PET .....          | 34 |
| 2.2.19. | Características del PET .....                          | 35 |
| 2.2.20. | Reciclado del PET.....                                 | 35 |
| 2.2.21. | Procedimiento para el reciclado del plástico PET ..... | 36 |
| 2.3.    | Marco Conceptual .....                                 | 40 |
| 2.3.1.  | Analizar.....  | 40 |
| 2.3.2.  | Aplicación.....  | 40 |
| 2.3.3.  | Compresión .....                                       | 41 |
| 2.3.4.  | Contaminación .....                                    | 41 |
| 2.3.5.  | Contracción .....                                      | 41 |
| 2.3.6.  | Desecho.....   | 41 |
| 2.3.7.  | Deformación .....                                      | 41 |
| 2.3.8.  | Dosificación .....                                     | 42 |
| 2.3.9.  | Ecosistema .....                                       | 42 |
| 2.3.10. | Elaboración .....                                      | 42 |
| 2.3.11. | Establecer.....  | 42 |
| 2.3.12. | Elasticidad.....                                       | 42 |
| 2.3.13. | Estabilidad.....                                       | 42 |
| 2.3.14. | Flexibilidad .....                                     | 43 |
| 2.3.15. | Flexión .....  | 43 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.3.16. Innovación.....              | 43 |
| 2.3.17. Maleabilidad .....           | 43 |
| 2.3.18. Modificar.....               | 44 |
| 2.3.19. Reciclaje.....               | 44 |
| 2.3.20. Residuos.....                | 44 |
| 2.3.21. Resistencia .....            | 44 |
| 2.3.22. Renovables.....              | 44 |
| 2.3.23. Variables .....              | 45 |
| 2.4. Marco Legal .....               | 45 |
| CAPÍTULO III.....                    | 49 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 49 |
| 3.1. Metodología .....               | 49 |
| 3.2. Tipo de investigación .....     | 49 |
| 3.3. Enfoque .....                   | 52 |
| 3.4. Técnica e instrumentos.....     | 53 |
| 3.4.1. Técnica.....                  | 53 |
| 3.4.2. Instrumentos.....             | 53 |
| 3.5. Muestra.....                    | 53 |
| 3.6. Análisis de resultados.....     | 54 |
| CAPÍTULO IV .....                    | 55 |
| Informe Final .....                  | 55 |
| 4.1. Título.....                     | 55 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.2.   | Propuesta .....   | 55 |
| 4.3.   | Características del polietileno de tereftalato (PET) y las cenizas de la caña de azúcar<br>56               |    |
| 4.3.1. | Características del polietileno de tereftalato (PET): .....   | 56 |
| 4.3.2. | Características de las cenizas del bagazo de la caña de azúcar: .....                                       | 57 |
| 4.4.   | Requerimientos del proyecto.....  | 58 |
| 4.4.1. | Materiales y equipo.....  | 58 |
| 4.5.   | Diagrama de Flujo .....   | 60 |
| 4.6.   | Desarrollo de la Metodología y su procedimiento .....   | 61 |
| 4.6.1. | Recolección de los Materiales .....   | 61 |
| 4.6.2. | Dosificación y diseño de hormigón .....   | 62 |
| 4.6.3. | Mezclado manual del hormigón.....   | 65 |
| 4.6.4. | Incorporación Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo<br>de la caña de Azúcar ..... | 69 |
| 4.6.5. | Toma de Muestras.....   | 74 |
| 4.6.6. | Desmoldado .....  | 80 |
| 4.6.7. | Pruebas de Laboratorio .....  | 84 |
| 4.7.   | Resultados .....  | 96 |
| 4.7.1. | Prototipo C-0.....  | 96 |
| 4.7.2. | Prototipo V-0 .....   | 97 |
| 4.7.3. | Prototipo C-1.....  | 98 |
| 4.7.4. | Prototipo V-1 .....   | 99 |

|                                  |                                     |     |
|----------------------------------|-------------------------------------|-----|
| 4.7.5.                           | Prototipo C-2.....                  | 100 |
| 4.7.6.                           | Prototipo V-2 .....                 | 101 |
| 4.7.7.                           | Prototipo C-3.....                  | 102 |
| 4.7.8.                           | Prototipo V-3 .....                 | 103 |
| 4.8.                             | Presupuesto.....                    | 105 |
| 4.9.                             | Análisis Comparativo.....           | 109 |
| 4.10.                            | Conclusiones y Recomendaciones..... | 112 |
| 4.10.1.                          | Conclusiones .....                  | 112 |
| 4.10.2.                          | Recomendaciones .....               | 115 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... |                                     | 116 |
| ANEXOS .....                     |                                     | 125 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabla 1.</b>  | Línea de Investigación.....   | 7  |
| <b>Tabla 2.</b>  | Tiempo de diseño de vías .....  | 20 |
| <b>Tabla 3.</b>  | Requisitos granulométricos del agregado grueso .....  | 28 |
| <b>Tabla 4.</b>  | Requisitos granulométricos del agregado fino .....  | 29 |
| <b>Tabla 5.</b>  | Propiedades Mecánicas del PET.....  | 34 |
| <b>Tabla 6.</b>  | Propiedades físicas del PET .....   | 35 |
| <b>Tabla 7.</b>  | Materiales .....  | 58 |
| <b>Tabla 8.</b>  | Herramientas.....   | 59 |
| <b>Tabla 9.</b>  | Diagrama de Flujo .....   | 60 |
| <b>Tabla 10.</b> | Dosificación de hormigón hidráulico con resistencia de 350 kg/cm <sup>2</sup> .....   | 62 |
| <b>Tabla 11.</b> | Dosificación de hormigón hidráulico con el 5% de sustitución de los agregados   | 63 |
| <b>Tabla 12.</b> | Dosificación de hormigón hidráulico con el 10% de sustitución de los agregados<br>.....                                     | 63 |
| <b>Tabla 13.</b> | Dosificación de hormigón hidráulico con el 15% de sustitución de los agregados<br>.....                                     | 64 |
| <b>Tabla 14.</b> | Acta de muestras.....   | 74 |
| <b>Tabla 15.</b> | Fechas de ejecución de los ensayos de la resistencia a la flexión y compresión...   | 86 |
| <b>Tabla 16.</b> | Resultados de ensayos de resistencia de compresión del Hormigón hidráulico....  | 96 |
| <b>Tabla 17.</b> | Resultados de ensayos de resistencia de flexión del Hormigón hidráulico.....  | 97 |
| <b>Tabla 18.</b> | Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de hormigón hidráulico con<br>el 5% de los agregados reemplazados..... | 98 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 19.</b> Resultados de ensayos de resistencia a la flexión de hormigón hidráulico con el 5% de los agregados reemplazados.....     | 99  |
| <b>Tabla 20.</b> Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de hormigón hidráulico con el 10% de los agregados reemplazados..... | 100 |
| <b>Tabla 21.</b> Resultados de ensayos de resistencia a la flexión de hormigón hidráulico con el 10% de los agregados reemplazados.....    | 101 |
| <b>Tabla 22.</b> Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de hormigón hidráulico con el 15% de los agregados reemplazados..... | 102 |
| <b>Tabla 23.</b> Resultados de ensayos de resistencia a la flexión de hormigón hidráulico con el 15% de los agregados reemplazados.....    | 103 |
| <b>Tabla 24.</b> Presupuesto para elaborar 1 m <sup>3</sup> de hormigón con resistencia de 350 kg/cm <sup>2</sup> ....                     | 105 |
| <b>Tabla 25.</b> Presupuesto para elaborar 1 m <sup>3</sup> de hormigón con 5% de agregado reemplazado .....                               | 106 |
| <b>Tabla 26.</b> Presupuesto para elaborar 1 m <sup>3</sup> de hormigón con 10% de agregado reemplazado .....                              | 107 |
| <b>Tabla 27.</b> Presupuesto para elaborar 1 m <sup>3</sup> de hormigón con 15% de agregado reemplazado .....                              | 108 |
| <b>Tabla 28.</b> Tabla comparativa de resistencia a compresión .....   | 109 |
| <b>Tabla 29.</b> Tabla comparativa de resistencia a flexión.....   | 110 |
| <b>Tabla 30.</b> Dosificación de hormigón con resistencia de 350 kg/cm <sup>2</sup> .....  | 112 |
| <b>Tabla 31.</b> Dosificación de hormigón con sustitución del 5% de los agregados .....  | 113 |
| <b>Tabla 32.</b> Dosificación de hormigón con sustitución del 10% de los agregados .....   | 113 |
| <b>Tabla 33.</b> Dosificación de hormigón con sustitución del 15% de los agregados .....   | 114 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1: Distribución de la carga en un pavimento rígido.....                                 | 14 |
| Ilustración 2: Estructura de un pavimento rígido.....   | 15 |
| Ilustración 3: Peladuras en superficies de rodaduras .....  | 17 |
| Ilustración 4: Baches en la superficie de rodadura .....  | 17 |
| Ilustración 5: Reacción álcali agregado .....   | 18 |
| Ilustración 6: Pulimiento de superficie de rodadura .....   | 18 |
| Ilustración 7: Esquema de pavimento de concreto simple con juntas .....                             | 21 |
| Ilustración 8: Grietas controladas en losa .....  | 21 |
| Ilustración 9: Esquema de pavimento de concreto continuamente reforzado.....                        | 22 |
| Ilustración 10: Influencia de los agregados en el hormigón .....                                    | 30 |
| Ilustración 11: Maquinarias para el reciclado de botellas.....                                      | 37 |
| Ilustración 12: Eliminadores de etiquetas .....   | 37 |
| Ilustración 13: Máquina removedor de etiqueta. ....   | 38 |
| Ilustración 14: Máquina Trituradora.....  | 38 |
| Ilustración 15: Máquina de molido, lavado y secado .....  | 39 |
| Ilustración 16: Mini estrujadora de polietileno.....  | 39 |
| Ilustración 17: Granceado de plásticos. ....  | 40 |
| Ilustración 18: Cama de arena para elaboración de hormigón de 350 kg/cm <sup>2</sup> .....          | 65 |
| Ilustración 19: Cama de piedra para la elaboración de hormigón de 350 kg/cm <sup>2</sup> .....      | 66 |
| Ilustración 20: Se añade el cemento para la elaboración de hormigón de 350 kg/cm <sup>2</sup> ..... | 66 |

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 21: Se mezcla en seco los agregados con el cemento .....  | 67 |
| Ilustración 22: Agrega agua a la mezcla seca .....  | 67 |
| Ilustración 23: Procede a mezclar para generar el hormigón de 350 kg/cm2 .....  | 68 |
| Ilustración 24: Hormigón de 350 kg/cm2 .....  | 68 |
| Ilustración 25: Cama de arena.....  | 69 |
| Ilustración 26: Cama de piedra .....  | 70 |
| Ilustración 27: Incorporación del cemento a la mezcla .....   | 70 |
| Ilustración 28: Sustitución de la piedra y arena por el 5% fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar.....  | 71 |
| Ilustración 29: Sustitución de la piedra y arena por el 10% fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar..... | 71 |
| Ilustración 30: Sustitución de la piedra y arena por el 15% fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar..... | 72 |
| Ilustración 31: Agregar agua a la mezcla donde se reemplaza el 5% de los agregados por el (PET) y Cenizas del bagazo de caña de azúcar.....           | 72 |
| Ilustración 32: Agregar agua a la mezcla donde se reemplaza el 10% de los agregados por el (PET) y Cenizas del bagazo de caña de azúcar.....          | 73 |
| Ilustración 33: Agregar agua a la mezcla donde se reemplaza el 15% de los agregados por el (PET) y Cenizas del bagazo de caña de azúcar.....          | 73 |
| Ilustración 34: Toma de muestra de cilindros.....   | 75 |
| Ilustración 35: Toma de muestra de viga.....  | 75 |
| Ilustración 36: Vaciado de primera capa de cilindro y viga con el 5% de agregados reemplazados.....   | 76 |

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 37: Vaciado de segunda capa de cilindro y viga con el 5% de agregados reemplazados.....     | 76 |
| Ilustración 38: Realizar el respectivo alisado con el 5% del agregado reemplazado .....                 | 77 |
| Ilustración 39: Vaciado de primera capa para cilindro y viga con el 10% de agregado reemplazado .....   | 77 |
| Ilustración 40: Vaciado de segunda capa para cilindros y vigas con el 10% de agregado reemplazado ..... | 78 |
| Ilustración 41: Vaciado de primera capa para cilindro y viga con el 15% de agregado reemplazado .....   | 78 |
| Ilustración 42: Vaciado de primera capa para viga con el 15% de los agregados reemplazados .....        | 79 |
| Ilustración 43: Vaciado de segunda capa para vigas con el 15% de los agregados reemplazados.....        | 79 |
| Ilustración 44: Proceso para desmoldar viga .....   | 80 |
| Ilustración 45: Viga desmoldada .....   | 81 |
| Ilustración 46: Proceso para desmoldar cilindro.....  | 81 |
| Ilustración 47: Cilindro desmoldado.....  | 82 |
| Ilustración 48: Curado de las muestras del 5% de agregado reemplazado .....                             | 82 |
| Ilustración 49: Curado de las muestras del 10% de agregado reemplazado .....                            | 83 |
| Ilustración 50: Curado de las muestras del 15% de agregado reemplazado .....                            | 83 |
| Ilustración 51: Prueba de cono de Abrams a hormigón de resistencia de 350 kg/cm <sup>2</sup> .....      | 84 |
| Ilustración 52: Prueba de cono de Abrams con 5% de agregados reemplazados .....                         | 85 |
| Ilustración 53: Prueba de cono de Abrams con 10% de agregados reemplazados .....                        | 85 |
| Ilustración 54: Prueba de cono de Abrams con 15% de agregados reemplazados .....                        | 86 |

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 55: Fraguado de las muestras .....  | 87 |
| Ilustración 56: Rotura de cilindro con el 5% de agregado reemplazado a los 7 días .....   | 87 |
| Ilustración 57: Rotura de viga con el 5% de agregado reemplazado a los 7 días .....       | 88 |
| Ilustración 58: Rotura de cilindro con el 10% de agregado reemplazado a los 7 días .....  | 88 |
| Ilustración 59: Rotura de viga con el 10% de agregado reemplazado a los 7 días .....      | 89 |
| Ilustración 60: Rotura de cilindro con el 15% de agregado reemplazado a los 7 días .....  | 89 |
| Ilustración 61: Rotura de viga con el 15% de agregado reemplazado a los 7 días .....      | 90 |
| Ilustración 62: Rotura de cilindro con el 5% de agregado reemplazado a los 14 días .....  | 90 |
| Ilustración 63: Rotura de viga con el 5% de agregado reemplazado a los 14 días .....      | 91 |
| Ilustración 64: Rotura de cilindro con el 10% de agregado reemplazado a los 14 días ..... | 91 |
| Ilustración 65: Rotura de viga con el 10% de agregado reemplazado a los 14 días .....     | 92 |
| Ilustración 66: Rotura de cilindro con el 15% de agregado reemplazado a los 14 días ..... | 92 |
| Ilustración 67: Rotura de viga con el 15% de agregado reemplazado a los 14 días .....     | 93 |
| Ilustración 68: Rotura de cilindro con el 5% de agregado reemplazado a los 28 días .....  | 93 |
| Ilustración 69: Rotura de viga con el 5% de agregado reemplazado a los 28 días .....      | 94 |
| Ilustración 70: Rotura de cilindro con el 10% de agregado reemplazado a los 28 días ..... | 94 |
| Ilustración 71: Rotura de viga con el 10% de agregado reemplazado a los 28 días .....     | 95 |
| Ilustración 72: Rotura de cilindro con el 15% de agregado reemplazado a los 28 días ..... | 95 |
| Ilustración 73: Rotura de viga con el 15% de agregado reemplazado a los 28 días .....     | 96 |
| Ilustración 74: Curva de resistencia a compresión del hormigón hidráulico .....           | 97 |
| Ilustración 75: Curva de resistencia a flexión del hormigón hidráulico .....              | 98 |

|   |     |
|---|-----|
| Ilustración 76: Curva de resistencia a compresión del hormigón hidráulico con el 5% de los agregados reemplazados .....         | 99  |
| <b>Ilustración 77:</b> Curva de resistencia a flexión del hormigón hidráulico con el 5% de los agregados reemplazados .....     | 100 |
| <b>Ilustración 78:</b> Curva de resistencia a compresión del hormigón hidráulico con el 10% de los agregados reemplazados ..... | 101 |
| Ilustración 79: Curva de resistencia a flexión del hormigón hidráulico con el 10% de los agregados reemplazados .....           | 102 |
| Ilustración 80: Curva de resistencia a compresión del hormigón hidráulico con el 15% de los agregados reemplazados .....        | 103 |
| Ilustración 81: Curva de resistencia a flexión del hormigón hidráulico con el 15% de los agregados reemplazados .....           | 104 |
| Ilustración 82: Curva comparativa de resistencia a compresión.....  | 110 |
| Ilustración 83: Curva comparativa de resistencia a flexión .....  | 111 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Anexo 1.</b> Diseño de hormigón hidráulico con una resistencia de 350 kg/cm <sup>2</sup> ..... | 125 |
|---|-----|

## INTRODUCCIÓN

La constante evolución del ser humano está produciendo grandes cambios que afectan al planeta esto se debe por el uso desmedido de los recursos naturales para el beneficio de la humanidad. El principal componente que está degradando al ecosistema es el plástico que vienen en diferentes presentaciones. Al igual que el plástico, otra realidad que está afectando al ecosistema y no se puede ocultar es el desmedido crecimiento de la población mundial, y, por ende, la creciente urbanización. Es por esto, que en la actualidad se está generando conciencia para contrarrestar y remediar el daño, generando nuevas ideas como el reciclaje, reúso, y sustitución de materias primas naturales, por otras que no afectan las condiciones terrestres.

Las actividades constructivas son unos de los principales contribuyentes en la contaminación, pe esto se está contrarrestando ya que todo el personal inmerso en el campo constructivo ha hecho grandes avances en la reducción del impacto ambiental del proceso de construcción. Por lo tanto, se han inclinado hacia el contexto de un creciente interés hacia el reciclado de materiales innovadores para el área constructiva. Es por esto, que se han propuesto diferentes tipos de materiales a utilizar en la construcción por ejemplo los plásticos reciclados, que tienen diferentes propiedades. Entre algunas de estas se señalan: peso ligero, durabilidad, resistencia a los productos químicos, excelentes propiedades de aislamiento térmico y eléctrico.

En vista de la enorme demanda de hormigón para la construcción, el desarrollo y la complejidad del hormigón siempre han sido la preocupación de los círculos de la ingeniería moderna. Por este motivo, el hombre ha estado buscando formas de mejorar el hormigón, porque su buen rendimiento de compresión no es suficiente para algunos propósitos. Unos de los puntos a analizar son los pavimentos rígidos que entre sus características más importante es trabajar a flexión de esta forma, el pavimento se caracteriza por la, disposición y cantidad de los materiales utilizados, y la calidad de la construcción. Por consiguiente, cuando una carga de tráfico, actúa en la acera, la respuesta inmediata de la acera obedecerá las leyes que son casi con certeza el estrés, la tensión y la desviación. Además, en muchos casos, no se ha prestado atención a las grietas producidas durante la contracción del hormigón.

Para solucionar este problema, se han realizado investigaciones en los últimos años, que permiten el desarrollo de nuevas tecnologías y varias tendencias en la producción de hormigón,

como el uso de fibras industriales de polipropileno y fibras de polietileno tereftalato obtenidas a partir de botellas de plástico recicladas. En este sentido, el propósito de este estudio es determinar cuánto aumentará la resistencia a la flexión y a la compresión agregando fibra de PET y cenizas del bagazo de la caña de azúcar al concreto del pavimento rígido. El desarrollo experimental incluyó la producción de hormigón mezclado con diferentes dosis de PET y cenizas del bagazo de la caña de azúcar (en función del peso de las fibras dispersas), que se ensayaron y analizaron en estado fresco y endurecido. En este último, los datos obtenidos serán procesados para verificar si existe un cambio significativo en la resistencia a la compresión y flexión. Este trabajo experimental permitió determinar la reacción del concreto hidráulico con adición de fibras PET y cenizas del bagazo de la caña de azúcar como refuerzo en el concreto, determinando que las condiciones del concreto cambian con relación al concreto convencional.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Tema

Análisis del Comportamiento de un Pavimento Rígido Adicionando fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Ceniza del Bagazo de la Caña de Azúcar

### 1.2. Planteamiento del Problema

En Ecuador uno de los grandes problemas que posee el pavimento rígido se encuentra en la superficie de rodadura constituido por hormigón hidráulico. El deterioro del hormigón es causado por factores, como la parte operativa, acciones físicas, químicas y ambientales, incluida la colocación de materiales de baja calidad. Esto afecta directamente a la vida útil del hormigón utilizado en las carreteras. Es necesario implementar nuevas tecnologías para mejorar la durabilidad del hormigón.

De hecho, la contaminación plástica está causando daños irreparables al medio ambiente, esto cada día se agrava más. El principal impacto al ecosistema por medio de las botellas PET es su método de disposición, es notorio su existencia en los drenajes y cauces del río lo que genera bloqueos por ende se presentan inconvenientes en la fase de depuración por este motivo que se generan los desbordamientos. Dado que el PET tarda mucho en degradarse, contiene aditivos y absorbe metales pesados, antibióticos, pesticidas y otras toxinas, y a medida que aumenta el número de envases, su degradación se vuelve cada vez más difícil. Esto afecta la salud y la estabilidad de las especies más vulnerables.

Otra de las afecciones a las personas que hemos encontrado son los residuos de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. La ceniza de la caña está siendo depositado en lugares abiertos y sus partículas finas se desplazan por las corrientes de aire, al igual que con la intervención de las aguas lluvia. El desaprovechamiento y la falta de conocimiento en el manejo de estos residuos, está causando varios problemas de salud a las personas que viven cerca de los ingenios. Debido a que son partículas pequeñas que se inhalan y se transportan a los pulmones, puede experimentar molestias en el pecho, acompañadas de tos e irritación, los síntomas inmediatos son secreción nasal, dolor de garganta y tos seca.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación busca dar solución a los problemas que tiene la mayoría de las carreteras, es necesario evaluar nuevas alternativas que beneficiaran a la vida útil del hormigón utilizado en carreteras. Una de las alternativas para mejorar la vida útil del hormigón son los Tereftalatos de Poliestileno (PET) Reciclado debido a que el tiempo que tardan en descomponerse, reciclándolos permitirá ayudar al medio ambiente, dándole un nuevo uso a los PET. De la misma manera, otra alternativa son las cenizas del bagazo de la caña de azúcar que su composición química es óxido de silicio capaz de reaccionar con otros compuestos y hacer que mejore las propiedades mecánicas y durabilidad del hormigón. De manera que, al agregar el PET y las cenizas de la caña para mejorar la resistencia y sostenibilidad del hormigón hidráulico utilizado en las carreteras del país.

### **1.3. Formulación del Problema**

- ¿De qué manera mejoraría La utilización de fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) reciclado y Ceniza del Bagazo de la Caña de Azúcar a la resistencia y durabilidad del hormigón?

#### **1.4. Sistematización del Problema**

- ¿Cuáles serán las características de Ceniza del Bagazo de la Caña de Azúcar y plásticos PET?
- ¿Cuál será la dosificación de Ceniza del Bagazo de la Caña de Azúcar y plástico PET para resistencia deseada del hormigón hidráulico?
- ¿Comparar el hormigón hidráulico con fibras de Tereftalato de polietileno (PET) y cenizas del bagazo de caña de azúcar con el hormigón hidráulico tradicional?

#### **1.5. Objetivos de la Investigación**

##### ***1.5.1. Objetivo General***

- Analizar el comportamiento de la composición del hormigón hidráulico para un pavimento rígido, utilizando fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) reciclado y cenizas del bagazo de caña de azúcar

##### ***1.5.2. Objetivos Específicos***

- Analizar las características del polietileno de tereftalato (PET) y las cenizas de la caña de azúcar.
- Determinar la dosificación de fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar para el hormigón.
- Determinar las características mecánicas del hormigón hidráulico con fibras de Tereftalato de polietileno (PET) reciclado y cenizas del bagazo de caña de azúcar.
- Contrastar el hormigón hidráulico con fibras de Tereftalato de polietileno (PET) y cenizas del bagazo de caña de azúcar con el hormigón hidráulico tradicional.

## **1.6. Justificación de la Investigación**

### ***Justificación teórica***

Esta investigación se realizará para determinar si el uso de fibras de tereftalato de polietileno (PET) reciclado y ceniza del bagazo de la caña de azúcar mejora la resistencia y durabilidad del hormigón hidráulico. Por esta razón, se analizarán los comportamientos positivos que se obtengan para su uso en la construcción de carreteras.

### ***Justificación practica***

Este proyecto se ejecutará para mejorar la durabilidad de la superficie de rodadura de hormigón hidráulico. Para la ejecución de este proyecto se realizara varias muestras con diferentes porcentajes de Tereftalato de Polietileno (PET) reciclado y cenizas de bagazo de la caña de azúcar, esto nos permitirá analizar el comportamiento de estos compuestos, con el fin de determinar si estos componentes serian beneficiosos en la realización del hormigón hidráulico Para lograr los objetivos propuestos, se recurrirá al empleo de ensayos de flexión y compresión aplicados al hormigón cuyos resultados serán procesados para determinar su resistencia y durabilidad.

### ***Justificación metodológica***

EL tipo de investigación con el que vamos a trabajar es la investigación exploratoria ya que se deberá de realizar varias muestras para poder determinar los porcentajes óptimos de fibras de tereftalato de polietileno (PET) y ceniza del bagazo de la caña de Azúcar.

### ***Justificación ambiental***

En esta investigación se considera a dos materiales que contaminan al medio ambiente como son las fibras de tereftalato de polietileno (PET) reciclado y ceniza del bagazo de la caña de azúcar retirándolos del medio contaminante. para involucrarlos en el diseño del hormigón con el fin de mejorar la resistencia y durabilidad. Al mismo tiempo, se estaría incentivando una nueva industria dedicada al reciclaje de botellas PET y la utilización de las cenizas para ser convertidas en materiales de construcción para la elaboración del hormigón.

