

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**DISEÑO DE UN MATERIAL A BASE DE CEMENTO Y CENIZA
EN LA APLICACIÓN DE REPARACIÓN DE VÍAS**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

**GABRIEL ANTONIO GARCÉS ROSS
FABRICIO ALBERTO MOGRO MANTILLA**

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mi madre Jacqueline Elizabeth Ross Ramos y a mi padre Gonzalo Fernando Garcés Averos. A mi segunda madre Nelly Olmedo y mi pareja Doménica Chávez.

Garcés Ross, Gabriel Antonio

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a mi madre querida que siempre me ha apoyado en todo momento y en cada decisión de mi vida, mi padre querido que vela por mí desde el cielo, que supo aconsejarme sabiamente y ayudarme en todo lo que pudo. A mi pareja que me ha ayudado a seguir adelante en los momentos más difíciles. A todas mis mascotas (Toby, Rayo, Chop y Sol) que me han acompañado las largas noches de estudio y me han calmado las ansias y reducido el estrés. A todos mis familiares y amigos que han estado en el transcurso de estos años apoyándome. A todos mis compañeros y futuros colegas. A nuestra tutora de tesis, Ph.D Natividad Leonor García Troncoso, por su guía y paciencia en este trabajo de titulación. A nuestra profesora Msc. Samantha Hidalgo por su apoyo, a nuestro cotutor Msc. Danilo Dávila Guamán. Al Ing. Arián Briones, Msc. Daniel Falquez, Ing. Washington Pincay y Nadia Vanegas, por su tiempo y predisposición durante la experimentación.

Garces Ross, Gabriel Antonio
Mogro Mantilla Fabricio Alberto

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Gabriel Antonio Garcés Ross* y *Fabricio Alberto Mogro Mantilla*, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Fabricio Mogro Mantilla', written over a horizontal line.

Fabricio Alberto Mogro
Mantilla

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriel Garcés Ross', written over a horizontal line.

Gabriel Antonio Garcés
Ross

EVALUADORES

Ph.D Miguel A. Chavez Moncayo

PROFESOR DE LA MATERIA

Ph.D Natividad Leonor García Troncoso

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Actualmente en Ecuador, uno de los mayores problemas en cuanto al sistema vial es el estado y la conservación de las carreteras, en donde es notoria las consecuencias que traen estos imperfectos hacia la población. El objetivo de este proyecto es elaborar un mortero a base de ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la reparación de vías mediante la caracterización de distintos materiales, el diseño de dosificaciones y la elaboración de mezclas optimizadas con adiciones de ceniza y zeolita. Ante la situación que atraviesa el país, se plantea la oportunidad de proponer un mortero de reparación que aporte con criterios sostenibles y técnicos. Para cumplir con los objetivos mencionados fue necesario realizar ensayos a distintos materiales, lo cual permitió el diseño de las mezclas de mortero tradicional M3, M5 y a su vez, de las dosificaciones M – 50% C y M - 75% C, con variaciones en el porcentaje de adición de cenizas en reemplazo de arena. La ejecución de ensayos de compresión, tracción y adherencia, permitieron evaluar las propiedades de cada mezcla y dosificación, en donde se determinó valores máximos de resistencia a la compresión de 17.96 MPa, módulo de elasticidad de 2000 Kgf/cm² y adherencia de 0.52 MPa. La mezcla M5 – 50% C, que se postula bajo distintos criterios como propuesta para material de reparación por su mejor desempeño entre las opciones que se evalúan, no satisface los parámetros que exigen las normativas de morteros de reparación de pavimentos rígidos.

Palabras Clave: Mortero de Reparación, Pavimentos Rígidos, Dosificación, Zeolita.

ABSTRACT

Currently in Ecuador, one of the biggest problems in terms of the road system is the condition and maintenance of roads, where the consequences of these imperfections for the population are notorious. The objective of this project is to develop a mortar based on sugar cane bagasse ash for the repair of roads through the characterization of different materials, the design of dosages and the development of optimized mixtures with additions of ash and zeolite. Due to the situation the country is going through, the opportunity arises to propose a repair mortar that contributes with sustainable and technical criteria. In order to meet the mentioned objectives, it was necessary to carry out tests on different materials, which allowed the design of the traditional mortar mixes M3, M5 and, in turn, of the dosages M - 50% C and M - 75% C, with variations in the percentage of ash addition in replacement of sand. The execution of compression, traction and adherence tests allowed evaluating the properties of each mixture and dosage, where maximum values of compressive strength of 17.96 MPa, modulus of elasticity of 2000 Kgf/cm² and adherence of 0.52 MPa were determined. The M5 - 50% C mix, which is postulated under different criteria as a proposed repair material due to its better performance among the options evaluated, does not meet the parameters required by the regulations for rigid pavement repair mortars.

Keywords: *Repair Mortar, Rigid Pavements, Dosage, Zeolite.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
CAPÍTULO 1.....	14
1. Introducción	14
1.1 Antecedentes.....	17
1.2 Localización	20
1.3 Información básica.....	21
1.4 Objetivos.....	23
1.4.1 Objetivo General	23
1.4.2 Objetivos Específicos	23
1.5 Justificación	24
CAPÍTULO 2.....	25
2. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	25
2.1 Consideraciones de diseño.....	25
2.2 Marco teórico	25
2.3 Trabajo de campo, laboratorio y gabinete.....	28
2.3.1 Adquisición de materiales	28
2.3.2 Granulometría	30
2.3.3 Absorción y gravedad específica.....	31

2.3.4	Densidad aparente de los agregados.....	34
2.3.5	Proceso de estandarización de mezcla manual	35
2.4	Análisis de alternativas	36
CAPÍTULO 3.....		41
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	41
3.1	Diseños.....	41
3.1.1	Geometría	42
3.1.2	Dosificación Control	45
3.1.3	Dosificación 50%.....	48
3.1.4	Dosificación 75%.....	50
3.2	Especificaciones técnicas	52
3.3	Equipo y maquinaria	53
3.3.1	Viga de Hormigón.....	53
3.3.2	Mortero.....	53
3.3.3	Cubos.....	53
3.3.4	Probetas en forma de hueso	54
3.3.5	Barras.....	54
3.3.6	Ensayo de adherencia.....	54
3.4	Procedimientos	54
3.4.1	Mezcla de hormigón	54
3.4.2	Mezcla de mortero.....	54
3.4.3	Cubos de hormigón	55
3.4.4	Barras de mortero	56
3.4.5	Probetas en forma de hueso	57
3.4.6	Ensayo de compresión.....	57
3.4.7	Ensayo de retracción.....	57

3.4.8	Ensayo a tracción.....	58
3.4.9	Ensayo de Fluidez.....	58
3.4.10	Ensayo de adherencia.....	58
CAPÍTULO 4.....		60
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	60
4.1	Objetivos.....	60
4.1.1	Objetivo general	60
4.1.2	Objetivos específicos	60
4.2	Descripción del proyecto.....	60
4.2.1	Alterativa 1: Nuevo diseño de vía.....	60
4.2.2	Alterativa 2: Elaboración de un material de reparación de pavimentos rígidos, a base de ceniza del bagazo de caña de azúcar.	61
4.2.3	Alterativa 3: Sustitución parcial o total del espesor de la losa.	62
4.3	Actividades del proyecto	63
4.4	Identificación de impactos ambientales	65
4.5	Valoración de impactos ambientales	69
4.6	Medidas de prevención/mitigación.....	71
4.7	Conclusiones	72
CAPÍTULO 5.....		73
5.	PRESUPUESTO.....	73
5.1	EDT.....	73
5.2	Descripción de rubros.....	74
5.3	Descripción de cantidades de obra.....	76
5.4	Análisis de costos unitarios.....	77
CAPÍTULO 6.....		79
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.	79
6.1	Ensayo de compresión general	79

6.2	Selección entre diseño de mezclas	86
6.2.1	Comparación M5 vs. M3	88
6.2.2	Análisis por compresión M5 vs. M3.....	90
6.2.3	Análisis por tracción M5 vs. M3.....	90
6.2.4	Análisis por fluidez M5 vs. M3.....	91
6.3	Selección de dosificaciones M5 50% C vs. M5 75% C.....	92
6.3.1	Comparación M5 – 50% C vs. M5 – 75% C	94
6.3.2	Análisis por compresión M5 – 50% C vs. M5 – 75% C	95
6.3.3	Análisis por tracción	96
6.3.4	Análisis por fluidez	98
6.4	Ensayo de Retracción.....	99
6.5	Ensayo de adherencia	101
CAPÍTULO 7.....		104
7.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	104
	Recomendaciones	107
8.	Bibliografía	108
ANEXOS.....		112

ABREVIATURAS

ECC	Engineered Cementitious Compound
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
TPDA	Tráfico Promedio Diario Anual
ASTM	American Society for Testing and Materials
NTE	Normas Técnicas Ecuatorianas
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
PMA	Plan de Manejo Ambiental
MAE	Ministerio del Ambiente
HE	High early strength
SSS	Saturado superficialmente seco
<i>a/c</i>	Relación agua cemento
M3	Mezcla 3 de control
M5	Mezcla 5 de control
M3 – 50% C	Mezcla 3 con adición del 50% de la cantidad de arena por ceniza
M3 – 75% C	Mezcla 3 con adición del 75% de la cantidad de arena por ceniza
M5 – 50% C	Mezcla 5 con adición del 50% de la cantidad de arena por ceniza
M5 – 75% C	Mezcla 5 con adición del 75% de la cantidad de arena por ceniza

SIMBOLOGÍA

m	Metro
m ³	Metro cúbico
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro cuadrado
mm	Milímetro
Kg	Kilogramo
g	Gramo
Ft	Feet
°C	Grado centígrado
Min	Minuto
s	Segundo
MPa	Megapascal
N	Newton

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Identificación de la Vía de estudio	20
Figura 1.2 Resumen de esfuerzos de compresión de 7 a 28 días	22
Figura 1.3 Resumen de esfuerzos de flexión de 7 a 28 días	23
Figura 2.1 Tipos de fallas en ensayo de adherencia.....	28
Figura 2.2 Secado de arena	29
Figura 2.3 Cuarteo de arena	30
Figura 2.4 Agregado fino tamizado	31
Figura 2.5 Proceso de secado	33
Figura 2.6 Verificación de masa seca	34
Figura 2.7 Superplastificante Sikament N-500.....	36
Figura 2.8 Proceso de mezclado manual.....	36
Figura 3.1 Modelado de cubos.....	43
Figura 3.2 Modelado de barras	44
Figura 3.3 Modelado de probeta con forma de hueso de perro	45
Figura 3.4 Distribución de golpes para compactación de cubos	56
Figura 4.1 Representación visual de la valoración cualitativa.....	70
Figura 5.1 Estructura de desglose de trabajo de la preparación de mezcla	73
Figura 5.2 Estructura de desglose de trabajo de la metodología de reparación	74
Figura 6.1 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M3 control	79
Figura 6.2 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M5 control	80
Figura 6.3 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M3 – 50% C	81
Figura 6.4 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M5 – 50% C	82
Figura 6.5 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M3 – 75% C	83
Figura 6.6 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M5 – 75% C	84
Figura 6.7 Resistencia a compresión de Mezcla 3 a los 28 días	84
Figura 6.8 Resistencia a compresión de Mezcla 5 a los 28 días	85
Figura 6.9 Composición tipo de 1m ³ de mortero.....	87
Figura 6.10 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M5 vs. M3	90
Figura 6.11 Diagrama esfuerzo - deformación M5 vs. M3 a los 28 días	91
Figura 6.12 Diagrama de porcentajes de factores	93

Figura 6.13 Resistencia a compresión de Mezcla 5 50% C y 75% C a los 28 días ...	95
Figura 6.14 Diagrama esfuerzo - deformación M5 50% C y 75% C a los 7 días	96
Figura 6.15 Diagrama esfuerzo - deformación M5 50% C y 75% C a los 28 días	97
Figura 6.16 Evaluación de fluidez en M5 - 50% C	98
Figura 6.17 Retracción en seco M5 - 50%.....	99
Figura 6.18 Retracción en seco entre M5 - 50% C y M5 - 75% C.....	100
Figura 6.19 Retracción bajo curado entre M5 - 50% C y M5 - 75% C	101
Figura 6.20 Muestras evaluadas por adherencia	102
Figura 6.21 Resistencia de adherencia M5 - 50% C en superficie de hormigón.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Coordenadas de puntos de localización de vía de interés	20
Tabla 1.2	Proporciones de materiales empleados	21
Tabla 2.1	Abertura de tamices más usados.....	27
Tabla 2.2	Granulometría de zeolita.....	29
Tabla 2.3	Granulometría de agregado fino	31
Tabla 2.4	Peso de muestras obtenidas.....	32
Tabla 2.5	Valores de gravedad específica y absorción obtenidos	33
Tabla 2.6	Masas obtenidas en ensayo	35
Tabla 2.7	Valores individuales y promedio de peso volumétrico del agregado.....	35
Tabla 2.8	Valores de densidad calculados	35
Tabla 2.9	Criterios y escala para evaluación de alternativas	38
Tabla 2.10	% Peso de cada criterio considerado.....	38
Tabla 2.11	Evaluación de alternativas propuestas.....	39
Tabla 3.1	Densidad de materiales	41
Tabla 3.2	Dimensiones de viga de hormigón	42
Tabla 3.3	Volumen requerido para viga de hormigón	42
Tabla 3.4	Dimensiones de cubos.....	43
Tabla 3.5	Volumen requerido para elaboración de cubos.....	43
Tabla 3.6	Dimensiones de moldes de barras.....	44
Tabla 3.7	Cantidades requeridas para elaboración de barras	44
Tabla 3.8	Dimensiones de probeta en forma de hueso	45
Tabla 3.9	Cantidades requeridas para elaboración de probetas en forma de hueso.	45
Tabla 3.10	Dosificación para cubos de Mezcla control	46
Tabla 3.11	Dosificación para cubos de Mezcla 5 control	46
Tabla 3.12	Dosificación para barras y probetas de Mezcla 3 control.....	47
Tabla 3.13	Dosificación para barras y probetas de Mezcla 5 control.....	47
Tabla 3.14	Dosificación para barras y probetas de mezcla 3 control.....	48
Tabla 3.15	Dosificación para cubos con 50% de adición de ceniza M5.....	49
Tabla 3.16	Dosificación para cubos con 50% de adición de ceniza M3.....	49
Tabla 3.17	Dosificación para barras y probetas con adición de 50% de ceniza M5 ..	50
Tabla 3.18	Dosificación para barras y probetas con adición de 50% de ceniza M3 ..	50

Tabla 3.19 Dosificación para cubos con 75% de adición de ceniza M5.....	51
Tabla 3.20 Dosificación para cubos con 75% de adición de ceniza M3.....	51
Tabla 3.21 Dosificación para barras y probetas con adición de 75% de ceniza M5 ..	52
Tabla 3.22 Dosificación para barras y probetas con adición de 75% de ceniza M3 ..	52
Tabla 3.23 Normas técnicas Elaboración de mortero y hormigón.....	53
Tabla 3.24 Normas técnicas de ensayos	53
Tabla 3.25 Procedimiento de mezclado	55
Tabla 3.26 Tolerancia admisible para la edad de ensayo de cubos	57
Tabla 4.1 Árbol de acciones de alternativa 1	63
Tabla 4.2 Árbol de acciones de alternativa 2	64
Tabla 4.3 Árbol de acciones de alternativa 3	65
Tabla 4.4 Factores de Matriz de Leopold, alternativa 1	66
Tabla 4.5 Factores de Matriz de Leopold, alternativa 2	67
Tabla 4.6 Factores de Matriz de Leopold, alternativa 3	68
Tabla 4.7 Valoración cualitativa de acciones con mayor índice de impacto	69
Tabla 4.8 Plan de manejo de desechos de la caña de azúcar.....	71
Tabla 5.1 Rubros considerados para la elaboración del mortero de reparación.....	75
Tabla 5.2 Rubros propuestos para la metodología de aplicación del mortero	75
Tabla 5.3 Cantidades empleadas para 1m ³ de mortero.....	76
Tabla 5.4 Análisis de precios unitarios.....	77
Tabla 5.5 Análisis de precios unitarios de alternativa propuesta	78
Tabla 6.1 Resistencia a compresión de M3 control	79
Tabla 6.2 Resistencia a compresión de M5 control	80
Tabla 6.3 Resistencia a compresión de M3 - 50% C	80
Tabla 6.4 Resistencia a compresión de M5 - 50% C	81
Tabla 6.5 Resistencia a compresión de M3 - 75% C	82
Tabla 6.6 Resistencia a compresión de M5 - 75% C	83
Tabla 6.7 Porcentaje de materiales en 1 m ³ de mortero tipo	86
Tabla 6.8 Peso de indicadores y factores de selección	87
Tabla 6.9 Valoración cuantitativa	87
Tabla 6.10 Efectos de factores por cantidad.....	88
Tabla 6.11 Cantidades empleadas y obtenidas entre mezclas	88
Tabla 6.12 M5 vs. M3	89

Tabla 6.13 Lecturas de ensayo de fluidez M5 vs. M3	91
Tabla 6.14 Peso de indicadores y factores de selección	92
Tabla 6.15 Efectos de factores por cantidad.....	93
Tabla 6.16 Cantidades empleadas y obtenidas entre dosificaciones.....	94
Tabla 6.17 M5 - 50% C vs. M5 - 75% C.....	94
Tabla 6.18 Lecturas de fluidez M5 - 50%C vs. M5 - 75%C.....	98
Tabla 6.19 Resultados de ensayo de adherencia mezcla M5 - 50% C.....	102

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales de construcción brindan diferentes propiedades y características en el medio en que se emplean, pueden provenir de distintos orígenes, es por eso que una de sus grandes clasificaciones se da de acuerdo a la materia prima que fue empleada para su fabricación. Entre estos materiales se encuentra el cemento, el cual es un material que ha sido aprovechado desde hace mucho tiempo atrás y que actualmente es usado en todo el mundo. Sus diferentes aplicaciones han sido una solución para múltiples problemáticas, en donde se han desarrollado técnicas ingenieriles que han permitido crear formulas en búsqueda de resultados esperados para su implementación en distintos escenarios, especialmente obras de ingeniería civil.

Del cemento pueden derivarse, hormigones (armado y presforzado), morteros, piedras artificiales y fibrocementos. Cada uno tiene su campo de aplicación y brinda propiedades específicas que son aprovechadas en el ámbito del diseño y la construcción de obras de diferentes envergaduras.

El mortero a base de cemento, específicamente, es uno de los más utilizados, su mezcla requiere material cementicio y otros elementos como agua y agregado fino (arena), en ciertas ocasiones se puede llegar a emplear aditivos también, con la finalidad de aumentar, disminuir o alcanzar alguna propiedad requerida. Para el proceso de su conformación existen normativas vigentes que deben ser empleadas para cumplir con los requisitos establecidos de acuerdo con el uso que se le vaya a dar, como, por ejemplo, unión de elementos en la construcción, levantamientos de muros, relleno de espacios entre bloques, trabajo de revestimientos, trabajos en carreteras, entre otros. Pero, según su uso, de manera general los morteros se llegan a clasificar en morteros de pega, de relleno y de revestimiento (Sánchez, 2002).

Actualmente, dado el movimiento por la conservación del medio ambiente y los criterios de sostenibilidad, en la elaboración de materiales de construcción se trata de utilizar tanto nuevos materiales como técnicas que reduzcan el impacto ambiental. Ciertos materiales ya han sido aplicados y estudiados, mientras que otros están en proceso. Es el caso de la ceniza del bagazo de caña, que se produce cuando se

fabrica azúcar, en donde este bagazo o fibra, que es utilizado como generador de energía y para procesos de combustión en la producción de etanol, puede llegar a ser sometido a combustión, dando como resultado cenizo. Ya se ha utilizado este residuo como reemplazante del agregado fino, sin embargo, se conoce que su mayor virtud se da al ser considerado como reemplazante del material cementicio, ya que la ceniza posee propiedades puzolánicas (Escandón, 2012). Por ejemplo, para hormigones, se conoce que se ha logrado mejorar las propiedades mecánicas tanto a compresión como a flexión con la inclusión de la ceniza (Juan Pablo Izquierdo, 2019).

Uno de los tantos campos de aplicación de los materiales de construcción, es la rama del diseño y construcción de vías y pavimentos. Las vías no solo conectan espacios físicos entre sí, si no que su implementación permite dar movimiento a sectores turísticos, agrícolas, ganaderos, entre otros. Es de suma importancia que un país o región cuente con vías como parte de su desarrollo. Los factores mencionados permiten promover la economía local brindando así oportunidades de mejoras a una comunidad.

Las vías se clasifican según su competencia o jurisdicción, características o capacidad, tipo de terreno y velocidad de diseño (Carvajal, 2021), mientras que los pavimentos, dada su distribución de esfuerzo a la superficie se pueden clasificar en pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Los pavimentos flexibles poseen una pequeña área de distribución de la carga aplicada, lo que termina resultando en una gran presión de contacto en el pavimento, su vida estimada de servicio es de entre 10 a 20 años y requieren un mantenimiento continuo, mientras que, los pavimentos rígidos por el contrario, cuentan con áreas de mayor magnitud para la distribución de las cargas, por lo que la presión de contacto se reduce, su vida de servicio es superior, entre 20 a 30 años, poseen un costo inicial alto, pero su mantenimiento continuo es mínimo (Gordillo I. C., 2021).

El tráfico promedio diario anual (TPDA) brinda la información del flujo diario vehicular de alguna vía en el transcurso de un año, pero debido a sus altos costos y largo tiempo de ejecución se realizan conteos más cortos como: mensuales, semanales y diarios, en las fechas o días más representativos, dando paso a los factores de ajustes, los cuales aproximan las mediciones al TPDA.

Las carreteras se pueden clasificar según su tráfico proyectado a 15 o 20 años, valor que puede ser determinado con el TPDA, dependiendo del intervalo en que se encuentren pueden llegar a ser: tipo V, IV, III, II, I, R-I y RII, correspondiendo a una autopista, corredor arterial, vía colectora o camino vecinal según el Ministerio de Transporte de Obras Públicas del Ecuador (Comunicaciones, 2002).

Adicionalmente, el estado de una vía o un pavimento es algo que se tiene que tomar en cuenta, dado que el mismo puede alterar los beneficios ya mencionados. Una vía en mal estado puede llegar a ocasionar accidentes de tránsito que involucren vidas humanas. Estos siniestros se dan por las fallas que ocurren en las superficies del pavimento, en donde los conductores u operadores deben generar maniobras para evadir imperfectos y por ende, ponen en riesgo sus vidas y las de transeúntes. Entre las principales fallas que se manifiestan en los pavimentos flexibles se tienen las siguientes: fisuras y grietas, deformaciones en la superficie y desintegración de la capa de rodadura, mientras que para pavimentos rígidos se tienen fisuras, deformaciones, desintegración y deficiencia de juntas (Gordillo C. , 2018).

En los proyectos civiles, es necesario contar con un Plan de Manejo Ambiental (PMA), en el cual se detallan las acciones e intervenciones que son llevadas a cabo con la finalidad de salvaguardar los recursos naturales involucrados. Este plan, se desarrolla luego de haber reconocido e identificado los posibles impactos a los que puede estar sujeto el ambiente dado el desarrollo del proyecto. Para el mismo, se debe tener en cuenta el marco jurídico ambiental del Ecuador y las leyes de Gestión Ambiental, Prevención y Control de Contaminación Ambiental. Este plan contiene medidas preventivas, de mitigación y de compensación (Consulting, 2015).

1.1 Antecedentes

Actualmente, todo el Ecuador a lo largo de su territorio posee vías con diferentes factores que perjudican la movilización normal. Es un tema relevante que preocupa mucho, ya que, según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, menos del 13% de las vías están en un muy buen estado, el 44% está en estado bueno y en el 43% restante se debe movilizar con precaución (Ponce, 2022). Empezando por el sector costero, una de las provincias con mayor necesidad de intervención es Manabí, en donde se ha catalogado como urgente la petición de atención hacia el estado con fines de aplicar mantenimientos a la red vial (Diario, 2022). Dicha red, es conocida por ser la más extensa del país, contando con más de 1100 km de carreteras que están bajo administración y control del estado. Entre las diversas características del estado de las vías manabitas constan baches, tramos inconclusos, deslizamientos y desniveles, que involucran accidentes automovilísticos, retrasos y complicaciones en situaciones de emergencia, alejamiento de turistas, y desfavorecimientos en el traslado y movilización de productos y personas. Todos estos factores terminan bajando la inversión que se realiza en la provincia (Diario, 2022).

En la región Sierra, existen problemas similares, mal estado en red vial estatal, teniéndose huecos, baches, grietas. Un factor importante para estas consecuencias es el clima, las lluvias fomentan en gran parte estos daños, que cuestan millones de dólares reparar, largos años de trabajo, y requieren en ciertos casos participación del sector privado. Se hace énfasis en que los mantenimientos deben ser secuenciales, de carácter rutinario o periódico y de tipo preventivo y correctivo (Comercio, 2022). En Quito, no hay presencia de una sola vía en estado óptimo, el mantenimiento es intermitente, y se menciona que al darse uno de buena calidad se puede tener vida útil de al menos 10 años (Cóndor, 2022).

Se han realizado 6.124 intervenciones de mantenimiento vial en Quito, como medida para posteriormente realizar mayores intervenciones, es decir, se da prioridad a las vías de alto volumen, mientras que las restantes entran en un proceso de programación. Durante el 2022, se han atendido 134.392

intervenciones (Informa, 2022), y la cantidad de baches es considerable con el pasar de los años, por ejemplo, en 2021, La Empresa de Obras Públicas atendía aproximadamente 4500 baches semanalmente, que terminó en inversión de un monto aproximado de 52.5 millones para el 2022, fijándose el poder combatir estos escenarios desfavorables, en donde se pretende abarcar 45 km de repavimentación y 36 km de construcción de calzada (Coba, 2021).

Teniendo presente lo mencionado, las carreteras deben tomarse en cuenta, ya que su buen estado brinda arterias de desarrollo, miden la economía, reducen accidentes, benefician el sector turístico y mueven actividades agrícolas, ganaderas y de alta productividad (Comercio, 2022).

Y es que, en Quito, se presenta común el evadir baches que traen riesgos de choque, golpes con veredas, atropellamientos, caídas en huecos, frenos bruscos y repentinos y llantas reventadas. Tentativamente 8 de 10 carreteras deben ser rehabilitadas, la solución es repavimentación, pero como no hay dinero se hace bacheo. Lo que se requiere es una solución integral (Salazar, 2021).

En la vía Cuenca-Girón Pasaje, también existen problemas para conectar Azuay con otras provincias, la carretera presenta fallas que no son atendidas por el gobierno. De hecho, existen trabajos que empezaron en el 2018 y que están inconclusos hasta la actualidad, incluso tramos mejorados que nuevamente presentan deterioro. Por el momento, se sabe que en algunos casos es requerido financiamiento externo (Pérez, 2022). Otra vía afectada es la de Loja-Cuenca, en donde existen tramos aún más críticos por presentar fallas geológicas, se han ofrecido medidas para reducir los baches, daños en vehículos, el cambio frecuente de neumáticos, pero todo ha quedado en etapa de ofrecimiento. En ciertos casos el mantenimiento ha sido leve (Crónica D. , 2022).

Otro caso se da en el cantón Joyas de los Sachas, en el Oriente, en donde existe deterioro en vías, que ha comprometido la seguridad de conductores con casos de accidentes. El consejo provincial no ha respondido de manera favorable, y el mantenimiento que se da es de una vez por año, previo el invierno (Radio, 2022).

En la región insular, los daños en vías no han pasado desapercibidos, en el 2016, torrenciales lluvias causaron afectaciones de distintas características. Por ejemplo, el volumen de las aguas de las encañadas aumentó considerablemente, arrasando con distintas infraestructuras, como viviendas y también vías. El exceso de agua no ha podido ser controlado por los drenajes y las alcantarillas, es el caso de la isla Santa Cruz, en donde la vía principal que lleva al aeropuerto ha sufrido daños considerables, involucrando la ciclo vía. La carretera principal que conecta Puerto Ayora con el aeropuerto ha sufrido afectaciones en las capas de la superficie de rodadura, la lluvia a su vez ha logrado arrastrar materiales como ripio, piedras y vegetación, que causan taponamientos y destrucción de las vías (Galápagos, 2016).