## 1.7. Delimitación del Problema

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Campo:</b>                 | Educación Superior. Tercer nivel  |
| <b>Área:</b>                  | Ingeniería Civil.   |
| <b>Aspecto:</b>               | Investigación Descriptiva.  |
| <b>Tema:</b>                  | Análisis del Comportamiento del Pavimento Rígido Adicionando Fibras de Tereftalato de Polietileno (PET)Reciclado y Cenizas del Bagazo de la Caña de Azúcar. |
| <b>Delimitación espacial:</b> | Guayaquil- Ecuador  |
| <b>Delimitación temporal:</b> | 6 meses   |

## 1.8. Hipótesis o Idea a Defender

Con la adición de material PET y ceniza del bagazo de la caña de azúcar mejoraría la resistencia y durabilidad del hormigón hidráulico.

## 1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad.

*Tabla 1. Línea de Investigación*

| <b>Línea de Investigación</b>  |                               |  |
|--|-------------------------------|--|
| <b>ULVR</b>  | <b>FIIC</b>                   | <b>Sub línea</b>                           |
| Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco amigable, industria y desarrollo de energías renovables. | 1. Materiales de Construcción | Materiales innovadores en la construcción. |

**Fuente:** *Universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil*

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Los grandes sistemas de vías de nuestra civilización tienen su origen en periodos anteriores a los recordados por la historia. Aún antes de la invención de la rueda que se supone ocurrió hace 10000 años hubieron desplazamientos individuales y colectivos de personas de un lugar a otro; los primeros movimientos se hicieron a pie, luego se utilizaron los lomos de animales y después aparecieron los vehículos de ruedas (RAQUEL, 2014 )

El uso de los pavimentos rígidos se remonta a más de 100 años. George Bartholomew, un norteamericano de Ohio, realizó las primeras pruebas en una faja experimental de 2.44 metros de ancho. Este reconocimiento comenzó con el proyecto de trabajo público más grande en la historia de la humanidad: el sistema de ruta estatal de los Estados Unidos de Norteamérica con alrededor de 27,500 km de largo. (DOCSITY, 2016)

Varios países cuentan con más de veinte años de práctica en el diseño y elaboración de carreteras de pavimento rígido en América del Sur. Bolivia recientemente, comenzó con la idea de construir este tipo de pavimento, pero inicio con las superficies pavimentadas en vías y avenidas de sus capitales, sin embargo, no se deciden sobre este método de carretera simultáneamente. Se Considerada a uno de los pioneros para usar esta gran técnica es la ciudad de Santa Cruz que cuenta con 2000000 de  $m^2$  construido para el 2001; Sigue Cochabamba con más de un millón de metros cuadrados. Otras ciudades, en las que ha dado un gran impulso del pavimento rígido, son: Sucre, Potosí, Caranavi, Achacachi y San Borja, mientras que la ciudad de El Alto tiene planeado pavimentar 400,000 metros cuadrados en 2002. (DOCSITY, 2016)

A medida que vemos un pavimento, no es solo lo que lo que puede prestar atención si no que es la conformación práctica, complejos y en el que el conjunto de técnicas conduce a utilizar a materiales no convencionales hacia su diseño, en el cual mostraremos este modelo para guiarnos como es en pavimento flexible tiene diseño con capas de grava -scoria, grava - cemento, caucho, etc. para proporcionar calidad a costos más bajos. (Palacio, 2021)

## 2.2. Marco Referencial

(CAMACHO, 2018) Esta tesis fue elaborada por: Janette Patricia Ospina Camacho, como Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Especialistas en Diseño y Construcción de Pavimentos, perteneciente a la facultad de ingeniería civil, Ibagué-Colombia, expuesta en Ibagué, noviembre de 2018, la tesis esta titulada como: “Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del espinal – departamento del Tolima.”.

El objetivo general de esta investigación es: Elaborar el diseño del pavimento de algunas vías urbanas en el barrio Santa Margarita María del municipio del Espinal, la conclusión que se obtuvo de este proyecto es que se elaboraron dos diseños del pavimento en el hormigón, el primero implementando el método conocido como PCA y el segundo utilizando el método planteado por el Instituto Nacional de Vías INVIAS. Los resultados permiten concluir, que el método de PCA es ideal para la realización del diseño, teniendo en cuenta el tipo de vehículo que transita la vía y las condiciones de la zona en la que se realizaría el proyecto.

(MARCILLO, 2016) El autor de esta tesis es: Patricia Lisseth Pèrez Marcillo, Investigación presentado como Trabajo de titulación previo al logro del grado de ingeniero civil, Facultad de ciencias matemáticas y físicas escuela de ingeniería civil en la Universidad de guayaquil, entregada en el año 2016 y la tesis se titula: Proceso constructivo de un pavimento rígido, con resistencia a la flexión de 4,5 mpa a los tres días, en la avenida los angeles (ingreso al trinipuerto), cantón Guayaquil.

El objetivo general de este proyecto investigativo es: Adoptar una metodología constructiva para la ejecución y puesta en servicio de un pavimento rígido que alcance la resistencia a la flexión de 4,5Mpa a los tres días para obtener un uso temprano de la vía, mediante visitas técnicas y recopilación de información que muestre los aspectos más relevantes del proyecto, el autor llego a la conclusión que analizando las características constructivas del pavimento rígido con resistencia a la flexión de 4,5Mpa y con la utilización adecuada de aditivos químicos, podemos obtener una ganancia de resistencia, dando como

resultado una estructura de buen desempeño que cumple con las normas de calidad establecidas para su uso temprano y nos recomienda seguir la secuencia lógica de las etapas y actividades establecidas en la planificación para así cumplir a cabalidad con las fechas de la ejecución del proyecto. Así mismo es indispensable el estricto control de los materiales en su recepción y utilización en la obra realizando el seguimiento del control de calidad de los mismos, para su uso.

(PLA, 2017), Esta tesis fue realizada por: Joaquín Ignacio Real Pla. Como requisito para optar el título de ingeniero civil en Andrés Bello facultad de ingeniería en construcción, en Santiago - Chile, presentada en el año 2017. se utilizó la siguiente tesis titulada “Deterioros en pavimentos rígidos, soluciones y aplicación de un plan estratégico de conservación de la red vial en un sector de calle sazié”,

Con respecto al objetivo general Aplicar criterios de conservación de pavimentos rígidos identificando los tipos de deterioros y optimizando la alternativa de solución en un plan piloto aplicado a un sector de calle Sazie, los resultados que obtuvieron con respecto al estudio de alternativas para conservar el pavimento rígido concluyen que. Es viable recomendar una opción de corrección basada en términos técnicos que acceden a mantener e incluso aumentar la vida útil, en el cual no se debe realizar una reposición profunda del sector o un rediseño de una calle o avenida.

(DAVID, 2016) Este proyecto de investigación fue realizado por: Ramos Romero Byron David, como requerimiento para optar el título de ingeniero civil en la Universidad de guayaquil facultad de ciencias matemáticas y físicas carrera de ingeniería civil de Guayaquil-Ecuador presentada en el 2016. Esta tesis se titula: “Estudio y diseño de hormigón de alto desempeño con resistencia a la compresión superior a 700 kg/cm<sup>2</sup> 68,6 mpa) a los 28 días “

De hecho, su objetivo general es: Estudiar las propiedades de un hormigón de alto desempeño cuya resistencia a la compresión simple sea mayor a 700 kg/cm<sup>2</sup> (68,6 MPa) a los 28 días, en el cual el autor llegó a la conclusión de esta investigación que: Las proporciones óptimas para la elaboración de un hormigón de alto desempeño dependen de la calidad y cantidad de sus materiales. El diseño de mezcla con mejores prestaciones fue la prueba # 5 con

el siguiente diseño de mezcla. Cemento 625 kg, piedra #78 1100 kg, arena de río 252 kg, arena triturada 171 kg, agua 162 kg, aditivo retardante 0.3%, aditivo plastificante 2,6 %, microsílíce 10% y Nanosílíce 1% y nos recomienda que para elaborar hormigones mayores a 80 MPa la incorporación de microsílíce. Aunque esto no garantiza la resistencia ya que si el agregado grueso de la zona de Guayaquil es de baja resistencia no se podrá alcanzar lo deseado.

(HUARIPATA & PILAR, 2018) El autor que elaboro este proyecto de investigación son: Hernández Huaripata, Marianelly Del Pilar; Rodas Mendoza, Royder, como requisito para optar el título de ingeniero civil en la universidad César Vallejo en Moyobamba – Perú Presentada en el año 2018. la investigación que tiene como título” Determinación de las propiedades mecánicas del concreto  $F'c=210kg/cm^2$  para pavimento, adicionando cenizas de caña de azúcar, Moyobamba, San Martín, 2018”.

Tiene como Formulación del problema ¿Mejorará las propiedades mecánicas de un concreto  $F'c= 210 kg/cm^2$  para pavimento con adición del 2, 4, 6, 8 y el 10% de cenizas de caña de azúcar en comparación de mezcla patrón? Obteniendo como resultado que la adición de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de cenizas de caña de azúcar mejora las propiedades mecánicas del concreto en comparación a mezcla patrón. Superando la resistencia a compresión  $F'c= 210 kg/cm^2$  y cumpliendo la resistencia a flexión para pavimentos rígidos y se recomienda al sector de la construcción hacer uso del 6% de incorporación de la ceniza (CBCA), debido a su óptimo desempeño en el presente estudio, dado sus componentes químicos, se obtendría una mejora significativa las cualidades mecánicas; debiendo tenerse en cuenta el uso, según las cualidades mecánicas logradas, funcionan para pavimentos.

(CARRILLO, 2019) Efectuada por: Erick Xavier Díaz Carrillo, como requisito para optar el título como ingeniero civil en la universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, realizada el 2019 en Guayaquil y tenemos la tesis titulada “Estudio de hormigón hidráulico utilizando la ceniza de bagazo de la caña de azúcar, como sustitutivo del árido fino”

Tiene como objetivo general Evaluar el comportamiento mecánico de varias muestras de hormigón hidráulico, influenciado por la sustitución porcentual del árido fino con la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA.), receptadas del ingenio azucarero del norte Tababuela en la provincia de Imbabura, verificar con un hormigón tradicional, mediante los estudios realizados en el cual se concluye en ¿que las probabilidades de alternativas el que se combinó el hormigón hidráulico simple con distintos porcentajes de CBCA en la sustitución de árido fino (arena) son nulos, puesto que los datos expuestos sobre lo generado con probeta en el cual se sustituyó el cinco y diez por ciento de este elemento no fueron favorables porque no ayudaron a tener una mayor dureza al hormigón. El autor nos recomienda que por su parte no se deben realizar otro tipo de subpruebas sobre esta propuesta de sustitución del árido fino por un porcentaje de CBCA, en función con los resultados mostrados en el proyecto han sido negativos sobre el comportamiento del material puzolánico hacia la preparación del hormigón.

(VALER PACHECO, 2020) Rrealizada por: Valer Pacheco, Pablo Esteban, como requisito para optar el título de ingeniero civil en la Universidad de César Vallejo, en Lima – Perú, Presentada en el periodo 2020, este proyecto tiene como título “Mejoramiento en el Diseño de un Pavimento Rígido Incorporando Fibras de Plástico PET Reciclado, 2020”

Teniendo como objetivo general ¿De qué manera la evaluación de la proporción de fibras de plástico PET reciclado a manera de adiciones ayuda a la mejora de las propiedades mecánicas y costos del hormigón , En el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, ¿2020?, El resultado de los estudios y ensayos realizados nos demostraron que el plástico PET reciclado como adición del concreto mejoran sus propiedades mecánicas aumentando  $F'_c$  y  $M_r$ . S y por este motivo el autor nos menciona que se llega realizar la misma investigación sobre fibras plásticas de PET recicladas para futuras investigaciones, se recomienda estudiar dosis superiores a 7.5 %, en los estudios que se ejecutan en el laboratorio y de esta manera mejorar resistencia y durabilidad.

(HECTOR & RAFAEL, 2020) , Elaborada por: Bach. Quispe Chancas Hector; Bach. Taipe Cuya Rafael, como requisito para optar el título de ingeniero civil en la Universidad de Huancavelica, Perú, elaborada en 2020, la tesis esta titulada: “Adición de la fibra de polietileno tereftalato en pavimento rígido en la provincia de Angaraes - Huancavelica”

Se presentó como objetivo general Determinar la Influencia de la fibra de polietileno tereftalato en pavimento rígido de la Provincia de Angaraes - Huancavelica, en el cual se llegó a la conclusión de este proyecto de investigación que las fibras de polietileno tereftalato si influye favorablemente en las propiedades físicas, mecánicas y en su durabilidad, pero a excepción a la resistencia a compresión del pavimento rígido en la provincia de Angaraes – Huancavelica.

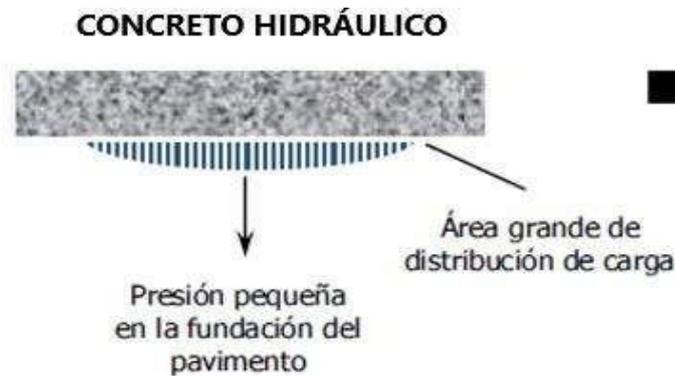
Por lo cual el autor nos menciona que es recomendable el uso de la norma ACI 211 para el diseño de mezclas, y hacer reajustes en la cantidad de agregado fino mediante el cálculo de volúmenes absolutos, al momento de realizar el diseño de mezcla, el empleo de agregados gruesos con un máximo de 1/2” de tamaño nominal, ya que con este tipo de material se pudo obtener los resultados óptimos del concreto en estado endurecido, en caso se use una mezcladora de concreto, agregar las fibras una vez se haya incorporado los demás materiales , el tiempo puede variar por unos segundos más, dependerá si ya se tiene la distribución homogénea y uniforme requerida., tener presente que las dimensiones de las fibras son variadas y que en existen restricciones en cuanto a estas medidas, se debe usar el tipo de fibra según el contexto demande.

### ***2.2.1. Pavimento Rígido***

Se llama Pavimento Rígido o hidráulico a aquel en que la losa de hormigón de cemento Portland es el primordial componente estructural, el cual aplaca la tensión a las capas subyacentes por intermedio de su elevada firmeza a la flexión. (REAL, 2017)

Para realizar un buen mantenimiento de un pavimento rígido, primero se necesita realizar un estudio profundo sobre las propiedades del mismo, del estado en que se encuentra, de las causas de los deterioros ocurridos, en el cual se analizará el tipo de técnica que se

utilizará para iniciar la reparación, y una evaluación de soluciones que minimicen los costos y maximicen las utilidades, En la medida que debe reconocer la severidad de los daños y debilidades que se presenten con el propósito de determinar la acción correctiva a utilizar en el proyecto. (REAL, 2017)



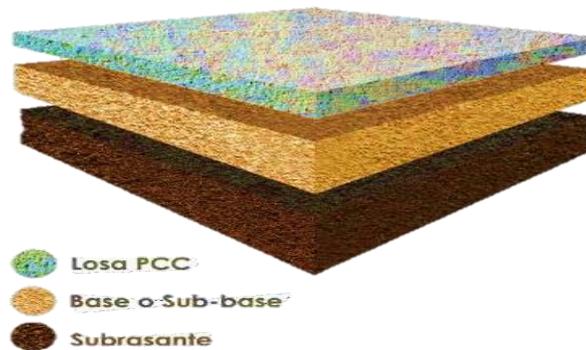
*Ilustración 1: Distribución de la carga en un pavimento rígido*

*Fuente: AASHTO-93*

### **2.2.2. Como está compuesto un pavimento rígido:**

- **Subrasante:** Capa constituida por materiales no seleccionados y es, junto con el cuerpo de terraplén, el cuerpo de las terracerías. Se la estima como la cimentación del pavimento y uno de sus cargos principales funciones es soportar la carga transmitida por el pavimento y darle soporte, así como evitar que el terraplén contamine el pavimento y sea absorbido por movimientos de tierra. (RIVERA, 2019)
- **Sub-Base:** Esta capa está ubicada inmediatamente debajo de la losa de concreto hidráulico, y puede ser no necesaria cuando la capa subrasante es de elevada capacidad de soporte. La función más trascendental es evitar que la bomba actúe sobre las juntas, grietas y extremos de la vía. (RIVERA, 2019)
- **Losa (superficie de rodadura):** Es la capa que se construye mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland y agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. También tiene la función

estructural para sostener y repartir la carga en las capas de los niveles más bajos de pavimento. (N-CTR-CAR-1-04-009, 2006). Dado a la rigidez y alto módulo de elasticidad de la capa de concreto, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante. (RIVERA, 2019)



*Ilustración 2: Estructura de un pavimento rígido*

*Fuente: Luis G. Loria Salazar*

### **2.2.3. Características de los pavimentos rígidos**

La capa superficial del pavimento rígido tiene ciertas propiedades durante la vida útil o la vida útil de la estructura, que difiere del contenedor flexible. Las características más importantes es que debe soportar las cargas a compresión y a flexión, por consiguiente, la mayor desventaja es que tiene con los cambios de temperatura.

Antes de penetrar en el trabajo de investigación, se deben entender algunos criterios a las propiedades del hormigón hidráulico, lo que resulta en uso en los pavimentos rígidos, dichos criterios deben concentrarse en la ventaja del correcto funcionamiento del material y la estructura. Las características son:

- **Alta resistencia a la flexión y compresión:** estos dependen principalmente del material (cemento) en combinación con los agregados pétreos que componen. En las pruebas que se generan en el laboratorio hasta 1050 kg / cm<sup>2</sup> se alcanzan durante 90 días para un bajo consumo de cemento que se logró por la incorporación de cenizas volcánicas.
- **Rigidez:** Por esta razón la facultad que nos brindan este tipo de estructuras y nos da posibilidad de mantener su módulo elástico (deformado) sin perder los esfuerzos por lo cual conserva su tamaño y forma con una carga elástica.

- **Estabilidad de la superficie de rodamiento:** esta característica está dada por la correcta ejecución en los métodos de construcción y también cumpliendo las especificaciones técnicas que proporciona una superficie plana con mayor estabilidad y seguridad en el manejo de la superficie de rodamiento.
- **Color:** El color natural que transmite el cemento Portland al concreto lo convierte en una alta conexión de reflexión a la luz, y esto corresponde a un ahorro enorme en la iluminación y el mantenimiento del pavimento.

#### ***2.2.4. Fallas en los pavimentos rígidos***

Una vez diseñada y colocada la superficie rodante de un pavimento rígido, es posible determinar las fallas que ocurrieron durante su vida y determinar la causa de la falla. La primera etapa ocurre para identificar el tipo, la gravedad y el alcance de cada falla; sin embargo, también se debe intentar determinar si el diseño del pavimento, la carga de soporte, el agua, la temperatura, el material del pavimento o el proceso de construcción es la causa del problema. Además de las inspecciones visuales, también se pueden utilizar pruebas destructivas y no destructivas para determinar el estado de la estructura y los materiales debajo de la superficie de la carretera.

##### ***2.2.4.1. Deterioro Superficial***

- **Desintegración o peladuras:** Estos daños son generados, producido por la separación de materiales finos de la matriz de cemento y arena, el pavimento se desintegra gradualmente, lo que resulta en la base de apoyo rugosa y eventualmente en pequeños agujeros, como se muestra en la **figura 3** a continuación. Es causada por el impacto del tráfico sobre hormigón de baja calidad o de baja calidad, ya sea por dosis insuficientes o por defectos en el periodo de construcción.



*Ilustración 3: Peladuras en superficies de rodaduras*

*Fuente: (ARGOS, 2010)*

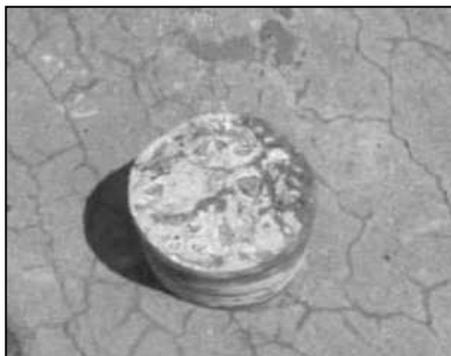
- **Baches:** La capa de hormigón se descomponen o desintegran y retiran en un área determinada, formando una cavidad con bordes irregulares (**Figura 4**), que es causada por múltiples efectos: suelo inestable y capas inferiores; espesor de la vía estructuralmente insuficiente; defectos estructurales; retención de agua en áreas empotradas y / o agrieta



*Ilustración 4: Baches en la superficie de rodadura*

*Fuente: (ARGOS, 2010)*

- **Reacción alcalí agregado:** En general, el patrón de este tipo de falla se encuentra en forma de una tarjeta con grietas predominantemente orientadas paralelas a los bordes libres del pavimento (**Figura 5**). La principal causa de este deterioro se produce por la incorporación de agregados potencialmente reactivos sin la adopción de medidas preventivas.



*Ilustración 5: Reacción álcali agregado*

*Fuente: (ARGOS, 2010)*

- **Pulimiento de la superficie:** En efecto este tipo de deterioro se observa en la acera al representar un área de apoyo excesivamente suave producido por la acción de los agregados (**Figura 6**). Las causas de estos tipos de errores se relacionan con la exposición de plagas concretas para el tránsito prematuro, a la mala calidad o la falta de concreto, que es la naturaleza agregada degradable (ARGOS, 2010).



*Ilustración 6: Pulimiento de superficie de rodadura*

*Fuente: (ARGOS, 2010)*

### ***2.2.5. Metodologías de Diseño***

Existen varios métodos para diseñar el tamaño para elaborar pavimento rígido que se basan en modelos matemáticos y consideraciones prácticas derivadas de la práctica. Estos métodos presentan diferentes sugerencias en la elaboración de aceras, incluido la incorporación de catálogos de aceras estándar, el manejo de métodos de cálculo aritmético y práctico. En Colombia la técnica más utilizada para el diseño de pavimentos rígidos es el propuesto por AASHTO en 1993 y PCA en 1984, que son métodos empíricos comunes. Como se ha mostrado debido a las diferentes características y resultados, estos métodos fueron considerados al formular los lineamientos de diseño desarrollados por INVÍAS e IDU. (CHINOME, 2020)

### ***2.2.6. Cargas en el pavimento Rígido***

**Según el autor (VALERIA PACHECO, 2020) las cargas son:**

- Carga concentrada: Son cargas que se ejercen sobre una pequeña superficie (como un estante). Se requiere la carga significativa más grande. La separación entre los pilares es el espacio del pasillo, la superficie de fricción y la posición de la carga en relación a la junta.
- Cargas distribuidas: Se asocia a mercancías apiladas en naves industriales. El diseño respectivo requiere la máxima resistencia de carga, tamaño del área, ancho del pasillo y posición de la junta horizontal.
- Cargas lineales: Son cargas distribuidas en áreas estrechas (como paredes).

### ***2.2.7. Tiempo de Diseño***

En el momento seleccionado al inicio del diseño, determinar las características del pavimento y evaluar el comportamiento de diferentes alternativas de largo plazo para cumplir con los requerimientos del servicio durante el periodo de diseño seleccionado y a un costo

razonable. En general. La vida de diseño será mayor que la vida útil del pavimento porque incluye al menos una reparación o regeneración en el análisis, por lo que será mayor a 20 años. El ciclo de diseño recomendado por ASSHTO se muestra en la siguiente tabla. (RIVERA, 2019)

**Tabla 2.** *Tiempo de diseño de vías*

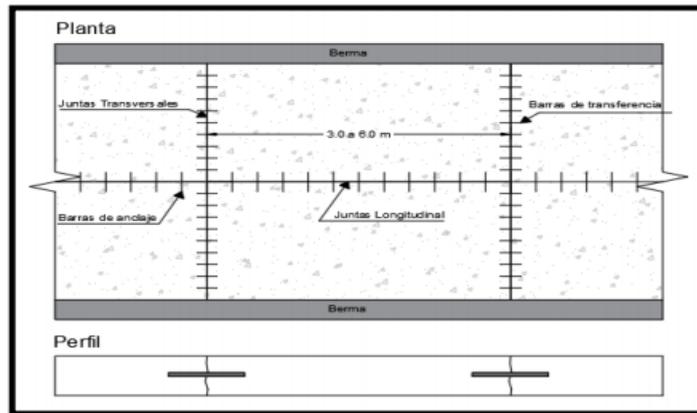
| <b>CLASIFICACION DE LA VIA</b>            | <b>PERIODO DE ANALISIS (AÑOS)</b> |
|---|-----------------------------------|
| Urbana de alto volumen de trafico         | 30-50                             |
| Rural de alto volumen de trafico          | 20-50                             |
| Pavimentada de bajo volumen de trafico    | 15-25                             |
| No pavimentada de bajo volumen de trafico | 10-20                             |

**Fuente:** AASHTO-93

## **2.2.8. Tipos de Pavimentos Rígidos**

### **2.2.8.1. Pavimento de concreto simple con juntas**

Este sistema no utiliza armadura de refuerzo en las placas de concreto. El espaciamiento entre las juntas de construcción transversales varía entre 3 y 6 metros, cuyo propósito es controlar la fisuración de las losas producidas por las respuestas del hormigón frente a los cambios del ecosistema. “Dependiendo del diseño, la transferencia de carga entre las losas adyacentes se puede llevar a cabo mediante trabazón de agregados o mediante el uso de barras de transferencia (barras de acero liso). También, Las barras de anclaje están dispuestas en las articulaciones longitudinales en la dirección perpendicular al camino en la vía. Por lo cual el diseño constructivo de este pavimento es más sencillo y económico y uno de los más utilizados. (JAIMES, 2020)

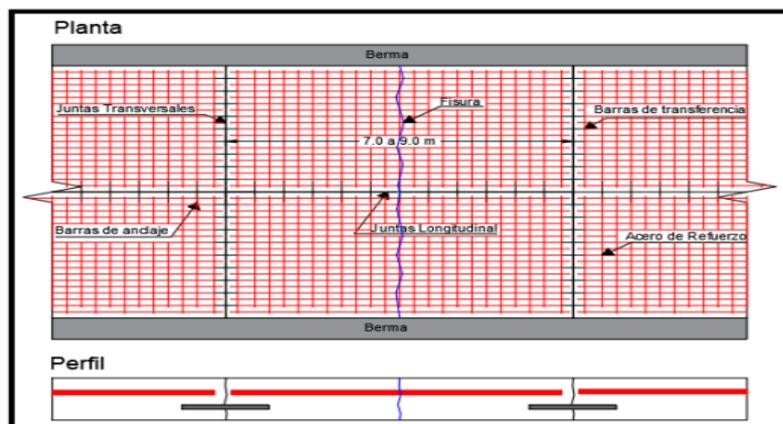


*Ilustración 7: Esquema de pavimento de concreto simple con juntas*

*Fuente: INVIAS. Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras*

### 2.2.8.2. Pavimentos de concreto reforzado

En este método se usa acero de refuerzo por esta razón la distancia entre juntas transversales aumenta a valores de 7 y 9 metros. Sin embargo, a pesar del refuerzo, se producirían grietas controladas en la losa. Es necesario utilizar enclavamientos de acero o agregado en las juntas transversales para asegurar la correcta transmisión de cargas entre las losas del piso. (JAIMES, 2020)

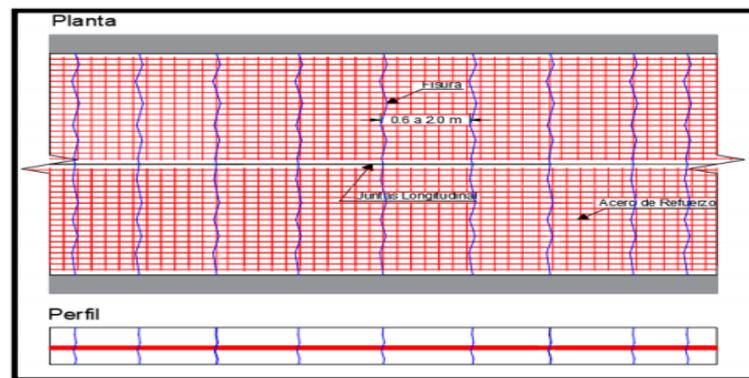


*Ilustración 8: Grietas controladas en losa*

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

### 2.2.8.3. *Pavimento de concreto continuamente reforzados*

Este sistema no requiere juntas de contracción debido al refuerzo continuo que presenta, el cual se asemeja al utilizado en losas de entrepiso. La aparición de fisuras transversales se asocia al acero de reforzamiento de la losa, estas normalmente tienen una abertura aproximada de 0.5 milímetros y presentan un espaciamiento típico de 0.60 a 2.0 metros entre fisuras. (JAIMES, 2020)



*Ilustración 9: Esquema de pavimento de concreto continuamente reforzado.*

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

### 2.2.9. *Métodos de Diseño*

Existen varios métodos de tamaños para la elaboración de la distribución del pavimento rígido en modelos matemáticos y en consideraciones prácticas producto de la experiencia. Estos métodos presentan diferentes propuestas para realizar El diseño de la estructura del pavimento incluyó el uso de catálogos de pavimento de tipo, el uso de los métodos de cálculo de ábaco y prácticos.

En Colombia las técnicas para la elaboración de pavimentos más utilizados son los propuestos por la AASHTO en 1993 y la PCA en 1984, los cuales son métodos empíricos universales, con características y resultados diferentes, estas metodologías fueron tomadas en cuenta para la preparación de guías de diseño desarrolladas por el INVIAS y el IDU. (JAIMES, 2020).

**Según el autor (SOSA & GÓMEZ, 2016) en general, el método de diseño de la PCA está basado en:**

- Análisis comprensivo de esfuerzos en el hormigón y deflexiones en las uniones del pavimento, esquinas, y bordes, por un programa de computadora de elemento finito.
- Modelos y pruebas de verdaderas escalas en el ensayo de Arlington y los múltiples proyectos de investigación realizados por PCA y otras agencias sub-bases, juntas y hombros de concreto.

#### ***2.2.9.1. Métodos de Diseño de la PCA 84***

Esta técnica de diseño se considera un método Empírico- Mecanicista basado en respuestas de pavimentos matemáticamente calculadas ya que se relaciona con las teorías de Westergaard, Pickett y Ray, y se complementa con el sustento de elementos finitos en los cuales se estudió la conducta de una losa de concreto de espesor variable y dimensiones establecidas. A esta losa se le aplicaron cargas en el centro, bordes y esquinas, considerando diferentes condiciones de apoyo y soporte. Los resultados permitían seleccionar un espesor basado en consideraciones de daño acumulado por fatiga. (SOSA & GÓMEZ, 2016)

El propósito de este método es obtener el grosor mínimo de una losa de hormigón lo que hace posible admitir cargas obtenidas durante el periodo de construcción. Es necesario garantizar el buen funcionamiento del pavimento, aunque la inversión inicial sea alta, ya que si se coloca un espesor menor al requerido se tendrán costos a largo plazo que aumentarán la inversión del mismo; por tanto, una correcta ingeniería se solicita que la elaboración de diseños del grosor balance los costos iniciales y el precio de mantenimiento correctamente. (SOSA & GÓMEZ, 2016)

Los criterios para la elaboración de los espesores de este método están basados en la práctica del comportamiento general de pavimentos. Si tiene experiencia con un comportamiento específico regional o local con condiciones más baratas o adversas, los puntos de vista del diseño pueden modificarse adecuadamente. Estas condiciones especiales pueden ser climas, suelo, drenaje e innovación futura en los diseños. (SOSA & GÓMEZ, 2016)

### ***2.2.10. Hormigón, descripción y características***

El hormigón es un componente compuesto, ocupado en obra, formado esencialmente por un aglomerante, generalmente cemento portland, en el cual se le agregan áridos, agua y aditivos específicos según los requerimientos y necesidades de trabajabilidad en obra. (REAL, 2017)

El hormigón tradicional, habitualmente es utilizado en pavimentos, edificaciones y otras estructurales que tiene una densidad que varía desde los 2200 kg / m<sup>3</sup> hasta los 2500 kg / m<sup>3</sup>, esta densidad cambia dependiendo de diversos factores como la cantidad y densidad de los agregados, cantidad de agua, cemento y aire atrapado en el mismo. (REAL, 2017)

Las características principales del concreto son que a los esfuerzos de compresión resisten muy bien, pero no tiene un buen comportamiento contra otros esfuerzos como tracción, flexión o cortante. Los hormigones de pavimentos se clasifican principalmente según la NCh 170, por su resistencia al flexo tracción, medidas en vigas normalizadas y ensayadas a 28 días de acuerdo a la Norma Chilena 1017 y están diseñados para ser usados principalmente en, carreteras, calles, pasajes, pavimentos industriales, estacionamientos, entre otros (REAL, 2017)

Según el autor (REAL, 2017) entre sus características se encuentran:

- Las resistencias varían de una clase HF3 a HF6, por lo cual, desde 30 kgf / cm<sup>2</sup> (3.0 MPa) a 60 kgf / cm<sup>2</sup> (6.0 MPa) de resistencia a la tracción.
- Puede tener los tamaños áridos máximos de cuarenta milímetros o veinte milímetros.
- Los porcentajes de seguridad en este hormigón es del 80% y el 90%.
- Después de las restricciones de la colocación del trabajo, los asentamientos pueden cambiar de dos a 15 centímetros, puede ser bombeable.
- En el caso de los pavimentos industriales, el asentamiento del cono entre 6 y 15 cm y también puede ser bombeable.

### ***2.2.11. Tipos de hormigón***

El hormigón se puede clasificar en tres categorías grandes. El hormigón que

contiene arena natural y grava o roca triturada, y su peso es aproximadamente 2,400 kg / m<sup>3</sup> se conoce como un hormigón de peso normal y es el que se usa con más frecuencia para fines estructurales.

Para aplicaciones en las que se desea una mayor relación de resistencia al peso, es posible disminuir el peso uniforme del hormigón con ciertos agregados naturales con una densidad de masa más baja. El concepto de hormigón ligero se usa para un hormigón, que pesa menos de 1,800 kg / m<sup>3</sup>.

El hormigón pesado es un hormigón fabricado con agregados de gran densidad, y generalmente pesa más de 3.200 kg / m<sup>3</sup>.

Además, el hormigón también se puede dividir en tres categorías generales basadas en su resistencia a la compresión:

- Hormigón de baja resistencia: es menor que 20 MPa (204 kgf / cm<sup>2</sup>).

**Hormigón de resistencia moderada: de 20 a 40 MPa (204 a 408 kgf / cm<sup>2</sup>).**

- Hormigón alta resistencia: más de 40 mPa (408 kgf / cm<sup>2</sup>).

## ***2.2.12. Componentes del hormigón***

### ***2.2.12.1. El cemento***

Este tipo de material generalmente posee un tono gris finamente pulverizado, conformado fundamentalmente por aluminio y silicatos de calcio. Las materias primas con la que se inicia el proceso de elaboración son a partir de las cuales se fabrica el cemento y que proporcionan el material básico que lo compone son:

- La arcilla y la caliza al calcinarse, desencadenan reacciones químicas de las que surgen los cuatro componentes básicos: noventa por ciento de cemento y 10 por ciento sobrante consiste en yeso de magnesia, álcalis, cal libre, y otros.
- La Cal (Cao), arcillas y esquisto que proveen el SiO<sub>2</sub> y el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> son molidos, mezclados y fundidos en hornos hasta obtener el llamado Clinker (producto principal del cemento), este producto obtenido es enfriado y molido una vez más, hasta lograr la

finura requerida.

Hay varios tipos de cemento, los mismos especificados en las guías de diseño ASTM C-150-94 son:

1. **TIPO I**, generalmente usado y sin propiedades especiales.
2. **TIPO II**, Calor de hidratación moderado y algo de resistencia al ataque de sulfatos
3. **TIPO III**, Posee resistencia temprana y el calor de alta hidratación.
4. **TIPO IV**, Bajo calor de hidratación.
5. **TIPO V**, Alta resistencia al ataque de los sulfatos.

En el estándar ASTM C-595-94A contienen las características del concreto adicionado, el mismo contiene además de los compuestos mencionadas anteriormente, la escoria y puzolanas que cambian la conducta del conjunto, tenemos:

1. TIPO IS, se le agrega al cemento entre el 25 y 70% en peso de escoria de alto horno.
2. TIPO ISM, se le agrega al cemento menos del 25% en peso de escoria de alto horno.
3. TIPO IP, se le agrega al cemento entre el 15 y 40% en peso de puzolana.
4. TIPO IPM, se le agrega al cemento menos del 15% en peso de puzolana.

(CHOQUE, 2016)

#### **2.2.12.2. Agregados**

Los agregados son materiales de una naturaleza pedregosa derivados de minas, bancos de extracción, elementos de concretos trituradores, o también se derivan de un proceso industrial que se mezcla con cemento, según el caso, se puede usar en la preparación de concreto y mortero.

Los agregados proporcionan cuerpo al concreto, aseguran la resistencia volumétrica y la estabilidad. En épocas pasadas, estos se consideraron materiales químicamente inertes, pero ahora se ha reconocido que algunos de los agregados son químicamente activos y muestran ciertos compuestos químicos en la interfaz del agregado y la pasta de concreto.

El solo hecho de que los áridos ocupen de 60 a 75% del volumen de hormigón (70% a 85% de la masa) influye sin duda alguna en las diversas propiedades y propiedades del hormigón que componen el mayor volumen de hormigón. No se puede subestimar la profundidad y el alcance de los estudios necesarios para comprender sus efectos variables y cómo alteran las características del hormigón.

En la mezcla de hormigón, se conocen dos tipos de agregados pétreos, los finos que consisten en arena natural o una piedra triturada, por lo cual casi su totalidad de sus partículas constan más de 5 mm (0,2 pulgadas) y agregados gruesos que están hechos de uno o en la mezcla, de las gravas existen o trituró piedras con predominantemente más de 5 mm y, en general, entre 9,5 mm y 37,5 mm (3/8 y 1 1/2 pulg.)

Los agregados naturales generalmente se excavan o se los obtiene de la mina, el río, el lago o el mar se expanden cama. Se produce la piedra triturada, que aplasta el palo en la cantera, las rocas redondeadas, los guijarros o las grandes grapas. La fuente material debe ubicarse a una distancia razonable de la estación de trabajo para considerar su selección que sus propiedades difieren significativamente una en la otra. Todos pueden variar en la mineralogía de sus componentes o en las condiciones físicas de sus partículas, un prototipo de esto puede ser, la repartición de tamaños, forma y textura.

#### **2.2.12.2.1. Agregado Grueso**

El agregado grueso es la que se mantiene en el tamiz 4, la misma, que consiste en rocas de granito, dioríticas y calientes. La piedra dividida se puede usar en trituradoras o gravas sacudidas de los lechos del río o los depósitos naturales.

Para el concreto reforzado, el volumen límite de la unidad gruesa se controla mediante la disposición con la que debe ingresar los formularios y en las habitaciones entre las barras de

refuerzo. Con este propósito, el agregado no debe ser mayor que 1/5 de la distancia entre las paredes del encofrado, 3/4 de la distancia libre entre los refuerzos y 1/3 del grosor de las placas.

**Tabla 3.** Requisitos granulométricos del agregado grueso

| REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS ASTM C-307 PARA AGREGADO GRUESO |  |   |         |         |         |         |           |         |         |           |          |           |          |           |
|--|--|---|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| TAMAÑO N°  | TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS (apertura cuadrada) | PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDARD |         |         |         |         |           |         |         |           |          |           |          |           |
|  |  | 4"  | 3 1/2"  | 3"      | 2 1/2"  | 2"      | 1 1/2"    | 1"      | 3/4"    | N° 10     | N° 20    | N° 40     | N° 80    |           |
|  |  | (100 mm)  | (90 mm) | (75 mm) | (63 mm) | (50 mm) | (37.5 mm) | (25 mm) | (19 mm) | (12.5 mm) | (9.5 mm) | (4.75 mm) | (2.5 mm) | (1.18 mm) |
| 1  | 3 1/2" a 1 1/2"                                | 100   | 90-100  | .....   | 25-60   | .....   | 0-15      | .....   | 0-5     | .....     | .....    | .....     | .....    | .....     |
| 2  | 2 1/2" a 1 1/2"                                | .....   | .....   | 100     | 90-100  | 35-70   | 0-15      | .....   | 0-5     | .....     | .....    | .....     | .....    | .....     |
| 3  | 2" a 1"  | .....   | .....   | .....   | 100     | 90-100  | 35-70     | 0-15    | .....   | 0-5       | .....    | .....     | .....    | .....     |
| 357  | 2" a N° 4                                      | .....   | .....   | .....   | 100     | 95-100  | .....     | 35-70   | .....   | 10-30     | .....    | .....     | 0-5      | .....     |
| 4  | 1 1/2" a 3/4"                                  | .....   | .....   | .....   | .....   | 100     | 90-100    | 20-55   | 0-5     | .....     | 0-5      | .....     | .....    | .....     |
| 467  | 1 1/2" a N° 4                                  | .....   | .....   | .....   | .....   | 100     | 95-100    | .....   | 35-70   | .....     | 10-30    | .....     | 0-5      | .....     |
| 5  | 1" a 3/4"                                      | .....   | .....   | .....   | .....   | .....   | 100       | 90-100  | 20-55   | 0-10      | 0-5      | .....     | .....    | .....     |
| 56   | 1" a 3/8"                                      | .....   | .....   | .....   | .....   | .....   | .....     | 100     | 90-100  | 40-85     | 10-40    | 0-15      | 0-5      | .....     |
| 57   | 1" a N° 4                                      | .....   | .....   | .....   | .....   | .....   | .....     | 100     | 95-100  | .....     | 25-60    | .....     | 0-10     | 0-5       |
| 6  | 3/4" a 3/8"                                    | .....   | .....   | .....   | .....   | .....   | .....     | 100     | 90-100  | 20-55     | 0-15     | 0-5       | .....    | .....     |
| 67   | 3/4" a N° 4                                    | .....   | .....   | .....   | .....   | .....   | .....     | 100     | 90-100  | .....     | 20-55    | 0-10      | 0-5      | .....     |
| 7  | 3/8" a N° 4                                    | .....   | .....   | .....   | .....   | .....   | .....     | .....   | 100     | 90-100    | 40-70    | 0-15      | 0-5      | .....     |
| 8  | 3/8" a N° 4                                    | .....   | .....   | .....   | .....   | .....   | .....     | .....   | .....   | .....     | 85-100   | 0-30      | 0-10     | 0-5       |

**Fuente:** Cutimbo, W. (2016)

#### 2.2.12.2.2. Agregado fino (Arena)

Este debe ser permanente, firme, limpio, duro y no debe contener impurezas como polvo, limo, pizarra, álcalis y sustancias orgánicas y no debe contener más de 5% arcillas o limos y no más de 1.5% sustancias orgánicas orgánicas. (CHOQUE, 2016)

La textura y la estructura de las partículas ofrecen efectos muy refutables en el momento de la fabricación de la mezcla, ya sea preparando una forma determinada de la resistencia, o también por la participación de la mezcla al absorber la humedad, incluida la humedad o el agua, para que la barra de trabajo o la Se adquieren concreto seco.

**Tabla 4.** *Requisitos granulométricos del agregado fino*

| <b>Tamiz estándar</b> | <b>% en peso del material que pasa el tamiz</b> |
|-----------------------|---|
| 3/8"                  | 100   |
| # 4                   | 95 a 100  |
| # 8                   | 80 a 100  |
| # 16                  | 50 a 85   |
| # 30                  | 25 a 60   |
| # 50                  | 10 a 30   |
| # 100                 | 2 a 10  |

**Fuente:** Cutimbo, W. (2016)

### **2.2.12.2.3. Influencia de los agregados pétreos en el comportamiento del hormigón**

El esfuerzo que el hormigón puede soportar como un compuesto se determina principalmente por las características que presente el mortero (al momento de combinar arena, agua y cemento) de los agregados gruesos y la interfaz de estas 2 componentes.

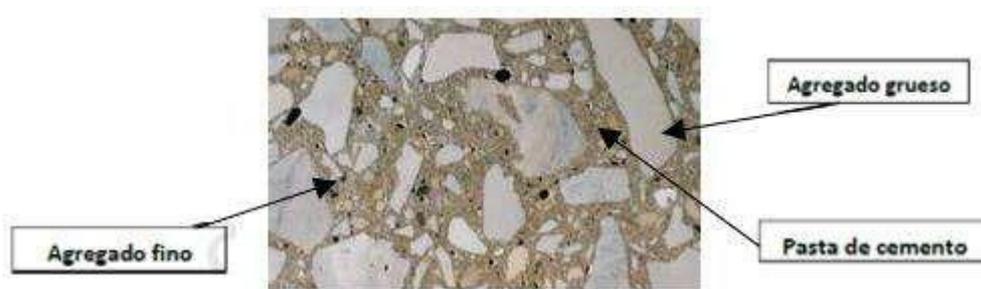
Cuando se trata de influir en las características del cemento fresco, los agregados desempeñan un papel importante como evidente al proporcionar una buena consistencia y la administración de la mezcla antes de la mezcla de tasas de baja absorción y una buena forma donde se obtienen aproximadamente las partículas.

En el agregado fino hay dos elementos, que deben considerarse, por un lado, el módulo de finura (MF) y la otra continuidad en los tamaños. Si hay una condición de que el módulo intermedio fino es menor que 2.2 (arena fina) puede suceder que el concreto sea pastoso y que haya un mayor consumo de cemento y agua para una determinada resistencia, y también una mayor probabilidad, ese tipo de corte por secado. En el grueso agregado, un contenido excesivo de materiales finos puede causar problemas similares.

Fundamentalmente la influencia que el agregado pedregoso tiene en las características del concreto curado, los estudios muestran que la roca triturada genera adherencia superior en contraste con la grava del rodillo rodante. Una característica de los agregados que resulta de

importancia crucial es la densidad porque cuando se usa un material con una buena densidad ( $\geq 2.25$ ), el hormigón resultante podría ser mayor o igual que o igual a lo cual tiene una influencia directa en el peso volumétrico y resistencia al peso y la compresión del mismo.

Un porcentaje máximo del volumen de agregados, en particular espesor, tiene un efecto positivo en su resistencia, y en sus propiedades de la corriente de plástico, la contracción por secado y permeabilidad, un hecho que se representa porque la pasta de cemento endurecida representa a los más débiles en lo que se refiere a las propiedades antes mencionadas.



*Ilustración 10: Influencia de los agregados en el hormigón*

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

### **2.2.12.3. Agua**

En la elaboración de hormigón hidráulico, prácticamente cualquier agua natural que esté bebiendo y no presente puede usarse un aroma o un olor fuerte como agua mixta para la producción de concreto. Sin embargo, el agua que no ha tenido ningún tratamiento de potabilización también puede ser usada

Es un componente fundamental para el progreso del concreto porque desempeña un papel importante en un estado fresco y curado. Se refiere a su función en la cantidad para proporcionar una relación de agua / cemento de acuerdo con las necesidades de la procesabilidad y la resistencia, pero es obvio que para usarlo cuando el lavado, se agrega en la fabricación de la mezcla o durante el curado del concreto es no solo es importante, sino también su calidad física y química.

La inserción de agua en la mezcla de hormigón con un exceso de impurezas no solo puede influir en el tiempo de ajuste y la resistencia del concreto, sino que también puede causar

eflorescencia, colorida, reforzando la corrosión, la inestabilidad de volumen y la reducción de la durabilidad.

### ***2.2.13. Caña de azúcar***

La caña de azúcar se siembra en muchas regiones tropicales y subtropicales de todo el planeta por el azúcar que sujeta en los tallos, formados por cuantiosos nudos. Es un pasto grande emparentado con el sorgo y el maíz. La caña alcanza entre 3 y 6 m de altura y entre 2 y 5 cm de diámetro.

Es uno de los cultivos de importancia mundial tanto para la alimentación como para la industria. – FAO (por sus siglas en inglés), se estiman alrededor de 30 000000 de hectáreas plantadas en la tierra, y se predice un incremento en muchas zonas, debido a la ventaja que se menciona ya que contiene y accede a los molinos cambiar la elaboración de azúcar y la de etanol, también se puede adquirir derivados como electricidad del bagazo de la caña y bioplásticos, por lo cual existe 86 por ciento de cultivos de caña en el planeta pero los países pioneros en la producción son Brasil, India, China y Tailandia. (SANCHES, VAYAS, MAYORGA, & FREIRE, 2020)

#### ***2.2.13.1. Características de la Planta***

La caña de azúcar es un gamíneo tropical. Una hierba enorme que tiene un tallo sólido de dos a cinco metros de altura y un diámetro de cinco a seis centímetros. ¿Conoces otra hierba?

El tallo contiene un jugoso jugo en azúcar (cuyo nombre científico es la sacarosa), que se extrae y se cristaliza para su consumo por un proceso químico.

Las tierras en el que se cultiva deben ser lugares calientes y soleados, de modo que el fenómeno de la fotosíntesis esté orientado a la producción de carbohidratos, como la celulosa y otros asuntos que representan el follaje y la base de fibra.

Durante su desarrollo, la planta requiere una cantidad razonable de agua para permitir la absorción, el transporte y la asimilación de los nutrientes.

El período de crecimiento varía entre 11 y 17 meses, dependiendo de la variedad de las cañas y el área.

### ***2.2.13.2. Composición de la caña de azúcar***

La caña de azúcar está estructurada, pero esta depende de un gran número de elementos, incluyendo su edad, su permisividad a enfermedades, las condiciones de sembrado y el uso o no de madurantes químicos o naturales. Los tallos pertenecen a la parte anatómica y estructural de la planta de Caña de Azúcar, ya que esto muestra un mayor valor económico e interés en la producción de azúcar, jugo y la preparación del alcohol, por lo que su composición química es particularmente importante. El líquido de la caña está combinado por azúcares, sustancias solubles conocidas como no azúcares y agua. Entre los primordiales, la sacarosa es el vital constituyente, continuando en concentraciones decrecientes, la glucosa, fructosa y los oligosacáridos. Los no azúcares son sales de ácidos orgánicos e inorgánicos, ácidos carboxílicos, aminoácidos, proteínas, polisacáridos solubles, almidón, ceras y grasa y otros compuestos minoritarios, tales como flavonoides, polifenoles, entre otros. (JOSELO & FRANCISCO, 2016)

En términos globales, la caña se forma principalmente de jugo y fibra, por lo que la fibra es la parte insoluble que está compuesta por la celulosa, que a su vez consiste en azúcares simples, como la glucosa. De tal manera, a los sólidos solubles en agua indicados como porcentaje y representados por la Sacarosa. Larrahondo (1995) menciona que la reducción de los azúcares y otros componentes se conoce generalmente como Brix, con la relación entre el contenido de sacarosa que consiste en jugo y Brix. El contenido de Sacarosa, mencionado como un % en peso y determinado por polarimetría, se denomina como “Pol”. Los Sólidos Solubles diferentes de la Sacarosa, que examina los Azúcares Reductores como la Glucosa y la Fructuosa y otras elementos orgánicas e inorgánicas, se llaman comúnmente “No Pol” o “No Sacarosa”, los cuales pertenecen porcentualmente a la diferencia entre °BRIX y Polarimetría. (JOSELO & FRANCISCO, 2016)

#### ***2.2.14. Bagazo de la caña de azúcar***

El bagazo es procedente de la materia seca vegetal fibroso de los tallos de caña, conseguido por moliendas de fábricas que tienen partículas chicas en promedio de doce a 20 milímetros mostrando también físicamente unidades celulósicas con fibras soluble e insolubles y químicamente 46.6% de celulosa, 25.2% de hemicelulosa y 20.7% de lignina. (CORNE, 2019)

#### ***2.2.15. Cenizas de bagazo de caña de azúcar***

La planta es también conocida como (CBCA) y ámbito de la construcción está teniendo mayor fuerza, ya que propone ser un subproducto industrial capaz de sustituir parcialmente al cemento y de esta manera se logrará disminuir los gases que son la consecuencia de los invernaderos (CO<sub>2</sub>) son producidos por las industrias del cemento y además presentara otros aspectos importantes como son mejorar el ámbito tanto económico como medioambiental. (CÓRDOVA & SIMÓN, 2018)

#### ***2.2.16. Métodos para determinar el análisis químico de las cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA)***

Según el autor (CORNE, 2019) los componentes existentes de la planta se determinaron mediante los siguientes métodos:

- **Difracción rayos X.** Este método consiste en el análisis de la estructura cristalina de las cenizas u otros compuestos cristalinos, mediante la desviación de rayos X que se fundamentan en la emisión, absorción, dispersión, fluorescencia y difracción de la radiación electromagnética, siendo así la desviación de rayos X las técnicas de determinación no destructivas por actuar mediante fotones con partículas de masa nula sobre los compuestos en análisis.
- **Espectrofotometría de absorción atómica.** La espectrofotometría de absorción atómica el cual es un proceso que consiste en determinar la cantidad de elementos existentes en una muestra, mediante el cálculo que se realiza en las longitudes de las ondas de luz monocromática que es absorbidas por las muestras de los átomos. Donde

la técnica más usada para atomizar es la absorción atómica por llama, que pulveriza el modelo y posteriormente lo expande como aerosol adentro de una llama de óxido nitroso acetileno.