En cuanto a temas sostenibles, es indispensable que existan acuerdos y planes de manejo ambiental, ya que el ignorar estos requisitos o quitarles valor se puede terminar en conflictos legales. En el año 2015, en la región Oriente, se tuvo el caso de una obra vial que terminó poniendo como protagonistas en un acto de enfrentamientos al gobierno nacional con la prefectura de Morona Santiago. La vía Ebenezer-Macuma-Taisha, de 87.3 kilómetros de longitud que conecta Macas con Taisha se encontraba en su etapa final, sin embargo, el gobierno procedió a paralizar la obra, dado que se comprobó en informes que la obra no contaba con la correcta normativa para el desarrollo del proyecto vial, comprometiendo seriamente recursos naturales como el agua, el suelo y la vegetación circundante, especialmente por un mal control de los escombros generados y por la tala indiscriminada en zonas en donde había prohibiciones. Es por eso que, a mediados del 2015, el Ministerio de ambiente (MAE) revocó la licencia ambiental al consejo provincial y le asignó una multa de USD 70 800.

Mediante una inspección, también se pudo comprobar que aparte de los incumplimientos técnicos ambientales, se había desviado el trazado inicial de la vía, en donde se atravesaba el Bosque protector Cordilleras Kutuku y Shaimi, uno de lo más representativos del país (V, 2015).

1.2 Localización

La zona de interés en la que se realizará este proyecto se encuentra en la provincia de Guayas, al noroeste de la ciudad de Guayaquil, parroquia Prosperina, ubicada en el Km 30.5 de la Vía Perimetral. En las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, cerca de la presa 1, ubicada en la vía próxima a la Facultad de Arte, Diseño y Comunicación Audiovisual. La Figura 1.1 identifica la vía de interés del proyecto.



Figura 1.1 Identificación de la Vía de estudio

Fuente: Google Earth

La Tabla 1.1 permite visualizar las coordenadas georreferenciadas de 3 puntos que recorren la longitud de la vía mencionada.

Tabla 1.1 Coordenadas de puntos de localización de vía de interés

VÍA DE ESTUDIO		
WGS 84 HUSO UTM 17M		
	UTM E	UTM N
P1	615532	9762988
P2	615638	9762727
P3	615791	9762571

Fuente: Elaboración propia

1.3 Información básica

Esta vía está conformada por un pavimento rígido, de aproximadamente 10-15 años de vida. Es usada como un camino alternativo para el ingreso a la Facultad de Arte, Diseño y Comunicación Audiovisual, y por consecuente a las demás facultades que conforman ESPOL.

Como parte de una investigación previamente desarrollada (Gabriel A. Arce, 2020), se cuenta también con los resultados del efecto de la ceniza del bagazo de caña de azúcar como remplazo de la arena en las propiedades de los compuestos cementicios de ingeniería, en donde se utilizó cemento Portland ordinario tipo 1, arena estándar, zeolita, ceniza, arena fina de río, aditivo superplastificante y fibras de polipropileno. Para poder cumplir los fines investigativos de este trabajo, se elaboraron 5 muestras, cada una variaba el porcentaje de remplazo de arena por ceniza, teniéndose así especímenes con dosis de remplazo de arena de 0%, 25%, 50%, 75%, y 100% del volumen total (Gabriel A. Arce, 2020).

La fibra fue provista por SIKA ECUADOR, la ceniza del bagazo de caña de azúcar fue colectada de Ingenio San Carlos, Guayas, en donde se evaluó sus propiedades puzolánicas de acuerdo con la norma ASTM C311.

Tabla 1.2 Proporciones de materiales empleados

Mix ID	Cement (kg/m ³)	Zeolite (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Sand (kg/m ³)	Raw SCBA (kg/m ³)	Raw SCBA (%) ^a	HRWR (%) ^b	V _f (%) ^c
M-0	356.4	784.0	364.9	366.4	0	0	0	2.2
M-25	356.4	784.0	364.9	274.8	83.4	25	0.13	2.2
M-50	356.4	784.0	364.9	183.2	166.87	50	0.45	2.2
M-75	356.4	784.0	364.9	91.59	250.3	75	0.80	2.2
M-100	356.4	784.0	364.9	0	333.74	100	1.5	2.2

^a% of sand replacement by volume; ^b% of HRWR by weight of cement; ^c% of fiber content by volume

Fuente: (Gabriel A. Arce, 2020)

La Tabla 1.2 presenta el detalle de las cantidades de los materiales empleados en las 5 muestras, se visualiza el cambio en el porcentaje de arena y ceniza siendo 366.4 kg/m³ y 333.74 kg/m³ las mayores proporciones empleadas respectivamente, mientras que las cantidades de cemento, agua y zeolita se mantuvieron constantes. Los componentes totales fueron mezclados en diferentes etapas de velocidades, lográndose moldear 3 cubos y 3 vigas para

cada diseño de mezcla planteado, se desmoldaron los especímenes y se curaron de acuerdo con lo estipulado en ASTM C192.

Para poder testear y cuantificar los resultados de estos especímenes se realizaron ensayos de compresión y de flexión. Los ensayos de compresión se realizaron de acuerdo con ASTM C109 con cubos de 50 x 50 x 50 mm, evaluándose a 7 y 28 días de curado, ejerciéndoles presión hidráulica con una carga con razón de cambio constante de 0.25 MPa/s. Por otro lado, los ensayos de flexión fueron llevados a cabo en vigas de 76.2 x 35.1 x 300 mm, para así determinar el módulo de ruptura basándose en ASTM 31 y usando una configuración de viga simple con carga aplicada en el centro según ASTM C293.

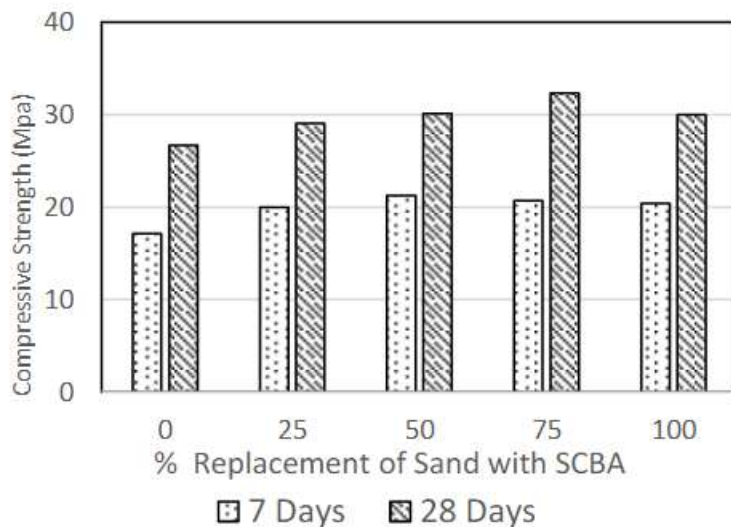


Figura 1.2 Resumen de esfuerzos de compresión de 7 a 28 días

Fuente: (Gabriel A. Arce, 2020)

La Figura 1.2 muestra los resultados obtenidos en la investigación, en donde se aprecia que al aumentar la proporción de ceniza la resistencia a la compresión tiende a aumentar, a excepción de los casos de 75% y 100 % de reemplazo, este aumento fue asociado con la reacción puzolánica de la ceniza. De manera similar, la Figura 1.3 muestra el comportamiento, al aumentar la proporción de ceniza por arena, la resistencia a flexión aumenta.

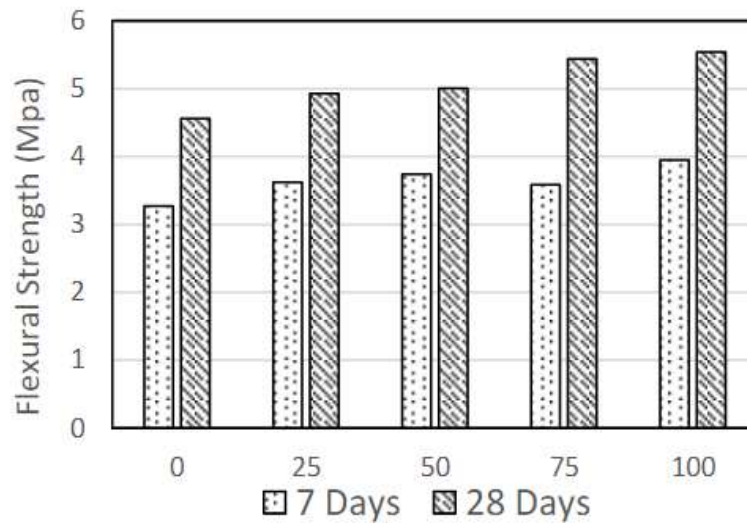


Figura 1.3 Resumen de esfuerzos de flexión de 7 a 28 días

Fuente: (Gabriel A. Arce, 2020)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Elaborar un mortero a base de ceniza del bagazo de caña de azúcar para la reparación de fallas en pavimentos rígidos por medio de su aplicación directa en las zonas deterioradas.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar los materiales requeridos en el diseño de la mezcla para la correcta dosificación del mortero empleando ensayos de granulometría, gravedad específica y absorción.
2. Realizar diseños de mortero para la evaluación de sus propiedades mecánicas mediante ensayos de resistencia a la compresión y flexión, adherencia y retracción.
3. Determinar la metodología de reparación de pavimentos rígidos para la aplicación del producto final utilizando las normas vigentes (NEVI, ASHHTO).
4. Optimizar la dosificación de la mezcla del mortero para la reducción del impacto ambiental generado utilizando materiales alternativos como zeolita y ceniza del bagazo de la caña de azúcar.

1.5 Justificación

Ante la necesidad de mejorar las vías deterioradas de ESPOL, se plantea elaborar un material de reparación que permita ejecutar acciones eficaces, teniendo en cuenta factores como costos, tiempo, viabilidad y sostenibilidad. El buen estado de cualquier vía beneficia de manera directa no solo a los usuarios involucrados sino también a las personas que dependen de las distintas actividades que se desarrollan a través de la movilización de productos y personas.

El fin de este material, recae en la posibilidad de reparar uno o algunos puntos específicos que presenten falla, sin necesidad de emplear gestiones de gran magnitud como repavimentación total o parcial de la vía. Se encuentra en este escenario la oportunidad de proponer una técnica alternativa de reparación de pavimentos rígidos al mercado nacional, recalcando la necesidad de considerar el impacto ambiental y el abrir un espacio en la cultura nacional promoviendo el arte de reparar por encima de desechar.

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Consideraciones de diseño

Como parte de este trabajo se realizó la revisión de normativas locales e internacionales como NTE INEN y ASTM International, con la finalidad de analizar las propiedades mecánicas para poder cumplir con los objetivos planteados. Una vez obtenidas todas las normas de interés, se procedió a establecer el diseño de mortero y determinar las respectivas cantidades para las dosificaciones.

2.2 Marco teórico

Mortero: el mortero elaborado con cal es un material que ha sido empleado desde épocas pasadas y que ha sido utilizado hasta el presente, especialmente en técnicas de restauración, sin embargo, luego de la inclusión del cemento Portland, ofreciendo sus beneficiosas propiedades como rápido endurecimiento y elevada resistencia, el uso de aglomerantes a base de cal pasó a un plano secundario (Luque, Cultrone, & Sebastián, 2010).

A pesar de la inclusión de nuevos materiales, los morteros derivados de cal poseen ventajas muy notables, como la compatibilidad física-química con ciertos aglomerantes y la capacidad de aumentar su rigidez ante el proceso de hidratación de sus componentes, por lo que esta fase de contacto con el agua es importante para que se desarrollen las propiedades mecánicas esperadas (Pozo, 2015). Por otro lado, también se debe acotar que pueden presentar caídas en sus resistencias debido a los fenómenos de retracción, en donde aparecen microfisuras, que derivan en efecto negativo (Aggelakopoulou, Bakolas, & Moropoulou, 2011).

El mortero es una mezcla de agregado mineral, conglomerantes inorgánicos, áridos finos, agua y en algunos casos adiciones y aditivos (Construcción, 2014).

Entre los diferentes tipos se tienen:

Morteros calcáreos: La principal característica de este mortero es que contiene la cal como aglomerante, por lo general se usa en revestimiento de paredes y para trabajo de mampostería.

Morteros de yeso: Este se elabora a base de yeso, arena y agua, su resistencia es menor a comparación con otro tipo de mortero, pero su ventaja es la rapidez con la

que adquiere dureza, una desventaja es que, al absorber mucha agua por la propiedad del material, no se puede usar en ambientes húmedos.

Morteros de cal y cemento: este mortero posee una gran resistencia inicial, aunque esta variará dependiendo del uso que se le quiera dar, ya que si se coloca grandes cantidades de cemento este será muy resistente, pero si tiempo de trabajabilidad se verá afectado, por el lado contrario si se usa gran cantidad de cal su resistencia será menor, pero habrá más tiempo de mezclado y colocación (Vera Becerra, 2019).

Zeolita: Es un material de procedencia natural que cuando se usa como materia prima puede llegar a brindar beneficiosas aportaciones, por ejemplo, en el ámbito de los materiales de construcción, es utilizado para la elaboración de hormigones, en donde se lo usa como sustituto del cemento Portland hasta en un valor del 40%, obteniendo así un hormigón más ligero con beneficios en la resistencia a compresión (Mercedes B. Rosell Lam, 2011). En mezclas asfálticas, se dice que al implementar zeolita se aumenta la densidad y el módulo de rigidez, asociándolo con un incremento en la durabilidad de asfaltos (Loren, 2018).

Ceniza del bagazo de caña de azúcar: Es un desecho agrícola, que posee una disponibilidad alta en la industria ecuatoriana y que generalmente es caracterizado como desperdicio. Se suele emplear en pocas ocasiones como material para obtención de energía y en la industria de la construcción es considerado de gran aporte para las mezclas de hormigón al poseer representativas cantidades de sílice que aumenta la resistencia y la impermeabilidad (García, 2019).

Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. Se establece el procedimiento para su determinación mediante el tamizado, del que se obtiene la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices, eventualmente se calcula la masa retenida que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados (NTE INEN 696, 2011).

Tabla 2.1 Abertura de tamices más usados

Número de Tamiz	Abertura de tamiz	
	Estándar (mm)	Alternativo (in)
1/4 pulg.	6.30	0.2500
No. 3-1/2	5.60	0.2230
No. 4	4.75	0.1870
No. 8	2.36	0.0937
No. 16	1.18	0.0469
No. 30	600 µm	0.0234
No. 50	300 µm	0.0117
No. 100	150 µm	0.0059

Fuente: (INEN 154, 2004)

Ensayos de resistencia a compresión: En este ensayo se aplica una carga axial a compresión a los especímenes moldeados, la norma (NTE INEN 488, 2009) establece hacerlo en cubos de 50 mm de arista. Definiendo un rango de velocidad, y aplicando la carga hasta que ocurra una falla. Es posible obtener mediante cálculos la resistencia a compresión del elemento, dividiendo la máxima carga que fue aplicada para el área de la sección transversal del espécimen.

Ensayos de resistencia a flexión: Este ensayo consiste en poder obtener la resistencia a flexión de especímenes de hormigón, en donde los resultados son representados obteniendo el módulo de rotura. Existen factores que pueden alterar el valor de esta resistencia, como el tamaño del espécimen, la forma de preparación, la humedad, y el tamaño (NTE INEN 2554, 2011)

Ensayo de tracción: este ensayo determina el comportamiento elástico del objeto de prueba al reportar su Fuerza vs alargamiento datos necesarios para extraer propiedades como módulo de elasticidad el cual indica su rigidez y límite elástico.

Ensayo de fluidez: Este ensayo determina la fluidez de morteros para poder realizar aquellos ensayos que requieren que contengan un determinado valor de fluidez dado por la cantidad de agua que contenga la mezcla (ASTM C 1437 – 01, 2013).

Ensayo de retracción: Su función es reportar los cambios con respecto a la longitud inicial, provocados por factores diferentes a fuerzas externas y variación de temperatura (NTE INEN 2 504, 2009).

Ensayo de adherencia: Es usado para determinar la resistencia a tensión de un material de reparación que se ha aplicado sobre una superficie, o para determinar la

resistencia del material base o de la superficie de contacto, esto se lo determina con el tipo de falla que presente el material, en la figura 2.1 se observan los diferentes tipos de falla (ASTM C1583/C 1583M, 2008).

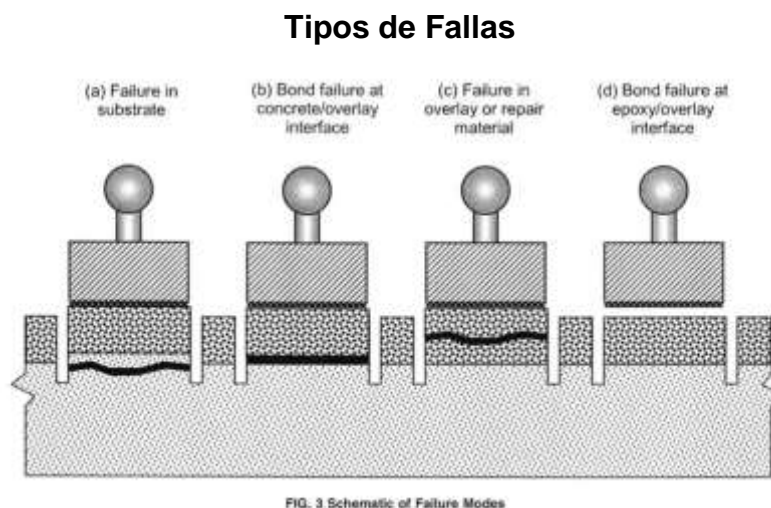


Figura 2.1 Tipos de fallas en ensayo de adherencia

Fuente: (ASTM C1583/C 1583M, 2008)

2.3 Trabajo de campo, laboratorio y gabinete

2.3.1 Adquisición de materiales

Para la correcta dosificación de los morteros, se necesitó conseguir todos los materiales que componen el mismo y realizar los respectivos ensayos para conocer sus características. Se adquirió arena en un distribuidor Disensa, esta fue ensayada por el tamiz #4, ante la presencia de piedras grandes. En cuanto al cemento, se utilizó el tipo IP, disponible en un distribuidor Megametales. La fibra de polipropileno fue un aporte de Sika Ecuador, la ceniza del bagazo de la caña de azúcar se obtuvo gracias a una colaboración de Ingenio San Carlos y la zeolita provino de Calmosacorp, la misma que tuvo que ser molida, ya que su granulometría indicaba que estaba por encima de los tamaños de grano deseados, Para este proceso de molienda se empleó una máquina molino de bola. La tabla 2.2 presenta los valores granulométricos obtenidos luego del proceso de molienda.

Tabla 2.2 Granulometría de zeolita

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ZEOLITA		
Muestra	Tamaño de tamiz (μm)	Pasante %
Referencia	70	65
Sin procesar	420	60
Procesada	75	91

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al aditivo, se utilizó un superplastificante reductor de agua, ya que al no contar con una mezcladora automática se necesitó que la mezcla sea más fluida para evitar grumos en la misma durante su elaboración manual.

En cuanto al árido fino que pasó por el tamiz #4, se lo secó bajo el sol por un día para poder reducir la muestra mediante un cuarteador según la norma ASTM C172, como se muestra en las Figuras 2.2 y 2.3.



Figura 2.2 Secado de arena

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.3 Cuarteo de arena

Fuente: Elaboración propia

Procediéndose a realizar los siguientes ensayos:

2.3.2 Granulometría

Una vez cuarteada la arena se obtuvo una cantidad mayor a 300 g, mínimo requerimiento por la norma utilizada, por lo que se trabajó con 500.08 g, luego, se utilizaron los tamices 3/8, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50 y No. 100 y se los colocó en la máquina tamizadora con un tiempo de vibrado de 2 minutos. Una vez culminado el tiempo, se procedió a pesar la masa retenida en cada tamiz vertiendo el material en recipientes, figura 2.4. Con la ayuda de brochas y cepillos se aseguró la remoción de la muestra en lo posible. Al tomar todos los pesos se procedió a calcular en porcentaje el valor retenido, retenido acumulado y pasante acumulado, verificándose que los valores obtenidos cumplan con lo establecido en la norma ASTM C – 33 y el porcentaje de error sea menor al 3%. Este procedimiento fue en base a la norma ASTM C 136.



Figura 2.4 Agregado fino tamizado

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2.3 presenta los resultados granulométricos una vez desarrollado el ensayo en las instalaciones del laboratorio de Mecánica de Rocas y Suelos en FICT.

Tabla 2.3 Granulometría de agregado fino

No. Tamiz	Peso Parcial (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasante acumulado
3/8	0,00	0,00	0,00	100,00
4	3,38	0,67	0,67	99,33
8	81,53	16,29	16,96	83,04
16	77,92	15,57	32,53	67,47
30	99,82	19,94	52,47	47,53
50	131,23	26,22	78,69	21,31
100	84,16	16,81	95,50	4,50
Fondo	22,54	4,50	100,00	0,00
Total	500,58			

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Absorción y gravedad específica

Con el fin de conocer el volumen que ocupaba el árido en la mezcla, se determinó la gravedad específica y la absorción. Se realizó el proceso de cuarteo para adquirir 1 Kg. de muestra de arena, previamente secada al sol, luego se la dejó un día en el horno, y transcurrido ese tiempo se la sumergió en agua por un día más con margen de ± 4 horas. Se procedió a secar la humedad superficial por medio de una placa de calentamiento a 60 °C en la cual se mantuvo un constante movimiento del árido, figura 2.5, y se confirmó el estado saturado superficialmente

seco (SSS) de la muestra con el uso del cono de absorción. Para esta comprobación se llenó el cono con el material y se le proporcionó 25 golpes con el apisonador para compactarlo, se colocó más material y se lo enrasó. Este proceso fue desarrollado dos veces, ya que en la primera ocasión se mantuvo la forma indicando que aún estaba húmedo y en la segunda solo se mantuvo el esqueleto de la estructura, estableciéndose que la muestra ya estaba en estado SSS. Se separó 500 g de la muestra (S) y se la introdujo en el frasco volumétrico, con un embudo se añadió agua hasta que rebosó la superficie de la arena, se colocó un trapo para asentar y poder agitar el frasco, todo esto con el fin de eliminar los vacíos, por lo que se realizó este procedimiento por aproximadamente 20 min, luego se dejó la muestra 5 min sin agitar y se llenó de agua hasta la línea de calibración para pesarla (C). Seguido a esto, se procedió a llenar el frasco volumétrico hasta la línea de calibración y determinar su masa (B). Para culminar se retiró toda la muestra del frasco y se la dejó secar al horno por 24 horas, tomándose el peso de la muestra totalmente seca (A), figura 2.7. Este procedimiento fue en base a la norma ASTM C 128-01. La Tabla 2.4 muestra el peso de las muestras en sus diferentes estados y procesos.

Tabla 2.4 Peso de muestras obtenidas

Determinación de masa		
Recipiente	145,00	g
Muestra SSS (S)	500,00	g
Frasco volumétrico + agua + muestra (C)	1592,70	g
Frasco volumétrico + agua (B)	1280,00	g
Muestra seca al horno + recipiente	634,20	g
Muestra seca al horno (A)	489,20	g

Fuente: Elaboración propia

Estos datos fueron necesarios para poder calcular los valores de gravedad específica y absorción presentada en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Valores de gravedad específica y absorción obtenidos

Determinación de la gravedad específica y absorción	
Gravedad específica SSS ($S/(B+S-C)$)	2,67
Porcentaje de absorción $((S-A) / A) * 100$	2,20

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.5 Proceso de secado

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.6 Verificación de masa seca

Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Densidad aparente de los agregados

Con el fin de conocer la relación de masa por unidad de volumen considerando los vacíos, se realizó este ensayo, el cual empezó con el secado al aire y cuarteo de la muestra, hasta tener de 125% al 200% del volumen del recipiente empleado, el cual era de 0.1 ft^3 , equivalente a 0.0023 m^3 . Para el peso suelto se llenó el contenedor con la muestra, considerando agregar la misma cantidad de muestra en cada lanzada y que la altura sea la misma de dos dedos (3 cm) que se aproximan a 5 cm, una vez lleno el recipiente, se lo enrazó con la varilla de compactación y se determinó el peso en la balanza. Por último, se repitió este proceso 2 veces más para poder comparar los valores y determinar si el ensayo fue satisfactorio. En cuanto al peso compactado se realizó el mismo proceso, pero se llenó en tres capas, cada una varillada con 25 golpes, en la última capa luego de varillar, se compactó y se pesó, así mismo el proceso se realizó 3 veces en total, tal y como se aprecia en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Masas obtenidas en ensayo

Determinación de la masa suelta y varillada			
Masa del agregado			
Suelto		Compactado	
1	4,650	4,978	Kg
2	4,626	4,998	Kg
3	4,668	5,000	Kg

Fuente: Elaboración propia

Se promediaron las 3 masas y se compararon, Tabla 2.7, obteniéndose diferencias 8 kg/m^3 y 5 kg/m^3 respectivamente, por lo que el ensayo fue satisfactorio. Este procedimiento fue en base a la norma ASTM C 29.

Tabla 2.7 Valores individuales y promedio de peso volumétrico del agregado

Peso Volumétrico			
Suelto		Varillado	
1	1660,71	1777,86	Kg/m^3
2	1652,14	1785,00	Kg/m^3
3	1667,14	1785,71	Kg/m^3
Promedio	1660,00	1782,86	Kg/m^3

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2.8 se presenta los valores obtenidos de densidad aparente suelta y compactada del agregado fino.

Tabla 2.8 Valores de densidad calculados

Densidad aparente suelta	1660,00	Kg/m^3
Densidad aparente compactada	1782,86	Kg/m^3

Fuente: Elaboración propia

2.3.5 Proceso de estandarización de mezcla manual

Dado que no se contaba con una mezcladora automática, se procedió a realizar un mortero a mano, Figura 2.9, por lo que se elaboró una mezcla de prueba para determinar el número de revoluciones y tiempo necesitado para conseguir una mezcla homogénea y una metodología que permita estandarizar el proceso de fundición de los especímenes. En vista que la dosificación contenía una cantidad mínima de agua, volviéndose difícil de trabajar, se optó por utilizar un superplastificante reductor de agua N-500, el cual se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.7 Superplastificante Sikament N-500



Figura 2.8 Proceso de mezclado manual

2.4 Análisis de alternativas

Para alcanzar los objetivos planteados, poder solucionar el problema identificado y así satisfacer las necesidades del proyecto de investigación, se plantearon 3 alternativas diferentes como medidas de solución al problema, estas opciones se describen a continuación, y posteriormente fueron evaluadas para su selección final.

Alternativa 1: Nuevo diseño de vía.

Esta propuesta se basa en demoler y remover la vía actual en su totalidad, planteando un nuevo diseño de pavimento que incluya evaluación del mejoramiento de subbase o base granular y selección del tipo de pavimento a emplear.

Alternativa 2: Elaborar un material de reparación de pavimentos rígidos, a base de ceniza del bagazo de caña de azúcar.

Esta alternativa plantea elaborar un mortero con los materiales tradicionales como agua, cemento y arena, incluyendo materiales poco usuales como fibra, zeolita y ceniza del bagazo de caña de azúcar, que brinden propiedades adicionales, con fines de reducir cantidades de cemento y darles un uso adicional a los residuos de industrias azucareras.

Alternativa 3: Sustitución parcial o total del espesor de la losa.

Esta opción contempla emplear la técnica de repavimentación utilizando mezclas de cemento hidráulico, dovelas y barras de amarre, morteros epóxicos, aditivos para concreto y productos químicos para el curado.

Para poder seleccionar la alternativa óptima, se empleó la herramienta escala Likert. Evaluando así el impacto de distintos factores con respecto a cada opción propuesta. Los factores a evaluar se establecieron teniendo en cuenta las restricciones que podrían presentarse a la hora de seleccionar la mejor alternativa para la problemática. Siendo estos, costos, impacto ambiental, tiempo de ejecución, disponibilidad de materiales y equipos y facilidad en el sistema constructivo.

Los criterios para evaluar las alternativas que se determinaron son los siguientes:

Costos: Este criterio representa el valor monetario que se debe emplear para poder realizar las alternativas, contemplando todas las etapas requeridas para su ejecución.

Impacto ambiental: Mide el grado de daño que se deriva del accionar de la alternativa, teniendo en cuenta que ciertas acciones constructivas requieren involucrar diferentes recursos naturales no solo desde una etapa temprana, sino también en etapas posteriores a la finalización de alguna obra.

Tiempo de ejecución: Cuantifica la duración total que se necesita para desarrollar la alternativa, de inicio a fin de su proceso, es decir, incluyendo etapas de prefactibilidad, estudios ambientales, socialización y ejecución de la obra.

Disponibilidad de materiales: Establece que tan sencillo es obtener todos los materiales, maquinarias y personal necesarios para el desarrollo de la idea, teniendo en cuenta su disponibilidad o no en el mercado nacional.

Factibilidad de Sistema constructivo: Califica el grado de dificultad requerido para ejecutar las ideas propuestas, teniendo en cuenta las metodologías, criterios técnicos y diseños que se deban emplear.

En la Tabla 2.9 se muestra las escalas empleadas, con números del 1 al 5, dos positivos, dos negativos y uno neutro, interpretándose de la siguiente manera.

Tabla 2.9 Criterios y escala para evaluación de alternativas

CRITERIO	ESCALA				
	1	2	3	4	5
Costos	Poco Accesible		Neutro		Muy accesible
Impacto ambiental	Alto impacto		Neutro		Bajo impacto
Tiempo de ejecución	Largo tiempo		Neutro		Corto tiempo
Disponibilidad de materiales	Poca disponibilidad		Neutro		Alta disponibilidad
Facilidad de Sistema constructivo	Complicada ejecución		Neutro		Fácil ejecución

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2.10 se muestra el peso que fue asignado a cada criterio para evaluar la alternativa, los cuales varían ya que cada criterio impacta de manera diferente a las posibles soluciones.

Tabla 2.10 % Peso de cada criterio considerado

CRITERIO	% PESO
Costos	20
Impacto ambiental	25
Tiempo de ejecución	20
Disponibilidad de materiales	15
Facilidad de Sistema constructivo	20
SUMA	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.11 se presentan los criterios evaluados para cada alternativa presentada.

Tabla 2.11 Evaluación de alternativas propuestas

ESCALA LIKERT					
Número	Criterio	Peso %	Puntuación		
			Opción 1	Opción 2	Opción 3
1	Costos de construcción	20	1	3	3
2	Impacto Ambiental	25	1	5	3
3	Tiempo de ejecución	20	1	5	5
4	Disponibilidad de materiales	15	5	4	5
5	Facilidad del sistema constructivo	20	1	5	3
Total		100	1.6	4.45	3.7

Fuente: Elaboración propia

Criterio 1: La opción 1 califica como poco accesible, teniendo en cuenta que diseñar y construir una vía en su totalidad requiere de una cantidad considerable de dinero, las opciones 2 y 3 puntúan en la escala con valores de 3, dado que el costo de su implementación es inferior, y podrían variar de acuerdo a los elementos involucrados en su desarrollo.

Criterio 2: La opción 2 posee una calificación de bajo impacto, ya que su desarrollo se centra en la oportunidad de reducir el impacto ambiental y promover criterios sostenibles con los recursos del planeta, todo esto mediante el empleo de materiales alternativos. Por otro lado, la opción 3 califica como neutra ya que el uso de esta técnica de reparación suele generar en parte escombros y desperdicios que pueden ser o no manejados para no causar inconvenientes ambientales. Sin embargo, la alternativa 1 posee un alto impacto ambiental, dado que, al ser una opción de gran magnitud, su intervención genera una cantidad elevada de escombros, partiendo desde la remoción de la vía actual, las tareas de mejoramiento de suelo y la elaboración en si del diseño. Estas grandes cantidades podrían perjudicar el ecosistema dependiendo del trato que le den y de la ubicación de la obra.

Criterio 3: En tiempos de ejecución la alternativa 1 demanda mucho más tiempo que las restantes, dado que las etapas de su desarrollo requieren extensas semanas, a su vez, las opciones 2 y 3 acortan este factor, al ser técnicas empleadas en espacios y tiempos puntuales.

Criterio 4: La disponibilidad de materiales es un punto a considerar importante, ya que limita el desarrollo de cualquier actividad planteada, las opciones 1 y 3 califican

por poseer alta disponibilidad de materiales a emplearse, dado que son técnicas comúnmente usadas en el medio, con años de inclusión, sin embargo, la opción 2 podría presentar alguna limitación al utilizar elementos de menor conocimiento como la zeolita y la ceniza.

Criterio 5: En cuanto al grado de dificultad del proceso constructivo, la opción 1 presenta un alto grado, al ser un proceso macro que requiere actividad en más de una etapa, en donde de darse una mala ejecución todo el proceso puede llegar a ser desperdiciado. La alternativa 3 a su vez se puntúa como de menor dificultad, sin embargo, la opción 2 representa menos dificultad de ejecución dadas las facilidades en su proceso de diseño al ser un trabajo de desarrollo en laboratorio y aplicación en campo.

Luego de evaluar las alternativas con la escala Liker, se escogió la opción 2 como la destinada a desarrollarse para solucionar la problemática planteada, es decir, la más viable, dado que esta alcanzó una calificación final de 4,45/5 por encima de las opciones 1 y 3 con puntajes de 1.6/5 y 3.7/5 respectivamente. En otras palabras, se considera elaborar un material de reparación de pavimentos rígidos, a base de ceniza del bagazo de caña de azúcar.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseños

La mezcla control fue basada en la utilizada en la investigación “Effect of Sugarcane Bagasse Ash (SCBA) as Sand Replacement on the Properties of Engineered Cementitious Composites” (ECC), en la que cuentan con una dosificación que contiene zeolita como parte de cemento.

Se realizó la dosificación para 1 m³ y se utilizaron las densidades de la Tabla 3.1. Los materiales empleados fueron los mismos involucrados en el trabajo investigativo mencionado, por lo que la absorción de los materiales no varió. Se contó con una arena nueva, por lo que se actualizaron los valores de densidad, gravedad específica y absorción.

Tabla 3.1 Densidad de materiales

MATERIAL	DENSIDAD Kg/m³
Cemento	3150.00
Zeolita	2170.00
Agua	1000.00
Arena SSS	2765.00
Ceniza de caña de azúcar	2272.00
Aditivo	1220.00
Fibra	910.00

Fuente: Elaboración propia

El proceso de mezclado fue una modificación del mencionado en la norma NTE INEN 155:2009, el cual utiliza una mezcladora mecánica. Al presentarse limitaciones y no contar con la mezcladora mecánica, se procedió a modificar la metodología de mezcla por una a mano, cambiando los tiempos en cada paso del proceso.

La cantidad de agua fue modificada con respecto a la dosificación de la investigación, ya que se necesitó una mejor trabajabilidad debido a las limitaciones. De la mezcla de control obtenida partieron las dosificaciones con el 50% y 75% de la cantidad de arena reemplazada por ceniza, adicionando un porcentaje de aditivo con respecto a la cantidad de cemento y a un cuarto de la cantidad de zeolita. En cuanto a las características establecidas para evaluar las mezclas, se determinó someter especímenes a ensayos de compresión, tracción, retracción y adherencia, por lo que

se utilizó cubos de 50 mm de arista (NTE INEN 488:2009) Figura 3.1 Modelado de cubos, probetas en forma de huesos, barras (NTE INEN 2 504:2009), y una viga de hormigón.

3.1.1 Geometría

3.1.1.1 Viga de hormigón

En la elaboración de la viga de hormigón, se tomaron las medidas del molde metálico presentes en la Tabla 3.2. Una vez conocida la geometría se procedió a calcular el volumen con la siguiente ecuación:

$$V_{\text{rectangulo}} = L^3 \quad (3.1)$$

Luego, se procedió a obtener y adicionar el 10% del volumen requerido como valor de desperdicio al momento de fundir la viga, de esta manera se aseguró suficiente cantidad de material. Los valores obtenidos se aprecian en la Tabla 3.3.

Tabla 3.2 Dimensiones de viga de hormigón

OBJETO	DESCRIPCIÓN	LARGO [cm]	ALTO [cm]	ANCHO [cm]
Viga de hormigón	1 molde	53.00	15.30	15.30

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3 Volumen requerido para viga de hormigón

OBJETO	VOLUMEN CM3	VOLUMEN M3	VOL*1.1	VOL TOT M3
Viga flexión	12406.77	0.01240	0.01364	0.01364

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2 Cubos

Los moldes empleados fueron del material y medidas que dicta la norma NTE INEN 488:2009, ver Figura 3.1 y Tabla 3.4. Para la determinación del volumen se usó la siguiente ecuación:

$$V_{\text{cubos}} = L^3 \quad (3.2)$$

Luego del cálculo del volumen, para un cubo se obtuvo el 10% como valor adicional para considerar el desperdicio que se produce al realizar la mezcla, este valor se multiplicó por el número de cubos a realizarse, 9 cubos (3 moldes de 3 cubos), que es la cantidad utilizada, ya que se evalúa tres cubos a cada edad (7, 21 y 28 días), todos los valores obtenidos se pueden apreciar en la Tabla 3.5.

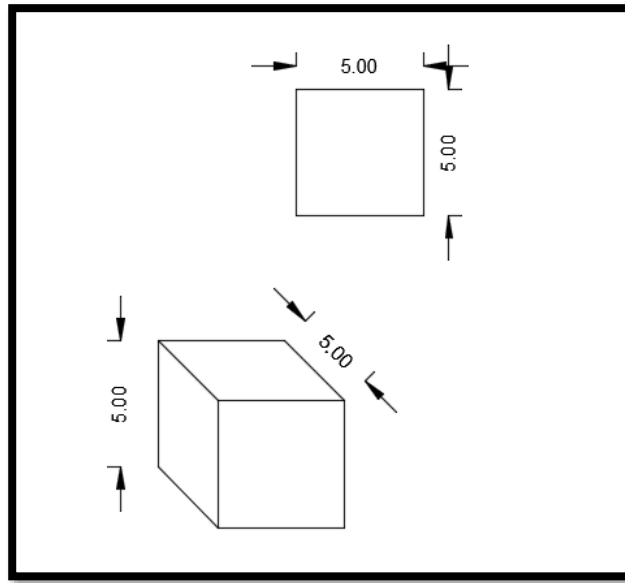


Figura 3.1 Modelado de cubos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Dimensiones de cubos

OBJETO	DESCRIPCIÓN	LARGO	ALTO	ANCHO
Cubos	3 moldes de 3 cubos	5.00	5.00	5.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Volumen requerido para elaboración de cubos

OBJETO	VOLUMEN CM ³	VOLUMEN M ³	VOL*1.1 M ³	VOL TOT M ³
Cubos	125.00	0.00012	0.00014	0.00124

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3 Barras

El molde de la barra utilizada sigue los lineamientos de ASTM C 490 y sus medidas están plasmadas en la Figura 3.2 y Tabla 3.6. Para el cálculo de volumen se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_{barras} = L_1 * L_2 * esp \quad (3.3)$$

Una vez se obtuvo el volumen, se procedió a aumentar el 10% del mismo para posibles pérdidas al momento de realizar las barras, dicho valor se multiplicó para el número de barras a elaborar, ver Tabla 3.7. Cabe recalcar que en cada molde se podían fundir dos barras.

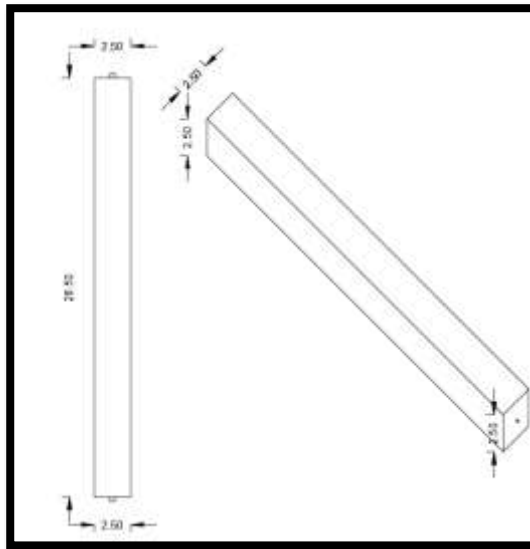


Figura 3.2 Modelado de barras

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6 Dimensiones de moldes de barras

OBJETO	DESCRIPCIÓN	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm
Barras	2 moldes	28.50	2.50	2.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Cantidades requeridas para elaboración de barras

OBJETO	VOLUMEN CM ³	VOLUMEN M ³	VOL*1.1	VOL TOT M ³
Barras	178.12	0.00018	0.00020	0.00039

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.4 Probetas en forma de hueso

El cálculo del volumen de la probeta en forma de hueso se elaboró por partes. En la Figura 3.3 se puede apreciar que el objeto posee una sección rectangular con una sección de forma trapezoidal faltante en la zona izquierda y derecha, por lo que se calculó área total del rectángulo y se restó los dos trapecios de ambos lados para poder multiplicar por el espesor y obtener el volumen, las dimensiones involucradas se presentan en la tabla 3.8 y las fórmulas empleadas fueron:

$$A_{Rectangulo} = L_1 * L_2 \quad (3.4)$$

$$A_{Trapecios} = \frac{(B+b)*h}{2} \quad (3.5)$$

$$V_{Hueso} = [(A_{Rectangulo} - A_{Trapezios}) * espesor] \quad (3.6)$$

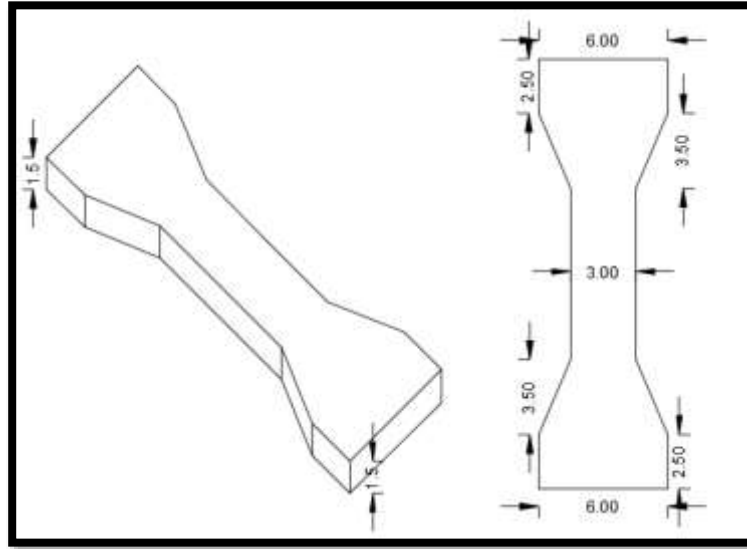


Figura 3.3 Modelado de probeta con forma de hueso de perro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Dimensiones de probeta en forma de hueso

MEDIDAS (CM)					
Rectangular		Trapezio			Espesor
L1	L2	B	b	h	esp
20.00	6.00	15.00	8.00	1.50	1.50

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, la tabla 3.9 reporta las cantidades empleadas para la elaboración de las muestras.

Tabla 3.9 Cantidades requeridas para elaboración de probetas en forma de hueso

OBJETO	VOLUMEN CM ³	VOLUMEN M ³	VOL*1.1 M ³	VOL TOT M ³
Probeta en forma de hueso	128.25	0.00013	0.00014	0.00042

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Dosificación Control

La mezcla control fue realizada con la relación agua cemento de 0.32 como data en la investigación “SCBA as Sand Replacement on the Properties of ECC”, (Gabriel A. Arce, 2020), pero al usarse una metodología de mezclado diferente se modificó esta relación, empleando un valor de 0.51. Se denominó a este diseño mezcla 5, la cual contó con una mejor trabajabilidad, por otro lado, al buscar optimizar la mezcla se utilizó aditivo superplastificante y se redujo el contenido de agua, disminuyendo la relación agua

cemento a un valor de 0.38 con un 1.00% de aditivo con respecto a la cantidad de material cementicio. Cabe recalcar que se trabajó con los materiales en estado seco, por lo que solo se consideró el porcentaje de absorción, y no la humedad natural.

La mezcla fue utilizada para elaborar cubos, barras y probetas en forma de hueso, las Tablas 3.10 – 3.14 reportan las cantidades requeridas por m³ para los diseños. Las mezclas fueron proyectadas a una resistencia a la compresión de 30 MPa.

Tabla 3.10 Dosificación para cubos de Mezcla control

PROPORCIÓN SSS							CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN N SECO	PROPORCIÓN REAL	BATCH Lt
M-0	PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M ³	KG/M ³	1				
Cemento	356.40	0.113	0		356.40	356.40	0.36				
zeolita	784.00	0.361	1.42	4.34	773.02	806.57	0.81				
Agua	364.90	0.365	0		364.90	364.90	0.36				
Arena SSS	366.08	0.139	2.02	1.01	358.84	362.46	0.36246				
Ceniza de caña de azúcar	0.00	0.000	2.79	0.32	0.00	0.00	0.00				
Aditivo	0.00	0.000	0		0.00	0.00	0.00				
Fibra	20.02	0.022	0		20.02	20.02	0.0200				
TOTAL	1891.40	1.000									
a/c	0.32										

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11 Dosificación para cubos de Mezcla 5 control

PROPORCIÓN SSS							CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN N SECO	PROPORCIÓN REAL	CUBOS
M5	Peso	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M ³	KG/M ³	9				
Cemento	288.68	0.09	0.00		288.68	288.68	357.25				
Zeolita	635.04	0.29	1.42	4.34	626.15	653.32	774.86				
Agua	476.64	0.48	0.00		476.64	476.64	589.84				
Arena SSS	310.54	0.11	2.21	1.01	303.82	306.89	375.98				
Ceniza de caña de azúcar	0.00	0.00	2.79	0.32	0.00	0.00	0.00				
Aditivo	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00				
Fibra	16.22	0.02	0.00		16.22	16.22	20.07				
TOTAL	1727.11	1.0									
a/c	0.51										

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12 Dosificación para barras y probetas de Mezcla 3 control

PROPORCION SSS			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	CUBOS
M3	PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	g
Cemento	334.75	0.11	0.00		334.75	334.75	414.25
zeolita	736.37	0.34	1.42	4.34	726.06	757.57	898.50
Agua	402.71	0.40	0.00		402.71	402.71	498.35
Arena SSS	360.09	0.13	2.21	1.01	352.31	355.87	435.99
Ceniza de caña de azúcar	0.00	0.00	2.79	0.32	0.00	0.00	0.00
Aditivo	1.06	0.00	0.00		1.06	1.06	1.31
Fibra	18.80	0.02	0.00		18.80	18.80	23.27
TOTAL	1853.78	1.00					
a/c	0.38						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Dosificación para barras y probetas de Mezcla 5 control

PROPORCIÓN SSS			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	B & H
M5	Peso	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	g
Cemento	288.68	0.09	0.00		288.68	288.68	235.31
Zeolita	635.04	0.29	1.42	4.34	626.15	653.32	510.37
Agua	476.64	0.48	0.00		476.64	476.64	388.51
Arena SSS	310.54	0.11	2.21	1.01	303.82	306.89	247.65
Ceniza de caña de azúcar	0.00	0.00	2.79	0.32	0.00	0.00	0.00
Aditivo	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
Fibra	16.22	0.02	0.00		16.22	16.22	13.22
TOTAL	1727.12	1.0					
a/c	0.51						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14 Dosificación para barras y probetas de mezcla 3 control

PROPORCIÓN SSS			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	B&H
M3	PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	9
							g
Cemento	334.75	0.11	0.00		334.75	334.75	272.85
zeolita	736.37	0.34	1.42	4.34	726.06	757.57	591.81
Agua	402.93	0.40	0.00		402.93	402.93	328.43
Arena SSS	360.09	0.13	2.21	1.01	352.31	355.87	287.17
Ceniza de caña de azúcar	0.00	0.00	2.79	0.32	0.00	0.00	0.00
Aditivo	0.70	0.00	0.00		1.06	1.06	0.86
Fibra	18.80	0.02	0.00		18.80	18.80	15.33
TOTAL	1853.64	1.00					
a/c	0.38						

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Dosificación 50%

Una vez realizada la dosificación control escogida, se procedió a cambiar el porcentaje de arena al 50% y se añadió ceniza de la caña de azúcar. Al tener esta una densidad menor y ocupar el mismo volumen, el peso ocupado en el volumen de mortero es menor que el peso de la arena en ese mismo m³ de mortero, esto se puede apreciar en la tabla 3.15. Además, en esta dosificación se agregó 1.00% de aditivo con respecto a la materia cementicia, aparte del cemento también fue considerada la zeolita al cumplir el mismo rol pero en menos proporción por lo que se optó por dividir la cantidad de este material en 4 para la consideración del aditivo, de esta forma si solo se consideraría el cemento solo se llega a 1.57% lo cual está dentro del 2% del rango máximo que brinda la especificación técnica del aditivo el cual dice que al tener menos del 2% con respecto al cemento las propiedades de la mezcla no se verán afectadas. Así mismo como la mezcla control se realizaron cubos, barras y probetas en forma de hueso como se observa en las tablas 17 y 18.

Tabla 3.15 Dosificación para cubos con 50% de adición de ceniza M5

PROPORCIÓN SSS					CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	CUBOS
M5 – 50% C		Peso	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	9	
Cemento		290.97	0.09	0.00		290.97	290.97	360.08	
zeolita		640.07	0.29	1.42	4.34	631.11	658.50	781.00	
Agua		480.42	0.48	0.00		480.42	480.42	594.52	
Arena SSS		156.50	0.06	2.21	1.01	153.12	154.66	189.48	
Ceniza de caña de azúcar		128.61	0.06	2.79	0.32	125.12	125.52	154.83	
Aditivo		4.56	0.00	0.00		4.56	4.49	5.55	
Fibra		16.34	0.02	0.00		16.34	16.34	20.23	
TOTAL		1717.47	1.0						
a/c	0.51								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16 Dosificación para cubos con 50% de adición de ceniza M3

PROPORCIÓN				CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	CUBOS
M3 – 50% C		PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	9
Cemento		333.50	0.11	0.00		290.97	290.97	360.08
zeolita		733.62	0.34	1.42	4.34	723.35	754.75	895.15
Agua		401.43	0.40	0.00		350.24	350.24	433.42
Arena SSS		179.37	0.06	2.21	1.01	175.50	177.27	217.18
Ceniza de caña de azúcar		147.40	0.06	2.79	0.32	143.40	143.86	177.46
Aditivo		5.22	0.00	0.00		4.56	4.49	5.64
Fibra		18.73	0.02	0.00		16.34	16.34	20.23
TOTAL		1819.28	1.00					
a/c	0.38							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17 Dosificación para barras y probetas con adición de 50% de ceniza M5

PROPORCIÓN SSS			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	B & H
M5 – 50% C	Peso	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	g
Cemento	290.97	0.09	0.00		290.97	290.97	237.17
zeolita	640.07	0.29	1.42	4.34	631.11	658.50	514.42
Agua	480.42	0.48	0.00		480.42	480.42	391.59
Arena SSS	156.50	0.06	2.21	1.01	153.12	154.66	124.81
Ceniza de caña de azúcar	128.61	0.06	2.79	0.32	125.12	125.52	101.98
Aditivo	4.56	0.00	0.00		4.56	4.56	3.71
Fibra	16.34	0.02	0.00		16.34	16.34	13.32
TOTAL	1717.47	1.0					
a/c	0.51						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.18 Dosificación para barras y probetas con adición de 50% de ceniza M3

PROPORCION			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	B & H
M3 - 50% C	PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	kg
Cemento	333.50	0.11	0		290.97	290.97	237.17
zeolita	733.62	0.34	1.42	4.34	723.35	754.75	589.60
Agua	401.43	0.40	0		350.24	350.24	285.48
Arena SSS	179.37	0.06	2.21	1.01	175.50	177.27	143.05
Ceniza de caña de azúcar	147.40	0.06	2.79	0.32	143.40	143.86	116.89
Aditivo	5.22	0.004			4.56	4.56	3.71
Fibra	18.73	0.02			16.34	16.34	13.32
TOTAL	1819.28	1.00					
a/c	0.38						

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Dosificación 75%

Así mismo como la dosificación 50% también se cambió el porcentaje de Arena pero ahora al 75% y se la remplazo por ceniza de caña de azúcar, al tener una densidad menor y ocupar el mismo volumen, el peso obtenido fue menor que el peso de la arena que ocupa ese mismo volumen, esto se puede apreciar en la Tabla 3.19 además en esta

dosificación se agregó 1.2% de aditivo con respecto a la materia cementicia por lo que aparte del cemento también fue considerada la zeolita al cumplir el mismo rol pero en menos proporción por lo que se optó para dividir la cantidad de este material en 4 para la consideración del aditivo, de esta forma si solo se consideraría el cemento solo se llega a 1.87% lo cual está dentro del 2% del rango máximo que brinda la especificación técnica del aditivo el cual dice que al tener menos del 2% con respecto al cemento las propiedades de la mezcla no se verán afectadas. Así mismo como las mezclas anteriores se realizaron cubos, barras y probetas en forma de hueso como se observa en las Tablas 3.19 y 21.

Tabla 3.19 Dosificación para cubos con 75% de adición de ceniza M5

PROPORCIÓN SSS			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	CUBOS
M5 – 75% C	PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	9
Cemento	290.97	0.09	0.00		356.40	356.40	441.05
zeolita	640.07	0.29	1.42	4.34	631.11	658.50	781.00
Agua	480.42	0.48	0.00		588.44	588.44	728.20
Arena SSS	78.25	0.03	2.21	1.01	76.56	77.33	94.74
Ceniza de caña de azúcar	192.91	0.08	2.79	0.32	187.67	188.28	232.25
Aditivo	5.47	0.00	0.00		5.47	5.47	6.77
Fibra	16.34	0.02	0.00		20.02	20.02	24.77
TOTAL	1704.43	1.0					
a/c	0.51						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20 Dosificación para cubos con 75% de adición de ceniza M3

PROPORCION			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	CUBOS
M3 - 75% C	PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	9
Cemento	290.97	0.092	0		356.40	356.40	441.05
zeolita	640.07	0.295	1.42	4.34	631.11	658.50	781.00
Agua	350.24	0.350	0		588.44	588.44	728.20
Arena SSS	78.25	0.028	2.21	1.01	76.56	77.33	94.74
Ceniza de caña de azúcar	192.91	0.085	2.79	0.32	187.67	188.27	232.25
Aditivo	5.47	0.004	0		5.47	5.47	6.77
Fibra	16.34	0.018	0		20.02	20.02	24.77
TOTAL	1574.26	0.873					
a/c	0.38						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21 Dosificación para barras y probetas con adición de 75% de ceniza M5

PROPORCIÓN SSS			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	B&H
M5 – 75% C	PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	kg
Cemento	290.97	0.09	0.00		290.97	290.97	237.17
zeolita	640.07	0.29	1.42	4.34	631.11	658.50	514.42
Agua	480.42	0.48	0.00		480.42	480.42	391.59
Arena SSS	78.25	0.03	2.21	1.01	76.56	77.33	62.40
Ceniza de caña de azúcar	192.91	0.08	2.79	0.32	187.67	188.28	152.97
Aditivo	5.47	0.00	0.00		5.47	5.47	4.46
Fibra	16.34	0.02	0.00		16.34	16.34	13.32
TOTAL	1704.436	1.0					
a/c	0.52						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.22 Dosificación para barras y probetas con adición de 75% de ceniza M3

PROPORCIÓN			CONDICIÓN DE MATERIALES		PROPORCIÓN SECO	PROPORCIÓN REAL	B&H
M3 – 75% C	PESO	Volumen	Absorción %	Humedad %	KG/M3	KG/M3	kg
Cemento	290.97	0.09			290.97	290.97	237.17
zeolita	640.07	0.29	1.42	4.34	631.1119	658.50	514.42
Agua	350.24	0.35			350.24	350.24	285.48
Arena SSS	78.25	0.03	2.207686	1.01	76.56	77.33	62.40
Ceniza de caña de azúcar	192.91	0.08	2.79	0.32	187.68	188.277	152.97
Aditivo	5.47	0.00			5.47	5.47	4.46
Fibra	16.34	0.02			16.34	16.34	13.32
TOTAL	1574.26	0.873					
a/c	0.38						

Fuente: Elaboración propia

3.2 Especificaciones técnicas

Se encuentran las normas para la elaboración del mortero con una mezcladora mecánica, además en la misma tabla se encuentra la información del método de compactación que se usó para la viga que posteriormente se ensayó a flexión siguiendo la metodología de la norma que se encuentra en la Tabla 3.23, así mismo se evidencia la norma para la elaboración y evaluación a compresión de los cubos de mortero, evaluación a tracción de probetas de mortero, cambio de longitudes con las barras de mortero y adherencia utilizando la viga de hormigón y la mezcla elegida.