### ***2.2.17. Polietileno Tereftalato (PET)***

El Polietileno Tereftalato es un polímero termoplástico lineal que tiene una alta cristalinidad. Todos los termo plastos se logran procesar con todos los métodos mencionados como son la: extrusión, inyección, inyección y burbujas, moldeo por soplado de preformas y termoformado, Por tanto, para evitarun crecimiento excesivo de esferulitas y escamas de cristal, el material debe enfriarse rápidamente para obtener una mayor transparencia. El motivo de su lucidez durante el enfriamiento rápido por el motivo que el cristal no se desarrolla totalmente y su volumen no perturba el camino de las amplitudes de onda de luz visibles. De tal manera, este proyecto de investigación utilizará métodos analíticos porque es necesario recopilar, observar, analizar, organizar y presentar datos Obtenido por experimento. (Rivera, 2020)

### ***2.2.18. Propiedades mecánicas y físicas del PET***

**Tabla 5.** *Propiedades Mecánicas del PET*

| <b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b> |           |
|------------------------------|-----------|
| Coefficiente de fricción     | 0.2 – 0.4 |
| Dureza-Rocwell               | 94-101    |
| Resistencia a la tracción    | 190 – 160 |
| Resistencia al impacto       | 13-35     |

**Fuente:** *Enciclopedia del Plástico 2000*

**Tabla 6.** *Propiedades físicas del PET*

| <b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>         |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Absorción de Agua – Equilibrio (%) | < 0,7           |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )      | 1,3 – 1,4       |
| Índice refractivo                  | 1,58 – 1,64     |
| Inflamabilidad                     | Auto extingible |
| Resistencia los ultravioletas      | Buena           |

**Fuente:** *Enciclopedia del Plástico 2000*

### **2.2.19. Características del PET**

- Los recipientes elaborados con PET tienen varias características para tener en cuenta:
  - Sirve como barrera contra la radiación UV, los gases o<sub>2</sub>. Co<sub>2</sub> y la humedad.
  - Es un material impermeable.
  - Ofrece alta dureza y rigidez lo que le hace fuerte al deterioro.
  - Tiene un alto grado de resistencia química con buenas características térmicas.
  - Su superficie puede barnizarse.
  - Los recipientes PET no son biodegradables, pero se pueden reciclar.
  - Su color es claro, acogiendo a los colorantes en su producción.
  - Es resistente a temperaturas que alcanzan a variar entre los -20°C a los +60°C
- (Agumba Aguilar, 2016)

### **2.2.20. Reciclado del PET**

Este proceso de desarrollo de recuperación de este tipo de material se lo ejecuta por 3 procedimientos diferentes:

**Reciclaje mecánico:** Este proceso se aplica solo a plásticos termoplásticos, y está constituido por varias etapas que son, recolección o recuperación, clasificación, trituración y pelletizado.

Consiste llevar este agregado en pequeños trozos e incluirlo en una extrusora para elaborar granza reciclada y luego reutilizarlo de la manera más adecuada en diferentes 15 tipos de materiales o productos comerciales. Este modo de recuperación del PET es únicamente para

aquellos productores originarios del consumo. El reciclaje mecánico es la elección más desarrollada para salvar los residuos plásticos, sin embargo, a veces este modo de reciclaje no es el más conveniente, debido que la producción no es suficiente con el objetivo planteado que es obtener una eficacia económica a través de una eficiencia ecológica. (Agumba Aguilar, 2016)

Reciclaje químico: Este proceso tiene como propósito llevar el plástico a sus componentes originarios, es decir, la inversa a la que es conseguir materiales poliméricos, son sometidos a varios tipos de procesos químicos (la pirolisis, la gasificación y otras tecnologías disolventes) para descomponerlos a productos más sencillos, llevándolos a pequeños componentes los cuales podrían reutilizarse y convertirse por reacción química, por lo cual se podría rescatar los monómeros para retornar a elaborar los mismos polímeros. (Opemed, 2020)

#### ***2.2.21. Procedimiento para el reciclado del plástico PET***

- **Manufactura**

Este tipo de material se caracteriza por su baja consistencia, solidez mecánica a la compresión, a los desplomes, pero contiene un elevado porcentaje de transparencia y brillo, sirve como muro contra los gases, es cien por ciento reutilizable en los envases se lo puede asemejar por el número uno rodeado de tres flecas en la base de cada recipiente. Experimentalmente es un componente de alta propiedades con la seguridad de ser reutilizado. (Izurieta Pilay & Rodríguez Almeida, 2018)



*Ilustración 11: Maquinarias para el reciclado de botellas*

*Fuente: (Ovacen, s.f)*

- **Removedor de etiquetas**

Es una máquina que cuenta con varias formas para elaborar procesos, para remover las pegatinas de una botella de plástico se debe separar por completo de manera seca antes de ser cortadas, también se debe quitar las tapas para seguir con el desarrollo que es el prelavado quitando los elementos que puedan afectar la parte exterior de la botella. Cuando se termina de realizar todo este procedimiento las botellas pasan a ser secadas para luego pasarlas a la parte final que es la reutilización. (Izurieta Pilay & Rodríguez Almeida, 2018)



*Ilustración 12: Eliminadores de etiquetas*

*Fuente: (Interpresas Media , s.f)*



*Ilustración 13: Máquina removedor de etiqueta.*

*Fuente: (HUIAO, s.f)*

- **Triturador**

En esta etapa una vez ya retiradas las etiquetas del material PET pasan a ser trituradas por una máquina, que tiene como procedimiento colocarlas en una superficie para poder realizar un corte rotativo luego de este proceso, pasan a ser tamizadas donde debe dar como resultado una medida exacta la cual fabrica un material semejante en molde y tamaño. (Izurieta Pilay & Rodríguez Almeida, 2018)



*Ilustración 14: Máquina Trituradora*

*Fuente: (Interempresas, s.f)*

- **Lavado y secado**

En esta máquina se realiza otro tipo de proceso, después de la fase que se cumplió la trituración pasa a unos lavaderos industriales donde se encuentran adheridas algunas impurezas, después se realiza la parte del centrifugado donde se quita cualquier material que no se hubiese eliminado por completo en la purificación anterior. (Izurieta Pilay & Rodríguez Almeida, 2018)

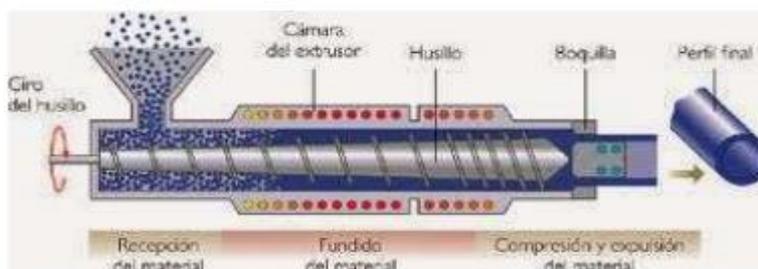


*Ilustración 15: Máquina de molido, lavado y secado*

*Fuente: (SoloStocks, s.f)*

- **Máquina de extrusión**

En este proceso se puede añadir color preferentemente a la masa dependiendo las indicaciones que pida la persona. Esta máquina derrite el plástico entre 250°C y 280°C la cual crea una masilla uniforme, para que esta máquina pueda derretir el plástico radica en manejar un tornillo central que mediante el calor hace que el plástico se derrita. Luego la masa es empujada y dirigida, para así poder tener en modo hilos. (Izurieta Pilay & Rodríguez Almeida, 2018).



*Ilustración 16: Mini estrujadora de polietileno*

*Fuente: (Portal.uah.es, s.f)*

- **Granceado**

Después de pasar el plástico por la máquina estrujadora este tiene como molde de hilos, por consiguiente, se lo instala en una tina o bañera para poder ser enfriado totalmente. Los hilos atraviesan por la tallarina siendo estos cortados por un cuchillo giratorio. Por último, da como efecto que el plástico se presente como grano o granza esto va a depender de lo que cada persona solicite. (Izurieta Pilay & Rodríguez Almeida, 2018)



*Ilustración 17: Granceado de plásticos.*

*Fuente: (RECYTRANS (soluciones globales para el reciclaje), 2014)*

## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1. Analizar**

Examinar las cosas en detalle separando partes de las cosas u observándolas individualmente para comprender sus atributos, cualidades o estados, y sacar conclusiones.

### **2.3.2. Aplicación**

Aplicación es un término derivado de la palabra latina applicationis, que se refiere a la aplicación o las acciones y efectos de la aplicación (poner algo en otras cosas, usar o realizar algo)

### **2.3.3. *Compresión***

Es el resultado de un esfuerzo o presión presente en un medio sólido o continuo deformable, y se caracteriza porque tiende a reducir el volumen de un objeto y acortarlo en una determinada dirección.

### **2.3.4. *Contaminación***

Cualquier sustancia en el aire ambiente que pueda tener un efecto nocivo para la salud humana y el medio ambiente.

### **2.3.5. *Contracción***

La contracción es un término que proviene de una palabra latina y se refiere a la acción e influencia del contraer o contraerse. Este verbo se relaciona con estrechar una cosa con otra cosa.

### **2.3.6. *Desecho***

Los residuos se refieren a materiales, sustancias, objetos, cosas, etc. que deben eliminarse porque ya no son útiles.

### **2.3.7. *Deformación***

La deformación se refiere al cambio que sufrió de un cuerpo o una cosa después de que se haya aplicado una serie de fuerzas exteriores, como el voltaje o la compresión que producen la variación de su tamaño o forma natural.

En física, una deformación es un fenómeno que trae el cambio de un cuerpo o una cosa que puede ser permanente o reversible.

### **2.3.8. Dosificación**

Es el acto y efecto de determinar proporciones convenientes para la elaboración del hormigón y de esta manera obtener una óptima resistencia y durabilidad, o para obtener una área o adhesión adecuada.

### **2.3.9. Ecosistema**

Es un grupo de especies en un área específica, interactúan entre sí y con su entorno no biológico; a través del proceso de robo, parasitismo, competencia y simbiosis, se integran con el entorno y pasan a formar parte del ciclo energético y de nutrientes.

### **2.3.10. Elaboración**

Preparar productos elaborados mediante la conversión de uno o más materiales en un proceso continuo.

### **2.3.11. Establecer**

Hacer que algo funcione suele ser de continuidad, como una ciudad, un edificio, una empresa, una institución, una costumbre, una reforma, etc.

### **2.3.12. Elasticidad**

La elasticidad es la calidad de cada artículo para recuperar su forma anterior después de ser deformado por una fuerza. En física, la elasticidad se refiere a la propiedad mecánica de un cuerpo para revertir su deformación o regreso a su forma original.

### **2.3.13. Estabilidad**

La estabilidad es una característica que brindan las mezclas asfálticas, que pueden

evitar que el asfalto se deforme debido a las cargas del tráfico, brindar resistencia y así evitar daños en la capa de la banda de rodadura, como surcos, fatiga y grietas. Este comportamiento depende de la cohesión del betún y del rozamiento generado en el interior del árido. Para ello, debe llevarse la mezcla adecuada en la proporción adecuada.

#### ***2.3.14. Flexibilidad***

La flexibilidad es la capacidad de un objeto o una persona para doblar sin el riesgo que se puede romper. De la misma manera, la flexibilidad es la facultad que tiene que adaptar a un individuo a los diferentes cambios que pueden representarse durante sus reglas de vida o condición para las diferentes circunstancias o cambios.

#### ***2.3.15. Flexión***

Es la fuerza generada al aplicar una fuerza perpendicular al eje largo del componente lo que tiende a hacer que el componente se doble. La difracción produce compresión en la parte cóncava del elemento y tira de la parte convexa opuesta.

#### ***2.3.16. Innovación***

Utiliza el conocimiento para encontrar nuevos caminos hacia objetivos específicos. Cada proceso de innovación es específico para cada caso y es poco probable que resuelva otros desafíos. Por lo tanto, es difícil definir con precisión métodos innovadores.

#### ***2.3.17. Maleabilidad***

El concepto de maleabilidad es una propiedad del material que permite su descomposición o deformación, y se extiende en finas hojas delgadas sin que se rompa el material, como el caso de aluminio, que se convierte en papel de aluminio y se usa para varios propósitos, oro, oro, Cobre, puede, entre otras cosas.

### ***2.3.18. Modificar***

Cambie el diseño o los atributos de una cosa sin cambiar sus atributos básicos.

### ***2.3.19. Reciclaje***

El reciclaje es el proceso de convertir los desechos en nuevos productos o recursos materiales que se utilizan para fabricar otros productos. De esta manera, los residuos pasan por el proceso de conversión del entorno ecológico y se utilizan en el proceso de fabricación para reducir el consumo de materias primas y ayudar a eliminar los residuos.

### ***2.3.20. Residuos***

Residuo es cualquier elemento que se considera desechos que deben eliminarse según el tipo de residuo. Cuando una persona desecha una botella de plástico, este posteriormente se empieza a descomponerse y genera contaminación ambiental o a través de un tratamiento poder utilizar este material.

### ***2.3.21. Resistencia***

Es la capacidad de soportar fuerzas por unidad de área, sin romperse y se expresa en términos de esfuerzo.

### ***2.3.22. Renovables***

Renovable se refiere a la sensibilidad o sospecha de ser renovado, pero al mismo tiempo puede, debe o debe ser renovado, restaurado, cambiado, cambiado, renovado, transformado, reconstruido, modernizado o reemplazado para devolver algo a su estado original.

### **2.3.23. Variables**

Es una expresión simbólica que representa los elementos no especificados contenidos en el conjunto.

## **2.4. Marco Legal**

Esta investigación empieza por estar enmarcada en la CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008, Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008 Ultima modificación: 01-ago.-2018 Estado: Reformado.

Este proyecto se basa en la norma técnica ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) NTE INEN 1 855-2: 2002, Norma ASTM y ACI, que determina las especificaciones del hormigón producido en obra, las cuales se realizan en estado fresco y sin temprar. Los requisitos para la calidad del hormigón deben ser los requisitos especificados por esta norma o los requisitos especificados por el usuario.

### **➤ NORMAS ASTM**

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

ASTM C 78 Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón  
(Utilizando una viga simple con carga en el tercio)

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

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

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

ASTM C 172 Práctica para Muestreo de Hormigón Mezclado Fresco.

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

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

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

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

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

ASTM C 494 Especificación para Aditivos Químicos para Hormigón.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

➤ **NORMAS ACI**

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

ACI 211.2R Práctica Estándar para Seleccionar Proporciones para Hormigón Estructural Ligero

ACI 301 R Especificaciones Estándar para Hormigón Estructural para Edificaciones

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

ACI 305 R Hormigonado en Clima Cálido

ACI 306 R Hormigonado en Clima Frío

ACI 308 R Práctica Estándar para Curado del Hormigón

ACI 309 R Guía para Consolidación del Hormigón

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

➤ **NORMAS INEN**

NTE INEN 1762 Hormigón, definiciones y terminología

NTE INEN 1 855 2001-0821

NTE INEN 1763 Hormigón fresco, muestreo

NTE INEN 152 Cemento portland. Requisitos

NTE INEN 490 Cementos compuestos. Requisitos

NTE INEN 872 Aridos para hormigón. Requisitos

NTE INEN 1108 Agua potable. Requisitos

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

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

NTE INEN 1578 Hormigones. Determinación del asentamiento

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

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Metodología**

La investigación es un proceso que se lleva a cabo mediante la aplicación de métodos científicos o experimentales para obtener información valiosa para concebir, examinar o corregir temas o conocimientos de investigación. Para lograr resultados claros y precisos, es necesario utilizar algunos métodos de investigación. Seguir porque tiene una serie de formas diferentes de lograr un objetivo predeterminado u obtener la información requerida. **(Web y Empresas, 2018)**

La principal herramienta de investigación es el método científico, que es un excelente método de investigación de sistemas, que incluye técnicas de observación, razonamiento y predicción. Para todo tipo de investigación, existen procesos y objetivos específicos. Todo buen trabajo de investigación debe tener en cuenta algunos elementos básicos en el enunciado del proyecto, basándose en la siguiente pregunta: ¿Qué se hará? Que usar Como se hace ¿Cuánto cuesta? ¿Cuánto tiempo tarda en durar? entre ellos. Esto se refleja en los pasos de demostración posteriores, teniendo en cuenta las perspectivas sociales y económicas, los objetivos, los métodos a seguir, los presupuestos y los recursos. **(Web y Empresas, 2018)**

El método utilizado en este estudio es descriptivo con un enfoque cuantitativo que captura la información necesaria para lograr conclusiones que respondan a los objetivos planteados en este estudio.

#### **3.2. Tipo de investigación**

Sobre la base de lo que determina (Raffino, 2020) que la investigación es científicamente, ya que es un método para la reflexión, el control y la crítica que funciona por un sistema, y que se propone, nuevos hechos, datos, relaciones o leyes en toda la extensión del conocimiento científico.

La información que es relevante y fidedigna (digna de crédito), pero no se puede decir que es absolutamente cierto: la ciencia quiere descubrir nuevos conocimientos, pero también a los existentes, dependiendo del progreso en tecnología y el pensamiento.

Según (Tamayo, 2019) indica que una investigación es reflexiva, sistemática y metódica; Está destinado a resolver los problemas de conocimiento y científico, filosófico o empírico-técnico y desarrollarse a través de un proceso en la búsqueda intencional de conocimiento o soluciones para una manera científica; El método científico especifica la ruta que debe transferirse en esta solicitud y técnicas para recorrerlo.

También indica que la investigación mejora el estudio, ya que nos permite establecer contacto con la realidad, por lo que lo sabemos para conocer mejor. Es un incentivo para las actividades intelectuales creativas. Ayuda a desarrollar una creciente curiosidad de la resolución de problemas, también lleva una creciente curiosidad por la resolución de problemas en progreso de la lectura crítica.

(Tamayo, 2019) Demuestra que, si bien en realidad la investigación no puede clasificarse completamente en ninguno de los tipos indicados, generalmente se persigue en todas las investigaciones con fines específicos, buscando un cierto grado de conocimiento y basándose en estrategias específicas o combinadas.

- **"Investigación básica"**: Se caracteriza por partir de un marco teórico y permanecer en él, el propósito es proponer nuevas teorías o modificar teorías existentes, incrementar el conocimiento científico o filosófico, pero no compararlas con aspectos prácticos.
- **"Investigación aplicada"**: este tipo de investigación también se denomina práctica o empírica. Su característica es que busca aplicar o utilizar los conocimientos adquiridos. La investigación aplicada está estrechamente relacionada con la investigación básica porque depende de los resultados y el progreso de la investigación básica.

Además, también lo clasifica a través de la clase de los medios utilizados para lograr datos: documentación, campo o experimental.

- **Investigación documental**: como su nombre indica, este tipo de investigación se lleva a cabo apoyándose en la literatura, es decir, en cualquier tipo de literatura. Como subtipo de esta investigación, encontramos la bibliografía, la filología y la investigación

de archivos; la primera se basa en la búsqueda de libros, la segunda se basa en artículos o trabajos y la tercera se basa en documentos de archivo.

- ***Investigación de campo:*** este tipo de investigación está respaldada por información de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. Cómo compatibilizar este tipo de investigación con la investigación bibliográfica.
- ***Investigación experimental:*** Este nombre se refiere a la investigación que obtiene información de las actividades deliberadas de los investigadores, con el objetivo de modificar la realidad, con el fin de crear el mismo fenómeno que el objeto de estudio, para que pueda ser observado.

También se lo clasifica por el conocimiento capturado: exploración, descriptiva o explicativa.

- ***"Investigación exploratoria":*** este nombre se utiliza para realizar investigaciones, cuyo propósito es resaltar los aspectos básicos de una pregunta determinada y encontrar los procedimientos adecuados para realizar investigaciones de seguimiento. La realización de dicha investigación es de gran utilidad, ya que al obtener los resultados se puede simplificar la ruta de investigación y realizar una verificación posterior.
- ***"Investigación descriptiva":*** A través de este tipo de investigación, utiliza métodos analíticos para caracterizar el objeto de investigación o situación específica, y señalar sus características y atributos. Combinando ciertos estándares de clasificación, ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo de investigación. Al igual que la investigación que describimos anteriormente, se puede utilizar como base para una investigación más profunda.
- ***"Investigación explicativa":*** A través de este tipo de investigación, es necesario combinar métodos analíticos e integrales, y métodos deductivos e inductivos, es una pregunta para responder o explicar las razones del tema.

Este estudio tiene un diseño exploratorio porque al utilizar varias variables, fibra de tereftalato de polietileno (PET), ceniza de bagazo y hormigón hidráulico para pavimentos rígidos, se generarán situaciones representativas que incluyen operaciones variables. Existen resultados de correlación entre variables, en este caso en pruebas de laboratorio se debe realizar rotura de cilindro, resistencia a compresión y rotura de viga, resistencia a flexión en

condiciones ideales y se manipula la dosis de acuerdo al objetivo establecido para obtener el resultado.

### **3.3. Enfoque**

Hay 3 tipos de enfoque, enfoque positivista o cuantitativo, enfoque cualitativo y enfoque mixto que son posibles elecciones para problemas de investigación e igualmente valiosos. Hasta ahora son las mejores formas diseñadas por la humanidad para investigar el conocimiento y crear conocimientos. (Hernandez, Baptista, & Fernandez, 2015)

El enfoque positivista o cuantitativo (que representa, como dijimos, ya que dijimos que una sentencia de procesos) es secuencial y honesta. Cada etapa asume lo siguiente y no podemos "saltar" o para evitar los pasos. El orden es estricto, aunque, por supuesto, definimos cada fase, se extrae un plan para probarlos (diseño); Las variables se miden en un contexto particular; Se analizan las mediciones obtenidas con procesos estadísticos, y se extraen una serie de conclusiones con respecto a la hipótesis. (Hernandez, Baptista, & Fernandez, 2015)

En este estudio el método es cuantitativo, ya que se recogerá una amplia gama de información, datos y niveles numéricos, en los que podemos nombrar la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la dosificación de los diferentes componentes de la mezcla de hormigón. Trabajar durante la prueba, la cantidad de fibra utilizada en cada prueba, etc. Esto ayudará a determinar el módulo a través del campo estadístico.

Finalmente, la medición de las variables y el análisis de los datos obtenidos en la encuesta debe realizarse de acuerdo con las normas y procedimientos, no se puede relajar el cumplimiento de las normas y procedimientos y se debe seguir un proceso estricto en las tomas de muestras.

### **3.4. Técnica e instrumentos**

#### ***3.4.1. Técnica***

Las técnicas empleadas en este estudio son el ensayo de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas y el ensayo de resistencia a la flexión de viguetas de hormigón de pavimento, en el que se añade con fibra de tereftalato de polietileno (PET) reciclado y ceniza del bagazo de la caña de azúcar.

- Formato de laboratorio
- Ensayo de resistencia a la compresión ASTM C39
- Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura ASTM C78

#### ***3.4.2. Instrumentos***

Los instrumentos utilizados en la investigación son:

- Laboratorio de mecánica de suelo y concreto
- Equipo de prensa hidráulica (ensayo a compresión)
- Máquina de ensayo a flexión (transformador diferencial de variación lineal “LVDT”)
- Formatos de laboratorio
- Fichas de observación
- Horno de secado de muestras

### **3.5. Muestra**

Esta investigación va a tener 18 muestras, 9 cilindros para ensayos de compresión, y 9 vigas para el ensayo de flexión. Su resistencia va a variar porque se va a hacer la ruptura cada 7, 14 y 28 días. Son 3 ensayos con diferentes porcentajes de cenizas de caña de azúcar y PET

### 3.6. Análisis de resultados

Una vez que los datos se codifican, se transfieren a la matriz, se guardan en un archivo y se "borran" los errores, los investigadores continúan analizándolos. En la actualidad, el análisis cuantitativo de los datos se realiza por computadora. Por tanto, se centra en la interpretación de los resultados de los métodos de análisis cuantitativo más que en los procedimientos de cálculo. Utilice programas de computadora o manuales para analizar la matriz de datos. (Hernandez, Baptista, & Fernandez, 2015).

Los análisis a realizar serán los estipulados para este tipo de estudios de acuerdo a las normas técnicas ecuatorianas INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) NTE INEN 1 855-2: 2002, Norma ASTM y ACI, de la misma manera se adjuntará un diseño de hormigón hidráulico como parte de la solución a los pavimentos rígidos. Se realizó la recolección de las cenizas de la caña de azúcar ubicadas en un lugar sin protección donde el viento hace su función y las esparce por toda la ciudad, a continuación, se recolecto las botellas de PET, después se trituro las botellas de PET recicladas, por lo consiguiente se realizó la compra de los materiales que hacían falta para la realización del hormigón hidráulico.