Tabla 3.23 Normas técnicas Elaboración de mortero y hormigón

METODOLOGIA	DESCRIPCIÓN	NORMA
Mezclado mecánico de pastas	Paso a paso del mezclado	NTE INEN 155:2009
Elaboración de viga	Colocación y compactación	NTE INEN 1 576:2011

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24 Normas técnicas de ensayos

ENSAYO	DESCRIPCIÓN	NORMA
Resistencia a flexión	Viga de hormigón	NTE INEN 2554:2011
Resistencia a la compresión	Cubos de mortero	NTE INEN 488:2009
Cambio de longitud	Barra de mortero	NTE INEN 2 504:2009
Adherencia	Mortero	ASTM C1583/C1583M- 13
Fluidez	Mortero	ASTM C 1437-01

Fuente: Elaboración propia

3.3 Equipo y maquinaria

3.3.1 Viga de Hormigón

Para la elaboración de hormigón se necesitó recipientes para la piedra, arena, agua y cemento, además de una balanza calibrada, una hormigonera, el molde de la viga, palas, varillas de compactación y un enrazador.

3.3.2 Mortero

Para la elaboración del mortero se necesitó un tazón para depositar los materiales, un cucharón para mezclarlos y una balanza que cumpla con los requisitos de la norma ASTM C 1.005 para poder determinar los pesos necesarios con precisión.

3.3.3 Cubos

Para la elaboración de cubos se necesitó todas las herramientas antes mencionadas en el apartado 3.3.2 para realizar el mortero, además se utilizó los moldes de los cubos los cuales tienen tres espacios para cubos y son de un material metálico, adicionalmente se utilizaron apisonadores y un enrazador.

3.3.4 Probetas en forma de hueso

Se repiten los materiales y equipos de la sección 3.3.2 y adicionalmente se utilizó los moldes en forma de hueso, un apisonador para compactarlos y un enrazador.

3.3.5 Barras

Se requirió los materiales y equipos de la sección 3.3.2 y adicionalmente se utilizó los moldes en forma de barras los cuales consta con dos tornillos sujetadores por cada uno, adicionalmente un apisonador para compactarlos y un enrazador.

3.3.6 Ensayo de adherencia

Al realizar el ensayo de adherencia se necesitó los mismos materiales y equipos de la sección 3.3.2 para realizar el mortero y además una broca hueca, un disco metálico de 50 mm de diámetro, una máquina de tracción y una pieza de acople.

3.4 Procedimientos

3.4.1 Mezcla de hormigón

Para la elaboración de hormigón se necesitó pesar los materiales en este caso se usó piedra, arena, agua y cemento, mediante una balanza calibrada, posteriormente se usó la hormigonera para mezclar todos los materiales, una vez realizado el hormigón se lo vertió en una bandeja para poder maniobrarlo y verterlo en la viga en 2 capas ya que cuenta con un ancho de 15 cm, tal como indica la norma NTE INEN 1 576:2011, se realizó un proceso de varillado para una buena compactación, para las medidas de la viga se necesitó 58 golpes por capa ya que la norma nos indica que por cada 14 cm^2 se necesita un golpe con la varilla, finalmente se enraza la viga con poco número de pasadas.

3.4.2 Mezcla de mortero

El mortero se realizó partiendo de la metodología de mezclado mecánico de la norma NTE INEN 155:2009, al momento de realizar la mezcla a mano se variaron los tiempos de acuerdo con el comportamiento de la mezcla, así mismo se modificó la receta ya que se contó con otro material cementicio que en este caso fue la zeolita y también se añadió aditivo a la receta. Los pasos se los puede apreciar en la Tabla 3.25 que se encuentra a

continuación. Este proceso fue iterativo ya que se lo necesito para todos los objetos que se analizaron.

Tabla 3.25 Procedimiento de mezclado

#	ACCIÓN	T (s)
PASO 1	Colocar toda el agua de mezclado en el tazón.	0
PASO 2	Añadir el cemento al agua y esperar a que se hidrate	30
PASO 3	Luego arrancar la mezcladora y mezclar a velocidad baja (140 rpm \pm 5 rpm) por 30 segundos.	30
PASO 4	Añadir la cantidad total de arena lentamente durante un período de 30 segundos, mientras se continúa con el mezclado a velocidad baja.	30
PASO 5	Detener la mezcladora, cambiar a velocidad media (285 rpm \pm 10 rpm) y mezclar por 30 segundos.	30
PASO 6	Detener la mezcladora y dejar el mortero descansar por 90 segundos. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo, empujar rápidamente hacia abajo, dentro de la mezcla todo el mortero que pueda haberse adherido a los lados del tazón; luego por el resto de este intervalo cubrir el tazón con la tapa.	90
PASO 7	Añadir la cantidad total de fibra lentamente durante un período de 30 segundos, mientras se continúa con el mezclado a velocidad baja.	30
PASO 8	Terminar el mezclado por 60 segundos a velocidad media (285 rpm \pm 10 rpm).	60
PASO 9	En el caso que requiera un intervalo de remezclado, todo el mortero adherido a los lados del tazón, debe ser rápidamente empujado hacia abajo dentro de la mezcla con el raspador, previo al remezclado.	
TIEMPO TOTAL		240

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Cubos de hormigón

Para los cubos se limpiaron los moldes asegurándose que no queden impurezas o polvo, una vez preparados los moldes se los engraso con una brocha, se elaboró el mortero como se describió anteriormente, con las cantidades calculadas para los 9 cubos y se colocó una capa en cada espacio para cubos, el proceso de compactación se basó en 4 rondas de 8 golpes siguiendo la distribución que se observa en la ilustración, una vez terminada las dos capas, se debe enrazar la superficie. Para que no pierda humedad y pueda curarse correctamente las primeras 24 horas se dejó bajo una película de plástico, pasado el día se desencofró los cubos y se procedió al curado por inmersión.

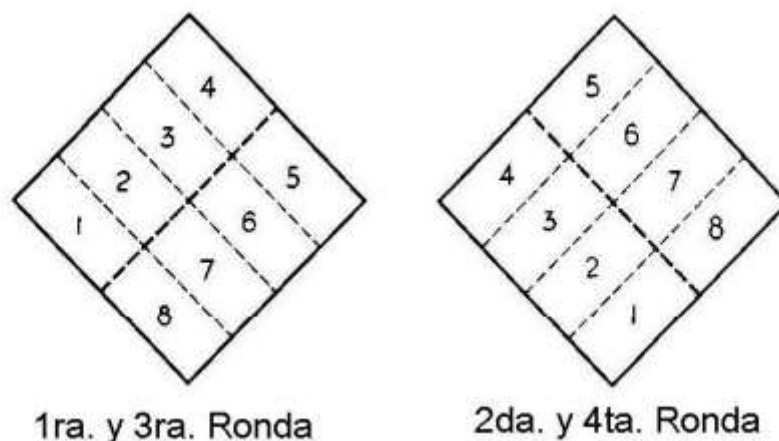


Figura 3.4 Distribución de golpes para compactación de cubos

Fuente: (NTE INEN 488, 2009)

Los cubos fueron utilizados para conocer la resistencia a compresión de la mezcla por lo que se procedió a realizar la rotura a los 7, 21 y 28 días, siguiendo el procedimiento de la norma INEN 488 en la cual indica que al ensayar cubos a 7 días se debe realizar en un intervalo de máximo 3 horas y a los 28 días un máximo de 12 horas, la muestra se la secó superficialmente y se la colocó en la maquina asegurando que los lados que entraban tengan la superficie plana. Una vez se la centró con respecto al cabezal se asignó una velocidad de carga que no exceda 1800 N/s y que no sea menor a 900N/s y al momento de registrarse la falla se tomó la resistencia máxima que alcanzó.

3.4.4 Barras de mortero

El primer paso tal como con los cubos fue de limpiar la superficie y engrasarla, en este caso en cada extremo del molde se tuvo que colocar unos bornes que permiten la medición, una vez preparado el molde se preparó el mortero tal como se indicó en el numeral 3.4.2, culminado esos pasos se procedió a colocar la mezcla en dos capas y compactando con el pisón las esquinas y posterior el centro, así en dos capas y al culminar la compactación se enrazó eliminando lo sobrante, se lo cubrió con una película de plástico por 24 horas, pasado el día se lo desencofró y se curó por inmersión. Cabe recalcar que todo el procedimiento se basó en la norma NTE INEN 2 504:2009.

La primera medida la cual es la que se usó para comparar las siguientes se la tomó al pasar las 24 horas en el momento de desencofrar, este proceso se lo realizo en un rango de 30 min una vez pasada las 24 horas, así como lo dicta la norma, luego se dejó las muestras curando hasta los días que se evaluaron.

3.4.5 Probetas en forma de hueso

Se siguió la metodología mencionada en el numeral 3.4.3 y 3.4.4 en el cual se limpia y engrasa el molde para luego realizar el mortero según el 3.4.3, este espécimen se compacta en dos capas y el número de golpes dependió de la uniformidad y fluidez del mortero y se enraza con pocas pasadas.

Al momento de ensayar las probetas a tracción se ingresó en la máquina las medidas, su espesor y se colocó una mordaza de cada lado en el cual se encajó los extremos y se procedió a colocar la velocidad con la que se movió la máquina, está registra la resistencia hasta que falla la probeta.

3.4.6 Ensayo de compresión

Al tener los cubos a la edad esperada, se procedió a retirarlos de la piscina de curado, asegurándonos que el tiempo hasta ensayarlos este en el rango de la tolerancia admisible, se procedió a cubrir con un trapo húmedo hasta el instante que se ensayó ya que todas nuestras mezclas a ensayarse son de más de 24 horas. Seguido se midió sus caras y se ubicó la muestra en el centro del cabezal, asegurándonos que las caras estén en superficie plana y que estén bien apoyadas en la Máquina universal para el ensayo la cual contaba con todos los requisitos de la norma NTE INEN 488:2009 sección 6.2.9. Cabe recalcar que la manipulación de la máquina fue de un operador calificado y el procedimiento descrito proviene de la norma NTE INEN 488:2009

Tabla 3.26 Tolerancia admisible para la edad de ensayo de cubos

EDAD	TOLERANCIA ADMISIBLE
24 horas	± 1/2 hora
3 días	± 1 hora
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Fuente: NTE INEN 488:2009

3.4.7 Ensayo de retracción

Para poder determinar la retracción de los especímenes se tomó la primera medida mediante el comparador de lectura el cual indica la cantidad en su dial la cual se usó como referencia para comparar las siguientes. Se la midió al pasar las 24 horas de agregar agua a la mezcla, seguido de esto se los volvió a sumergir en el agua saturada

con cal, hasta la edad que se requiera tomar otra medida y se repitió el proceso para cada medición, este procedimiento está basado en la norma INEN 2 504:2009

3.4.8 Ensayo a tracción

Al contar con las probetas de mortero curadas hasta el día deseado, se procedió a evaluar su resistencia a tracción, primero se tomó las medidas de cada probeta, se preparó la máquina universal con agarraderas en cada extremo para poder encajar la orejas de las probetas y se la encajo en la inferior, se colocaron los datos en la máquina por el operario y además se ajustó los extremos con agarraderas hasta tener tensionada la probeta sin que afecte a su resistencia, se re acomoda la probeta y se da inicio al procedimiento con la carga asignada la cual incrementa constantemente hasta detectar la falla.

3.4.9 Ensayo de Fluidez

Se limpió la superficie de la máquina, dejándola sin polvo ni ningún contenido de agua, se colocó el molde en el centro de la tabla y luego se vertió el mortero en dos capas, la primera de aproximadamente 1 pulgada y se la compacto con 20 golpes usando el pisón, en la segunda capa se repitió el proceso de compactación y se enrazó, se limpió la superficie y se retiró el molde al pasar un minuto desde que la mezcla se completó, posteriormente se procedió a dar 25 golpes a la mesa en 15 segundos mediante la manija que tiene en un lado, finalmente mediante el calibrador se tomo las medidas de los diámetros en cada división que presento la mesa empleada. Este ensayo fue realizado bajo la norma ASTM C 1437-01.

3.4.10 Ensayo de adherencia

Para este ensayo primero se realizó el mortero tal como se indicó en el numeral 3.4.2 y se y se limpió la sección de la viga en la cual se había producido la falla al haber sido evaluada a flexión, luego se colocó la mezcla en dos capas, se compacto cada capa y se enraza la superficie hasta tenerla nivelada, a continuación se realizó el curado mediante una película plástica para que conserve la humedad y al día siguiente se la sumergió en la piscina de curado hasta que alcanzó los 14 días, edad a la que se requirió realizar el ensayo.

Una vez completado los días de curado, se retiró la muestra de la piscina y se la dejó escurrir el exceso de agua, se la transportó a las instalaciones donde se realizó el ensayo y evaluó el tipo de falla encontrado. Para preparar la muestra se perforo perpendicularmente un círculo de 50 mm de diámetro con un taladro a una profundidad mínima de 10 mm, dado que el mortero usado es de reparación se realizó la perforación hasta llegar al hormigón. Luego se procedió a limpiar la superficie y secar cualquier humedad restante, al tener limpia la zona se colocó el epóxico adhesivo y se colocó el disco metálico centrado evitando que el sobrante se filtre en la perforación, se curó el epóxico tal como indicó su ficha técnica.

Para evaluar su adherencia primero se colocó la máquina de tensión al acople colocado en el disco metálico, se aplicó la carga de forma constante y se grabó la información al momento de ocurrir la falla, finalmente se registró el tipo de falla encontrada según la ilustración. El procedimiento está basado en la norma ASTM C1583/C1583M-13.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Objetivos

4.1.1 Objetivo general

Determinar el impacto ambiental de las soluciones propuestas mediante un análisis de ciclo de vida para la identificación de la mejor alternativa desde el punto de vista ambiental.

4.1.2 Objetivos específicos

1. Registrar las etapas y actividades de las alternativas mediante un árbol de acciones para la identificación de las acciones susceptibles a causar impacto ambiental.
2. Evaluar el impacto generado mediante una valoración cualitativa para la selección de la alternativa con menor impacto ambiental.
3. Proponer medidas preventivas empleando subplanes de manejo ambiental para la reducción del impacto generado por la alternativa menos perjudicial.

4.2 Descripción del proyecto

Teniendo en cuenta tanto la problemática descrita previamente, como las alternativas propuestas, se presenta a continuación, una descripción de los elementos y procesos involucrados en términos medio ambientales.

4.2.1 Alterativa 1: Nuevo diseño de vía.

Esta opción, mediante su alcance, pretende desarrollar un nuevo diseño total de la vía, presentando no solo la fase del diseño, sino también la construcción, el funcionamiento y el abandono de esta. La fase de diseño puede llegar a requerir una ampliación de los carriles existentes, de ser el caso, esto representaría una posible invasión al ecosistema presente. La fase de construcción necesita de equipos que inevitablemente llegan a generar diferentes tipos de escenarios y procesos, por ejemplo, en la etapa preliminar de destrucción y extracción del material existente, se debe tener en cuenta el lugar destinado para el depósito de los materiales y el tratado que se les puede llegar a dar o no (Hernández, 2007), teniendo en cuenta que en el Ecuador, se acostumbra a reciclar

el acero, pero no el hormigón y los materiales de construcción. Similar situación se daría en la primera etapa tradicional de un proceso constructivo; replanteo y nivelación, en donde se realiza la limpieza total del terreno, con retiro de escombros, maleza, y cualquier otro material que interfiera con la construcción del diseño, en este paso, es posible la afectación al ecosistema, debido a que se puede atacar al mismo alterando su fauna y flora. Existe también la posible contaminación acústica y ambiental dada por el uso de maquinaria pesada, que representa sonidos y emisión de gases de efecto invernadero.

Por el lado del principal material de construcción empleado en esta solución, el uso del cemento y agregados requeridos para la elaboración de hormigón, provienen de procesos como la extracción de recursos naturales desde canteras y de procesos de combustión a altas temperaturas para la obtención del producto cementicio, ambas acciones comprometen el ambiente y aportan en su contaminación. Mientras que, en la etapa de funcionamiento de la vía como tal, se cuenta con la presencia de la fluidez vehicular característica de la zona de estudio, aportando con emisión de gases por circulación de vehículos. Finalmente, en la etapa de abandono, se puede llegar a considerar contaminación visual debido a la mala apariencia del sitio, y contaminación ambiental dado los escombros de los diferentes materiales de la vía, que deberían estar destinados a ser removidos y reciclados de manera sostenible .

4.2.2 Alternativa 2: Elaboración de un material de reparación de pavimentos rígidos, a base de ceniza del bagazo de caña de azúcar.

Por medio de la alternativa 2, se propone obtener un material de reparación que esté elaborado a base de ceniza del bagazo de la caña de azúcar, permitiendo así, una oportunidad de considerar el tema ambiental para la solución de la problemática. Las etapas o fases consideradas para esta opción son las siguientes: obtención y extracción de la materia prima, fabricación del producto, uso del producto y disposición final del mismo.

La fase de obtención de la materia prima, representa distintos escenarios en esta alternativa, por ejemplo, al usarse materiales alternativos para la dosificación del mortero, tales como la ceniza y la zeolita, se debe tener en cuenta el proceso de combustión del bagazo de la ceniza de la caña de azúcar, el cual sin duda alguna representa contaminación ambiental por emisión de gases, sin embargo, por la misma razón, la adición de estos materiales permite reducir las cantidades de cemento a

emplearse, disminuyendo así proporcionalmente la contaminación que se deriva del proceso de combustión de la piedra caliza, mineral de hierro y arcilla, elementos necesarios para la elaboración del cemento tradicional, todo esto, teniendo en cuenta que la industria del cemento aporta con el 5% del cambio climático. Todo el uso de esta energía en los diferentes procesos contribuye con emisión de gases de efecto invernadero que derivan en cambios climáticos. La cantidad de agua demandada para la dosificación es un factor que se debe manejar con responsabilidad dado los criterios sostenibles que promueven el no comprometer los recursos del planeta para las generaciones del futuro. En el proceso de fabricación del producto, se debe considerar opciones para el desecho de materiales de prueba para ensayos o productos que no hayan alcanzado las consideraciones necesarias de diseño, por lo que el desecho de este mortero al ecosistema promueve contaminación ambiental.

4.2.3 Alternativa 3: Sustitución parcial o total del espesor de la losa.

La alternativa 3, presenta como alcance el sustituir de manera parcial o total el espesor de losa que presente afectaciones, para esto se describen los posibles impactos durante sus etapas de diseño, construcción, funcionamiento y abandono. La fase de diseño puede llegar a requerir una ampliación de los carriles existentes, de ser el caso, esto representaría una posible invasión al ecosistema presente, mientras que, en la fase constructiva, se debe considerar el efecto de la remoción y extracción del material de los paños de losas existentes afectados, nuevamente se tiene el caso de hormigón, considerando un lugar para su depósito y posterior tratado. Existe también la posible contaminación acústica y ambiental dada por el uso de maquinaria pesada, que representa sonidos y emisión de gases de efecto invernadero.

Esta alternativa requiere del uso de hormigón, por lo tanto, la gran demanda de cemento y agregados que puede llegar a requerirse contribuirá en afectaciones al ambiente, dado los procesos de obtención de materiales previamente mencionados en la alternativa 1, como son obtención de agregados y elaboración de cemento. Mientras que, en la etapa de funcionamiento de la vía, se tiene nuevamente la contaminación de gases de efecto invernadero por la circulación de los vehículos. Finalmente, en la etapa de abandono, se puede llegar a considerar contaminación visual debido a la mala apariencia del sitio, y contaminación ambiental dado los escombros de los diferentes materiales de la vía, que deberían estar destinados a ser removidos y reciclados de manera sostenible.

4.3 Actividades del proyecto

Una vez descritas las alternativas planteadas en términos medio ambientales, se procedió a organizar las acciones que puedan causar impactos al medio ambiente. Se elaboró árbol de acciones para las tres alternativas con la finalidad de clasificar las acciones desde una manera general hasta la particularidad, es decir, partiendo de las fases del proyecto, continuando con las labores a ejercer hasta llegar a las acciones involucradas (Garmendia, 2005).

Las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 presentan el árbol de acciones de las 3 soluciones en evaluación.

Tabla 4.1 Árbol de acciones de alternativa 1

FASE	LABOR	ACCIÓN
DISEÑO	Ampliación de carriles	Invasión al ecosistema
		Tala de árboles y vegetación
CONSTRUCCIÓN	Destrucción de material existente	Perforación de losa
		Golpes en losa
		Rotura de material
	Extracción de material existente	Uso de transporte pesado
		Retiro de escombros
		Depósito de escombros
	Replanteo y nivelación	Uso de maquinaria de excavación
	Preparación de superficie	Vertido de material de mejoramiento
		Compactación con maquinaria
	Colocación de acero de refuerzo	Cortado de varillas
		Soldadura de mallado
	Colocación de hormigón	Mezclado en mixer
		Movilización de mixer
		Vertido de mixer
Curado de hormigón	Movilización de tanquero	
	Riego de agua	
USO	Circulación de vehículos	Generación de emisiones
ABANDONO	Cierre de vía	Material a la intemperie
		Desvío de vehículos
		Generación de residuos sólidos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2 Árbol de acciones de alternativa 2

	LABOR	ACCIÓN
OBTENCIÓN Y EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA	Adquisición de Zeolita	Explotación de yacimiento
		Carga del mineral
		Transporte a planta de beneficio
		Tratamiento
		Distribución a locales
	Adquisición de Ceniza	Producción de caña de azúcar
		Recolección del bagazo
		Combustión del bagazo
		Distribución a locales/proveedores
	Adquisición de Cemento	Extracción de minerales
		Trituración
		Horno 1400-1600 °C
		Transporte a distribuidores
		Distribución a locales
Arena	Extracción	
	Transporte a canteras	
	Mezcla	
	Transporte a locales	
FABRICACIÓN	Proceso de mezcla	Traslado de mezcladora
		Traslado de materiales
		Mezcla de materiales
USO	Preparación de superficie	Delimitación de bache
		Limpieza de bache
	Aplicación	Adición de adherente
		Colocación de mortero

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3 Árbol de acciones de alternativa 3

FASE	LABOR	ACCIÓN
CONSTRUCCIÓN	Extracción de material deteriorado	Perforación de losa
		Golpes en losa
		Rotura de material
		Retiro de escombros
	Preparación de superficie	Nivelación con maquinaria
		Vertido de material de mejoramiento
		Compactación con maquinaria
	Colocación de acero de refuerzo	Cortado de varillas
		Soldadura de mallado
	Colocación de hormigón	Mezclado en mixer
		movilización de mixer
		Vertido de mixer
Curado de hormigón	Movilización de tanquero	
	Riego de agua	
USO	Circulación de vehículos	Generación de emisiones
ABANDONO	Cierre de vía	Material a la intemperie
		Desvío de vehículos
		Generación de residuos sólidos

Fuente: Elaboración propia

4.4 Identificación de impactos ambientales

Para poder identificar de una manera efectiva los impactos ambientales de las alternativas presentadas, se utilizó la metodología conocida como matriz de causa-efecto (Garmendia, 2005), en donde se dispuso de 3 matrices que relacionaban las acciones a realizarse durante las diferentes fases o etapas de las alternativas con diferentes factores ambientales susceptibles a sufrir alteraciones representativas.

Para esto, fue necesario partir de los árboles de acciones desarrollados, tabla 4.3, 4.4 y 4.5, obteniendo así los datos de entrada de las columnas de las matrices. Se identificó las casillas correspondientes a los factores que tienen impacto significativo para posteriormente ser evaluados, tablas 4.4, 4.5 y 4.6, presentando los datos de entrada de las filas de las matrices. En el capítulo anexos, se presenta a detalle la plantilla de la Matriz de Leopold empleada para el proceso de identificación.

Tabla 4.4 Factores de Matriz de Leopold, alternativa 1

2. CARACTERÍSTICAS O CONDICIONES DEL MEDIO SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE		A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	1. TIERRA	A. Recursos minerales
				B. Materiales de construcción
C. Suelos				
			3. ATMÓSFERA	A. Calidad (gases, partícula)
				C. Temperatura
			4. PROCESOS	F. Compactación y asentamientos
				G. Estabilidad
B. CONDICIONES BIOLÓGICAS		1. FLORA	A. Árboles	
			B. Arbustos	
			C. Hierbas	
			D. Cosechas	
		2. FAUNA	A. Pájaros (Aves)	
			B. Animales terrestres incluso reptiles	
			E. Insectos	
C. FACTORES CULTURALES		3. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	A. Vistas panorámicas y paisajes	
			B. Naturaleza	
			C. Espacios abiertos	
		4. NIVEL CULTURAL	B. Salud y seguridad	
C. Empleo				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5 Factores de Matriz de Leopold, alternativa 2

CARACTERÍSTICAS O CONDICIONES DEL MEDIO SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE		
A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	1. TIERRA	A. Recursos minerales
		B. Materiales de construcción
		C. Suelos
	2. AGUA	F. Recarga
	3. ATMÓSFERA	A. Calidad (gases, partícula)
B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	1. FLORA	D. Cosechas
C. FACTORES CULTURALES	1. USOS DEL TERRITORIO	E. Agricultura
		G. Comercial
		H. Industrial
	3. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	A. Vistas panorámicas y paisajes
		B. Naturaleza
	4. NIVEL CULTURAL	C. Empleo
	5. SERVICIOS E INFRAESTRUCTURAS	D. Vertederos de residuos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6 Factores de Matriz de Leopold, alternativa 3

CARACTERÍSTICAS O CONDICIONES DEL MEDIO SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE		A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	
		1. TIERRA	<p>A. Recursos minerales</p> <p>B. Materiales de construcción</p> <p>C. Suelos</p>
		2. AGUA	F. Recarga
		3. ATMÓSFERA	A. Calidad (gases, partícula)
		4. PROCESOS	G. Estabilidad
C. FACTORES CULTURALES		1. USOS DEL TERRITORIO	A. Espacios abiertos o salvajes
		3. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	A. Vistas panorámicas y paisajes
		4. NIVEL CULTURAL	A. Estados de vida
			B. Salud y seguridad

Fuente: Elaboración propia

4.5 Valoración de impactos ambientales

Una vez realizado el cruce de las acciones con los factores ambientales, se debe tener en cuenta que cada relación o impacto posee un determinado factor de importancia y una magnitud. Es posible obtener una valoración de estas características mediante distintos métodos existentes, los cuales tratan de mejorar la objetividad de los criterios empleados para esta valoración. Mediante la matriz de Leopold y su contenido, se empleó la fórmula de valoración cualitativa del índice de importancia, lográndose así establecer un valor numérico conocido como valor de importancia. Permitiendo así comparar las alternativas propuestas desde el punto de vista ambiental. En la sección anexos se presenta en detalle la matriz de Leopold junto a el cálculo de la fórmula de valoración.

Luego de la valoración de impacto ambiental, se empleó la escala de valoración cualitativo, para reconocer las acciones con mayor impacto hacia algunos de los factores presentados en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6. La tabla 4.7 presenta un resumen de los factores causantes de impactos ambientales altamente significativos y benéficos para cada alternativa.

Tabla 4.7 Valoración cualitativa de acciones con mayor índice de impacto

ALTERNATIVA	ACCIÓN	FACTOR	ÍNDICE IMPACTO	CALIFICACIÓN
1	Depósito de escombros	Empleo	5.42	Benéfico
	Generación de emisiones	Calidad (gases)	-9.15	Altamente significativo
2	Producción de caña de azúcar	Agricultura	8.29	Benéfico
	Extracción de minerales	Suelos	-9.49	Altamente significativo
3	Vertido de material de mejoramiento	Estabilidad	3.16	Benéfico
	Generación de emisiones	Calidad (gases)	-9.15	Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Para la alternativa 1, el romper el material existente en la vía, junto a su posterior depósito, genera un impacto benéfico, ya que no solo genera plazas de empleo tanto

para el proceso de extracción sino también para los procesos que se podrían desarrollar posterior al depósito, como el reciclaje de materiales de construcción, promoviendo y aportando así con la sostenibilidad. Por otro lado, en su etapa de funcionamiento, la apertura a la circulación no minimiza las emisiones de gases contaminantes que producen los vehículos en su rodaje.

La alternativa 2, genera un impacto benéfico para la agricultura. Mediante la inclusión de materiales alternativos como la ceniza del bagazo de la caña de azúcar, se promueve la producción de la caña, permitiendo así dar un nuevo uso mediante la combustión al bagazo residual de la producción. Caso diferente es el que sucede debido al uso de otro material alternativo como la zeolita, en donde, a pesar del uso comercializado de este mineral, se fomenta de manera indirecta la extracción y explotación del mismo, aportando en cierto grado con daño al ecosistema y a los materiales no renovables.

Finalmente, la alternativa 3 aporta durante su fase de construcción o ejecución con un impacto positivo al suelo involucrado, aportando con un proceso de estabilización al mismo, sin embargo, en su fase de uso, genera gases contaminantes que producen los vehículos en su circulación cotidiana.

Estos factores, son los más afectados desde el punto de vista medio ambiental luego de ser evaluados cualitativamente, a su vez, las acciones responsables, benefician o perjudican a otros factores en diferentes magnitudes, como se

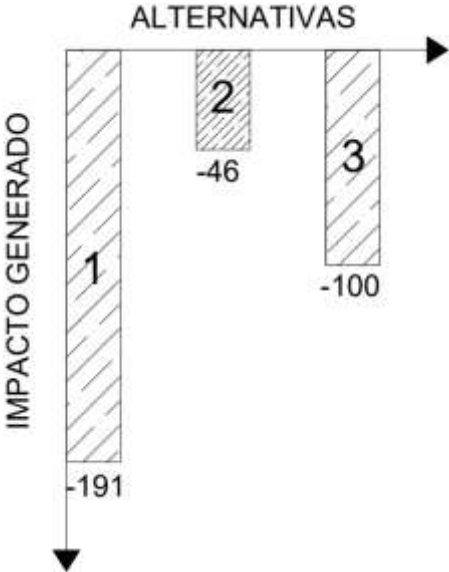


Figura 4.1 Representación visual de la valoración cualitativa

Fuente: Elaboración propia

4.6 Medidas de prevención/mitigación

Una vez desarrollado los procesos de identificación y valoración de impactos, y calificándose como opción con menor impacto ambiental a la alternativa 2, se presenta un plan de manejo de desechos que considere una buena gestión de los mismos durante todas las etapas mencionadas anteriormente, es decir; obtención y extracción de materia prima, elaboración y uso del producto y disposición final del mismo.

Dentro de este plan de manejo se presenta de manera general tanto medidas preventivas como correctoras, con la finalidad de minimizar los impactos ambientales generados por las distintas actividades correspondientes a las fases del ciclo de vida del producto. Sin embargo, se hace énfasis en proponer acciones que permitan no solo prevenir un impacto negativo si no también, evitarlo.

La tabla 4.8 presenta a continuación la propuesta de un plan de manejo de desechos en la producción de caña de azúcar, teniendo en cuenta que, estos desechos son sometidos a combustión para posteriormente obtener ceniza del bagazo.

Tabla 4.8 Plan de manejo de desechos de la caña de azúcar

OBTENCIÓN Y EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA						
Plan	Objetivos	Responsabilidad de la implementación	Actividades específicas	Monitoreo	Indicadores de desempeño	Reportes
Plan de manejo de desechos.	Disponer de un proceso certificado para la recolección del bagazo de la caña de azúcar y su combustión para obtención de ceniza.	Empresarios del sector agrícola.	Cosecha amigable con el ambiente. Combustión sostenible para obtención de bagazo. Combustión sostenible para obtención de ceniza	Visitas de acreditación. Visitas de inspección. Bitácora del proceso.	Toneladas de ceniza obtenida en determinado tiempo.	Informes trimestrales de producción.

Fuente: Elaboración propia

4.7 Conclusiones

Por medio de árboles de acciones se ha logrado registrar las actividades correspondientes a cada etapa de las alternativas presentadas, identificando las acciones que son responsables de causar algún tipo de impacto ambiental. Dentro de estas actividades, para la alternativa 1, destacan negativamente la tala de árboles en la etapa de diseño, el mezclado de hormigón en mixer en la fase constructiva, la generación de emisiones por tránsito vehicular en la fase de uso y la presencia de material a la intemperie en la etapa final de abandono. Para la opción 2, representa importancia la explotación de yacimientos y la extracción de minerales en la fase de extracción y obtención de materia prima, en la etapa de fabricación, se obtuvo gran impacto en la mezcla de los materiales y para las etapas de uso se obtuvo grandes índices en las acciones de limpieza del bache y colocación de mortero.

Luego de evaluar cualitativamente el impacto de cada acción particular y de las alternativas en general, se ha determinado que la propuesta 2 representa menor impacto ambiental a lo largo de la duración de todas sus fases; extracción y obtención de materia prima, elaboración del producto, uso y disposición final del mismo.

Se han propuesto medidas preventivas por medio de un subplan de gestión de desechos, para la etapa causante de menos impacto ambiental, permitiendo así tener un plan que durante su ejecución mitigue el impacto ambiental.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1 EDT

A continuación, se presenta estructuras de desglose de trabajo. La figura 5.1 resume la metodología de preparación de las mezclas de mortero de reparación para pavimentos rígidos.

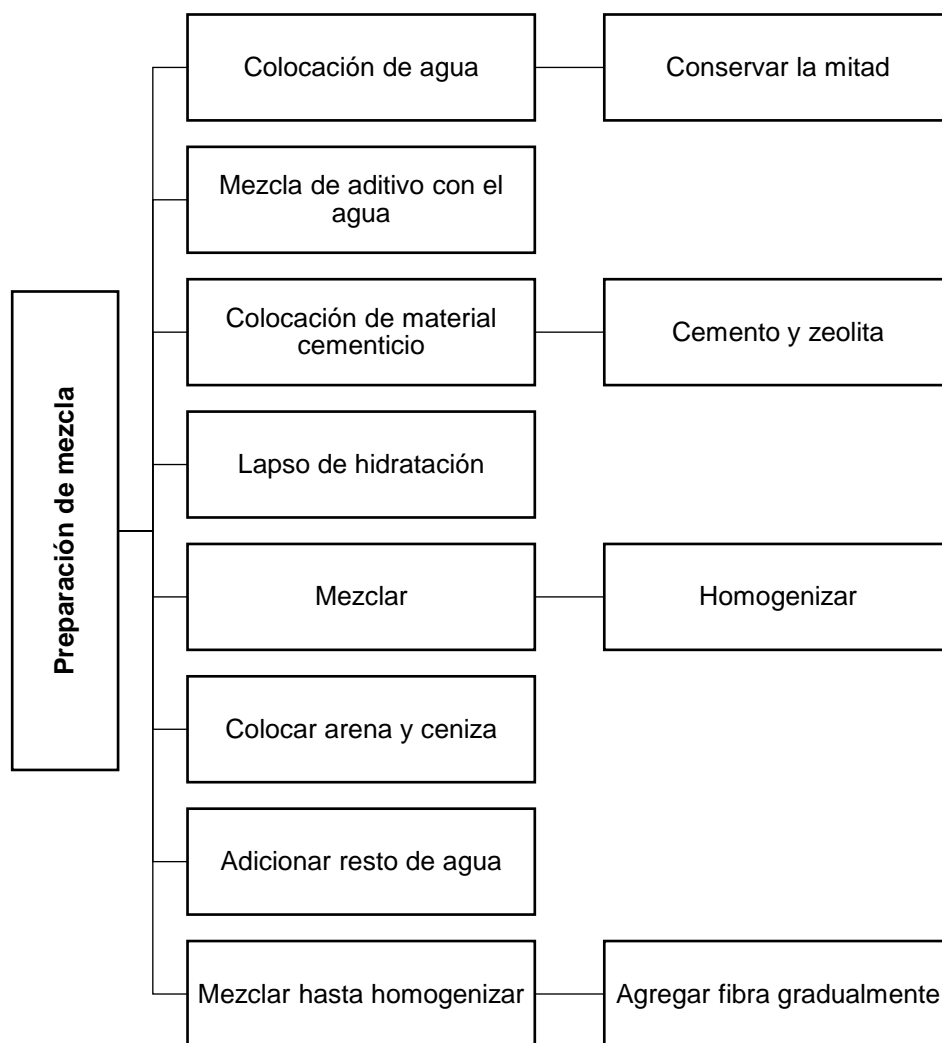


Figura 5.1 Estructura de desglose de trabajo de la preparación de mezcla

Fuente: Elaboración propia

De manera similar, la figura 5.2 aporta una organización de la metodología de reparación del pavimento propuesta.

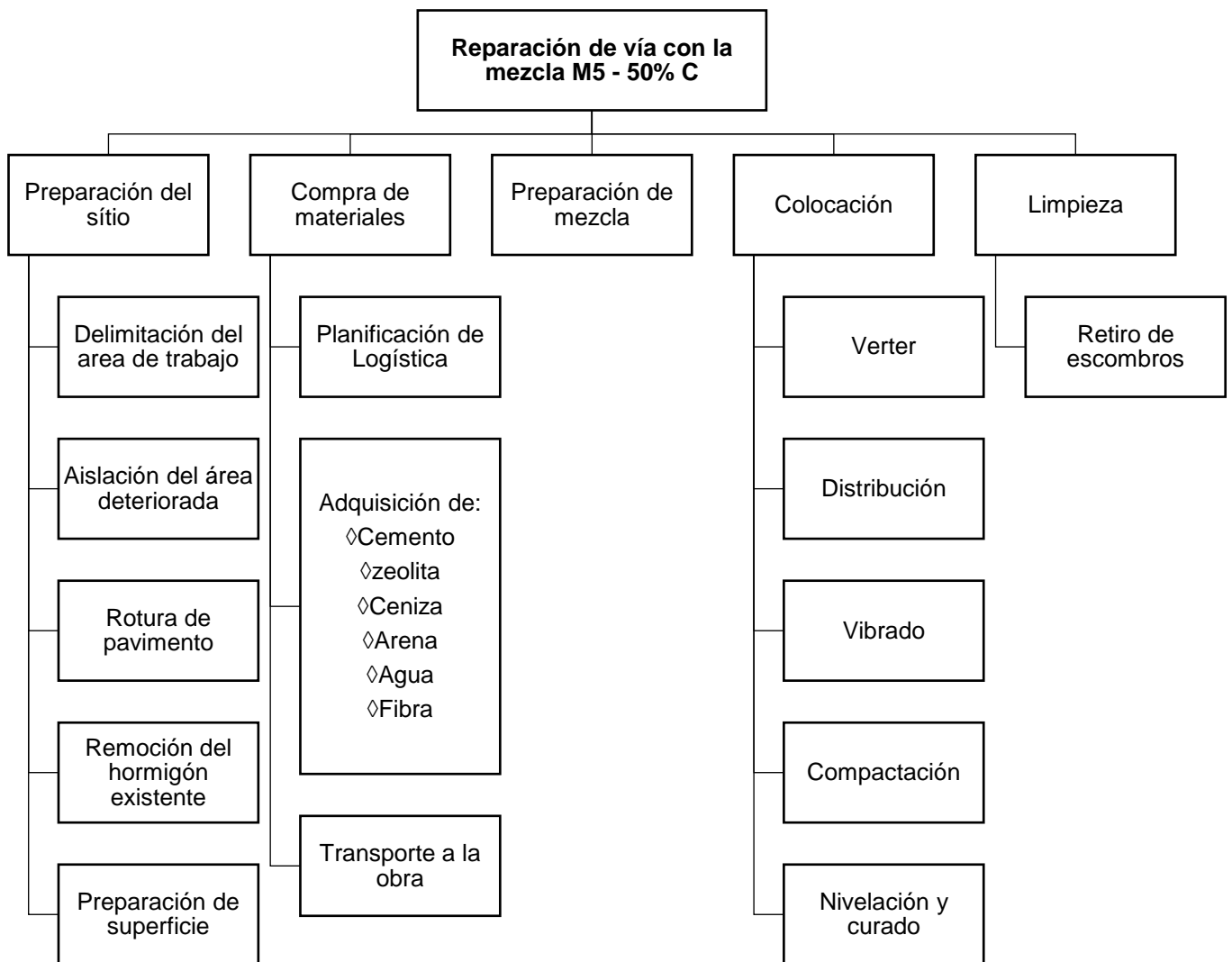


Figura 5.2 Estructura de desglose de trabajo de la metodología de reparación

Fuente: Elaboración propia

5.2 Descripción de rubros

Para la elaboración del producto, es necesario considerar el rubro 0. Elaboración del mortero, el cual fue tomado en cuenta para el análisis de precios unitarios; involucrando la adquisición de los materiales, los equipos a emplearse y la mano de obra necesaria, sin embargo, se propuso también como alternativa el rubro 1. Transporte de mortero premezclado en mixer, considerando no solo la adquisición de materiales, sino también el uso del camión mixer y el personal requerido para su conducción. La tabla 5.1 presenta los rubros mencionados.

Tabla 5.1 Rubros considerados para la elaboración del mortero de reparación

N° RUBRO	RUBRO
0	Elaboración del mortero
1	Transporte de mortero premezclado en mixer

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se presenta a continuación en la tabla 5,2 un listado con 8 rubros de aspectos constructivos que se proponen como parte de la metodología de aplicación del mortero a un pavimento como medida de reparación de baches (NEVI-12-MTOP, 2013).

Tabla 5.2 Rubros propuestos para la metodología de aplicación del mortero

N° RUBRO	RUBRO
0	Adquisición de materiales
1	Delimitación de área de trabajo
2	Aislación del área deteriorada
3	Rotura de pavimento
4	Remoción del hormigón existente
5	Preparación de superficie
6	Transporte, colocación y terminación del mortero
7	Protección y curado del mortero
8	Limpieza del sector

Fuente: Elaboración propia

Rubro 0. Adquisición de materiales: Se considera la adquisición de los materiales involucrados en sus cantidades correspondientes para la obtención de 1m³ de la mezcla del mortero, siendo estos; agua potable, arena, cemento IP, aditivo Sikament N -500, fibra de polipropileno, ceniza de bagazo de caña de azúcar y zeolita.

Rubro 1. Delimitación de área de trabajo: involucra pitutos, cintas de seguridad, señalética y personal.

Rubro 2. Aislación del área deteriorada: considera una aserradora de disco diamantado y personal operador certificado.

Rubro 3. Rotura de pavimento: requiere equipos como rotomartillo y transformador de energía eléctrica, operario certificado y ayudante.

Rubro 4. Remoción del hormigón existente: Involucra cargadora frontal, volqueta y personal certificado.

Rubro 5. Preparación de superficie: Conlleva apisonadora bailarina, compresor para soplado, adherente y operarios.

Rubro 6. Transporte, colocación y terminación del mortero: Reúne los materiales solicitados, camión mixer equipado, personal certificado, vibradores de inmersión.

Rubro 7. Protección y curado del mortero: Requiere maquina pulverizadora y operario certificado.

Rubro 8. Limpieza del sector: Involucra materiales de limpieza, remoción de escombros y desechos y acondicionamiento de zona de trabajo próxima a apertura (NEVI-12-MTOP, 2013).

5.3 Descripción de cantidades de obra

Tabla 5.3 Cantidades empleadas para 1m³ de mortero

DESCRIPCIÓN M5 – 50% C	CANTIDADES Kg/m³
Cemento IP	290.97
Zeolita	658.50
Agua potable	480.42
Arena	154.66
Ceniza de caña de azúcar	125.52
Aditivo Sikament N – 500	4.49
Fibra de polipropileno	16.34

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.3 se aprecia las cantidades usadas para la elaboración de 1 m³ de mortero de la mezcla M5 – 50% C, la cual corresponde a la dosificación de la mezcla 5 con el 50% de reemplazo de la cantidad de arena por cenizas del bagazo de la caña de azúcar.

5.4 Análisis de costos unitarios

Considerando los rubros establecidos anteriormente y las proporciones para 1m³ de mortero, se elaboró el análisis de precios unitarios, tabla 5.4 y 5.5.

Tabla 5.4 Análisis de precios unitarios

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: ELABORACIÓN DE MORTERO DE REPARACIÓN M5 - 50%C

FECHA:	14.01.23
---------------	-----------------

RUBRO: 0. ELABORACIÓN DE MORTERO

UNIDAD: M3

MATERIALES					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
0.1	Cemento IP Salvalegre	Kg	290.97	\$0.16	\$46.56
0.2	Agua potable	m ³	0.48	\$1.30	\$0.62
0.3	Arena	Kg	154.66	\$0.12	\$18.56
0.4	Zeolita	Kg	658.50	\$0.11	\$72.44
0.5	Ceniza del bagazo de caña de azúcar	Kg	125.52	\$0.04	\$5.02
0.6	Aditivo Sikament N - 500	Kg	4.49	\$7.00	\$31.43
0.7	Fibra de polipropileno	Kg	16.34	\$13.13	\$214.54
SUBTOTAL MATERIALES					\$389.17

EQUIPOS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
0.8	Mezcladora tipo trompo 9-11 P	1	\$15.00	\$15.00	0.25	\$3.75
0.9	Pala	2	\$0.50	\$1.00	0.25	\$0.25
SUBTOTAL EQUIPOS						\$4.00

MANO DE OBRA							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	U	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
0.11	Técnico inspector	HH	1.00	\$3.85	\$3.85	0.13	\$0.48
0.12	Maestro de obra	HH	1.00	\$3.25	\$3.25	0.13	\$0.41
0.13	Ayudante	HH	2.00	\$3.00	\$6.00	0.13	\$0.75
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$1.64
TOTAL COSTO DIRECTO							\$394.81
INDIRECTOS %						10.00%	\$39.48
COSTO TOTAL DEL RUBRO							\$434.29

Tabla 5.5 Análisis de precios unitarios de alternativa propuesta

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: ELABORACIÓN Y TRANSPORTE DE MORTERO DE REPARACIÓN M5 - 50%C

FECHA:	14.01.23
---------------	-----------------

RUBRO: 1. TRANSPORTE MORTERO PREMEZCLADO (MIXER)

UNIDAD: M3

MATERIALES					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
1.1	Cemento IP Salvalegre	Kg	290.97	\$0.16	\$46.56
1.2	Agua potable	m ³	0.48	\$1.30	\$0.62
1.3	Arena	Kg	154.66	\$0.12	\$18.56
1.4	Zeolita	Kg	658.50	\$0.11	\$72.44
1.5	Ceniza del bagazo de caña de azúcar	Kg	125.52	\$0.04	\$5.02
1.6	Aditivo Sikament N - 500	Kg	4.49	\$7.00	\$31.43
1.7	Fibra de polipropileno	Kg	16.34	\$13.13	\$214.54
SUBTOTAL MATERIALES					\$389.17

EQUIPOS							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1.8	Camión mixer (mezclador)	m3	1	\$100.00	\$145.00	1.00	\$145.00
SUBTOTAL EQUIPOS							\$145.00

MANO DE OBRA							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	U	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1.9	Chofer equipo pesado licencia tipo E	HH	1.00	\$3.00	\$3.00	0.13	\$0.38
1.1	Técnico inspector	HH	1.00	\$3.85	\$3.85	0.13	\$0.48
1.11	Operador	HH	2.00	\$3.15	\$6.30	0.13	\$0.79
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$1.64
TOTAL COSTO DIRECTO							\$535.81
INDIRECTOS %						10.00%	\$53.58
COSTO TOTAL DEL RUBRO							\$589.39

CAPÍTULO 6

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

6.1 Ensayo de compresión general

Se realizó ensayos de compresión en los cubos elaborados con la finalidad evaluar las resistencias de los especímenes de las mezclas diseñadas. Las resistencias se presentan en [MPa] y fueron registradas a los 7, 21 y 28 días de curado de los elementos. La tabla 6.1 presenta los resultados obtenidos para la mezcla 3 de control evaluada en los días mencionados.

Tabla 6.1 Resistencia a compresión de M3 control

M3 CONTROL - RESISTENCIA A COMPRESIÓN [Mpa]			
DÍAS	1	2	3
7	11.25	11.46	10.80
21	12.38	11.88	11.49
28	18.25	18.38	18.62

Fuente: Elaboración propia

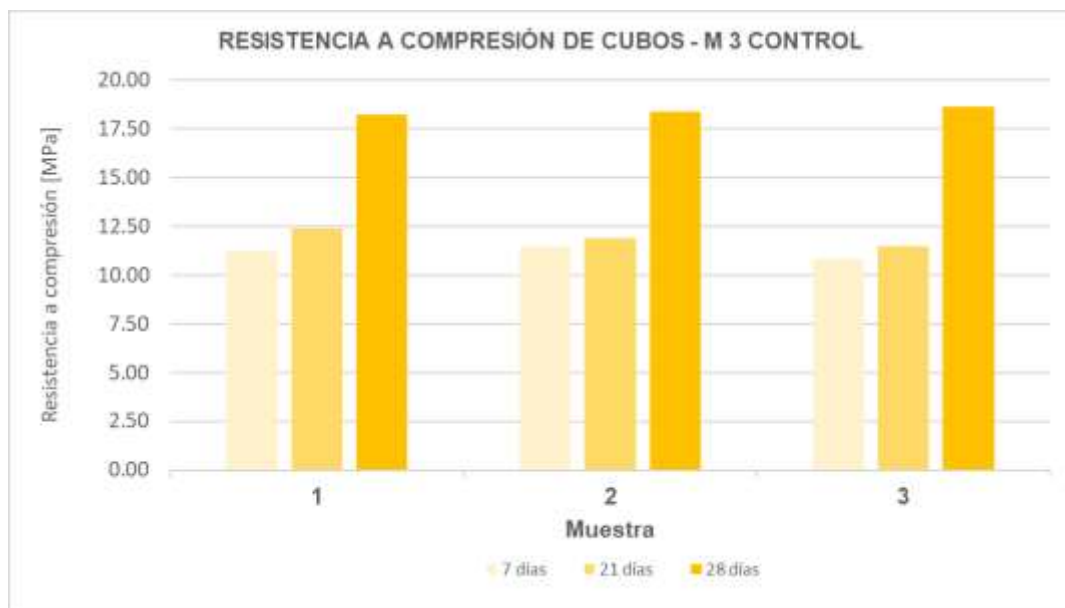


Figura 6.1 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M3 control

Fuente: Elaboración propia

La figura 6.1 representa visualmente el aumento progresivo de la resistencia con el paso de los días de curado. Para las 3 tandas de especímenes se obtuvo un valor de resistencia superior a los 28 días. En la primera etapa de evaluación, se adquirió un

61.64% de la resistencia total ganada, a los 21 días los resultados no presentaron un aumento considerable, sin embargo, a los 28 días se tuvo un incremento del 38.36% con respecto al valor inicial, alcanzándose un valor máximo promedio de 18.42 MPa entre las 2 tandas.

Tabla 6.2 Resistencia a compresión de M5 control

M5 CONTROL - RESISTENCIA A COMPRESIÓN [Mpa]			
DÍAS	1	2	3
7	11.77	11.02	9.57
21	13.41	14.80	13.76
28	16.00	16.52	15.90

Fuente: Elaboración propia



Figura 6.2 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M5 control

Fuente: Elaboración propia

La tabla 6.2 registra los valores de resistencia a la compresión de la mezcla M5 de control alcanzados durante sus etapas de evaluación. En la figura 6.2 se aprecia que existió un aumento secuencial de dichos valores en las 3 tandas, adicionalmente, más del 50% de la resistencia total alcanzada se adquirió durante los primeros 7 días de curado y a los 28 días el incremento fue del 33.33% en promedio, con respecto al ensayo inicial.

Tabla 6.3 Resistencia a compresión de M3 - 50% C

M3 - 50% C - RESISTENCIA A COMPRESIÓN [Mpa]
--

DÍAS	1	2	3
7	15.89	15.36	12.96
21	16.88	16.46	14.07
28	17.79	17.96	17.89

Fuente: Elaboración propia

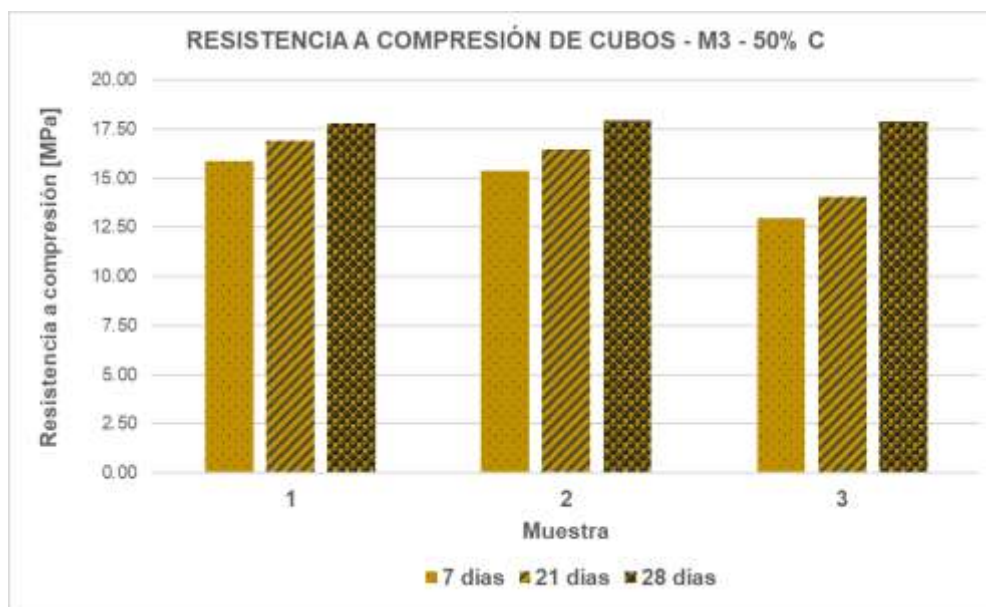


Figura 6.3 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M3 – 50% C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.3 se registra las resistencias a compresión de la mezcla 3 con un reemplazo del 50% de la cantidad de arena por ceniza, los valores máximos alcanzados se obtuvieron a los 28 días de curado, con una resistencia promedio de 17.88 MPa. La figura 6.3 permite visualizar el incremento de la resistencia a compresión con el paso de los días de curado, a los 7 días las muestras alcanzaron un 83.37% de la resistencia con respecto al valor máximo obtenido, este incremento considerable a temprana edad se asocia a las propiedades de agente reductor de agua de alto poder del aditivo Sikament – N 500 (Sika, 2020).