Finalmente se hizo la fundición de 18 muestras entre cilindros y vigas partiendo de un hormigón hidráulico de 350 kg/cm<sup>2</sup> reemplazando paulatinamente el ripio y la arena por las partículas de PET y las cenizas del bagazo de la caña de azúcar en un 5%, 10% y 15% progresivamente. Después se realizó la ruptura de los cilindros y vigas a 7, 14 y 28 días para determinar la resistencia de compresión y flexión. Finalizado esto se determinó el porcentaje óptimo para los ensayos.

## **CAPÍTULO IV**

### **Informe Final**

#### **4.1. Título**

Análisis del Comportamiento de un Pavimento Rígido Adicionando fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo de la caña de Azúcar

#### **4.2. Propuesta**

El PET es un material favorable para la elaboración de hormigón hidráulico ya que existen proyectos con resultados alentadores pero la ceniza del bagazo de la caña de azúcar es un material nuevo para la elaboración del hormigón. De tal manera, se propone incorporar las fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo de la caña de Azúcar para la elaboración del hormigón hidráulico, en el cual se sustituirá porcentajes de agregado fino y agregado grueso.

Por esta razón, se realizarán ensayos con diferentes porcentajes para la elaboración del hormigón hidráulico por lo cual se tomarán muestras en cilindros y vigas de acuerdo con las normativas estipuladas, para ser expuestas en los resultados que generen este tipo de hormigón con los nuevos agregados y de esta manera comprobar si las pruebas generadas en el laboratorio de resistencia física y mecánica para determinar si es adecuado para el uso en la construcción.

### **4.3. Características del polietileno de tereftalato (PET) y las cenizas de la caña de azúcar**

#### ***4.3.1. Características del polietileno de tereftalato (PET):***

El tereftalato de polietileno, es un tipo de plástico muy utilizado en la industria alimentaria. Los envases de PET se asocian comúnmente con envases de bebidas, ya sea PET amorfo o PET cristalino, los envases de plástico para bebidas suelen utilizar este polímero termoplástico debido a sus propiedades físicas y la amplia variedad de envases que se pueden fabricar con él.

Sus características son:

- una botella de PET (la abreviatura de polietileno tereftalato) puede tardar 1.000 años en descomponerse. (Dirección General de Responsabilidad Social , 2019)
- Impermeable
- Barrera contra los gases CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, la radiación UV y la humedad
- Dureza y rigidez, lo que hace resistente al desgaste.
- alta tenacidad química con buenas propiedades térmicas
- Es transparente APET (PET amorfo) o cristalino CPET (PET cristalino), admitiendo colorantes en su fabricación.
- Se puede barnizar.
- Sólida a la intemperie ante temperaturas que pueden fluctuar entre los -20°C a los +60°C.
- No son biodegradables, pero si reciclables.
- Idóneo para envases de alimentos (Arapack, 2018)

Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por policondensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. El grado botella se usa para producir envases de gaseosas, agua, aceite comestible, etc. por el sistema de inyección-soplado. (Ecoplas, 2015)

- Alta transparencia y cristalinidad, aunque admite cargas de colorantes.
- Liviano, permite que una botella pese 20 veces menos que su contenido.

- Alto coeficiente de deslizamiento.
- Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, posee una gran indeformabilidad al calor.
- Levemente tóxico, liberan antimonio (Sb) por debajo de los límites admisibles por la OMS (20ug/L).
- Actúa como barrera a CO<sub>2</sub>, aceptable barrera a O<sub>2</sub> y la humedad.
- Compatible con otros materiales que mejoran en su conjunto la calidad barrera que permite su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- estabilidad a la intemperie.
- Biodegradación muy lenta.
- Alta resistencia a la corrosión, a esfuerzos permanentes y transitorios. (Guillermo Francisco, 2014)

#### ***4.3.2. Características de las cenizas del bagazo de la caña de azúcar:***

- Ostenta buenas propiedades mecánicas para morteros y puede sustituir al cemento entre un 15 a 30%.
- Permite el desarrollo de un material cementoso mejorado al reducir el contenido de cuarzo, lo que dificulta la reactividad del CBCA y disminuye la actividad puzolánica.
- Ayuda a disminuir gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) que se generan en la producción industrial del cemento común.
- Alto porcentaje de sílice (81%) en la ceniza de hoja de caña de azúcar, comprobando que es idónea para ser usada como adición puzolánica.
- El residuo se puede agregar al cemento ya que tiene un 97% de actividad puzolánica, lo que excede los requisitos mínimos (75%) de la norma ASTM C618 utilizada para cenizas tipo F. (Marlon Farfan, 2018)

## 4.4. Requerimientos del proyecto

### 4.4.1. Materiales y equipo

Para la elaboración del hormigón hidráulico con fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar se usó la siguiente materia prima.

- Cemento
- Arena
- Piedra  $\frac{3}{4}$
- Agua
- Cenizas del bagazo de la caña de azúcar
- PET triturado

**Tabla 7.** *Materiales*



**Elaborado por:** Guevara y Loo (2021)

Este proceso necesita las siguientes herramientas

- Balde
- Vailejo
- Pala o Lampa
- Moldes para cilindros
- Moldes para Vigas
- Martillo
- Cono de Abrams (incluye varilla lisa)

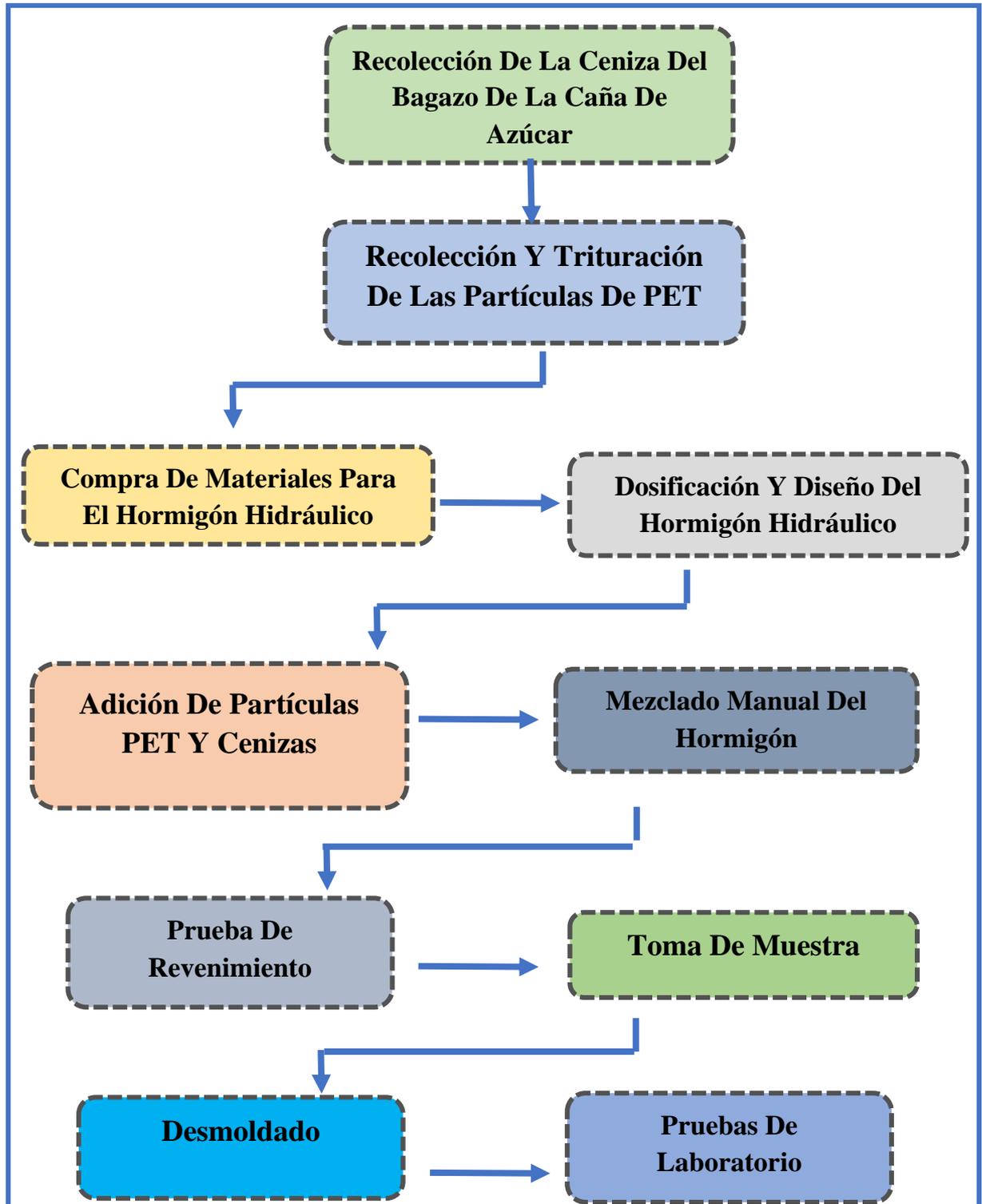
**Tabla 8.**      *Herramientas*



*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

#### 4.5. Diagrama de Flujo

Tabla 9. Diagrama de Flujo



Elaborado por: Guevara y Loo (2021)

## **4.6. Desarrollo de la Metodología y su procedimiento**

Esta investigación se realiza mediante procesos exploratorios de sustituir distintos porcentajes del agregado grueso (Partículas PET), Y agregado fino (Cenizas de caña) para la elaboración de hormigón hidráulico que serán utilizados en pavimentos rígidos.

### ***4.6.1. Recolección de los Materiales***

El ingrediente principal en la fabricación de cualquier tipo de hormigón es el cemento de uso general Tipo I. La empresa que lo fabrica lo vende a granel a las fábricas de hormigoneras. Por otro lado, para el consumidor estándar, se comercializa en sacos de 50 kg y Se puede vender en distribuidores autorizados en toda la ciudad.

Los áridos finos o arenas se comercializan al por mayor en canteras ubicadas a orillas del río, donde se obtienen y comercializan por volumen en metros cúbicos. También se puede encontrar en tiendas de materiales de construcción, donde se venden en bolsas llenas a mano sin peso ni volumen específico.

Los áridos gruesos, o piedras, se comercializan en canteras ubicadas alrededor de las montañas calizas en el camino a la costa, donde se extraen y procesan rocas puras para obtener los diferentes tamaños de partícula que se encuentran en el mercado, distribuidos por volumen, en metros cúbicos. También se puede encontrar en tiendas de materiales de construcción, donde se venden en bolsas llenas a mano sin peso ni volumen específico.

Para producir el hormigón hidráulico con los agregados de las partículas de PET y las cenizas del bagazo de la caña de azúcar, se recogió las cenizas en los ingenios que las depositan en áreas abiertas y las botellas de PET se las obtuvo recolectándolas en las áreas urbanas de la ciudad para después ser triturados.

#### 4.6.2. Dosificación y diseño de hormigón

Ejecutados para la elaboración del hormigón hidráulico utilizados en pavimentos rígidos se comenzará con un hormigón de 350 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia. Para elaborar las pruebas experimentales dentro de la dosificación se va a sustituir el 5%, 10%, y 15% del agregado grueso y agregado fino con fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y las cenizas del bagazo de la caña de azúcar respectivamente.

**Tabla 10.** Dosificación de hormigón hidráulico con resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup>

| <b>Diseño De Hormigón Hidráulico Con Resistencia 350 Kg/Cm<sup>2</sup></b> |                        |                            |                   |               |                   |
|--|------------------------|----------------------------|-------------------|---------------|-------------------|
| <b>Componentes</b>   | <b>1 m<sup>3</sup></b> | <b>Cemento Saco (50kg)</b> | <b>6 Muestras</b> | <b>Unidad</b> | <b>Porcentaje</b> |
| <b>Cemento</b>   | 488                    | 50                         | 20,875            | Kg            | 21,82%            |
| <b>Arena</b>   | 628                    | 64                         | 26,864            | Kg            | 28,09%            |
| <b>Piedra</b>  | 920                    | 94                         | 39,354            | Kg            | 41,14%            |
| <b>Agua</b>  | 200                    | 21                         | 8,555             | Kg            | 8,94%             |
|  | 2236                   | 229                        | 95,648            | KG            | 100%              |

**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)

**Tabla 11.** Dosificación de hormigón hidráulico con el 5% de sustitución de los agregados

**Diseño De Hormigón Hidráulico Con Sustitución Del 5% Del Agregado Grueso Y Fino**

| Componentes           | 1 M3  | Cemento Saco (50kg) | 6 Muestras | Unidad | Porcentaje |
|-----------------------|-------|---------------------|------------|--------|------------|
| <b>Cemento</b>        | 488   | 50                  | 20,875     | Kg     | 21,82%     |
| <b>Arena</b>          | 596,6 | 60,8                | 25,520     | Kg     | 26,68%     |
| <b>Piedra</b>         | 874   | 89,3                | 37,387     | Kg     | 39,09%     |
| <b>P.E.T</b>          | 46    | 4,7                 | 1,968      | Kg     | 2,06%      |
| <b>Ceniza De Caña</b> | 31,4  | 3,2                 | 1,343      | Kg     | 1,40%      |
| <b>Agua</b>           | 200   | 21                  | 8,555      | Kg     | 8,94%      |
|                       | 2236  | 229                 | 95,648     | KG     | 100%       |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 12.** Dosificación de hormigón hidráulico con el 10% de sustitución de los agregados

**Diseño De Hormigón Hidráulico Con Sustitución Del 10% Del Agregado Grueso Y Fino**

| Componentes           | 1 M3  | Cemento Saco (50kg) | 6 Muestras | Unidad | Porcentaje |
|-----------------------|-------|---------------------|------------|--------|------------|
| <b>Cemento</b>        | 488   | 50                  | 20,875     | Kg     | 21,82%     |
| <b>Arena</b>          | 565,2 | 57,6                | 24,177     | Kg     | 25,28%     |
| <b>Piedra</b>         | 828   | 84,6                | 35,419     | Kg     | 37,03%     |
| <b>P.E.T</b>          | 92    | 9,4                 | 3,935      | Kg     | 4,11%      |
| <b>Ceniza De Caña</b> | 62,8  | 6,4                 | 2,686      | Kg     | 2,81%      |
| <b>Agua</b>           | 200   | 21                  | 8,555      | Kg     | 8,94%      |
|                       | 2236  | 229                 | 95,648     | Kg     | 100%       |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 13.** *Dosificación de hormigón hidráulico con el 15% de sustitución de los agregados*

| <b>Diseño De Hormigón Hidráulico Con Sustitución Del 15% Del Agregado Grueso Y Fino</b> |             |                            |                   |               |                   |
|---|-------------|----------------------------|-------------------|---------------|-------------------|
| <b>Componentes</b>  | <b>1 M3</b> | <b>Cemento Saco (50kg)</b> | <b>6 Muestras</b> | <b>Unidad</b> | <b>Porcentaje</b> |
| <b>Cemento</b>  | 488         | 50                         | 20,875            | Kg            | 21,82%            |
| <b>Arena</b>  | 533,8       | 54,4                       | 22,834            | Kg            | 23,87%            |
| <b>Piedra</b>   | 782         | 79,9                       | 33,451            | Kg            | 34,97%            |
| <b>P.E.T</b>  | 138         | 14,1                       | 5,903             | Kg            | 6,17%             |
| <b>Ceniza De Caña</b>   | 94,2        | 9,6                        | 4,030             | Kg            | 4,21%             |
| <b>Agua</b>   | 200         | 21                         | 8,555             | Kg            | 8,94%             |
|   | 2236        | 229                        | 95,648            | Kg            | 100%              |

**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)

#### **4.6.3. Mezclado manual del hormigón**

El proceso de elaboración manual para elaborar hormigón tradicional se procede a poner una cama de arena, luego la piedra, después se agrega las partículas de PET y cenizas del Bagazo de la caña de azúcar remplazándolos por el agregado grueso y fino, finalmente el cemento, esta se mezcla en seco con la pala o lampa, se agrega el agua y se produce el hormigón.



**Ilustración 18:** Cama de arena para elaboración de hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup>

**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)



**Ilustración 19:** Cama de piedra para la elaboración de hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup>  
**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)



**Ilustración 20:** Se añade el cemento para la elaboración de hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup>  
**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)



*Ilustración 21: Se mezcla en seco los agregados con el cemento*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 22: Agrega agua a la mezcla seca*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 23: Procede a mezclar para generar el hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup>  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 24: Hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup>  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*

#### ***4.6.4. Incorporación Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y Cenizas del Bagazo de la caña de Azúcar***

Para la elaboración de este tipo de hormigón experimental se lo trabajo con tres porcentajes que son del 5%,10%,15% que sustituyen eventualmente al agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) por lo cual se procede de la misma manera que la elaboración del hormigón tradicional, se coloca cama de arena, la cama de piedra ( pero con el volumen que se necesite), luego se le agrega cemento, cama de ceniza del bagazo de la caña de azúcar, agrega Tereftalato de Polietileno (PET) Reciclado y al final se le agrega el agua para realizar la mezcla final y obtener el hormigón no tradicional.



*Ilustración 25: Cama de arena*

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 26: Cama de piedra*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 27: Incorporación del cemento a la mezcla*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



**Ilustración 28:** *Sustitución de la piedra y arena por el 5% fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar*  
**Elaborado por:** Guevara y Loo (2021)



**Ilustración 29:** *Sustitución de la piedra y arena por el 10% fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar*  
**Elaborado por:** Guevara y Loo (2021)



**Ilustración 30:** *Sustitución de la piedra y arena por el 15% fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar*

**Elaborado por:** *Guevara y Loor (2021)*



**Ilustración 31:** *Agregar agua a la mezcla donde se reemplaza el 5% de los agregados por el (PET) y Cenizas del bagazo de caña de azúcar*

**Elaborado por:** *Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 32: Agregar agua a la mezcla donde se reemplaza el 10% de los agregados por el (PET) y Cenizas del bagazo de caña de azúcar*

*Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 33: Agregar agua a la mezcla donde se reemplaza el 15% de los agregados por el (PET) y Cenizas del bagazo de caña de azúcar*

*Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*

#### 4.6.5. Toma de Muestras

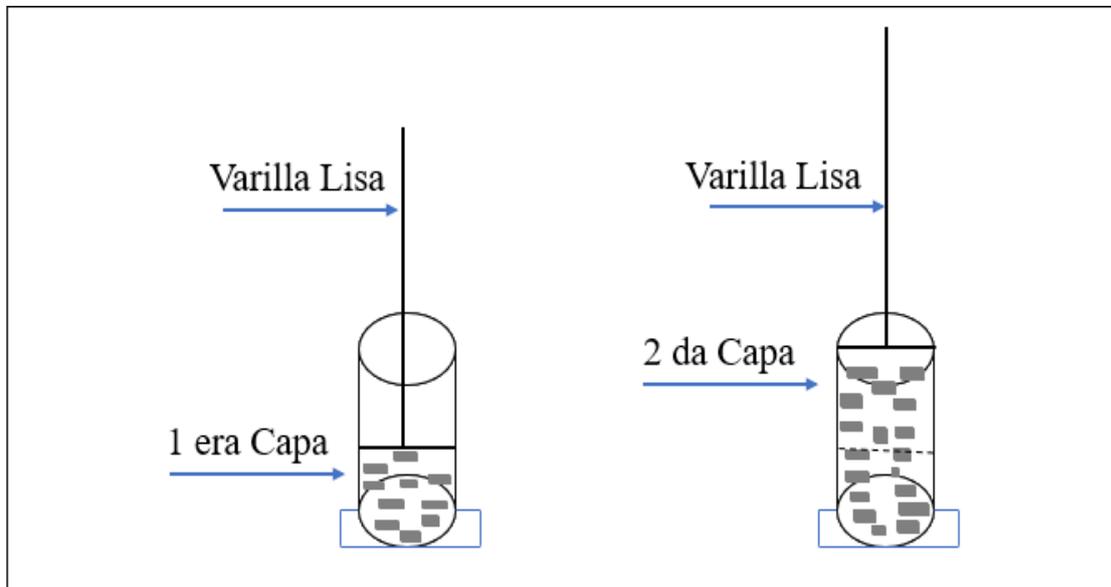
Este proceso de analizar diferentes tipos de muestras con distintos porcentajes está cumpliendo con lo que se especifica en la norma NTE INEN 1855-2, en el cual se necesita tener al menos una muestra de cada tipo de hormigón fresco realizado en campo, también debe respetar la normativa NTE INEN 1763 que menciona el procedimiento de llenado de moldes que se trasladan al laboratorio para los respectivos ensayos.

**Tabla 14.** Acta de muestras

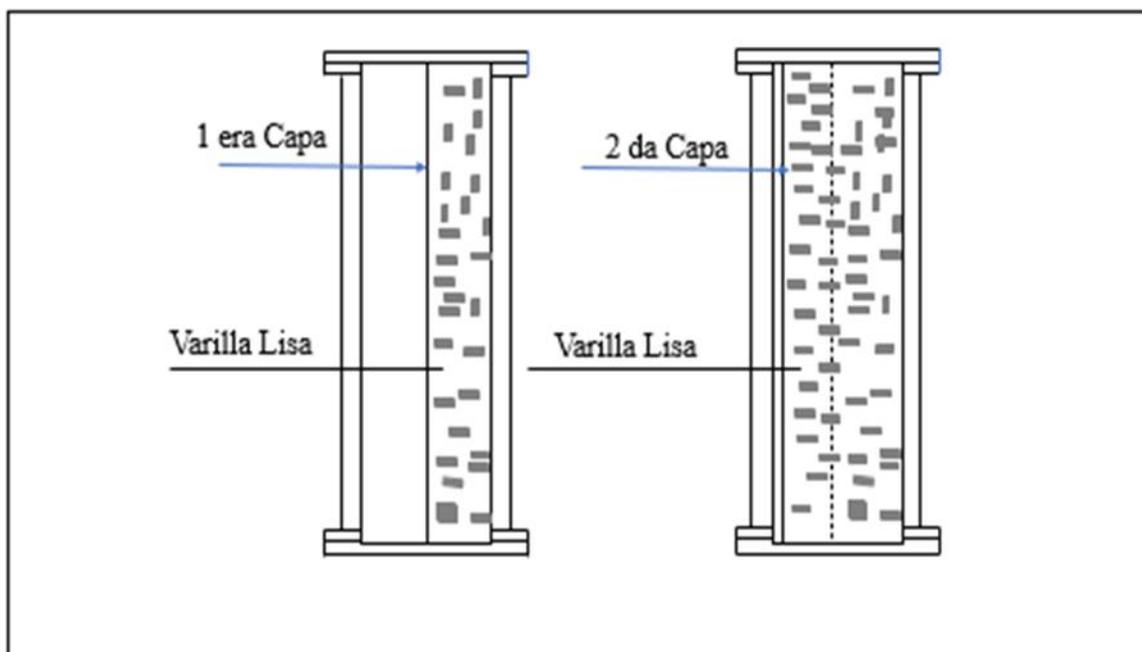
| <b>DOSIFICACIÓN</b>                  | <b>CILINDRO</b> | <b>VIGA</b> | <b>N°</b> | <b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA</b> |
|--------------------------------------|-----------------|-------------|-----------|---------------------------------|
|                                      |                 |             | 1         | 05/07/2021                      |
| 350 kg/cm <sup>2</sup>               | C-0             | V-0         | 2         | 05/07/2021                      |
|                                      |                 |             | 3         | 05/07/2021                      |
|                                      |                 |             | 1         | 05/07/2021                      |
| Sustitución del 5% de los agregados  | C-1             | V-1         | 2         | 05/07/2021                      |
|                                      |                 |             | 3         | 05/07/2021                      |
|                                      |                 |             | 1         | 07/07/2021                      |
| Sustitución del 10% de los agregados | C-2             | V-2         | 2         | 07/07/2021                      |
|                                      |                 |             | 3         | 07/07/2021                      |
|                                      |                 |             | 1         | 07/07/2021                      |
| Sustitución del 15% de los agregados | C-3             | V-3         | 2         | 07/07/2021                      |
|                                      |                 |             | 3         | 07/07/2021                      |

**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)

En este proyecto los moldes de acero se toman para la elaboración de los ensayos ya que es un material no absorbente y lo cual cumple con lo que especifica en la normativa NTE INEN 1763, que cuenta con dimensiones de diámetro de 10 cm, radio de 20 cm y altura de 15 cm, la viga cuenta con una base de 15 cm, altura 15.4 cm.



**Ilustración 34:** Toma de muestra de cilindros  
*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)



**Ilustración 35:** Toma de muestra de viga  
*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)



*Ilustración 36: Vaciado de primera capa de cilindro y viga con el 5% de agregados reemplazados  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 37: Vaciado de segunda capa de cilindro y viga con el 5% de agregados reemplazados  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 38: Realizar el respectivo alisado con el 5% del agregado reemplazado  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 39: Vaciado de primera capa para cilindro y viga con el 10% de agregado reemplazado  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 40: Vaciado de segunda capa para cilindros y vigas con el 10% de agregado reemplazado  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 41: Vaciado de primera capa para cilindro y viga con el 15% de agregado reemplazado  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 42: Vaciado de primera capa para viga con el 15% de los agregados reemplazados  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 43: Vaciado de segunda capa para vigas con el 15% de los agregados reemplazados  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

#### **4.6.6. Desmoldado**

Después de 24 horas de tomadas las muestras se proceden a desmoldar, se trata de retirar con cuidado las muestras del molde para no dañar los bordes de la muestra, y también marcarlo con el código correspondiente, la fecha de muestreo y el número de cilindro a llevar al tanque de curado, donde permanecen hasta el día de la rotura.