Tabla 6.4 Resistencia a compresión de M5 - 50% C

M5 - 50% C - RESISTENCIA A COMPRESIÓN [MPa]			
DÍAS	1	2	3
7	11.25	11.49	11.46
21	15.91	16.53	13.88

28	16.18	16.65	16.53
-----------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

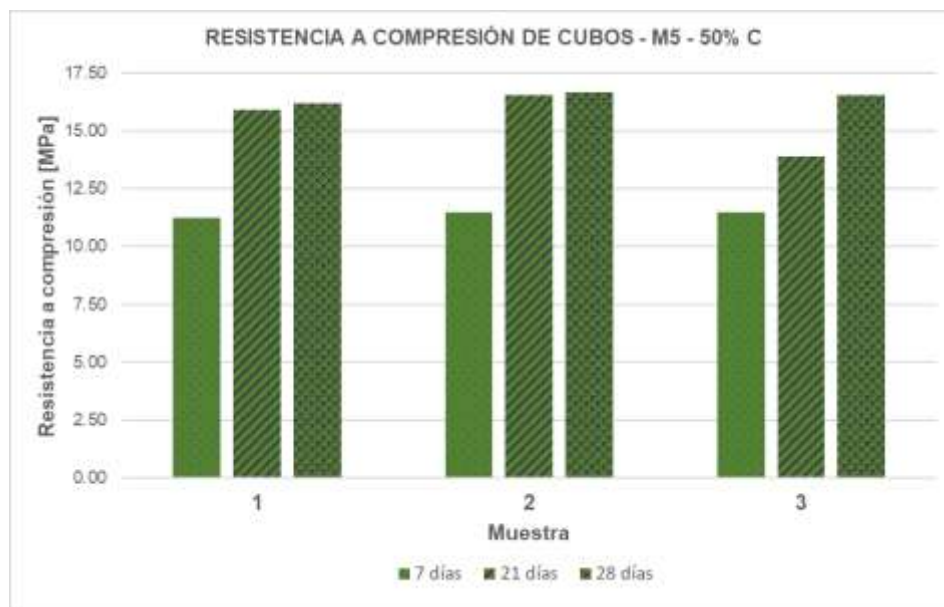


Figura 6.4 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M5 – 50% C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.4 se presentan las resistencias a compresión alcanzadas por los cubos elaborados con la mezcla 5 con reemplazo del 50% de la cantidad de arena por ceniza de caña de azúcar. En los datos se puede apreciar que la resistencia de las dos primeras muestras a los 21 días versus las de 28 días difirió por 1.67%, a excepción de la muestra 3, que presentó una variación del 16.03% con respecto a la resistencia obtenida a los 21 días. En la figura 6.4 se puede apreciar de forma gráfica lo mencionado.

Tabla 6.5 Resistencia a compresión de M3 - 75% C

M3 - 75% C - RESISTENCIA A COMPRESIÓN [MPa]			
DÍAS	1	2	3
7	10.31	10.08	12.72
21	17.07	13.29	17.07
28	17.18	17.20	18.22

Fuente: Elaboración propia

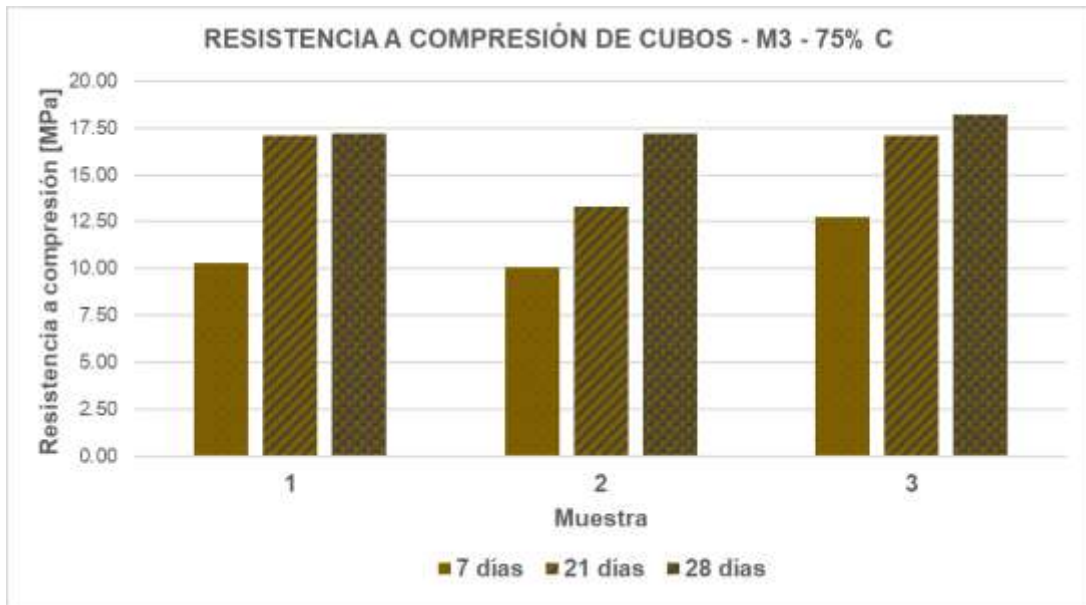


Figura 6.5 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M3 – 75% C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.5 se detalla los valores de resistencia alcanzados por los especímenes elaborados con la mezcla 3 con adición del 75% de ceniza en reemplazo de arena. Existe un crecimiento acelerado en la muestra 1 y 3, ya que a los 21 días alcanzaron el 99.40% y 93.69% de la resistencia final, respectivamente. Por otro lado, la muestra 2 presentó un comportamiento sin novedades.

Tabla 6.6 Resistencia a compresión de M5 - 75% C

M5 - 75% C - RESISTENCIA A COMPRESIÓN [MPa]			
DÍAS	1	2	3
7	14.83	15.08	15.68
21	14.93	15.66	16.10
28	16.93	16.62	16.68

Fuente: Elaboración propia



Figura 6.6 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M5 – 75% C
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.6 se registran los datos alcanzados en el ensayo de resistencia de las muestras M5 – 75% C, a los 7, 21 y 28 días de curado. En la figura 6.6 el incremento de resistencia de las tres muestras entre los días 7 y 28 de curado, es menor al 10%, ya que las muestras a los 7 días obtuvieron un valor promedio del 90.80% de la resistencia total adquirida.

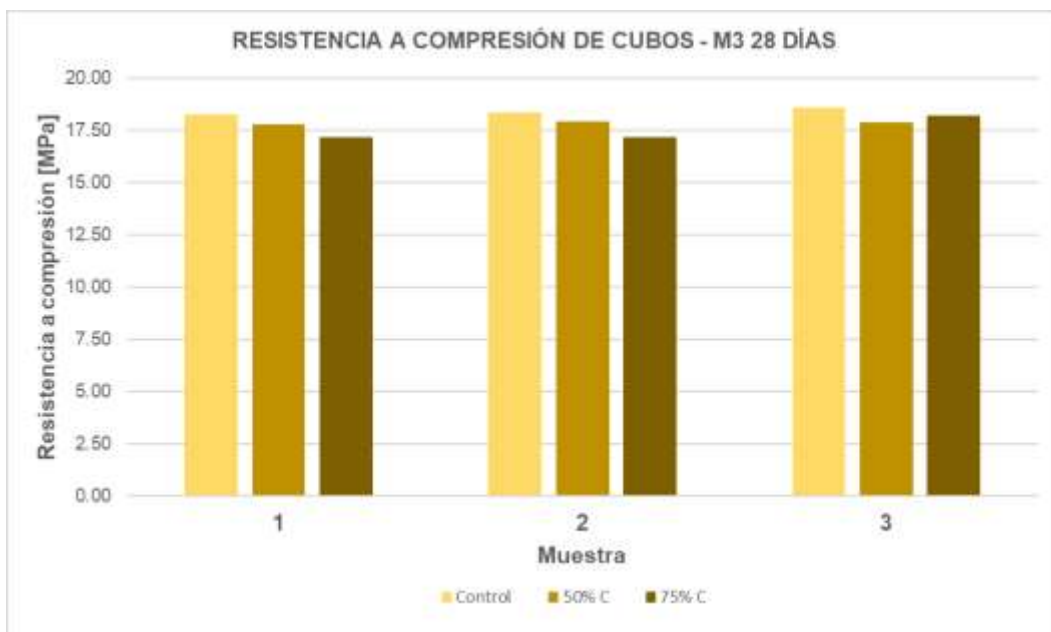


Figura 6.7 Resistencia a compresión de Mezcla 3 a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la figura 6.7 muestra las resistencias adquiridas en los especímenes elaborados con la mezcla 3 de control, mezcla 3 con adición del 50% y mezcla 3 con adición del 75% de ceniza a los 28 días de curado. El diagrama de barra permite visualizar que el comportamiento fue decreciente al reemplazar mayor cantidad de arena por cenizas, adquiriendo los valores más altos en las tandas de mezcla control y los menores valores en las series con el 75% de adición de ceniza en dos de los tres ensayos.

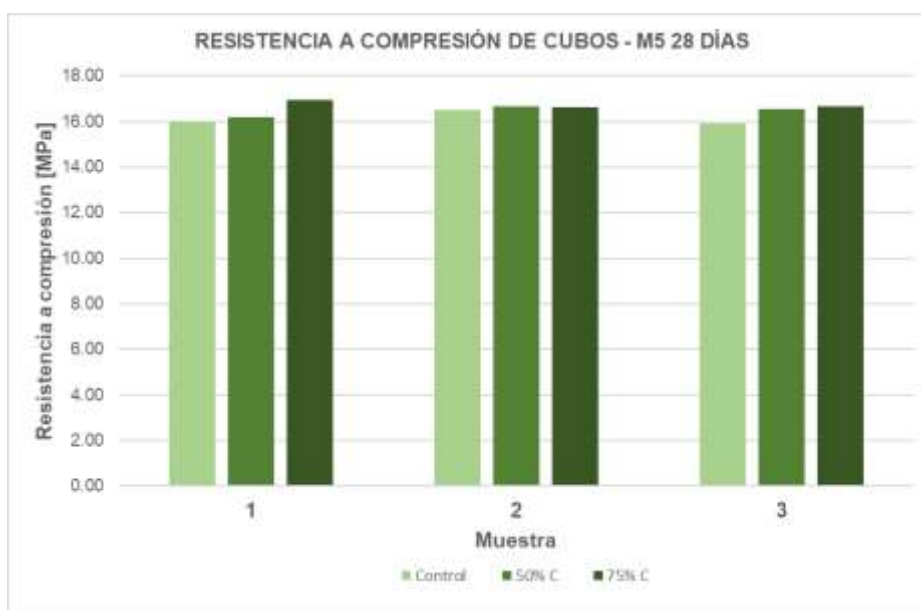


Figura 6.8 Resistencia a compresión de Mezcla 5 a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la evaluación a compresión de la mezcla 5 de control, esta obtuvo valores de resistencia a los 28 días inferiores con respecto a las mezclas con adición del 50% y 75% de ceniza en las 3 tandas, como se aprecia en la figura 6.8. Mientras que, las resistencias adquiridas por la mezcla con adición del 50% de ceniza fueron inferiores a las obtenidas por la mezcla con 75% de adición en dos tandas, la tanda dos presentó valores similares de resistencia a la compresión entre las mezclas mencionadas. La inclusión de ceniza fue positiva, dado que los valores de resistencia a la compresión se mantuvieron por encima de los 16 MPa, límite aproximado obtenido por la mezcla control. Adicionalmente, otro factor beneficioso fue la inclusión de ceniza, que redujo las cantidades de arena empleadas, aportando sostenibilidad.

6.2 Selección entre diseño de mezclas

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos de compresión entre todas las dosificaciones de las dos mezclas elaboradas, se procedió a elegir la mezcla que reúna criterios sostenibles, técnicos y presupuestarios comparando las mezclas 3 y 5 con la mezcla control de diseño de partida. La tabla 6.7 presenta las cantidades y el porcentaje aportado por cada material en la composición de 1m³ de mortero, se resalta que todos materiales provienen de la naturaleza antes de pasar por sus debidos procesos para la comercialización o uso.

Tabla 6.7 Porcentaje de materiales en 1 m³ de mortero tipo

MATERIALES	[kg/m³]	%
Cemento [kg]	290.97	16.81
Zeolita [kg]	658.50	38.04
Agua [kg]	480.42	27.76
Arena [kg]	154.66	8.94
Ceniza [kg]	125.52	7.25
Aditivo [kg]	4.49	0.26
Fibra pp [kg]	16.34	0.94
SUMA	1730.90	100.00

Fuente: Elaboración propia

La figura 6.9 muestra gráficamente los porcentajes mencionados. El cemento, la zeolita y el agua, ocupan más del 80% del volumen del mortero.

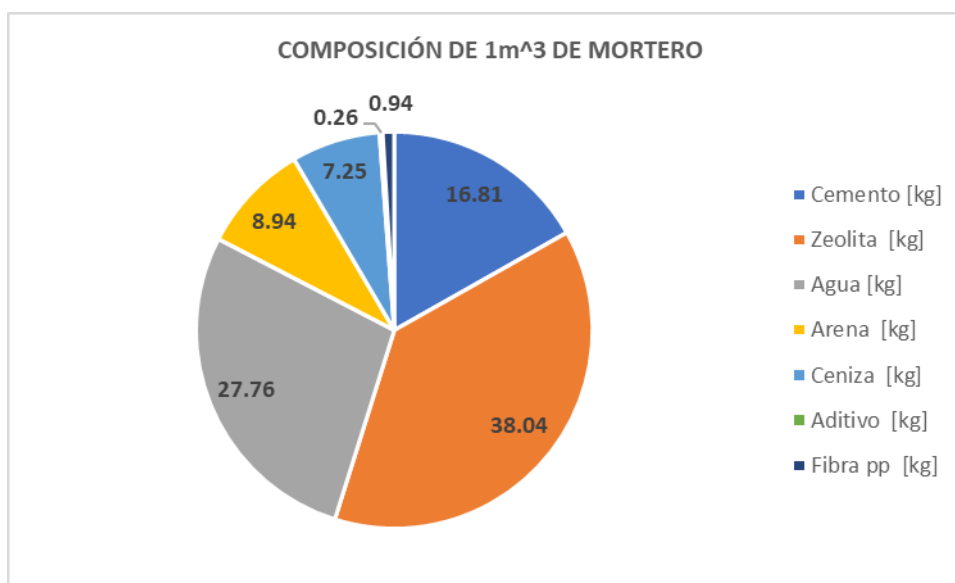


Figura 6.9 Composición tipo de 1m³ de mortero
Fuente: Elaboración propia

Se estableció indicadores y factores para la selección de la mezcla con sus respectivos pesos, ver tabla 6.8. Los indicadores propuestos fueron sostenibilidad, viabilidad técnica y monetaria, adicionalmente se acreditó un peso superior al indicador de sostenibilidad, dando importancia a la conservación de los recursos del planeta.

Tabla 6.8 Peso de indicadores y factores de selección

INDICADOR	PESO	FACTOR	PESO
Sostenibilidad	0.40	Agua	0.20
		Aditivo	0.20
Viabilidad técnica	0.30	Tracción	0.05
		Compresión	0.15
		Fluidez	0.10
Monetario	0.30	Aditivo	0.30
SUMA			1.00

Fuente: Elaboración propia

Cada factor de los tres indicadores detallados en la tabla 6.8, se evaluaron por medio de un puntaje cuantitativo, cuyo rango establecía un puntaje de 1 como muy malo, 3 como neutro y 5 como muy bueno. Ver tabla 6.9.

Tabla 6.9 Valoración cuantitativa

PUNTAJE DE CALIFICACIÓN	
1	Muy malo
2	Malo

3	Neutro
4	Bueno
5	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia

La valoración cuantitativa se aplicó a cada factor, teniendo en cuenta el efecto producido debido a las cantidades presentes u obtenidas en las mezclas comparadas. La tabla 6.10 detalla los efectos producidos por cada factor de acuerdo con el indicador evaluado.

Tabla 6.10 Efectos de factores por cantidad

INDICADOR	FACTOR	CANTIDAD	EFECTO
Sostenibilidad	Agua	+	Negativo
		-	Positivo
	Aditivo	+	Negativo
		-	Positivo
Viabilidad técnica	Tracción	+	Positivo
		-	Negativo
	Compresión	+	Positivo
		-	Negativo
	Fluidez	+	Positivo
		-	Negativo
Monetario	Aditivo	+	Negativo
		-	Positivo

Fuente: Elaboración propia

6.2.1 Comparación M5 vs. M3

Tabla 6.11 Cantidades empleadas y obtenidas entre mezclas

MEZCLA	AGUA [Kg/m3]	ADITIVO [Kg/m3]	E [Kgf/cm2]	COMPRESIÓN [Mpa]	FLUIDEZ [mm]	ADITIVO \$
M0	356.04	0.00	4000	26.69	110	\$0.00
M3	402.70	1.06	1136	18.62	89	\$7.42
M5	476.64	0.00	1000	16.52	102	\$0.00

Fuente: Elaboración propia

La tabla 6.11 detalla los valores de la mezcla diseño de partida y la mezcla 3 y 5 elaboradas por los autores. Se aplicó la valoración cuantitativa, ver tabla 6.9, y dado los pesos, tabla 6.8, se obtuvo la suma de las ponderaciones, siendo esta la calificación final de las mezclas elaboradas. Las calificaciones se reportan en la tabla 6.12.

Tabla 6.12 M5 vs. M3

INDICADOR	FACTOR	M5		M3	
		PUNTAJE	PONDERADO	PUNTAJE	PONDERADO
SOSTENIBILIDAD	Agua	1	0.20	2	0.40
	Aditivo	5	1.00	2	0.40
VIABILIDAD TÉCNICA	Tracción	2	0.10	1	0.05
	Compresión	2	0.30	2	0.30
	Fluidez	4	0.40	2	2.00
MONETARIO	Aditivo	3	0.90	2	0.60
SUMA			2.90		1.95

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del indicador sostenible, la mezcla 3 calificó como mala en cuanto al factor de cantidad de agua, ya que al ser comparada con la mezcla de partida, esta requirió mayor cantidad en su diseño, específicamente un 13.10 % adicional. Por otro lado, la mezcla 5 obtuvo una calificación muy mala, dado que su exceso fue del 33.87 %. En el caso del aditivo y su implementación, la mezcla 3 se adjudicó una valoración muy mala, debido a que en su diseño se incorporó el mismo, caso contrario sucedió en la mezcla 5, en donde al igual que en la mezcla de partida, no se utilizó aditivo, por lo que obtuvo una calificación de muy buena. Similarmente, desde el punto de vista monetario, la inclusión de aditivo caracterizó como mala a la mezcla, ya que representa un aumento en costos para su elaboración. La mezcla 5 no incluyó aditivo en su diseño, por lo que se adjudicó puntaje neutro. En cuanto al análisis del indicador de viabilidad técnica se obtuvo lo siguiente:

6.2.2 Análisis por compresión M5 vs. M3

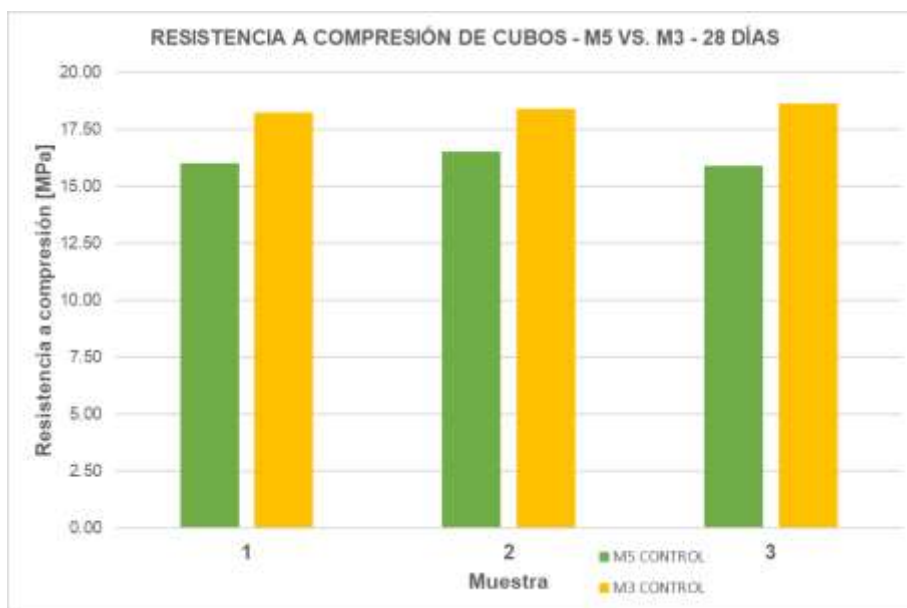


Figura 6.10 Diagrama de barras de resistencia a la compresión de M5 vs. M3

Fuente: Elaboración propia

A los 28 días de curado, la muestra de control 3 alcanzó valores superiores de resistencia a la compresión con respecto a la muestra de control 5, según la figura 6.10, este suceso se atribuye a la diferencia entre las relaciones agua/cemento, 0.38 para la mezcla 3 y 0.52 para la mezcla 5. Adicionalmente, en las tres tandas se alcanzó valores superiores a los 15 MPa y 17 MPa en las mezclas de control 5 y 3, respectivamente.

6.2.3 Análisis por tracción M5 vs. M3

Se ensayó a tracción las probetas en forma de hueso de perro, con la finalidad de evaluar el comportamiento del mortero ante cargas de tensión.

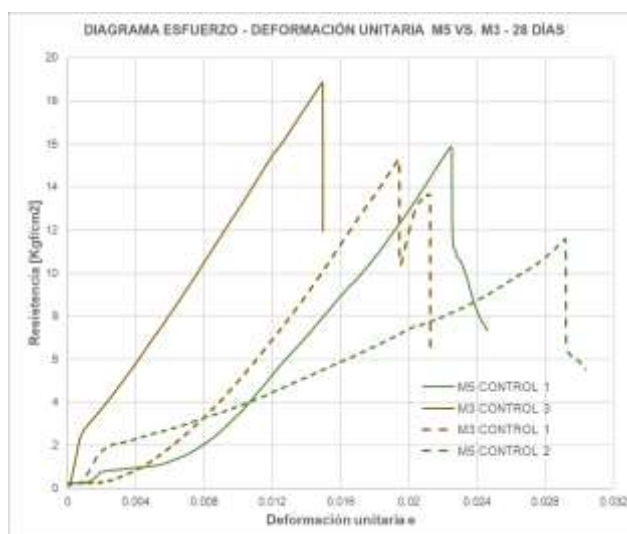


Figura 6.11 Diagrama esfuerzo - deformación M5 vs. M3 a los 28 días

La figura 6.12 presenta las curvas esfuerzo – deformación unitaria de las probetas elaboradas con la mezcla 3 y 5 de control. A los 28 días se obtuvo pendientes más pronunciadas para M3 con respecto a M5. El espécimen M3 Control 3 resistió una fuerza superior antes de su fractura y sufrió deformaciones menores con respecto a las muestras restantes al ser sometido a un determinado esfuerzo de tracción. En promedio M3 se comportó de una manera más rígida.

6.2.4 Análisis por fluidez M5 vs. M3

Tabla 6.13 Lecturas de ensayo de fluidez M5 vs. M3

Fluidez [cm]		
NORMA	M5	M3
110	82	89

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los valores de fluidez, se puede apreciar que las normas exigen un valor de 110 ± 5 cm, analizando los valores de fluidez para M5 y M3 se puede acertar que están debajo de lo establecido por lo que son dosificaciones con poca trabajabilidad.

En resumen, los puntajes y las ponderaciones determinaron una calificación de 2.90/5 para la mezcla 5 y 1.95/5 para la mezcla 3. Se procedió a seleccionar la mezcla 5 para evaluar su diseño con la adición de 50% y 75% de ceniza por la cantidad de arena.

6.3 Selección de dosificaciones M5 50% C vs. M5 75% C

Una vez seleccionado el diseño de la mezcla 5, se procedió a elegir la dosificación que reúna criterios sostenibles, técnicos y presupuestarios. Se estableció indicadores y factores para la selección de la dosificación con sus respectivos pesos, ver tabla 6.14. Los indicadores propuestos fueron sostenibilidad, viabilidad técnica y monetaria, adicionalmente se acreditó un peso superior al indicador de sostenibilidad, dando importancia a la conservación de los recursos del planeta ante la adición de ceniza en el diseño.

Tabla 6.14 Peso de indicadores y factores de selección

INDICADOR	PESO	FACTOR	PESO
Sostenibilidad	0.4	Aditivo	0.25
		Ceniza	0.15
Viabilidad técnica	0.3	Tracción	0.05
		Compresión	0.15
		Fluidez	0.10
Monetario	0.3	Aditivo	0.25
		Ceniza	0.05
SUMA			1.00

Fuente: Elaboración propia

Dada la inclusión de ceniza en los diseños, se integró el factor en los indicadores de sostenibilidad y de viabilidad monetaria de acuerdo a la relación del material con el ambiente y los costos. Para las dosificaciones la cantidad de agua no varió, por lo que el recurso hídrico ya no tuvo participación en la comparación. La figura 6.12 muestra gráficamente el porcentaje de peso acreditado a los factores.

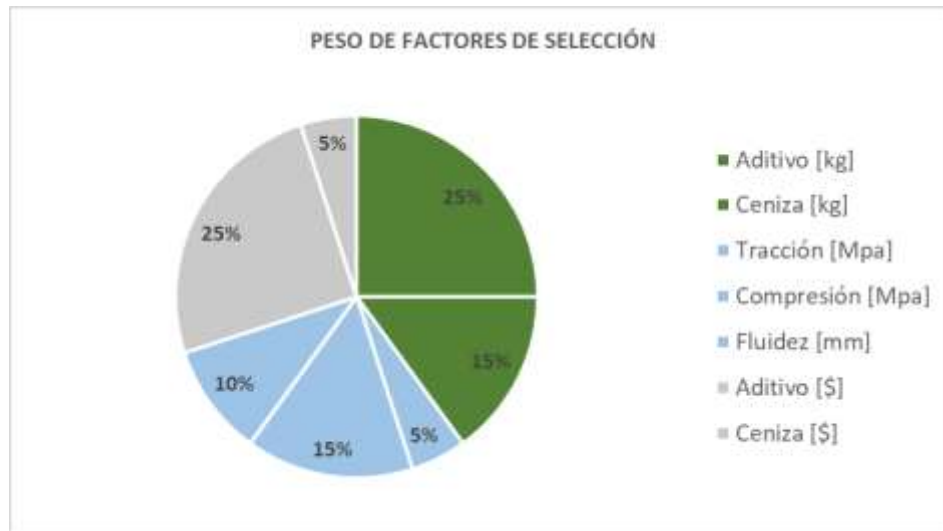


Figura 6.12 Diagrama de porcentajes de factores

Fuente: Elaboración propia

Cada factor de los tres indicadores detallados en la tabla 6.14 se evaluó por medio de un puntaje cuantitativo, cuyo rango establecía un puntaje de 1 como muy malo, 3 como neutro y 5 como muy bueno. Ver tabla 6.9. La valoración cuantitativa se aplicó a cada factor, teniendo en cuenta el efecto producido debido a las cantidades presentes u obtenidas en las dosificaciones comparadas, especialmente por las adiciones de ceniza. La tabla 6.15 detalla los efectos producidos por cada factor de acuerdo con el indicador evaluado.

Tabla 6.15 Efectos de factores por cantidad

INDICADOR	FACTOR	CANTIDAD	EFECTO
Sostenibilidad	Aditivo	+	Negativo
		-	Positivo
	Ceniza	+	Positivo
		-	Negativo
Viabilidad técnica	Tracción	+	Positivo
		-	Negativo
	Compresión	+	Positivo
		-	Negativo
	Fluidez	+	Positivo
		-	Negativo
Monetario	Aditivo	+	Negativo
		-	Positivo
	Ceniza	+	Negativo
		-	Positivo

Fuente: Elaboración propia

6.3.1 Comparación M5 – 50% C vs. M5 – 75% C

Tabla 6.16 Cantidades empleadas y obtenidas entre dosificaciones

DOSIFICACIÓN	ADITIVO [kg/m ³]	CENIZA [Kg/m ³]	E [Kg/cm ²]	COMPRESIÓN [MPa]	FLUIDEZ [mm]	ADITIVO \$
M5	0.00	0.00	4000.00	16.52	106.00	\$0.00
M5 - 50%C	4.49	125.52	1013.00	16.65	82.00	\$31.43
M5 - 75%C	5.47	188.28	1400.00	16.93	61.00	\$38.29

Fuente: Elaboración propia

La tabla 6.16 detalla los valores de la mezcla 5 de control, 5 – 50% C y 5 – 75% C elaboradas por los autores. Se aplicó la valoración cuantitativa, ver tabla 6.9, y dado los pesos, tabla 6.14, se obtuvo la suma de las ponderaciones, siendo esta la calificación final de las dosificaciones elaboradas. Las calificaciones se reportan en la tabla 6.17.