**Ilustración 44:** Proceso para desmoldar viga  
**Elaborado por:** Guevara y Loo (2021)



*Ilustración 45: Viga desmoldada*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



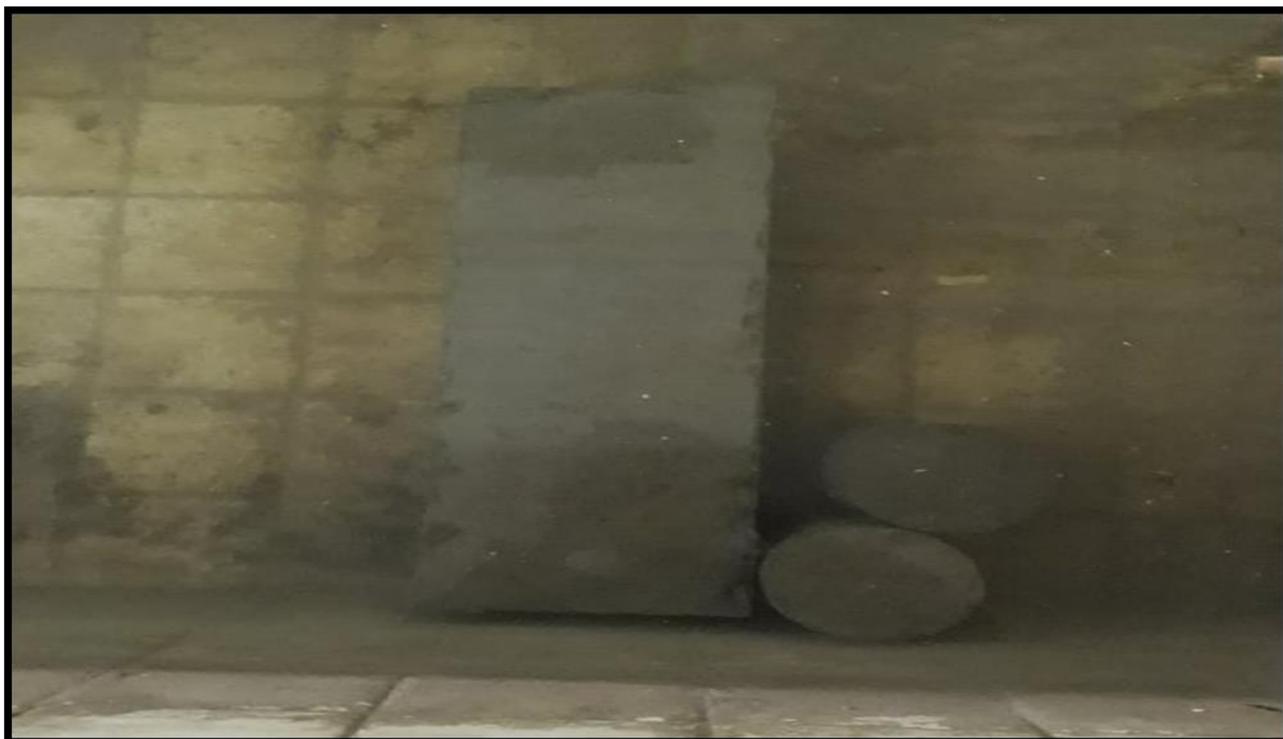
*Ilustración 46: Proceso para desmoldar cilindro*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 47: Cilindro desmoldado*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 48: Curado de las muestras del 5% de agregado reemplazado*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



***Ilustración 49: Curado de las muestras del 10% de agregado reemplazado  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)***



***Ilustración 50: Curado de las muestras del 15% de agregado reemplazado  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)***

#### **4.6.7. Pruebas de Laboratorio**

##### **Cono Abrams**

Esta prueba nos ayudara para determinar la consistencia del hormigon el cual su objetivo es analizar los asentamientos de los solidos con relacion a los liquidos y el cual debe cumplir con la normativa NTE INEN 1762, en el cual se elaboró con los diferentes porcentajes a analizar el cual sus dimensiones en altura son de 30 cm, diámetro de 10 cm y el radio de 20 cm



**Ilustración 51:** Prueba de cono de Abrams a hormigón de resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup>  
**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)



*Ilustración 52: Prueba de cono de Abrams con 5% de agregados reemplazados  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 53: Prueba de cono de Abrams con 10% de agregados reemplazados  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 54: Prueba de cono de Abrams con 15% de agregados reemplazados  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

Para realizar los ensayos de resistencia a la compresión y flexión se consideran 4 cilindros y 4 vigas, el primero con hormigón proyectado a resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup> y los otros con variación de la sustitución de 5%, 10% y 15% del volumen de los agregados por las fibras de Tereftalato de Polietileno y las cenizas del bagazo de la caña de azúcar.

*Tabla 15. Fechas de ejecución de los ensayos de la resistencia a la flexión y compresión*

| DOSIFICACIÓN                               | CILINDRO | VIGA | N° | FECHAS     |            | EDAD<br>DIAS |
|--|----------|------|----|------------|------------|--------------|
|  |          |      |    | TOMA:      | ROTURA:    |              |
| 350 kg/cm <sup>2</sup>                     | C-0      | V-0  | 1  | 05/07/2021 | 12/07/2021 | 7            |
|  |          |      | 2  | 05/07/2021 | 19/07/2021 | 14           |
|  |          |      | 3  | 05/07/2021 | 02/08/2021 | 28           |
| Sustitución del<br>5% de los<br>agregados  | C-1      | V-1  | 1  | 05/07/2021 | 12/07/2021 | 7            |
|  |          |      | 2  | 05/07/2021 | 19/07/2021 | 14           |
|  |          |      | 3  | 05/07/2021 | 02/08/2021 | 28           |
| Sustitución del<br>10% de los<br>agregados | C-2      | V-2  | 1  | 07/07/2021 | 14/07/2021 | 7            |
|  |          |      | 2  | 07/07/2021 | 21/07/2021 | 14           |
|  |          |      | 3  | 07/07/2021 | 04/08/2021 | 28           |
| Sustitución del<br>15% de los<br>agregados | C-3      | V-3  | 1  | 07/07/2021 | 14/07/2021 | 7            |
|  |          |      | 2  | 07/07/2021 | 21/07/2021 | 14           |
|  |          |      | 3  | 07/07/2021 | 04/08/2021 | 28           |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

Primero saca el cilindro programado para la fecha de rotura del tanque de curado, verifica las dimensiones del diámetro y altura para calcular el volumen y obtiene el peso del mismo cilindro de la balanza. Con base en estos datos, el cilindro se ubica en la prensa para determinar la resistencia a la compresión y respectivamente con las vigas para determinar el esfuerzo a flexión.



*Ilustración 55: Fraguado de las muestras*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

#### **4.6.7.1. Ensayos a compresión y flexión a los 7 días**



*Ilustración 56: Rotura de cilindro con el 5% de agregado reemplazado a los 7 días*  
*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 57: Rotura de viga con el 5% de agregado reemplazado a los 7 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 58: Rotura de cilindro con el 10% de agregado reemplazado a los 7 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 59: Rotura de viga con el 10% de agregado reemplazado a los 7 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 60: Rotura de cilindro con el 15% de agregado reemplazado a los 7 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 61: Rotura de viga con el 15% de agregado reemplazado a los 7 días  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

#### *4.6.7.2. Ensayos a compresión y flexión a los 14 días*



*Ilustración 62: Rotura de cilindro con el 5% de agregado reemplazado a los 14 días  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 63: Rotura de viga con el 5% de agregado reemplazado a los 14 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 64: Rotura de cilindro con el 10% de agregado reemplazado a los 14 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 65: Rotura de viga con el 10% de agregado reemplazado a los 14 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 66: Rotura de cilindro con el 15% de agregado reemplazado a los 14 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 67: Rotura de viga con el 15% de agregado reemplazado a los 14 días  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

#### **4.6.7.3. Ensayos de compresión y flexión a los 28 días**



*Ilustración 68: Rotura de cilindro con el 5% de agregado reemplazado a los 28 días  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 69: Rotura de viga con el 5% de agregado reemplazado a los 28 días  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 70: Rotura de cilindro con el 10% de agregado reemplazado a los 28 días  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



*Ilustración 71: Rotura de viga con el 10% de agregado reemplazado a los 28 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 72: Rotura de cilindro con el 15% de agregado reemplazado a los 28 días  
Elaborado por: Guevara y Loo (2021)*



*Ilustración 73: Rotura de viga con el 15% de agregado reemplazado a los 28 días  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

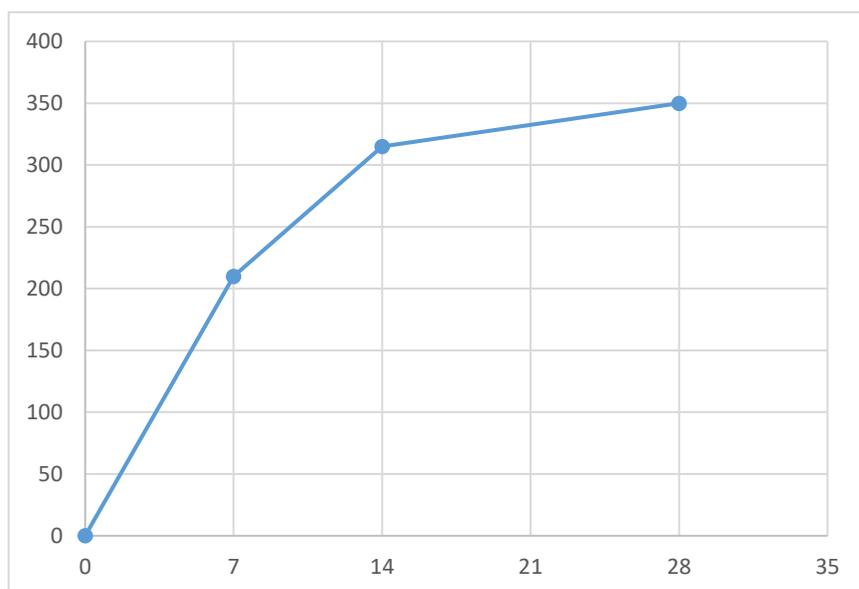
## 4.7. Resultados

### 4.7.1. Prototipo C-0

*Tabla 16. Resultados de ensayos de resistencia de compresión del Hormigón hidráulico*

| PROYECTO: TESIS     |         |          | DISEÑO DE HORMIGON HIDRAULICO 350 KG/M2 |          |                     |            |                   |                      |
|---------------------|---------|----------|---|----------|---------------------|------------|-------------------|----------------------|
| DISEÑO DE CILINDROS |         |          | COMPONENTES                             | 1 M3     | CEMENTO SACO (50Kg) | 3 MUESTRAS | UNIDAD            | PORCENTAJE           |
| D                   | 10      | CM       | CEMENTO                                 | 488      | 50                  | 2,2997     | KG                | 21,82%               |
| H                   | 15      | CM       | ARENA                                   | 628      | 64                  | 2,9593     | KG                | 28,08%               |
| ÁREA                | 78,5379 | CM       | PIEDRA                                  | 920      | 94                  | 4,3355     | KG                | 41,15%               |
| VOLUMEN             | 1570,80 | CM3      | AGUA                                    | 200      | 21                  | 0,9424     | KG                | 8,94%                |
| V 3 MUESTRAS        | 4712,4  | CM3      | <b>TOTAL</b>                            | 2236     | 229                 | 10,5369    | KG                | 100%                 |
|                     |         | CILINDRO | N                                       | FECHAS   | ROTURA              | DÍAS       | CARGA MÁXIMA (KG) | RESISTENCIA (KG/CM2) |
|                     |         | C-0      | 1                                       | 5/7/2021 | 12/7/2021           | 7          | 16492,959         | 210,000              |
|                     |         |          | 2                                       | 5/7/2021 | 19/7/2021           | 14         | 24739,439         | 315,000              |
|                     |         |          | 3                                       | 5/7/2021 | 2/8/2021            | 28         | 27488,265         | 350                  |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



**Ilustración 74:** Curva de resistencia a compresión del hormigón hidráulico

Elaborado por: Guevara y Loor (2021)

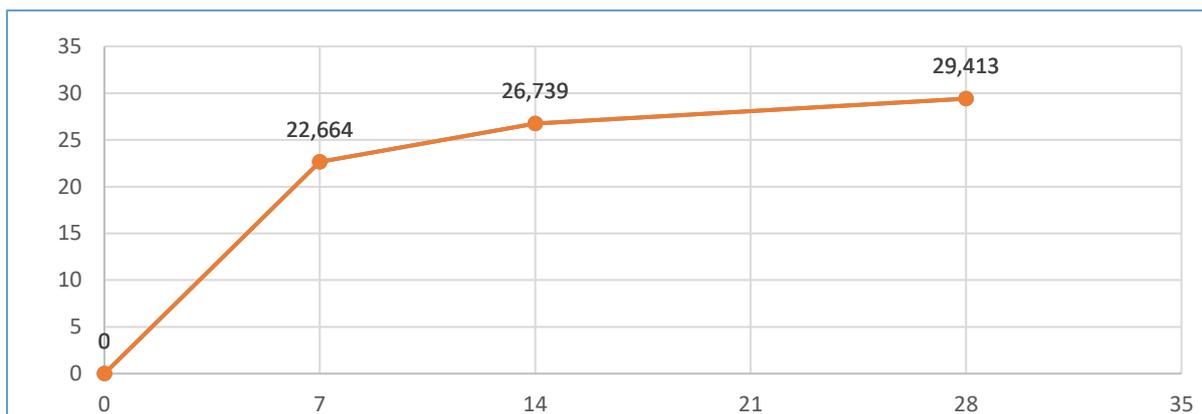
#### 4.7.2. Prototipo V-0

**Tabla 17.** Resultados de ensayos de resistencia de flexión del Hormigón hidráulico

| PROYECTO: TESIS     |          |     | DISEÑO DE HORMIGÓN HIDRÁULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 5% DEL AGREGADOS |          |                     |               |             |                          |                             |
|---------------------|----------|-----|--|----------|---------------------|---------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|
| DISEÑO DE CILINDROS |          |     | COMPONENTES  | 1 M3     | CEMENTO SACO (50Kg) | 3 MUESTRAS    | UNIDAD      | PORCENTAJE               |                             |
| L                   | 53,5     | CM  | CEMENTO  | 488      | 50                  | 18,575        | KG          | 21,82%                   |                             |
| B                   | 15,4     | CM  | ARENA  | 596,6    | 60,8                | 23,901        | KG          | 28,09%                   |                             |
| H                   | 15,4     | CM  | PIEDRA   | 874      | 89,3                | 35,015        | KG          | 41,14%                   |                             |
| ÁREA                | 823,9    | CM2 | P.E.T  | 0        | 0                   | 0             | KG          | 0%                       |                             |
| VOLUMEN             | 12688,06 | cm3 | CENIZA DE CAÑA   | 0        | 0                   | 0             | KG          | 0%                       |                             |
| V 3 MUESTRAS        | 38064,18 | cm3 | AGUA   | 200      | 21                  | 7,612936      | KG          | 8,94%                    |                             |
|                     |          |     | <b>TOTAL</b>   | 2236     | 229                 | 85,111417     | KG          | 100%                     |                             |
|                     |          |     | <b>VIGA</b>  | <b>N</b> | <b>FECHAS</b>       | <b>ROTURA</b> | <b>DÍAS</b> | <b>CARGA MÁXIMA (KG)</b> | <b>RESISTENCIA (KG/CM2)</b> |
|                     |          |     | <b>V-0</b>   | 1        | 5/7/2021            | 12/7/2021     | 7           | 9268,875                 | 11,55                       |
|                     |          |     |  | 2        | 5/7/2021            | 19/7/2021     | 14          | 12639,375                | 15,75                       |
|                     |          |     |  | 3        | 5/7/2021            | 2/8/2021      | 28          | 14043,75                 | 17,5                        |

Elaborado por: Guevara y Loor (2021)





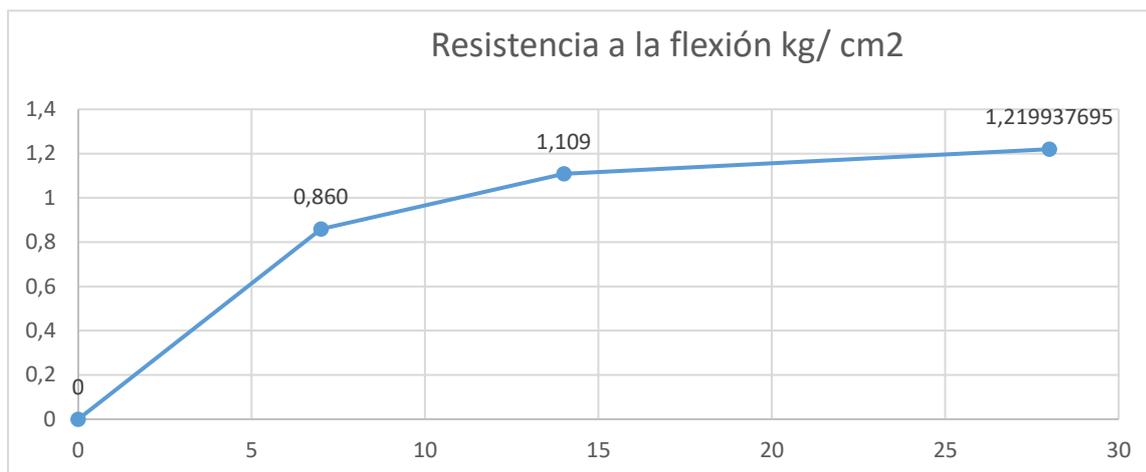
**Ilustración 76:** Curva de resistencia a compresión del hormigón hidráulico con el 5% de los agregados reemplazados  
*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)

#### 4.7.4. Prototipo V-1

**Tabla 19.** Resultados de ensayos de resistencia a la flexión de hormigón hidráulico con el 5% de los agregados reemplazados

| PROYECTO: TESIS     |          |     | DISEÑO DE HORMIGÓN HIDRÁULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 5% DEL AGREGADOS |          |                     |               |             |                          |                             |
|---------------------|----------|-----|--|----------|---------------------|---------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|
| DISEÑO DE CILINDROS |          |     | COMPONENTES  | 1 M3     | CEMENTO SACO (50Kg) | 3 MUESTRAS    | UNIDAD      | PORCENTAJE               |                             |
| L                   | 53,5     | CM  | CEMENTO  | 488      | 50                  | 18,57532      | KG          | 21,82%                   |                             |
| B                   | 15,4     | CM  | ARENA  | 596,6    | 60,8                | 22,70909      | KG          | 26,68%                   |                             |
| H                   | 15,4     | CM  | PIEDRA   | 874      | 89,3                | 33,268093     | KG          | 39,09%                   |                             |
| ÁREA                | 823,9    | CM2 | P.E.T  | 46       | 4,7                 | 1,7507623     | KG          | 2,06%                    |                             |
| VOLUMEN             | 12688,06 | cm3 | CENIZA DE CAÑA   | 31,4     | 3,2                 | 1,1952153     | KG          | 1,40%                    |                             |
| V 3 MUESTRAS        | 38064,18 | cm3 | AGUA   | 200      | 21                  | 7,612936      | KG          | 8,94%                    |                             |
|                     |          |     | <b>TOTAL</b>   | 2236     | 229                 | 85,111417     | KG          | 100%                     |                             |
|                     |          |     | <b>VIGA</b>  | <b>N</b> | <b>FECHAS</b>       | <b>ROTURA</b> | <b>DÍAS</b> | <b>CARGA MÁXIMA (KG)</b> | <b>RESISTENCIA (KG/CM2)</b> |
|                     |          |     | <b>V-1</b>   | 1        | 5/7/2021            | 12/7/2021     | 7           | 690                      | 0,837480277                 |
|                     |          |     |  | 2        | 5/7/2021            | 19/7/2021     | 14          | 890                      | 1,080228183                 |
|                     |          |     |  | 3        | 5/7/2021            | 2/8/2021      | 28          | 979                      | 1,188251001                 |

*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)



**Ilustración 77:** Curva de resistencia a flexión del hormigón hidráulico con el 5% de los agregados reemplazados

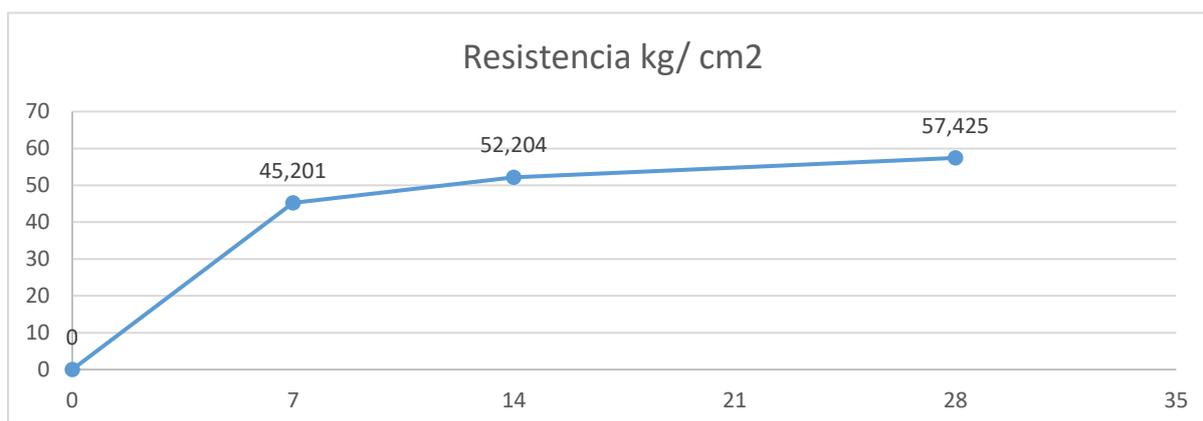
*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)

#### 4.7.5. Prototipo C-2

**Tabla 20.** Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de hormigón hidráulico con el 10% de los agregados reemplazados

| PROYECTO: TESIS     |         |     | DISEÑO DE HORMIGÓN HIDRÁULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 10% DEL AGREGADO |          |                     |               |             |                          |                             |
|---------------------|---------|-----|--|----------|---------------------|---------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|
| Diseño De Cilindros |         |     | Componentes  | 1 M3     | Cemento Saco (50kg) | 3 Muestras    | Unidad      | Porcentaje               |                             |
| D                   | 10      | CM  | Cemento  | 488      | 50                  | 2,299437      | KG          | 21,82%                   |                             |
| H                   | 15      | CM  | Arena  | 565,2    | 57,6                | 2,299654      | KG          | 25,28%                   |                             |
| ÁREA                | 78,5379 | CM  | Piedra   | 828      | 84,6                | 3,901497      | KG          | 37,03%                   |                             |
| VOLUMEN             | 1570,80 | CM3 | P.E.T  | 92       | 9,4                 | 0,433451      | KG          | 4,11%                    |                             |
| V 3 MUESTRAS        | 4712,4  | CM3 | Ceniza De Caña   | 62,8     | 6,4                 | 0,29587       | KG          | 2,81%                    |                             |
|                     |         |     | Agua   | 200      | 21                  | 0,942356      | KG          | 8,94%                    |                             |
|                     |         |     | <b>TOTAL</b>   | 2236     | 229                 | 10,5369       | KG          | 100%                     |                             |
|                     |         |     | <b>Cilindro</b>  | <b>N</b> | <b>Fechas</b>       | <b>Rotura</b> | <b>Días</b> | <b>Carga Máxima (Kg)</b> | <b>Resistencia (Kg/Cm2)</b> |
|                     |         |     | <b>C-2</b>   | 1        | 07/07/2021          | 14/07/2021    | 7           | 3550                     | 45,2011067                  |
|                     |         |     |  | 2        | 07/07/2021          | 21/07/2021    | 14          | 4100                     | 52,2040951                  |
|                     |         |     |  | 3        | 07/07/2021          | 04/08/2021    | 28          | 4510                     | 57,4245046                  |

*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)



**Ilustración 78:** Curva de resistencia a compresión del hormigón hidráulico con el 10% de los agregados reemplazados

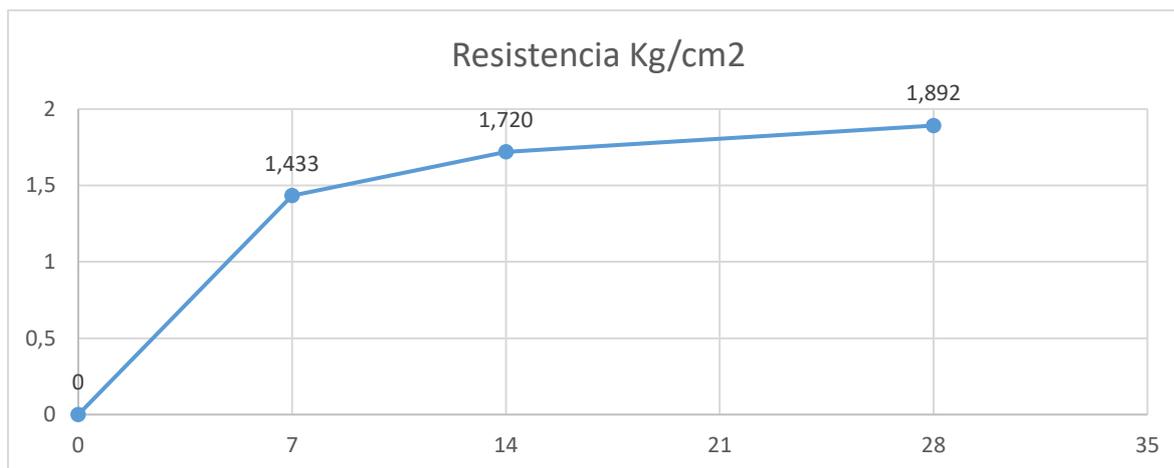
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)