Tabla 6.17 M5 - 50% C vs. M5 - 75% C

INDICADOR	FACTOR	M5 - 50% C		M5 - 75% C	
		PUNTAJE	PONDERADO	PUNTAJE	PONDERADO
SOSTENIBILIDAD	Aditivo	2	0.50	2	0.50
	Ceniza	4	0.60	5	0.75
VIABILIDAD TÉCNICA	Tracción	1	0.05	1	0.05
	Compresión	2	0.30	2	0.30
	Fluidez	2	0.20	1	0.10
MONETARIO	Aditivo	2	0.50	1	0.25
	Ceniza	4	0.20	5	0.25
SUMA			2.35		2.20

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del indicador sostenible, las dosificaciones 5 – 50% C y 75 – 50% C calificaron como malas en cuanto al factor de cantidad de aditivo, ya que al ser comparadas con la mezcla de control, que no utilizó el producto, estas emplearon 4.49 [kg/m³] y 5.47 [kg/m³] para su diseño. En el caso de la ceniza y su variación en la adición, las dosificaciones puntuaron como buena y muy buena, dado los porcentajes de reemplazo de arena por ceniza, 50% y 75% respectivamente. Similarmente, desde el punto de vista monetario, la inclusión de aditivo calificó como mala a la dosificación M5 – 50% C, ya que representa un costo adicional de \$31.43 con respecto a la mezcla control, mientras que, la M5 – 75% C se puntuó como muy mala, al requerir un gasto incluso superior en \$6.86, es decir \$38.29. Por el lado de la ceniza, la dosificación M5 - 75% C, obtuvo una puntuación de muy buena, ya que reemplaza mayor porcentaje de

arena, y dada la relación en precios de aproximadamente 3 a 1 a favor del árido versus la ceniza, Tabla 5.4, al reemplazarse mayor cantidad de arena se economiza el precio. En cuanto al análisis del indicador de viabilidad técnica se obtuvo lo siguiente.

6.3.2 Análisis por compresión M5 – 50% C vs. M5 – 75% C

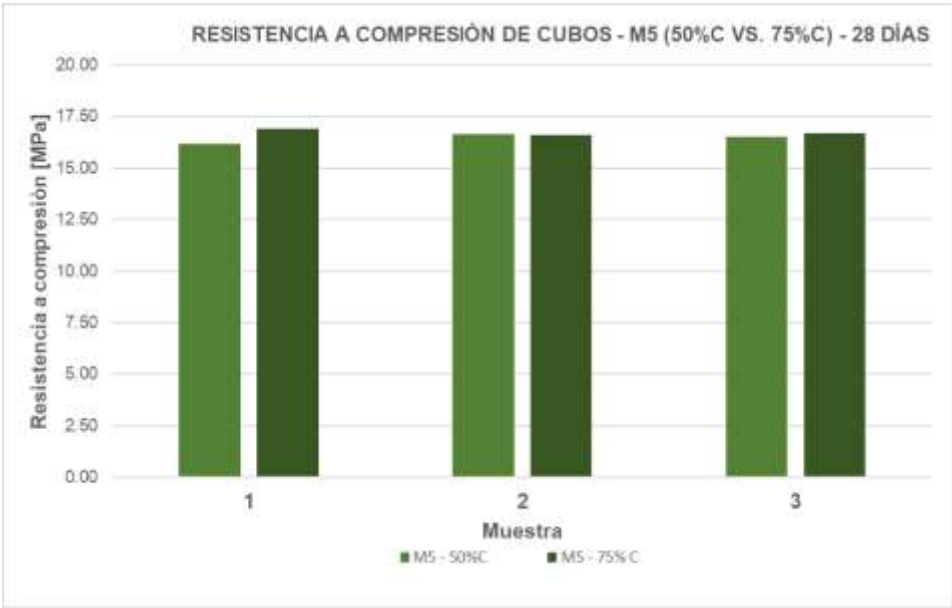


Figura 6.13 Resistencia a compresión de Mezcla 5 50% C y 75% C a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

El análisis por compresión entre las dosificaciones, figura 6.13, muestra que en las tandas 1 y 3, los esfuerzos resistidos por la M5 – 75% C fueron superiores a los adquiridos por la M5 – 50% C, excepto en la tanda 2. Este aumento en promedio del 1.77% de la resistencia a los 28 días en la M5 – 75% C, se asocia a las mayores cantidades empleadas de aditivo y ceniza, que aportaron con propiedades de aumento de resistencia a los 28 días (Sika, 2020) y de reacción puzolánica (Gabriel A. Arce, 2020).

6.3.3 Análisis por tracción



Figura 6.14 Diagrama esfuerzo - deformación M5 50% C y 75% C a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

La figura 6.14 presenta el diagrama esfuerzo – deformación unitaria de las muestras M5 con reemplazo del 50% y 75% de la cantidad de arena por ceniza, apreciándose que en la zona elástica, en el ensayo de rotura a los 7 días de curado, la M5 – 50% C2 presentó deformaciones mayores con respecto a la M5 – 75% D1, al ser sometidas a un esfuerzo en común. El comportamiento de las curvas estableció que la M5 – 75%D1 obtuvo mayor módulo de elasticidad, siendo este valor 1429 [Kgf/cm²], sobre los 400 [Kgf/cm²] alcanzados por M5 – 50%C2. Se puede asociar este comportamiento a la mayor proporción de ceniza empleada en la dosificación, 75%. El esfuerzo alcanzado antes de la fractura fue superior para M5 – 50% C2, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Figura 6.15 Diagrama esfuerzo - deformación M5 50% C y 75% C a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las mezclas evaluadas a los 28 días, la figura 6.15 mediante el diagrama esfuerzo – deformación unitaria, reveló que la muestra M5 con 50% de contenido de ceniza, presentó deformaciones menores en comparación con la mezcla de 75% de ceniza al ser sometidas a un esfuerzo en común, adicionalmente, la M5 – 50% C obtuvo un módulo elástico promedio de 1437.5 [Kgf/cm²] y la M5 – 75% C alcanzó en promedio 733 [Kgf/cm²]. La mezcla con menor porcentaje de ceniza obtuvo una conducta más rígida. Adicionalmente, la mezcla con mayor contenido de ceniza llegó a soportar esfuerzos superiores antes de su fractura por cargas de tensión, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para apreciar el comportamiento completo de las muestras.

6.3.4 Análisis por fluidez



Figura 6.16 Evaluación de fluidez en M5 - 50% C

Se evaluó la consistencia de las dosificaciones por medio del ensayo de fluidez ver figura 6.16. En la tabla 6.18 se registró las lecturas correspondientes

Tabla 6.18 Lecturas de fluidez M5 - 50%C vs. M5 - 75%C

Fluidez [cm]		
M5	M5-50	M5-75
106	82	61

Cada dosificación contó con una trabajabilidad diferente, lo cual se puede relacionar directamente con el flujo de cada una, así como se muestra en la tabla 6.18. La M5, reportó una menor fluidez a medida que se le agregó ceniza y por ende presentó menor trabajabilidad.

En resumen, los puntajes y las ponderaciones determinaron una calificación de 2.35/5 para la dosificación al 50% y 2.20/5 para la dosificación al 75%. Se procedió a seleccionar la dosificación M5 – 50% C para la evaluación de su comportamiento por retracción y sus propiedades de adherencia en una muestra de hormigón tradicional.

6.4 Ensayo de Retracción

Se tomó lecturas y se registró los alargamientos y acortamientos de las barras de mortero sometidas a curados.

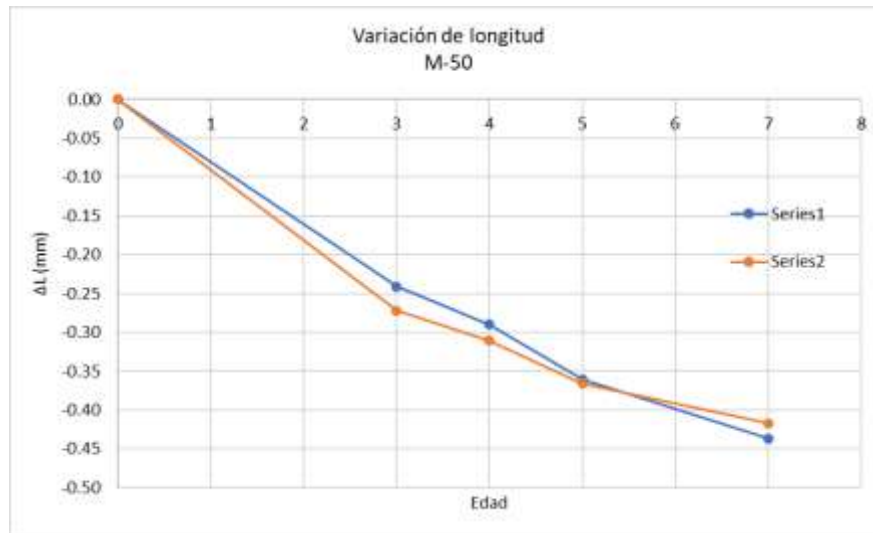


Figura 6.17 Retracción en seco M5 - 50%

Fuente: Elaboración propia

La figura 6.17 presenta el comportamiento de la M5 – 50% C en condición seca. Con el pasar de los días de evaluación, la retracción hidráulica/ seca aumentó. Esta característica recae en la pérdida de agua, la cual al ser progresiva prolongó la acción de acortamiento.

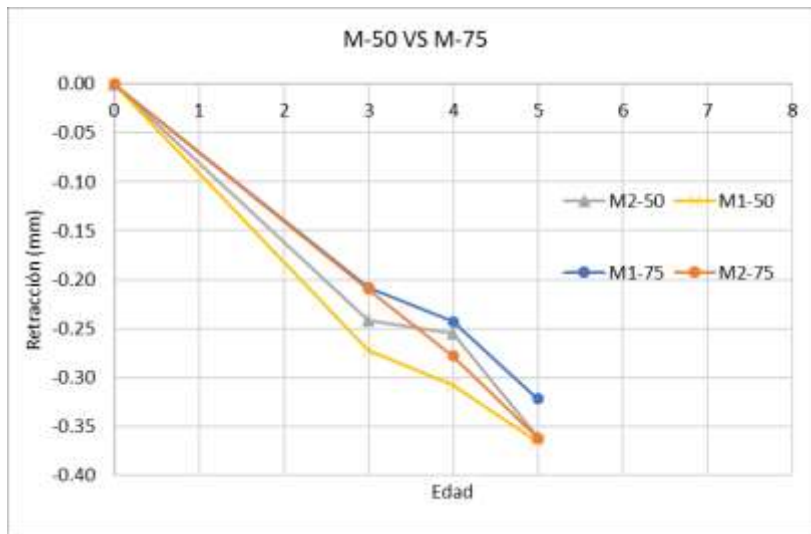


Figura 6.18 Retracción en seco entre M5 - 50% C y M5 - 75% C

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la evaluación realizada en condiciones de muestra seca, la retracción hidráulica fue mayor para la dosificación con 50% de cenizas en las dos barras, ver figura 6.18. Este comportamiento se relaciona al de hormigones, en donde al incluirse porcentajes de cenizas, se ha obtenido menor retracción mediante el aumento de la cantidad del material agrícola (Palacios Álvarez, 2014), como sucede en M1-75. Adicionalmente, M2-75 no permitió corroborar la tendencia.

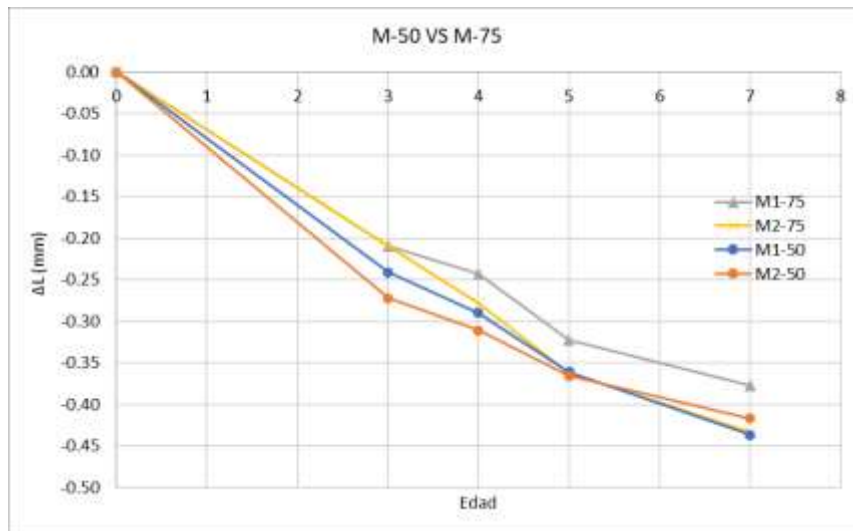


Figura 6.19 Retracción bajo curado entre M5 - 50% C y M5 - 75% C

Fuente: Elaboración propia

La figura 6.19 explica el comportamiento de las barras al estar sumergidas en un tanque con agua como técnica de curado, (NTE INEN 2 504, 2009). Las dosificaciones con 50% de adición de ceniza; M1-50 y M2-50, obtuvieron mayores valores de contracción con respecto a las M1-75 y M2-75, sus valores máximos hasta el día 30 de curado fueron 0.038 mm y 0.052 mm respectivamente, contra una retracción promedio de 0.019 mm de la M5 – 75% C. Este comportamiento es asociado a la cantidad de aditivo empleado en las dosificaciones; 3.66 g para M5 – 50% C y 4.46 g para M5 – 75% C. El aditivo Sikament N – 500 y su propiedad como reductor de agua de alto poder, aporta reduciendo la permeabilidad de acuerdo con la cantidad empleada, (Sika, 2020). La dosificación M5 – 75%C, al tener menor permeabilidad; es decir, menos flujo de agua que la atraviese, justifica menores valores de contracción, dado que este fenómeno se da por la pérdida de hidratación del mortero (Hermida, 2013).

6.5 Ensayo de adherencia

A los 14 días de curado, se evaluó la adherencia de la mezcla M5 con 50% de contenido de ceniza, el mortero se colocó sobre una superficie rugosa de hormigón, simulando la colocación sobre un bache. La tabla 6.20 presenta el reporte de los resultados de cuatro muestras en las que se ensayó la adherencia adquirida, adicionalmente, se detalla el área del disco generador de la superficie de contacto, la resistencia, esfuerzos máximos soportados y el tipo de falla ocasionado.

Tabla 6.19 Resultados de ensayo de adherencia mezcla M5 - 50% C

ENSAYO DE ADHERENCIA					
Muestra	Área de disco (mm ²)	Resistencia Max	Esfuerzo [kN/m ²]	Esfuerzo [MPa]	Tipo de falla
1	1963.00	0.80	407.54	0.41	B
2	1963.00	0.80	406.52	0.41	C
3	1963.00	1.01	516.56	0.52	B/C
4	1963.00	0.63	322.47	0.32	B

Fuente: Elaboración propia



Figura 6.20 Muestras evaluadas por adherencia

La figura 6.17 exhibe las cuatro tomas de muestras ensayadas por adherencia. Visualmente, los discos 1 y 4 presentaron una superficie de contacto limpia, este acontecimiento se asocia al comportamiento de una falla B (falla por junta entre hormigón y mortero), el disco 2 en su evaluación dejó escombros de mortero en la cara de contacto del hormigón, asociándose a una falla del mortero (ASTM C1583/C 1583M, 2008), finalmente, el disco 3 presentó la mitad de su superficie limpia y con mortero, pudiendo ser una falla por mortero o por junta.

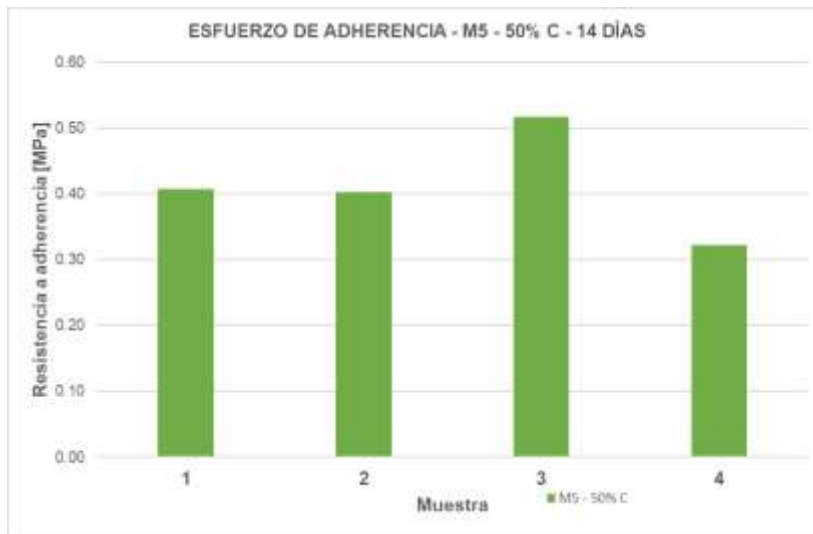


Figura 6.21 Resistencia de adherencia M5 - 50% C en superficie de hormigón

Fuente: Elaboración propia

La mezcla M5 – 50% C a la edad de 14 días obtuvo la mayor resistencia a adherencia en el disco 3, como se puede observar en la figura 6.21, además, obtuvo un esfuerzo de adherencia promedio de 0.41 [MPa], llegando a un máximo registrado de 0.52 [MPa] y un mínimo de 0.32 [MPa]. El mayor valor de resistencia desarrollado se dió en la muestra 3 y su tipo de falla asociado fue por junta y por hormigón ya que en partes se desprendió el mortero y en otras no aguantó la junta entre el material de reparación y el antiguo. Por otro lado, aunque la muestra 1 y 2 tengan fallas diferentes, reportaron la misma resistencia lo que indica que el material no está funcionando de manera uniforme a través de la superficie del mortero dado que no mantiene una sola cota y adicionalmente contiene piedras que sobresalen. Aunque la superficie del mortero mantenga un acabado liso y al mismo nivel, los espesores varían y el esfuerzo que se genera no es trabajado de la misma manera por la sección estudiada.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los ensayos llevados a cabo permitieron caracterizar el agregado fino y conocer sus propiedades. El ensayo granulométrico requirió de acuerdo con la normativa ASTM C 136 ensayar una muestra de 500 g, el porcentaje de la arena pasante por el tamiz No. 50 fue de 21.31%, es decir 368.77 g y el peso de la cantidad retenida fue de 131.23 g. Mediante la ASTM C 128-01 se determinó un 2.20% de capacidad de absorción y una densidad específica de 2.67. Adicionalmente, se empleó la ASTM C 29, por medio de la cual se determinó una densidad aparente suelta de 1660.00 [kg/m³] y densidad aparente compactada de 1782.86 [kg/m³]. Estos valores posibilitaron la obtención de la proporción del árido en estado seco y real, 375.10 [kg/m³] y 378.89 [kg/m³], respectivamente, lográndose elaborar la dosificación por metro cúbico de mortero, partiendo de la dosificación de referencia (Gabriel A. Arce, 2020) ver, Tabla 3.10. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En cuanto a la zeolita, el análisis de tamaño de partículas por difracción laser, determinó un 80% de pasante por el tamiz de 48 µm de diámetro, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, y dado que la zeolita empleada en la dosificación de referencia presentó un 65% de pasante por el tamiz de 70 µm, ver Tabla 2.2, se concluye que las características granulares del mineral empleado para la dosificación de los morteros aportó con un mejor proceso de llenado de vacíos en los poros de las mezclas, dado al menor tamaño de partículas.

Se diseñó dos mezclas de mortero, M3 control, y M5 control, Tabla 3.11, con la inclusión de la zeolita como aporte del material cementicio. Se mantuvo inalteradas las proporciones del cemento, zeolita, arena y fibra, mientras que las proporciones de agua y aditivo variaron, 3.1.2. Posteriormente, se elaboró cubos de mortero para ser sometidos a compresión, 3.4.3, probetas en forma de huesos para ensayos de tracción, 3.3.4, y muestras para medir la consistencia 3.4.9. Se midió la fluidez de las mezclas elaboradas. Los valores obtenidos del ensayo fueron inferiores a 140 mm, por lo que se concluye que ambas mezclas presentaron características de morteros secos en cuanto a sus consistencias (Álamo, 2001), lo cual se corroboró durante la experimentación, ante la poca trabajabilidad presentada. Por medio de la ejecución de ensayos de resistencia a la compresión, se evaluó el comportamiento mecánico de las dos mezclas de mortero

diseñadas, al ser sometidas a cargas axiales de compresión se obtuvo valores entre 18.25 MPa y 18.62 MPa para M3, Figura 6.7Figura 6.7 Resistencia a compresión de Mezcla 3 a los 28 días, y 15.90 MPa y 16.52 MPa para M5, Figura 6.8, Se concluye que en términos de resistencias a compresión la mezcla M3 es superior a la mezcla M5, por lo que esta última es susceptible a fallar primero ante cargas compresivas.

En cuanto a la prueba por tracción, M3 y M5 presentaron un valor promedio de módulo de elasticidad de 68.74 [Kgf/cm²] y 111.72 [Kg/cm²], respectivamente, muy por debajo del rango establecido para distintas categorías de morteros (Álamo, 2001), se concluye que las mezclas son inadmisibles para resistir esfuerzos promedios de tracción en morteros.

Haciendo uso de la NEVI y sus recomendaciones, se planteó una metodología de aplicación del mortero final de reparación M5 – 50%, se logró proponer los rubros involucrados en el proceso y un detalle general de sus actividades y requerimientos 5.2, mismos que abarcan desde la etapa de adquisición de materiales, trabajos previo a colocación de la muestra, colocación de la misma y limpieza del sector, concluyéndose que se ha aportado con información técnica en caso de un futuro uso del mortero como material de reparación. Adicionalmente, se propuso dos alternativas presupuestarias para la elaboración del mortero M5 - 50% C, en donde se determinó un costo de \$434.29 por elaborar 1m³ de la mezcla in situ, empleando una mezcladora tipo trompo y personal de supervisión y ejecución de obra, 5.4. En cuanto a la segunda alternativa, se obtuvo un valor adicional de \$155.10 por elaborar y transportar 1m³ del mortero en un camión mixer hasta obra, empleando chofer capacitado, técnico inspector y operador, 5.4. En ambos escenarios se consideró un 10.00% de gastos indirectos.

Por medio de criterios sostenibles, presupuestales y de viabilidad técnica, se seleccionó la dosificación M5 – 50% C como propuesta de material reparador de pavimentos rígidos. Ante la inclusión de ceniza del bagazo de la caña de azúcar, se logró optimizar su diseño, obteniéndose una resistencia promedio a la compresión de 16.45 MPa, 1.92% mayor a la resistencia promedio de la mezcla control, 16.14 MPa. Similar comportamiento presentó la dosificación M5 – 75% C, que obtuvo un esfuerzo promedio de 16.74 Mpa, 3.71% mayor al de la mezcla control. Si bien la dosificación M5 – 75% C, obtuvo un comportamiento a compresión mejor, esta no fue seleccionada como propuesta, dada la influencia de los demás indicadores. En cuanto al criterio sostenible, la mayor adición de ceniza fue beneficiosa, sin embargo, a mayor cantidad de ceniza también se empleó

mayor cantidad de aditivo, el cual proviene de resinas (Sika, 2020), comúnmente extraída de árboles. Desde los demás parámetros del comportamiento mecánico, la compresión y la tracción fueron superiores en porcentajes inferiores al 5%, pero, en cuanto a la fluidez, que aporta la trabajabilidad necesaria para un buen manejo y colocación del material en obra, esta fue aceptable en la M5 – 50% C, con un valor de 82 cm, 34.43% mayor a la fluidez de la M5 – 75% C, concluyéndose que la mezcla con menor porcentaje de ceniza presenta mejor trabajabilidad, favoreciendo el proceso de mezcla y colocación en obra. Finalmente, desde el caso presupuestal, como se reitera el uso adicional de aditivo, este representó una diferencia de precio del 21.83% para la dosificación por m³ de mortero M5 – 75% C. Por la sustentación de estas razones y criterios, se estableció la M5 – 50% C como propuesta de mortero de reparación de pavimentos rígidos.

A pesar de que la M5 – 50% C se comportó mejor en términos de propiedades mecánicas y destacó entre las mezclas y dosificaciones elaboradas, bajo distintos criterios de desempeño, esta no satisface los parámetros que exigen las normativas de morteros de reparación de pavimentos rígidos, que exigen valores mínimos de resistencia a la compresión, tracción y adherencia de 45 Mpa, 2 GPa y 2Mpa, respectivamente, por lo que se concluye que el mortero M5 – 50% C; Mezcla 5 con reemplazo del 50% de cantidad de arena por cenizas del bagazo de la caña de azúcar, no cumple los estándares para establecerse o posicionarse en el mercado como un mortero de reparación de pavimentos rígidos que cumpla con requisitos ingenieriles mecánicos de diseño.

Recomendaciones

Para el proceso de dosificación, en caso de usarse materiales que no están en estado seco, se debe considerar el porcentaje de humedad, aumentando así la proporción de los mismos por m³, ya que al poseer agua en su contenido, se necesitará más material para la elaboración de los especímenes.

Para la elaboración de las mezclas de mortero y sus dosificaciones, se recomienda tener en cuenta las limitaciones técnicas de equipos, como la falta de una máquina mezcladora, ya que en caso de diseñar una dosificación con relación agua/cemento alto, característica de poseer baja trabajabilidad, no se asegura el alcanzar los valores de resistencia a compresión esperados, debido a la dificultad que se presenta con la técnica de mezclado a mano.

Durante la evaluación de la resistencia a la adherencia de alguna muestra de mortero en una futura ocasión, se recomienda verter la mezcla sobre una superficie lisa a pesar de la presencia de irregularidades en las superficies de un pavimento real. Esto se sugiere para asegurar una mejor unión entre las caras de los materiales y obtener resultados más claros en cuanto al tipo de falla que presente el ensayo, pudiéndose interpretar mejor si las fallas ocurren por la junta de adherencia, por el mortero o por el hormigón.

Se recomienda emplear al menos dos aditivos distintos y variar su método de uso con la finalidad de evaluar y aprovechar las distintas ventajas que ofrecen cuando son utilizados como superplastificantes, agentes reductores de agua de alto poder o agentes economizadores de cemento.

Medir la consistencia de las mezclas permite tener una idea del comportamiento de las mismas en temas de fluidez y trabajabilidad, por lo que se recomienda como ensayo de partida ejecutar su evaluación acorde a ASTM C 1437 para realizar los ajustes necesarios sin alterar los valores de resistencia a la compresión esperados en el diseño.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Luque, A., Cultrone, G., & Sebastián, E. (2010). *The Use of Lime Mortars in Restoration Work on Architectural Heritage*. Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures.
- Aggelakopoulou, E., Bakolas, A., & Moropoulou, A. (2011). Properties of lime-metakolin mortars for the restoration of historic masonries. *Applied Clay Science*, 15-19.
- Álamo, J. A.-C. (2001). *Análisis estructural de puentes arco de fábrica. Criterios de comprobación*. Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Madrid.
- ASTM C 1437 – 01. (2013). *Standard test method for flow of hydraulic cement mortar*. West Conshohocken United States: ASTM.
- ASTM C1583/C 1583M. (2008). *Standard Test Method for Tensile Strength of Concrete Surfaces and the Bond Strength or Tensile Strength of Concrete Repair and Overlay Materials by Direct Tension (Pull-off Method)*. West Conshohocken, United States: Laurentian University pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.
- Carvajal, I. P. (2021). *Diseño de vías*. Guayaquil: Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
- Coba, G. (7 de Diciembre de 2021). *El Municipio destinará USD 52,5 millones para reparar las calles de Quito*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/municipio-presupuesto-arreglar-calles-quito/>
- Comercio, R. E. (3 de Marzo de 2022). 4 000 km de la red vial estatal no están en buen estado. *EL COMERCIO*.
- Comunicaciones, M. d. (2002). *Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito.
- Cóndor, Á. (4 de Marzo de 2022). *Quito mantiene la emergencia vial con la totalidad de sus calles en mal estado*. Obtenido de <https://www.radiopichincha.com/quito-mantiene-la-emergencia-vial-con-la-totalidad-de-sus-calles-en-mal-estado/>
- Construcción, N. E. (2014). *Mampostería Estructural*. Quito: CAMICON.