#### 4.7.6. Prototipo V-2

**Tabla 21.** Resultados de ensayos de resistencia a la flexión de hormigón hidráulico con el 10% de los agregados reemplazados

| PROYECTO: TESIS     |          |     | DISEÑO DE HORMIGÓN HIDRÁULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 10% DEL AGREGADOS |          |                     |               |             |                          |                             |
|---------------------|----------|-----|---|----------|---------------------|---------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|
| Diseño De Cilindros |          |     | Componentes   | 1 M3     | Cemento Saco (50kg) | 3 Muestras    | Unidad      | Porcentaje               |                             |
| L                   | 53,5     | CM  | Cemento   | 488      | 50                  | 18,57532      | KG          | 21,82%                   |                             |
| B                   | 15,4     | CM  | Arena   | 565,2    | 57,6                | 21,513875     | KG          | 25,28%                   |                             |
| H                   | 15,4     | CM  | Piedra  | 828      | 84,6                | 31,517141     | KG          | 37,03%                   |                             |
| ÁREA                | 823,9    | CM2 | P.E.T   | 92       | 9,4                 | 3,5019046     | KG          | 4,11%                    |                             |
| VOLUMEN             | 12688,06 | cm3 | Ceniza De Caña  | 62,8     | 6,4                 | 2,3904305     | KG          | 2,81%                    |                             |
| V 3 MUESTRAS        | 38064,18 | cm3 | Agua  | 200      | 21                  | 7,612836      | KG          | 8,94%                    |                             |
|                     |          |     | <b>TOTAL</b>  | 2236     | 229                 | 85,111417     | KG          | 100%                     |                             |
|                     |          |     | <b>Viga</b>   | <b>N</b> | <b>Fechas</b>       | <b>Rotura</b> | <b>Días</b> | <b>Carga Máxima (Kg)</b> | <b>Resistencia (Kg/Cm2)</b> |
|                     |          |     | <b>V-2</b>  | 1        | 07/07/2021          | 14/07/2021    | 7           | 1150                     | 1,433021807                 |
|                     |          |     |   | 2        | 07/07/2021          | 21/07/2021    | 14          | 1380                     | 1,719626168                 |
|                     |          |     |   | 3        | 07/07/2021          | 04/08/2021    | 28          | 1518                     | 1,891588785                 |

Elaborado por: Guevara y Loor (2021)



**Ilustración 79:** Curva de resistencia a flexión del hormigón hidráulico con el 10% de los agregados reemplazados

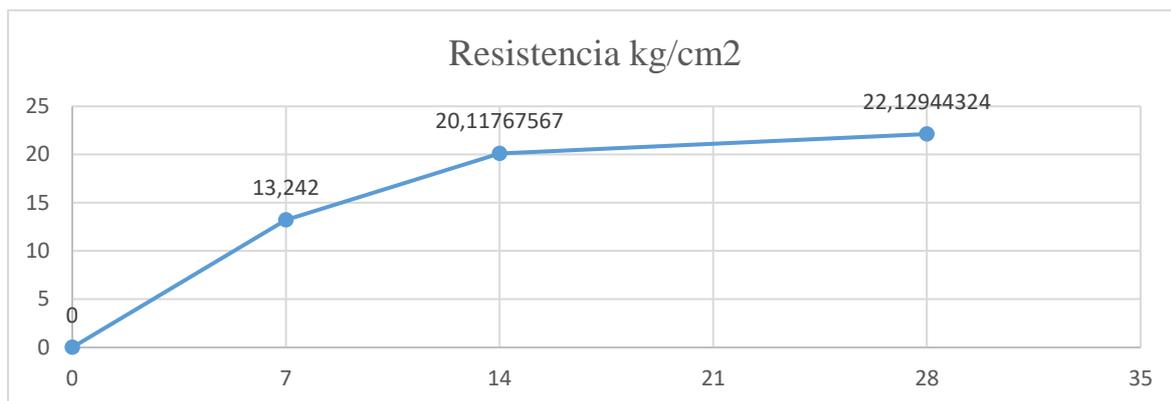
*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)

#### 4.7.7. Prototipo C-3

**Tabla 22.** Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de hormigón hidráulico con el 15% de los agregados reemplazados

| PROYECTO: TESIS     |                 |          | DISEÑO DE HORMIGÓN HIDRÁULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 15% DEL AGREGADO |               |                     |                          |                             |            |
|---------------------|-----------------|----------|--|---------------|---------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|
| Diseño De Cilindros |                 |          | Componente s   | 1 M3          | Cemento Saco (50kg) | 3 Muestras               | Unidad                      | Porcentaje |
| D                   | 10              | CM       | Cemento  | 488           | 50                  | 2,2994366                | KG                          | 21,82%     |
| H                   | 15              | CM       | Arena  | 565,2         | 57,6                | 2,5152257                | KG                          | 23,87%     |
| ÁREA                | 78,5379         | CM       | Piedra   | 828           | 84,6                | 3,6847164                | KG                          | 34,97%     |
| VOLUMEN             | 1570,80         | CM3      | P.E.T  | 92            | 9,4                 | 0,6502311                | KG                          | 6,17%      |
| V 3 MUESTRAS        | 4712,4          | CM3      | Ceniza De Caña   | 62,8          | 6,4                 | 0,4439152                | KG                          | 4,21%      |
|                     |                 |          | Agua   | 200           | 21                  | 0,9423559                | KG                          | 8,94%      |
|                     |                 |          | <b>TOTAL</b>   | 2236          | 229                 | 10,5369                  | KG                          | 100%       |
|                     | <b>Cilindro</b> | <b>N</b> | <b>Fechas</b>  | <b>Rotura</b> | <b>Días</b>         | <b>Carga Máxima (Kg)</b> | <b>Resistencia (Kg/Cm2)</b> |            |
|                     | <b>C-3</b>      | 1        | 07/07/2021   | 14/07/2021    | 7                   | 1040                     | 13,2420144                  |            |
|                     |                 | 2        | 07/07/2021   | 21/07/2021    | 14                  | 1580                     | 20,1176757                  |            |
|                     |                 | 3        | 07/07/2021   | 04/08/2021    | 28                  | 1738                     | 22,1294432                  |            |

*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)



**Ilustración 80:** Curva de resistencia a compresión del hormigón hidráulico con el 15% de los agregados reemplazados

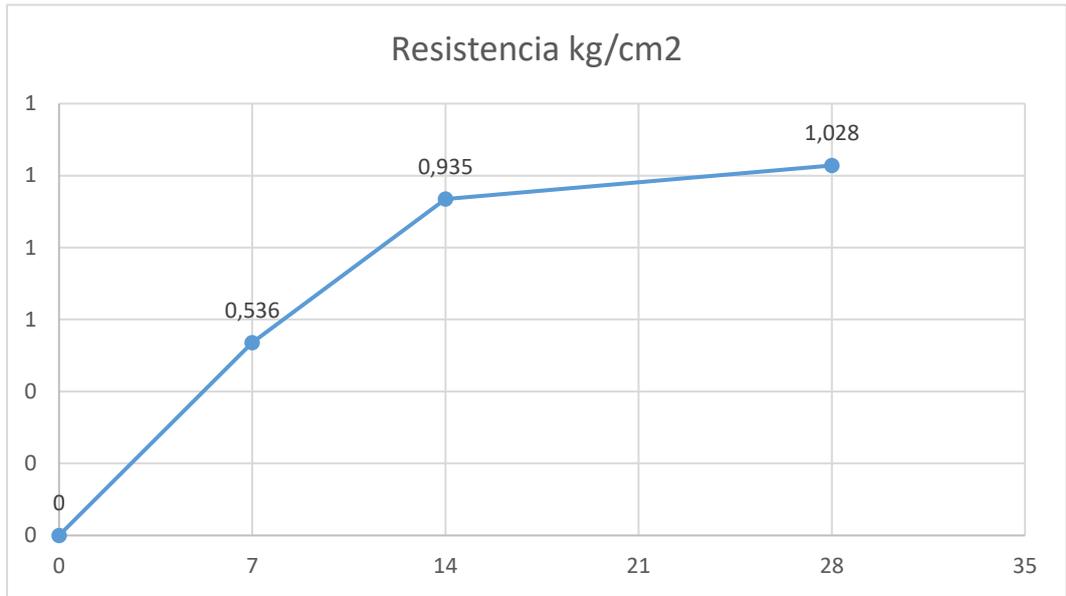
*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)

#### 4.7.8. Prototipo V-3

**Tabla 23.** Resultados de ensayos de resistencia a la flexión de hormigón hidráulico con el 15% de los agregados reemplazados

| PROYECTO: TESIS     |          |                 | DISEÑO DE HORMIGÓN HIDRÁULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 15% DEL AGREGADOS |          |                     |               |             |                          |  |
|---------------------|----------|-----------------|---|----------|---------------------|---------------|-------------|--------------------------|--|
| DISEÑO DE CILINDROS |          |                 | COMPONENTES   | 1 M3     | CEMENTO SACO (50Kg) | 3 MUESTRAS    | UNIDAD      | PORCENTAJE               |  |
| L                   | 53,5     | CM              | CEMENTO   | 488      | 50                  | 18,5753198    | KG          | 21,82%                   |  |
| B                   | 15,4     | CM              | ARENA   | 565,2    | 57,6                | 20,3186593    | KG          | 23,87%                   |  |
| H                   | 15,4     | CM              | PIEDRA  | 828      | 84,6                | 29,7661888    | KG          | 34,97%                   |  |
| ÁREA                | 823,9    | CM <sup>2</sup> | P.E.T   | 92       | 9,4                 | 5,25285684    | KG          | 6,17%                    |  |
| VOLUMEN             | 12688,06 | cm <sup>3</sup> | CENIZA DE CAÑA  | 62,8     | 6,4                 | 3,58564576    | KG          | 4,21%                    |  |
| V 3 MUESTRAS        | 38064,18 | cm <sup>3</sup> | AGUA  | 200      | 21                  | 7,612836      | KG          | 8,94%                    |  |
|                     |          |                 | <b>TOTAL</b>  | 2236     | 229                 | 85,111417     | KG          | 100%                     |  |
|                     |          |                 | <b>VIGA</b>   | <b>N</b> | <b>FECHAS</b>       | <b>ROTURA</b> | <b>DÍAS</b> | <b>CARGA MÁXIMA (KG)</b> | <b>RESISTENCIA (KG/CM<sup>2</sup>)</b> |
|                     |          |                 | <b>V-3</b>  | 1        | 07/07/2021          | 14/07/2021    | 7           | 430                      | 0,535825545                            |
|                     |          |                 |   | 2        | 07/07/2021          | 21/07/2021    | 14          | 750                      | 0,934579439                            |
|                     |          |                 |   | 3        | 07/07/2021          | 04/08/2021    | 28          | 825                      | 1,028037383                            |

*Elaborado por:* Guevara y Loor (2021)



**Ilustración 81:** Curva de resistencia a flexión del hormigón hidráulico con el 15% de los agregados reemplazados

**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)

#### 4.8. Presupuesto

**Tabla 24.** Presupuesto para elaborar 1 m<sup>3</sup> de hormigón con resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup>

##### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**RUBRO:** Hormigón simple

**DETALLE:** Resistencia 350 kg/cm<sup>2</sup>

| <b>EQUIPOS</b>                            |          |           |              |               |               |
|---|----------|-----------|--------------|---------------|---------------|
| Descripción                               | Cantidad | Tarifa    | Costo hora   | Rendimiento   | Costo         |
| CONCRETERA                                | 1,00     | 5,00      | 5,00         | 1,00          | 5,00          |
| HERRAMIENTAS MENORES                      | 5%       |           |              |               | 0,50          |
| <b>SUBTOTAL M</b>                         |          |           |              |               | <b>5,50</b>   |
| <b>MANO DE OBRA</b>                       |          |           |              |               |               |
| Descripción                               | Cantidad | Jornal/hr | Costo hora   | Rendimiento   | Costo         |
| MAESTRO DE OBRA                           | 0,10     | 4,06      | 0,41         | 0,67          | 0,27          |
| ALBAÑIL                                   | 1,00     | 3,66      | 3,66         | 0,67          | 2,45          |
| PEÓN                                      | 3,00     | 3,62      | 10,86        | 0,67          | 7,28          |
| <b>SUBTOTAL N</b>                         |          |           |              |               | <b>10,00</b>  |
| <b>MATERIALES</b>                         |          |           |              |               |               |
| Descripción                               | Unidad   | Cantidad  | Precio Unit. | Costo         |               |
| CEMENTO                                   | KG       | 488,00    | 0,16         | 78,08         |               |
| ARENA                                     | M3       | 0,43      | 18,36        | 7,89          |               |
| PIEDRA ¾                                  | M3       | 0,72      | 20,90        | 15,05         |               |
| AGUA                                      | M3       | 0,20      | 1,75         | 0,35          |               |
| <b>SUBTOTAL O</b>                         |          |           |              | <b>101,37</b> |               |
| <b>TRANSPORTE</b>                         |          |           |              |               |               |
| Descripción                               | Unidad   | Cantidad  | Tarifa       | Costo         |               |
| <b>SUBTOTAL P</b>                         |          |           |              |               |               |
| <b>Total de Costos Directos (M+N+O+P)</b> |          |           |              |               | <b>116,87</b> |
| <b>Costos Indirectos 22%</b>              |          |           |              |               | <b>25,71</b>  |
| <b>Costo total del Rubro</b>              |          |           |              |               | <b>142,58</b> |
| <b>Valor Ofertado</b>                     |          |           |              |               | <b>142,58</b> |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 25.** Presupuesto para elaborar 1 m<sup>3</sup> de hormigón con 5% de agregado reemplazado

**ANALISIS DE PRECIOS  
UNITARIOS**

**RUBRO:** Hormigón simple  
**DETALLE:** 5% de agregado reemplazado

| <b>EQUIPOS</b>                            |          |           |              |               |               |
|---|----------|-----------|--------------|---------------|---------------|
| Descripción                               | Cantidad | Tarifa    | Costo hora   | Rendimiento   | Costo         |
| CONCRETERA                                | 1,00     | 5,00      | 5,00         | 1,00          | 5,00          |
| HERRAMIENTAS MENORES                      | 5%       |           |              |               | 0,50          |
| <b>SUBTOTAL M</b>                         |          |           |              |               | <b>5,50</b>   |
| <b>MANO DE OBRA</b>                       |          |           |              |               |               |
| Descripción                               | Cantidad | Jornal/hr | Costo hora   | Rendimiento   | Costo         |
| MAESTRO DE OBRA                           | 0,10     | 4,06      | 0,41         | 0,67          | 0,27          |
| ALBAÑIL                                   | 1,00     | 3,66      | 3,66         | 0,67          | 2,45          |
| PEÓN                                      | 3,00     | 3,62      | 10,86        | 0,67          | 7,28          |
| <b>SUBTOTAL N</b>                         |          |           |              |               | <b>10,00</b>  |
| <b>MATERIALES</b>                         |          |           |              |               |               |
| Descripción                               | Unidad   | Cantidad  | Precio Unit. | Costo         |               |
| CEMENTO                                   | KG       | 488,00    | 0,16         | 78,08         |               |
| ARENA                                     | M3       | 0,41      | 18,36        | 7,53          |               |
| PIEDRA 3/4                                | M3       | 0,68      | 20,90        | 14,21         |               |
| CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR        | M3       | 0,02      | 0,75         | 0,02          |               |
| Fibras de PET                             | M3       | 0,04      | 1,25         | 0,05          |               |
| AGUA                                      | M3       | 0,20      | 1,75         | 0,35          |               |
| <b>SUBTOTAL O</b>                         |          |           |              | <b>100,24</b> |               |
| <b>TRANSPORTE</b>                         |          |           |              |               |               |
| Descripción                               | Unidad   | Cantidad  | Tarifa       | Costo         |               |
| <b>SUBTOTAL P</b>                         |          |           |              |               |               |
| <b>Total de Costos Directos (M+N+O+P)</b> |          |           |              |               | <b>115,74</b> |
| <b>Costos Indirectos 22%</b>              |          |           |              |               | <b>25,46</b>  |
| <b>Costo total del Rubro</b>              |          |           |              |               | <b>141,20</b> |
| <b>Valor Ofertado</b>                     |          |           |              |               | <b>141,20</b> |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 26.** Presupuesto para elaborar 1 m<sup>3</sup> de hormigón con 10% de agregado reemplazado

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Hormigón simple  
10% de agregado

**DETALLE:** reemplazado

| <b>EQUIPOS</b>                            |          |           |              |              |               |
|---|----------|-----------|--------------|--------------|---------------|
| Descripción                               | Cantidad | Tarifa    | Costo hora   | Rendimiento  | Costo         |
| CONCRETERA                                | 1,00     | 5,00      | 5,00         | 1,00         | 5,00          |
| HERRAMIENTAS MENORES                      | 5%       |           |              |              | 0,50          |
| <b>SUBTOTAL M</b>                         |          |           |              |              | <b>5,50</b>   |
| <b>MANO DE OBRA</b>                       |          |           |              |              |               |
| Descripción                               | Cantidad | Jornal/hr | Costo hora   | Rendimiento  | Costo         |
| MAESTRO DE OBRA                           | 0,10     | 4,06      | 0,41         | 0,67         | 0,27          |
| ALBAÑIL                                   | 1,00     | 3,66      | 3,66         | 0,67         | 2,45          |
| PEÓN                                      | 3,00     | 3,62      | 10,86        | 0,67         | 7,28          |
| <b>SUBTOTAL N</b>                         |          |           |              |              | <b>10,00</b>  |
| <b>MATERIALES</b>                         |          |           |              |              |               |
| Descripción                               | Unidad   | Cantidad  | Precio Unit. | Costo        |               |
| CEMENTO                                   | KG       | 488,00    | 0,16         | 78,08        |               |
| ARENA                                     | M3       | 0,39      | 18,36        | 7,16         |               |
| PIEDRA 3/4                                | M3       | 0,65      | 20,90        | 13,59        |               |
| CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR        | M3       | 0,04      | 0,75         | 0,03         |               |
| Fibras de PET                             | M3       | 0,07      | 1,25         | 0,09         |               |
| AGUA                                      | M3       | 0,20      | 1,75         | 0,35         |               |
| <b>SUBTOTAL O</b>                         |          |           |              | <b>99,30</b> |               |
| <b>TRANSPORTE</b>                         |          |           |              |              |               |
| Descripción                               | Unidad   | Cantidad  | Tarifa       | Costo        |               |
| <b>SUBTOTAL P</b>                         |          |           |              |              |               |
| <b>Total de Costos Directos (M+N+O+P)</b> |          |           |              |              | <b>114,80</b> |
| <b>Costos Indirectos 22%</b>              |          |           |              |              | <b>25,26</b>  |
| <b>Costo total del Rubro</b>              |          |           |              |              | <b>140,06</b> |
| <b>Valor Ofertado</b>                     |          |           |              |              | <b>140,06</b> |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 27.** Presupuesto para elaborar 1 m<sup>3</sup> de hormigón con 15% de agregado reemplazado

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Hormigón simple  
**DETALLE:** 15% de agregado reemplazado

| <b>EQUIPOS</b>                            |          |           |              |              |               |
|---|----------|-----------|--------------|--------------|---------------|
| Descripción                               | Cantidad | Tarifa    | Costo hora   | Rendimiento  | Costo         |
| CONCRETERA                                | 1,00     | 5,00      | 5,00         | 1,00         | 5,00          |
| HERRAMIENTAS MENORES                      | 5%       |           |              |              | 0,50          |
| <b>SUBTOTAL M</b>                         |          |           |              |              | <b>5,50</b>   |
| <b>MANO DE OBRA</b>                       |          |           |              |              |               |
| Descripción                               | Cantidad | Jornal/hr | Costo hora   | Rendimiento  | Costo         |
| MAESTRO DE OBRA                           | 0,10     | 4,06      | 0,41         | 0,67         | 0,27          |
| ALBAÑIL                                   | 1,00     | 3,66      | 3,66         | 0,67         | 2,45          |
| PEÓN                                      | 3,00     | 3,62      | 10,86        | 0,67         | 7,28          |
| <b>SUBTOTAL N</b>                         |          |           |              |              | <b>10,00</b>  |
| <b>MATERIALES</b>                         |          |           |              |              |               |
| Descripción                               | Unidad   | Cantidad  | Precio Unit. | Costo        |               |
| CEMENTO                                   | KG       | 488,00    | 0,16         | 78,08        |               |
| ARENA                                     | M3       | 0,37      | 18,36        | 6,79         |               |
| PIEDRA ¾                                  | M3       | 0,61      | 20,90        | 12,75        |               |
| CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR        | M3       | 0,06      | 0,75         | 0,05         |               |
| Fibras de PET                             | M3       | 0,11      | 1,25         | 0,14         |               |
| AGUA                                      | M3       | 0,20      | 1,75         | 0,35         |               |
| <b>SUBTOTAL O</b>                         |          |           |              | <b>98,16</b> |               |
| <b>TRANSPORTE</b>                         |          |           |              |              |               |
| Descripción                               | Unidad   | Cantidad  | Tarifa       | Costo        |               |
|   |          |           |              |              |               |
| <b>SUBTOTAL P</b>                         |          |           |              |              |               |
| <b>Total de Costos Directos (M+N+O+P)</b> |          |           |              |              | <b>113,66</b> |
| <b>Costos Indirectos 22%</b>              |          |           |              |              | <b>25,01</b>  |
| <b>Costo total del Rubro</b>              |          |           |              |              | <b>138,67</b> |
| <b>Valor Ofertado</b>                     |          |           |              |              | <b>138,67</b> |

Elaborado por: Guevara y Loor (2021)

#### 4.9. Análisis Comparativo

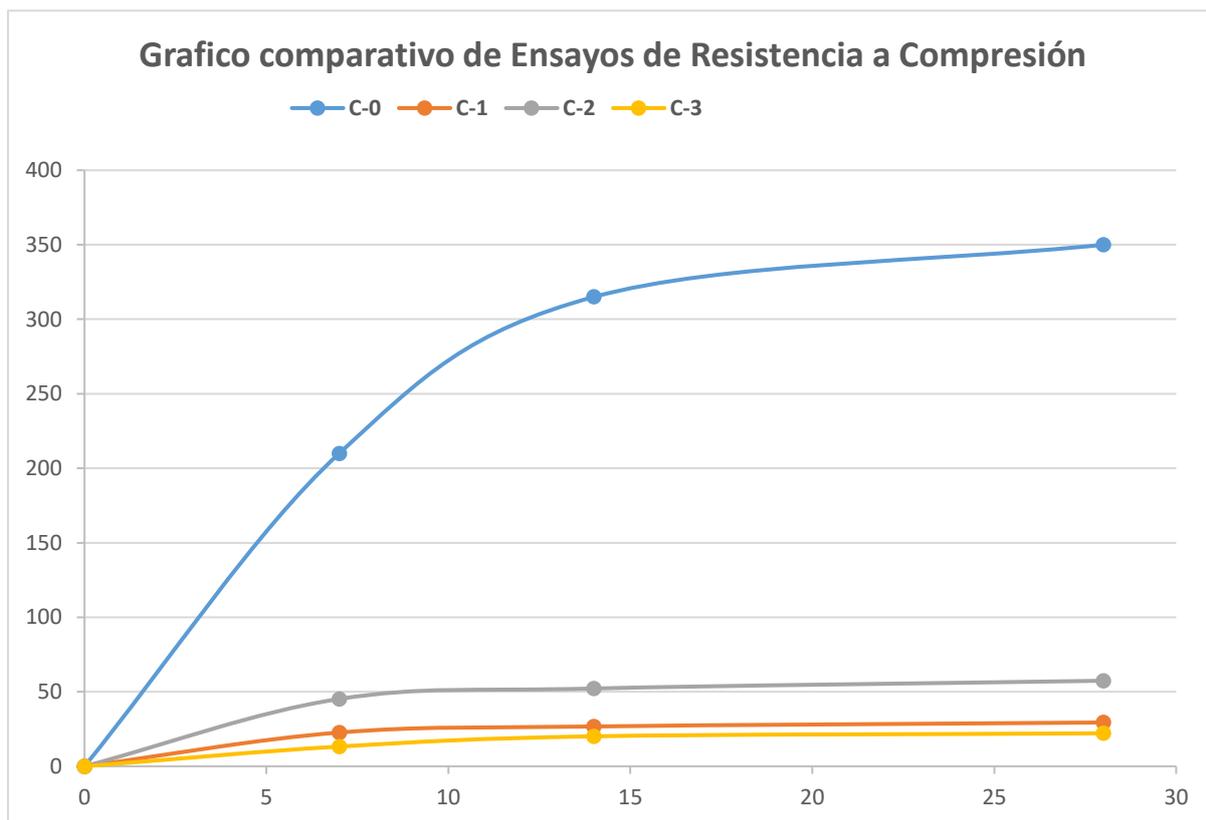
Esta investigación requiere diseñar un hormigón hidráulico reemplazando el agregado grueso por el PET y el agregado fino por la ceniza del bagazo de la caña de azúcar, que pueda ser utilizado en la superficie de rodadura de un pavimento rígido y que cumplan con todas las normas por lo cual se realizaron varias pruebas experimentales sustituyendo el 5%, 10% y 15% del peso de los agregados.

Los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión no fueron favorables para las pruebas experimentales como se puede ver en las siguientes tablas.

**Tabla 28.** *Tabla comparativa de resistencia a compresión*

| ENSAYOS DE ESFUERZO A COMPRESIÓN |                                      |                                      |                                      |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                  | HORMIGÓN<br>HIDRÁULICO               | SUSTITUCIÓN<br>5%                    | SUSTITUCIÓN<br>10%                   | SUSTITUCIÓN<br>15%                   |
|                                  | C-0                                  | C-1                                  | C-2                                  | C-3                                  |
| EDAD<br>(DÍAS)                   | RESISTENCIA<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 7                                | 210                                  | 22,664                               | 45,201                               | 13,242                               |
| 14                               | 315                                  | 26,739                               | 52,204                               | 20,118                               |
| 28                               | 350                                  | 29,413                               | 57,425                               | 22,129                               |
|                                  | 100%                                 | -91,596%                             | -83,593%                             | -93,677%                             |

**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)

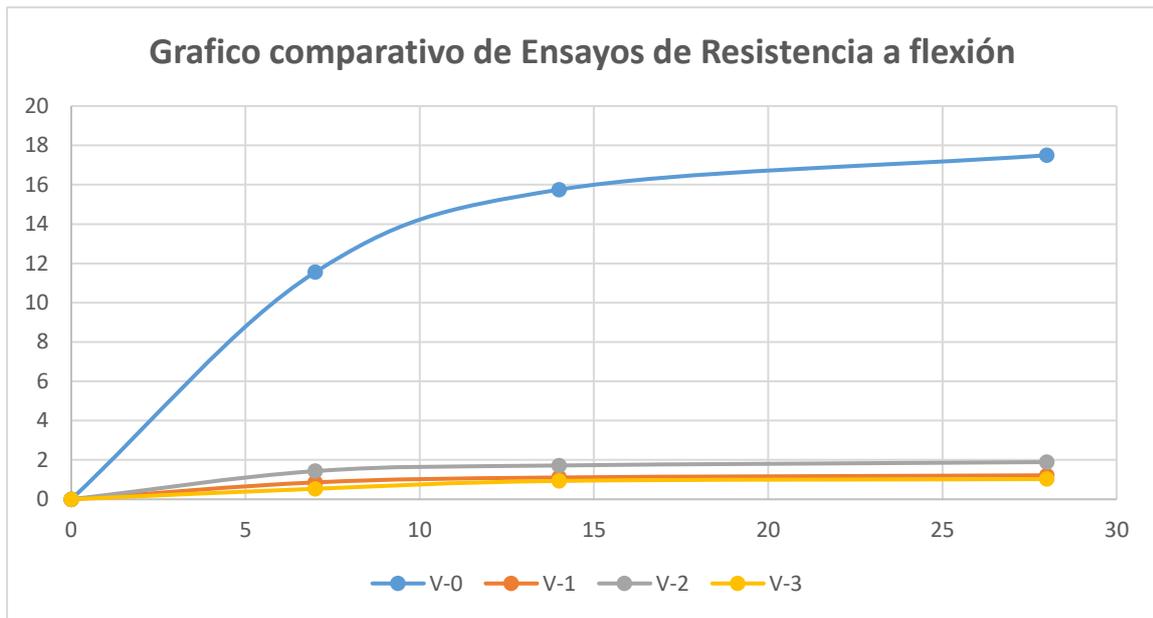


*Ilustración 82: Curva comparativa de resistencia a compresión  
Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 29.** *Tabla comparativa de resistencia a flexión*

| ENSAYOS DE ESFUERZO A FLEXIÓN |                                      |                                      |                                      |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                               | HORMIGÓN<br>HIDRÁULICO               | SUSTITUCIÓN<br>5%                    | SUSTITUCIÓN<br>10%                   | SUSTITUCIÓN<br>15%                   |
|                               | C-0                                  | C-1                                  | C-2                                  | C-3                                  |
| EDAD<br>(DÍAS)                | RESISTENCIA<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 7                             | 11,55                                | 0,837                                | 1,433                                | 0,536                                |
| 14                            | 15,75                                | 1,08                                 | 1,72                                 | 0,935                                |
| 28                            | 17,5                                 | 1,188                                | 1,892                                | 1,028                                |
|                               | 100%                                 | -93,02857143                         | -89,18857143                         | -94,12571429                         |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*



**Ilustración 83:** Curva comparativa de resistencia a flexión  
**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)

## 4.10. Conclusiones y Recomendaciones

### 4.10.1. Conclusiones

- Con respecto al primer objetivo específico, analizar las características del polietileno de tereftalato (PET) y las cenizas de la caña de azúcar, se concluyó que el PET es un material que puede tardar hasta 1000 años en descomponerse, es impermeable, es un material que posee dureza y rigidez lo que lo hace resistente al desgaste, por otro lado, la ceniza del bagazo de la caña de azúcar posee un alto porcentaje de sílice (81%) por lo que es idónea para ser usada como adición puzolánica y pueden ser usados en hormigones hidráulicos.
- Con respecto al segundo objetivo específico, determinar la dosificación de fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y cenizas del bagazo de la caña de azúcar para el hormigón, se obtuvo como conclusión la siguiente dosificación en las que se detalla en las siguientes tablas.

**Tabla 30.** Dosificación de hormigón con resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup>

| DISEÑO DE HORMIGON HIDRAULICO CON RESISTENCIA 350KG/CM2 |      |                     |            |        |            |
|---|------|---------------------|------------|--------|------------|
| COMPONENTES   | 1 M3 | CEMENTO SACO (50Kg) | 6 MUESTRAS | UNIDAD | PORCENTAJE |
| CEMENTO   | 488  | 50                  | 20,875     | KG     | 21,82%     |
| ARENA   | 628  | 64                  | 26,864     | KG     | 28,09%     |
| PIEDRA  | 920  | 94                  | 39,354     | KG     | 41,14%     |
| AGUA  | 200  | 21                  | 8,555      | KG     | 8,94%      |
|   | 2236 | 229                 | 95,648     | KG     | 100%       |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 31.** Dosificación de hormigón con sustitución del 5% de los agregados

**DISEÑO DE HORMIGON HIDRAULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 5% DEL AGREGADO GRUESO Y FINO**

| COMPONENTES                         | 1 M3  | CEMENTO     |            | UNIDAD | PORCENTAJE |
|-------------------------------------|-------|-------------|------------|--------|------------|
|                                     |       | SACO (50Kg) | 6 MUESTRAS |        |            |
| CEMENTO                             | 488   | 50          | 20,875     | KG     | 21,82%     |
| ARENA                               | 596,6 | 60,8        | 25,520     | KG     | 26,68%     |
| PIEDRA                              | 874   | 89,3        | 37,387     | KG     | 39,09%     |
| P.E.T                               | 46    | 4,7         | 1,968      | KG     | 2,06%      |
| CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR | 31,4  | 3,2         | 1,343      | KG     | 1,40%      |
| AGUA                                | 200   | 21          | 8,555      | KG     | 8,94%      |
|                                     | 2236  | 229         | 95,648     | KG     | 100%       |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 32.** Dosificación de hormigón con sustitución del 10% de los agregados

**DISEÑO DE HORMIGON HIDRAULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 10% DEL AGREGADO GRUESO Y FINO**

| COMPONENTES                         | 1 M3  | CEMENTO     |            | UNIDAD | PORCENTAJE |
|-------------------------------------|-------|-------------|------------|--------|------------|
|                                     |       | SACO (50Kg) | 6 MUESTRAS |        |            |
| CEMENTO                             | 488   | 50          | 20,875     | KG     | 21,82%     |
| ARENA                               | 565,2 | 57,6        | 24,177     | KG     | 25,28%     |
| PIEDRA                              | 828   | 84,6        | 35,419     | KG     | 37,03%     |
| P.E.T                               | 92    | 9,4         | 3,935      | KG     | 4,11%      |
| CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR | 62,8  | 6,4         | 2,686      | KG     | 2,81%      |
| AGUA                                | 200   | 21          | 8,555      | KG     | 8,94%      |
|                                     | 2236  | 229         | 95,648     | KG     | 100%       |

*Elaborado por: Guevara y Loor (2021)*

**Tabla 33.** Dosificación de hormigón con sustitución del 15% de los agregados

| <b>DISEÑO DE HORMIGON HIDRAULICO CON SUSTITUCIÓN DEL 15% DEL AGREGADO GRUESO Y FINO</b> |                |                    |                 |               |                   |
|---|----------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------------|
| <b>COMPONENTES</b>  | <b>CEMENTO</b> |                    |                 | <b>UNIDAD</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|   | <b>1 M3</b>    | <b>SACO (50Kg)</b> | <b>MUESTRAS</b> |               |                   |
| <b>CEMENTO</b>  | 488            | 50                 | 20,875          | KG            | 21,82%            |
| <b>ARENA</b>  | 533,8          | 54,4               | 22,834          | KG            | 23,87%            |
| <b>PIEDRA</b>   | 782            | 79,9               | 33,451          | KG            | 34,97%            |
| <b>P.E.T</b>  | 138            | 14,1               | 5,903           | KG            | 6,17%             |
| <b>CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR</b>  | 94,2           | 9,6                | 4,030           | KG            | 4,21%             |
| <b>AGUA</b>   | 200            | 21                 | 8,555           | KG            | 8,94%             |
|   | 2236           | 229                | 95,648          | KG            | 100%              |

**Elaborado por:** Guevara y Loor (2021)

- En base a los estudios y ensayos realizados en esta tesis se obtuvo como resultado que no es posible la elaboración de hormigón hidráulico con resistencia mayores o iguales a 350 kg/ cm<sup>2</sup> reemplazando con los agregados de las cenizas y el material PET reciclado.

#### ***4.10.2. Recomendaciones***

- Se recomienda a la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil orientar a los nuevos investigadores a realizar trabajos de investigación en donde se pueda obtener mayores características del PET reciclado y de las cenizas del bagazo de la caña de azúcar con el propósito de tener una base de datos confiables.
- Este proyecto de investigación se encontraron datos importantes para elaboración de tesis futuras y por lo cual se recomienda trabajar con porcentajes menores al 15% de agregado PET reciclado y ceniza del bagazo de la caña de azúcar con el propósito de obtener mayor resistencia en el hormigón hidráulico.
- En esta tesis se trabajó con incorporación de material PET (reciclado) y ceniza del bagazo de la caña de azúcar con 5%,10%,15%, pero las resistencias no fueron las más optimas a lo propuesto que era de 350 kg/cm<sup>2</sup>, por lo cual se recomienda usar este tipo de materiales en la elaboración de ladrillos, adoquines.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agumba Aguilar, P. J. (2016). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25297/1/tesis.pdf>
- Alecoy, T. (2011). *Las culturas exitosas forjan prosperidad económica desde la concepción del individuo*. Santiago de Chile: Tirso José Alecoy.
- Arapack. (31 de Enero de 2018). *Arapack*. Obtenido de ¿Qué es el PET?: <https://www.arapack.com/faq/que-es-el-pet/>
- ARGOS. (2010). *TIPOS DE DETERIOROS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO*.
- Asamblea Nacional. (2010). *COPCI*. Quito: Editora Nacional.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Editora Nacional.
- Barbazán, C., & Sendra, J. (2012). *Apoyo domiciliario y alimentación familiar: El asistente como eje central en la gestión y mantenimiento del hogar del dependiente*. Vigo: Ideaspropias Editorial.
- Barradas, M. (2014). *Seguimiento de Egresados: Una excelente estrategia para garantizar una educación de calidad*. Bloomington: Palibrio.
- Bastos, A. (2010). *Implantación de Productos y servicios*. Madrid: Ideaspropias.
- Bohigues, I. (2014). *Ámbito sociolingüístico*. Madrid: Paraninfo.
- Borunda, R., Cepeda, J., Salas, F., & Medrano, V. (2013). *Desarrollo y Competitividad de los Sectores Económicos en México*. México, D.F.: Centro de Investigaciones Sociales.
- CAMACHO, J. P. (11 de 2018). Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7482/1/2019\\_dise%c3%b1o\\_estructural\\_pavimento\\_r%c3%adgido.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7482/1/2019_dise%c3%b1o_estructural_pavimento_r%c3%adgido.pdf)
- CARRILLO, E. X. (2019). Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3273/1/T-ULVR-2874.pdf>

- CARRILLO, E. X. (2019). Obtenido de  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3273/1/T-ULVR-2874.pdf>
- CHINOME, A. J. (Septiembre de 2020). Obtenido de  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30448/2020Andresjaimes.pdf?sequence=1>
- CHOQUE, W. C. (2016). En W. C. Choque. Lima.
- Christensen, C. (2014). *Guía del Innovador para crecer: Cómo aplicar la innovación disruptiva*. Madrid: Grupo Planeta Spain.
- Congreso Nacional. (2004). *Ley Forestal y de Conservación de Áreas naturales y vida silvestre*. Quito: Editora Nacional.
- CÓRDOVA, F., & SIMÓN, P. (21 de Diciembre de 2018). Obtenido de  
[https://www.redalyc.org/jatsRepo/5217/521758012002/html/index.html#:~:text=La%20utilizaci%C3%B3n%20de%20las%20cenizas,CO2\)%20que%20se%20generan%20en](https://www.redalyc.org/jatsRepo/5217/521758012002/html/index.html#:~:text=La%20utilizaci%C3%B3n%20de%20las%20cenizas,CO2)%20que%20se%20generan%20en)
- CORNE, K. M. (2019). Obtenido de  
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/4338>
- Cruelles, J. (2012). *Productividad e Incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. Barcelona: Marcombo.
- Cruz, L., & Cruz, V. (17 de Abril de 2010). *Repositorio Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Escuela Politécnica Nacional:  
<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQFjABahUKEwjvwOy4IJPIAhWFF5AKHUAyBFA&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F388%2F1%2FCD-0795.pdf&usg=AFQjCNHr5JIvEUfu2GkrhscjBJ-tStFQQA&sig2=a>
- DAVID, R. R. (2016). Obtenido de  
[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15927/1/RAMOS\\_ROMERO\\_BYRON\\_TITULACION\\_CONSTRUCCIONES\\_CIVILES\\_NOVIEMBRE\\_2016.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15927/1/RAMOS_ROMERO_BYRON_TITULACION_CONSTRUCCIONES_CIVILES_NOVIEMBRE_2016.pdf)

- Dirección General de Responsabilidad Social . (1 de Febrero de 2019). *DGRS*. Obtenido de <https://dgrs.unmsm.edu.pe/2019/02/01/sabe-cuantos-anos-demora-el-plastico-en-degradarse/>
- DOCSITY*. (2016). Obtenido de <https://www.docsity.com/es/trabajo-de-pavimento-unidad-iv/740296/>
- Ecoplas. (28 de Abril de 2015). *Ecoplas*. Obtenido de <https://ecoplas.org.ar/tipos-de-plasticos-y-procesos/>
- Ecu Red*. (s.f.). Obtenido de [https://www.ecured.cu/Ca%C3%B1a\\_de\\_az%C3%BAcar](https://www.ecured.cu/Ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar)
- El Telégrafo. (26 de Mayo de 2012). \$180 millones venden al año los artesanos de muebles. *El Telégrafo*, pág. 9.
- Fernández, R. (2010). *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Alicante: ECU.
- Fernández, R. (2010). *La productividad y el riesgo psicosocial o derivado de la organización del trabajo* . Alicante : ECU.
- Fernández, R. (2011). *La dimensión económica del desarrollo sostenible*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Gan, F., & Gaspar, B. (2007). *Manual de Recursos Humanos: 10 programas para la gestión y el desarrollo del Factor Humano en las organizaciones actuales*. Barcelona: Editorial UOC .
- GEOSEISMIC*. (01 de ENERO de 2017). Obtenido de <http://www.geoseismic.cl/propiedades-del-concreto/>
- Google Maps. (8 de Abril de 2015). *Google*. Obtenido de Google: <https://maps.google.com.ec>
- Griffin, R. (2011). *Administración*. Boston: Cengage Learning.
- Guerrero, R. (2014). *Técnicas elementales de servicio* . Madrid: Paraninfo.
- Guillermo Francisco, S. B. (Febrero de 2014).

- Haden, J. (2008). *El diccionario completo de términos de bienes raíces explicados en forma simple: lo que los inversores inteligentes necesitan saber*. Florida: Atlantic Publishing Group .
- HECTOR, B. Q., & RAFAEL, B. T. (2020). Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3472>
- Hernandez, R., Baptista, & Fernandez, C. (2015). Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sextaedicion.compressed.pdf>
- HUARIPATA, H., & MENDOZA, R. (2018). Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31630>
- HUARIPATA, H., & PILAR, M. D. (2018). Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31630>
- HUIAO. (s.f). Obtenido de <http://spanish.selfadhesiveinsulationpins.com/sale-10152991-5m-length-pet-bottle-label-remover-machine-stripping-rate-99-in-stock.html>
- Iglesias, M. (2011). *Elaboración de soluciones constructivas y preparación de muebles*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.
- INEC. (12 de Diciembre de 2011). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico: [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=112&Itemid=90&](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=90&)
- INEC. (28 de Julio de 2015). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Ecuador en cifras: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi\\_esGuayaquil\\_cifra\\_a\\_cifra.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf)
- Interempresas. (s.f). Obtenido de <https://www.interempresas.net/Plastico/Productos/Trituradoras-de-plastico-y-molinos-granuladores.html>

- Interpresas Media . (s.f). Obtenido de  
<http://www.interempresas.net/Ferreteria/FeriaVirtual/Producto-Eliminadores-de-etiquetas-Ambersil-Label-Remover-149159.html>
- INUMA, C., & MARINA, P. (2019). Obtenido de  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48380/Chamoli\\_IEA-Paredes\\_MTJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48380/Chamoli_IEA-Paredes_MTJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Izurieta Pilay, J. S., & Rodríguez Almeida, A. P. (2018). Obtenido de  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2507>
- JAIMES, C. A. (SEPTIEMBRE de 2020). Obtenido de  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30448/2020Andresjaimes.pdf?sequence=1>
- Joachimsthaler, E. (2008). *Ver lo evidente: Cómo definir y ejecutar la futura estrategia de crecimiento en su empresa*. Barcelona: Ediciones Deusto .
- JOSELO, J., & FRANCISCO, I. (JULIO de 2016). Obtenido de  
<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/264/1/TAI105.pdf>
- Krugman, P., & Wells, R. (2007). *Macroeconomía: Introducción a la economía; Versión española traducida por Gotzone Pérez Apilanez; revisada por José Ramón de Espínola*. Barcelona: Reverté.
- Leiceaga, C., Carrillo, F., & Hernández, Á. (2012). *Economía 1º Bachillerato*. San Sebastián: Editorial Donostiarra.
- Llamas, C. (2009). *MARKETING Y GESTIÓN DE LA CALIDAD TURÍSTICA*. Madrid: Liber Factory .
- Longenecker, J., Petty, W., Palich, L., & Hoy, F. (2012). *Administración de Pequeñas Empresas: Lanzamiento y Crecimiento de iniciativas de emprendimiento*. México, D.F.: Cengage Learning.
- Lopez, J. (2013). *+Productividad*. Bloomington: Palibrio.

- Macías, G., & Parada, L. (2013). *Mujeres, su participación económica en la sociedad*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- MARCILLO, P. L. (2016). Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/16545>
- Marlon Farfan, H. P. (2018). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto. *Redaly*.
- Martínez, I. (2005). *La comunicación en el punto de venta: estrategias de comunicación en el comercio real y online*. Madrid: Esic .
- Merino, E. (2014). El Cambio de la Matriz Productiva. *Buen Viaje*, 10.
- Miranda Rebolledo, R. (2010). *DETERIOROS EN PAVIMENTOS RIGIDOS*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Miranda, A., Zambrano, M., & Yaguana, J. (26 de Julio de 2009). *Dspace Espol*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Espol: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10675/1/D-39734.pdf>
- Monrroy, G. &. (23 de Agosto de 2020). Obtenido de <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/853/857>
- Montero, C. (2005). *Estrategias Para Facilitar la Inserción Laboral a Personas Con Discapacidad*. San José: EUNED.
- Mora, J. (Jorge Mora). *Los libros, aporte bibliográfico, las bellas artes e investigaciones históricas*. Nariño: Pasto.
- Morales, R. (2013). *MF1330\_1: Limpieza doméstica*. Málaga: INNOVA.
- Nutsch, W. (2000). *Tecnología de la madera y del mueble*. Barcelona: Reverté.
- OCDE. (2014). *Colombia: La implementación del buen gobierno*. Paris: OECD Publishing.
- OIT. (2008). *Calificaciones para la mejora de la productividad el crecimiento del empleo y el desarrollo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo .

- Olavarria, M. (2005). *Pobreza, crecimiento económico y políticas sociales*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Opemed*. (21 de Junio de 2020). Obtenido de <http://gestionderesiduosonline.com/que-es-el-reciclaje-quimico/>
- Ovacen. (s.f). Obtenido de <https://ovacen.com/como-hacer-una-maquina-para-reciclar-plastico/>
- PACHECO, V. (2020). Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60674>
- Palacio, A. E. (2021). Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4234>
- Peralta, N. (24 de Septiembre de 2010). *Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2695/1/T0878-MT-Peralta-Industria%20maderera.pdf>
- Perdigones, J. (2011). *MF0996\_1: Limpieza del mobiliario interior*. Málaga: INNOVA.
- Perdomo, O. (2012). *¡Abre tu negocio... y vivirás en abundancia!* Bloomington: Palibrio.
- PLA, J. I. (ENERO de 2017). Obtenido de [http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/3525/a118570\\_Real\\_J\\_Deterioro\\_en\\_pavimentos\\_rigidos\\_soluciones\\_2017\\_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/3525/a118570_Real_J_Deterioro_en_pavimentos_rigidos_soluciones_2017_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Puig-Durán, J. (2011). *Certificación y modelos de calidad en hostelería y restauración*. Madrid: Diaz de Santos.
- Quimbiulco, C. (3 de Marzo de 2012). *Dspace Universidad Central del Ecuador*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/903/1/T-UCE-0003-51.pdf>
- Raffino, M. E. (23 de Febrero de 2020). Obtenido de <https://conceptode/investigacion-cientifica/>.
- RAQUEL, F. B. (2014 ). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2559/1/T-UCE-0011-87.pdf>

- REAL, J. (ENERO de 2017). Obtenido de [http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/3525/a118570\\_Real\\_J\\_Deterioro\\_en\\_pavimentos\\_rigidos\\_soluciones\\_2017\\_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/3525/a118570_Real_J_Deterioro_en_pavimentos_rigidos_soluciones_2017_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- RECYTRANS (soluciones globales para el reciclaje). (25 de 06 de 2014). Obtenido de <https://www.recytrans.com/blog/el-reciclaje-del-plastico/>
- Repullo, J. (2006). *Sistemas y servicios sanitarios: Manuales de Dirección Médica y Gestión Clínica*. Madrid: Ediciones Días de Santos.
- Risco, L. (2013). *Economía de la empresa: Prueba de acceso a la Universidad para mayores de 25 años*. Bloomington: Palibrio.
- RIVERA, J. A. (2019). Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32000/ReveloRiveraJhonatanAlexander2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20pavimento%20r%C3%ADgido%20es%20una,tensiones%20muy%20bajas%20en%20la>
- RIVERA, J. A. (2019). Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32000/ReveloRiveraJhonatanAlexander2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera, M. &. (2020). Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/51523>
- Rodríguez, R. (2014). *Técnicas de tapizado de mobiliario: TCPF0209. Operaciones auxiliares de tapizado de mobiliario y mural*. Madrid: IC Editorial.
- Ruano, C., & Sánchez, M. (2014). *UF0083: Diseño de Productos y servicios turísticos locales*. Málaga: IC Editorial.
- SANCHES, A. M., VAYAS, T., MAYORGA, F., & FREIRE, C. (07 de DICIEMBRE de 2020). Obtenido de <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/12/Sector-azucarero-del-Ecuador.pdf>
- SCIELO. (2018). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2224-79202018000100001&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-79202018000100001&lng=es&nrm=iso)

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2012). *Transformación de la Matriz Productiva: Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano*. Quito : SENPLADES .

Sescovich, S. (2009). *La gestión de personas: un instrumento para humanizar el trabajo*. Madrid: Libros en Red.

Siaprendes. (s.f.). Obtenido de <http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/3/03-cana-azucar/contexto-2.html#>

SoloStocks. (s.f.). Obtenido de <https://www.solostocks.com.mx/venta-productos/maquinaria-procesar-plasticos/otra-maquinaria-procesar-plastico/molido-lavado-y-secado-de-plastico-1268581>

SOSA, G. P., & GÓMEZ, E. F. (MAYO de 2016). Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/5759/DOCUMENTO%20FINAL%20%28metodos%20de%20dise%c3%b1o%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Soto, E., Valenzuela, P., & Vergara, H. (2003). *Evaluación del impacto de la capacitación en la productividad*. Santiago de Chile : FUNDES.

Tamayo, M. T. (5 de Noviembre de 2019). El proceso de la Investigación . *Limusa Noriega Editores*.

VALER PACHECO, P. E. (2020). Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60674>

VALERIA PACHECO, P. E. (2020). Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60674>

Valle, A. (1991). *Productividad: Las visiones neoclásica y marxista*. México, D.F. : UNAM.

## ANEXOS

### Anexo 1. Diseño de hormigón hidráulico con una resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup>

|  |                        |  |                        |
|--|------------------------|--|------------------------|
| RESISTENCIA  | 350                    | Kg/cm <sup>2</sup>                         |                        |
| <b>PROPIEDADES FISICAS</b>                                 |                        |  |                        |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>                                     |                        | <b>AGREGADO FINO</b>                       |                        |
| Peso Volumétrico Varillado (P.V.V.):                       | 1314 Kg/m <sup>3</sup> | Densidad Saturada Sup. Seca (D.S.S.S.):    | 2400 Kg/m <sup>3</sup> |
| Peso Volumétrico Suelto (P.V.S.):                          | 1264 Kg/m <sup>3</sup> | Peso Volumétrico Suelto (P.V.S.):          | 1457 Kg/m <sup>3</sup> |
| Densidad Saturada Sup. Seca (D.S.S.S.):                    | 2440 Kg/m <sup>3</sup> | Modulo de Finura (M.F.):                   | 2.8                    |
| <b>PESO EN KG. EN 1 m<sup>3</sup> DE HORMIGON</b>          |                        | <b>PESO EN KG. PARA UN SACO DE CEMENTO</b> |                        |
| CEMENTO:   | 488 Kg.                | CEMENTO:                                   | 50 Kg.                 |
| AGUA:  | 200 Kg.                | AGUA:                                      | 21 lts.                |
| PIEDRA:  | 920 Kg.                | PIEDRA:                                    | 94 Kg.                 |
| ARENA:   | 628 Kg.                | ARENA:                                     | 64 Kg.                 |
| OBSERVACIONES  |                        |  |                        |
| <b>Cemento</b>   | 1 saco                 | 50 Kg.                                     |                        |
| <b>Piedra</b>  | 3 cajonetas            | Cajonetas 36 x 36 x 19 cm.                 |                        |
| <b>Arena</b>   | 2 cajonetas            | Cajonetas 34 x 34 x 19 cm.                 |                        |
| <b>Agua</b>  | 21 litros              |  |                        |
| Las medidas de las cajonetas son interiores.               |                        |  |                        |
| <b>Los materiales deben de encontrarse en estado seco.</b> |                        |  |                        |