- Consulting, C. (2015). *Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental para la construcción y mejoramiento de la carretera Quinindé – Las Golondrinas – Saguangal (Magdalena Bajo) con una longitud aproximada de 98 km.* Quito.
- Crónica, D. (21 de Febrero de 2022). *La vialidad y calles de Loja en completo deterioro.* Obtenido de <https://cronica.com.ec/2022/02/21/la-vialidad-y-calles-de-loja-en-completo-deterioro/>
- Crónica, D. (22 de Septiembre de 2022). *Transportistas: Esperan que ofrecimientos de Vicepresidente se concreten.* Obtenido de <https://cronica.com.ec/2022/09/22/transportistas-esperan-que-ofrecimientos-de-vicepresidente-se-concreten/#more-36785>
- Diario, E. (27 de Agosto de 2022). *Mantenimiento de las vías es urgente.* *El Diario.*
- Escandón, C. E. (2012). *eniza de bagazo de caña como aditivo al cemento Portland para la fabricación de elementos de construcción.* Palmira: Revistas Unal.
- Gabriel A. Arce, M. M. (2020). *Evaluation of Bagasse Ash as Cement and Sand Replacement for the Production of Engineered Cementitious Composites (ECC).* *Zenodo.*
- Galápagos, C. d. (2016). *Reconstrucción y mantenimiento de la red vial de la provincia de Galápagos.* Puerto Baquerizo Moreno.
- García, E. I. (2019). *Cenizas de bagazo de caña de azucar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón.* Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Garmendia, A. (2005). *Evaluación de impacto ambiental.* Madrid: Pearson Educación S.A.
- Gordillo, C. (2018). *Evaluación de daños de pavimentos.* Guayaquil.
- Gordillo, I. C. (2021). *Introducción al Diseño de Pavimentos.* Guayaquil.
- Hermida, G. (2013). *Agrieto luego existo, la retracción del concreto.* *Studocu, 2.*
- Hernández, I. A. (2007). *Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción.* Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- INEN 154. (2004). *Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.* Quito.
- INEN. (2015). *HORMIGÓN. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA.* Quito: Norma Técnica Ecuatoriana .
- Informa, Q. (18 de Julio de 2022). *En esta semana se ejecutaron 6124 intervenciones de mantenimiento vial en Quito.* Obtenido de

- <http://www.quitoinforma.gob.ec/2022/07/18/en-esta-semana-se-ejecutaron-6124-intervenciones-de-mantenimiento-vial-en-quito/>
- Juan Pablo Izquierdo, M. J. (2019). Uso de la ceniza del bagazo de caña (CBC) como reemplazo parcial del cemento Portland - Caso Colombia. *61º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2019*.
- Loren, P. (2018). Evaluación de la durabilidad a fatiga de mezclas semicalientes con adición de zeolita natural y RAP. *RIOC*, 7-17.
- Mercedes B. Rosell Lam, J. L. (2011). INFLUENCIA DE LA ADICION DE ZEOLITA EN LAS PROPIEDADES MICRO Y MACROESTRUCTURALES EN PASTAS Y MORTEROS. *Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción*.
- NEVI-12-MTOP. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP*. Quito.
- NTE INEN 2 504. (2009). *Mortero y hormigón. Determinación del cambio de longitud del mortero y del hormigón endurecidos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN.
- NTE INEN 2554. (2011). *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a flexión del hormigón (utilizando una viga simple con carga en los tercios)*. Quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.
- NTE INEN 488. (2009). *Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista*. Quito: INEN.
- NTE INEN 696. (2011). *Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*. Quito: INEN.
- Palacios Álvarez, A. (2014). Retracción de morteros con cementos ternarios en distintas etapas de hidratación y envejecimiento. *Congreso de ACHE*, 2.
- Pérez, B. (19 de Agosto de 2022). 15 meses de Gobierno y el deterioro en vías persiste. *El Mercurio*.
- Ponce, I. (26 de Mayo de 2022). El plan vial 2025, explicado. *GK*.
- Pozo, A. (2015). Evolution of mechanical properties and drying shrinkage in lime-based and lime cement-based mortars with pure limestone aggregate. *Construction and Building Materials*, 472-478.
- Radio, S. (13 de Septiembre de 2022). *Mal estado de las vías genera inconformidades*. Obtenido de <https://radiosucumbios.org.ec/?p=3385>

Salazar, A. (30 de Noviembre de 2021). El 80 % de las calles de Quito tiene huecos, rellenos o parches; el Municipio prioriza el bacheo, debido a la falta de recursos. *El Universo*.

Sánchez, F. J. (2002). *Historia, caracterización y restauración de morteros*. Sevilla: Universida de Sevilla.

Sika. (2020). Hoja técnica de producto - Sikament - N 500. Guayaquil.

V, R. P. (2015). Macuma-Taisha: La vía que provocó un levantamiento. *Plan V*, 1-9.

Vera Becerra, C. X. (2019). *Morteros de sílice y cal: Análisis del material para futuras aplicaciones en la construcción*. Cuenca: Universidad Católica de Cuenca.

ANEXOS



HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

Sikament[®]-N 500

SUPERPLASTIFICANTE REDUCTOR DE AGUA DE ALTO PODER

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Sikament- N 500 es un aditivo líquido, color café, compuesto por resinas sintéticas. Superplastificante, reductor de agua de alto poder y economizador de cemento. No contiene cloruros.

USOS

Sikament- N 500 tiene tres usos básicos:

SUPERPLASTIFICANTE

Adicionándolo a una mezcla de consistencia normal se consigue fluidificar el concreto o mortero facilitando su colocación y su bombeabilidad en elementos esbeltos densamente armados y en la construcción de estructuras civiles prefabricadas. Permite recuperar el asentamiento del concreto premezclado sin alterar sus tiempos de fraguado ante demoras en la colocación del mismo.

REDUCTOR DE AGUA DE ALTO PODER

Adicionándolo disuelto en la última porción del agua de amasado permite reducir, de acuerdo con la dosis usada, hasta un 25% del agua de la mezcla, consiguiéndose la misma manejabilidad inicial y obteniéndose un incremento considerable de las resistencias a todas las edades. Sikament- N 500 es ideal para la elaboración de prefabricados y concretos de altas resistencias finales. Mediante su uso la impermeabilidad y durabilidad del concreto o mortero se ven incrementadas notablemente.

ECONOMIZADOR DE CEMENTO

Se puede aprovechar la reducción del agua lograda, para disminuir el contenido de cemento y hacer más económico el diseño de las mezclas especialmente aquellas de consistencia fluida como bombeables, tremie y contech. Sikament- N 500 puede ser usado como superplastificante en concretos elaborados con adiciones de microsilica.

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

Beneficios de Sikament- N 500 en el concreto fresco co-mo en endurecido:

COMO SUPER PLASTIFICANTE

- Mejora considerablemente la trabajabilidad de la mezcla.
- Facilita el bombeo y colocación del concreto a mayores alturas y a distancias más largas.
- Disminuye el riesgo de hormigueros en el concreto de estructuras densamente armadas y esbeltas.
- Mejora considerablemente el acabado del concreto y reproduce la textura de la formaleta. Evita la segregación y disminuye la exudación del concreto fluido.
- Disminuye los tiempos de vibrado del concreto. Puede redosificarse hasta completar una dosis del 2% del peso del cemento sin alterar la calidad.

COMO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO PODER

- Aumenta la resistencia inicial del concreto. Incrementa la resistencia final del concreto en un 40% aprox. a los 28 días.
- Reduce considerablemente la permeabilidad del concreto, aumentando su durabilidad.
- Densifica el concreto y mejora su adherencia al acero de refuerzo.
- Reduce en alto grado la exudación y la retracción plástica.
- Gran economía en los diseños por la reducción de cemento alcanzable.

CERTIFICADOS / NORMAS

Sikament- N 500 está diseñado para cumplir la norma ASTM C-494, como aditivo tipo A y F.

INFORMACION DEL PRODUCTO

Empaques	A granel
Vida en el recipiente	24 meses en sitio fresco y bajo techo, en su envase original, bien cerrado.
Condiciones de Almacenamiento	Para su transporte deben tomarse las precauciones normales de productos químicos.
Densidad	1,2 kg/l aprox.

INFORMACION DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	Como superplastificante: 0,5 al 1,0% del peso del cemento. Como reductor de agua de alto poder: 1,0 al 2,0% del peso del cemento. La dosis óptima debe determinarse mediante ensayos preliminares.
---------------------------------	--

INSTRUCCIONES DE APLICACION

COMO SUPER PLASTIFICANTE

Adicionar Sikament- N 500 a la mezcla ya preparada, inmediatamente antes de la colocación o bombeo del concreto. Mezclar el concreto con Sikament-N 500 durante 3 minutos. La elaboración de concreto bombeable demanda una granulometría continua y un adecuado contenido de finos en la mezcla. La mezcla debe tener entre 5 y 7 cm de asentamiento antes de aplicar Sikament-N 500 para lograr el mejor efecto fluidificante y minimizar la dosis.

COMO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO PODER

Adicionar la dosis escogida de Sikament- N 500 en la última porción del agua de amasado de la mezcla. Reducir agua y trabajar justo con la manejabilidad requerida. Al reducir agua la mezcla pierde manejabilidad muy rápido. Colóquela y vibrela inmediatamente. Puede usarse combinándolo con la dosis adecuada de un plastificante retardante del tipo Plastiment con el fin de atenuar este fenómeno.

LIMITACIONES

La elaboración de concreto o mortero fluido exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido. En caso de deficiencia de finos, dosificar Sika-Aer RMC para incorporar del 3% al 4% de aire en la mezcla. El uso de concreto fluido demanda un especial cuidado en el sellado de las formaletas para evitar la pérdida de pasta. La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de la obra. Al adicionar Sikament- N 500 para superfluidificar una mezcla con asentamiento menor de 5 cm. se incrementan los requeri-

mientos del aditivo. Cuando se emplea para recuperar la bombeabilidad de una mezcla perdida por demoras en la colocación y se desea plasticidad por más de 1 hora adicional, agregue un plastificante retardante y luego Sikament- N 500. Los mejores resultados se obtienen cuando los componentes que intervienen en la preparación del concreto cumplen con las normas vigentes. Dosificar por separado cuando se usen otros aditivos en la misma mezcla; si se emplea un plastificante retardante adicionarlo previamente al Sikament- N 500. El curado del concreto con agua y/o Antisol antes y después del fraguado es indispensable.

NOTAS

Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

RESTRICCIONES LOCALES

Este producto puede variar en su funcionamiento o aplicación como resultado de regulaciones locales específicas. Por favor, consulte la hoja técnica del país para la descripción exacta de los modos de aplicación y uso.

ECOLOGIA, SALUD Y SEGURIDAD

Manténgase fuera del alcance de los niños. Usar guantes de caucho y gafas de protección en su manipulación. Consultar Hoja de Seguridad del producto.

NOTAS LEGALES

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos ya sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría ofrecida. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para la aplicación y propósitos deseados. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada. Para más información visite: web: <http://ecu.sika.com>

Durán:

Km. 3.5 vía Durán-Tambo.
Pbx (593) 4 2812700

Quito:

Av. Naciones Unidas entre Ilaquito
y Nuñez de Vela,
Piso 11. Oficinas: 1113 - 1112
Tel: (593) 2 4506455

Cuenca:

Av. Ordóñez Lasso y Los Claveros,
Edificio Palermo
Tel: (593) 7 4089725

Sika Ecuadoriana S.A. dispone de un
Sistema de Gestión de la Calidad y
Ambiental certificado de acuerdo a las
normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015
respectivamente, por SGS.

Hoja Técnica de Producto

Sikament®-45 500
Enero 2020, Versión 01.01
021302031000000847

BUILDING TRUST



FICHA TÉCNICA SELVALEGRE

DENOMINACIÓN

- SELVALEGRE es un Cemento Portland Puzolánico Tipo IP, diseñado para construcciones de hormigón en general.
- Cumple con los requerimientos de la norma NTE INEN 490 (Norma Técnica Ecuatoriana) y ASTM C 595.
- La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad.
- Cuenta con Certificado de Conformidad con el Sello de Calidad INEN.
- Posee Licencia Ambiental.

APLICACIONES

Con este producto se pueden elaborar hormigones para la construcción de:

- Casas y edificios
- Obras viales: puentes, viaductos, obras de arte, etc.
- Obras sanitarias e hidráulicas.
- Obras civiles en la industria petrolera.

PRECAUCIONES

Almacenamiento

- Adquirir el cemento en distribuidores autorizados.
- Evitar contacto directo con el suelo.
- Evitar contacto con las paredes perimetrales de la bodega.
- En ambientes húmedos asegurar una ventilación adecuada.
- No exceder los 60 días de almacenamiento.

Para aplicación

- Emplear dosificación de hormigón diseñada en un laboratorio calificado.
- Corregir periódicamente las mezclas para mantener constante la relación agua/cemento.
- Inicia el curado lo más pronto posible y evitar desecación.

REQUISITOS MECÁNICOS



REQUISITOS QUÍMICOS

PARÁMETRO	INEN 490	SELVALEGRE PLUS
Pérdida por calcinación	< 0%	1,6%
Magnesio (MgO)	< 4%	2,3%
Sulfatos (SO ₃)	< 4%	2,4%

REQUISITOS FÍSICOS

PARÁMETRO	INEN 490	SELVALEGRE PLUS
Fragueta inicial	> 45 e 420 min	140 min
Expansión	< 0,2%	0,84%
Contenido de aire	< 12%	4,56%

USO

Para construcciones en general.

CARACTERÍSTICAS

Resistencias

- Permite alcanzar las resistencias a la compresión requeridas a todas las edades.
- En condiciones normales se pueden obtener resistencias a la compresión entre 35 y 50 MPa.
- Posee un progresivo crecimiento de las resistencias aun después de los 28 días de edad, puede alcanzar hasta un 20% más a los 90 días.

Calor de hidratación

Desprende menos calor de hidratación que los cementos puros, permitiendo manejar grandes masas de hormigón.

Presentación

Sacos de 50kg.

Disponibles también en Empaque Anti-humedad para las zonas húmedas.



La Iniciativa Certificación Punto Verde por Empresas Eco-Eficientes se entrega a UNACEM Ecuador S.A. ubicada en Dávila, Km 7 1/2 vía a Salas Alegres, por haber obtenido 4 casos exitosos de producción más limpia en materia de Acero.



Oficina principal
Teléf.: (5932) 245 9712 / 140
Fax: (5932) 225 6091
Av. Amazonas y NN.UU.
Edificio La Previsora, 4to. piso, Of. 402.
Quito - Ecuador

Servicio al cliente
1800 UNACEM (862 236)
www.unacem.com.ec



FICHA TÉCNICA GENERAL ZEOLITA 40

Actualización: 06/05/2022
Revisión: 01
Versión: 1.0
PRODUCTO: PTZEO000001

Datos Generales del Producto

I. Nombre del Producto:

Zeolita

II. Nombre Comercial:

Max-Catcher 40

III. Descripción General del producto:

Polvo fino de color verde

IV. Materia Prima:

Zeolita (Mineral Natural)

V. Origen de la Materia Prima:

(Provincia del Guayas)

Posee una alta CIC (Alta Capacidad de Intercambio Catiónico)

Mayor de 140 meq. / 100 gr de Zeolita.

VI. Métodos de Producción

- Explotación de la cantera
- Transporte
- Trituración Primaria
- Trituración Secundaria
- Molienda
- Separación
- Envasado y Pesado
- Despacho

VII. Usos Agricultura:

- Control del olor.
- Control del ambiente de animales confinados
- Aditivos de alimentación para ganados.

Acuicultura:

- Filtración de amonio e incubadoras de pescado, Medio biofiltro.

Horticultura:

- Viveros, invernaderos
- Floricultura
- Vegetales/hierbas/Follaje
- Pre-plantación de arbustos y árboles
- Añadido para la hierba de césped
- Reposición, re-vegetación ordenación paisajística
- Selvicultura (bosques, plantaciones de árboles)
- Medio para crecimiento hidropónico

Productos domésticos:

- Los usos domésticos se relacionan principalmente con el olor y absorción de líquidos. Una gran variedad de gases incluido formaldehído, sulfuro de hidrogeno se ha demostrado que pueden ser adsorbidos por la zeolita.
- Se puede utilizar para el secado de zapatillas de deporte, reducir la humedad en los armarios y adsorber olor de cigarrillos. Limpiadores de alfombras tienen zeolita como material de base.
- También utilizado como cama para gatos y adsorción de grasa en barbacoas. Se utiliza en acuarios para la absorción de amonio. Cuando ha sido completamente utilizado el producto residual usado se utiliza como compost para el acondicionamiento y contribución a la textura del suelo y su capacidad de retención de nutrientes.

Productos industriales:

- Absorbentes para aceites y derrames
- Separaciones de gases
- Usos industriales se basan en las propiedades de adsorción de líquidos y vapores por las zeolitas. Puede ser un limpiador ideal de estructura granular para la limpieza de derrames de aceites y químicos; es inocuo y seguro para su uso.

Residuos radioactivos:

- Remediación / descontaminación

Tratamiento del agua:

- Filtración
- Extracción de metales pesados
- Piscinas

Tratamiento de aguas residuales:

- Extracción de amonio en lodos y aguas residuales municipales
- Extracción de metales pesados
- Campos de lixiviados sépticos (pozos negros)



FICHA TÉCNICA GENERAL ZEOLITA 40

Actualización: 06/05/2022
Revisión: 01
Versión: 1.0
PRODUCTO: PTZEO000001

Especificaciones Técnicas

VIII. Fórmula Química:

$\text{Na}_2\text{Ca}_{1.6}(\text{Al}_6\text{Si}_9\text{O}_{72}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$

IX. Composición:

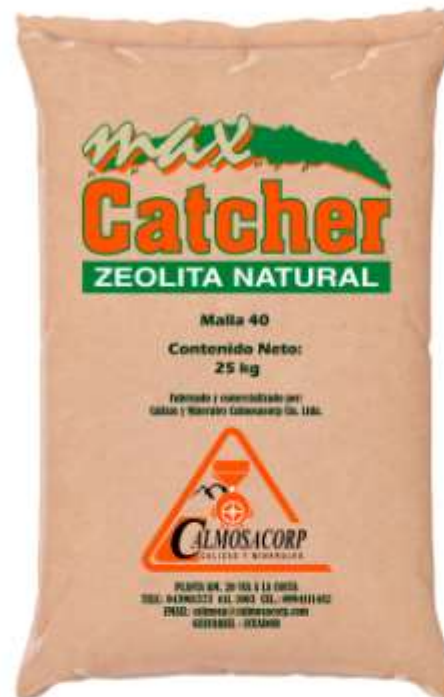
Zeolita - Mineral Natural

X. Características Físico-Químicas del producto

PARÁMETROS DE GRANULOMETRIA

# de Malla	Retenido
14	5 % máx.
20	10 % máx.
40	40 % máx.

Humedad	1.0 %máx.
C.I.C.	>140 meq/100



Almacenamiento, Seguridad y Manejo

XI. Almacenamiento

- Protéjase el saco contra daños físicos.
- Almacénese en lugar seco, alejado del agua y la humedad.

XII. Seguridad y Manejo

- Para la manipulación del producto se requiere el uso de mascarilla con capacidad de filtrado para polvo, guantes de cuero, mandil PVC y gafas protectoras
- Evitar el contacto con los ojos, de ser así lavarse con abundante agua, acudir al médico.
- En caso de ingestión, acudir inmediatamente al médico.

XIII. Restricción de Uso

Ninguna

XIV. Clasificación de Toxicidad

No es tóxico

www.calmosacorp.com
ventas@calmosacorp.com
+593 969273426

Realizado por:
Q.F Isabel Mejía L.
Coordinadora Control de Calidad

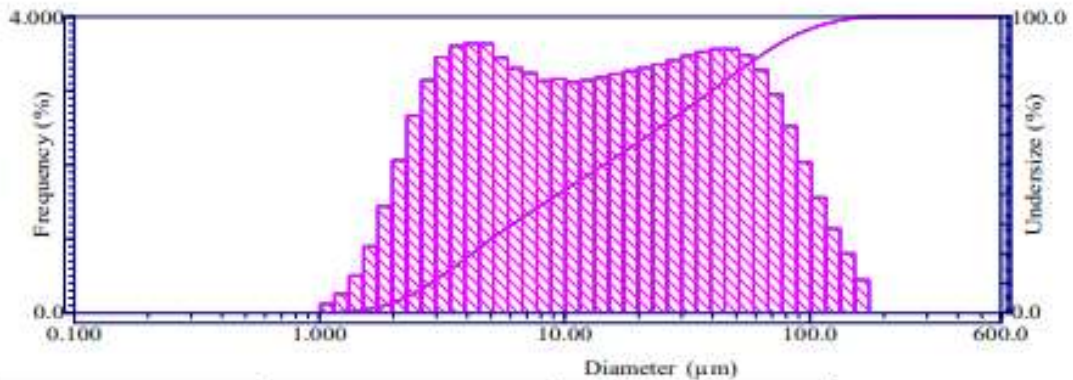
Aprobado por:
Luis Murillo
Gerente General

HORIBA LA-300 for Windows(TM) Ver.3.73

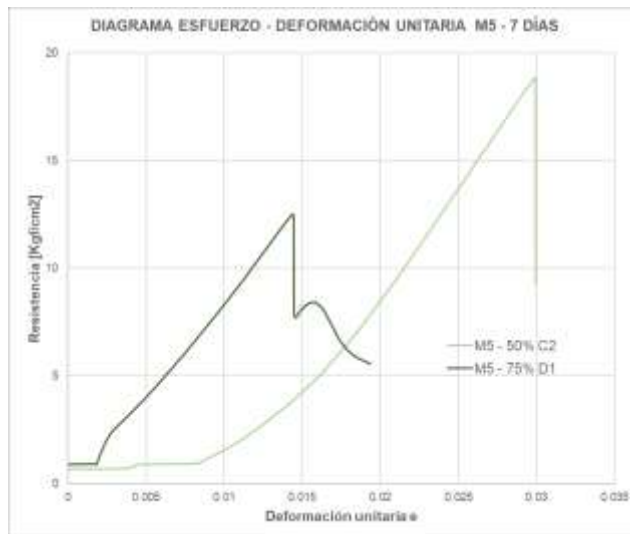
LA-300 system for Windows

Filename : Zeol	Sample Name : Zeolita1
ID# : 200401010121810	Material : Zeolita
Circulation Speed : 10	Source : Desconocida
Ultra sonic : 00:10	Lot Number : 1
Laser T% : 90.4(%)	Test or Assay. Number : 1
Form of Distribution : Standard	Sample Preparation :
Calc. Level : 30	Dispersant : Agua destilada
R.R.Index : 1.50-0.00i	
Axis Selection : LogX-LinY	

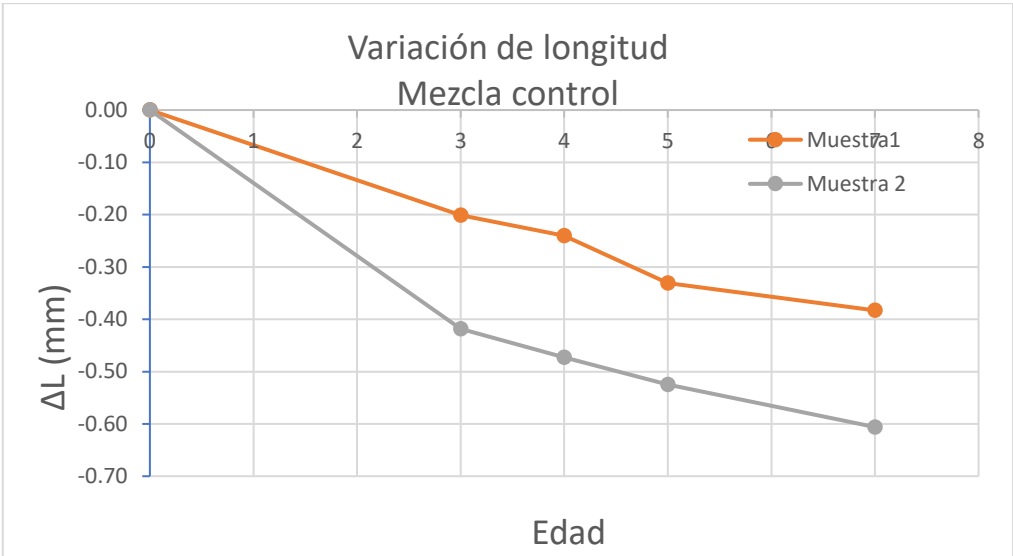
Median : 14.4651(μm)	106.0 (μm)- 96.562(%)
Diameter on % (1)5.000 (%) - 2.2272(μm)	90.00 (μm)- 94.263(%)
(2)10.00 (%) - 2.8402(μm)	75.00 (μm)- 90.837(%)
(3)20.00 (%) - 4.1858(μm)	63.00 (μm)- 86.879(%)
(4)30.00 (%) - 6.1510(μm)	45.00 (μm)- 78.275(%)
(5)40.00 (%) - 9.3928(μm)	32.00 (μm)- 69.409(%)
(6)60.00 (%) - 21.9544(μm)	20.00 (μm)- 57.729(%)
(7)70.00 (%) - 32.7484(μm)	10.00 (μm)- 41.458(%)
(8)80.00 (%) - 48.0577(μm)	4.000 (μm)- 18.784(%)
(9)90.00 (%) - 72.1684(μm)	Mean : 27.4981(μm)
(10)95.00 (%) - 94.5338(μm)	
% on Diameter :150.0 (μm)- 99.459(%)	



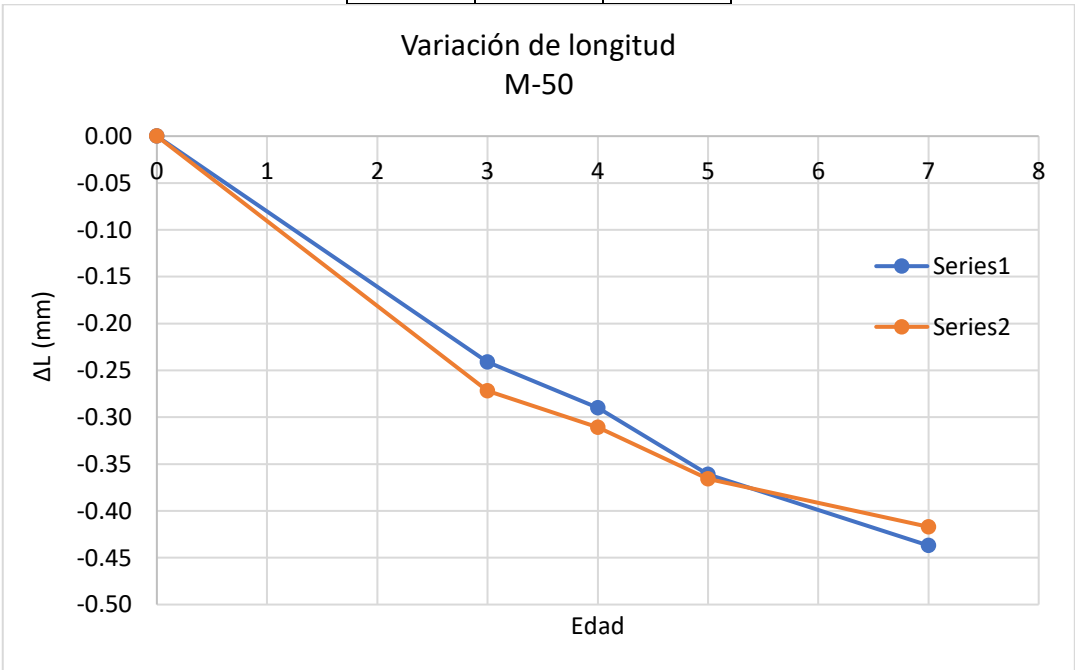
No.	Diameter	Freq.	% Under	No.	Diameter	Freq.	% Under	No.	Diameter	Freq.	% Under
1	0.115	0.000	0.000	23	2.269	2.061	5.281	45	44.938	3.564	78.239
2	0.131	0.000	0.000	24	2.599	2.661	7.942	46	51.471	3.561	81.800
3	0.150	0.000	0.000	25	2.976	3.142	11.083	47	58.953	3.476	85.276
4	0.172	0.000	0.000	26	3.409	3.450	14.534	48	67.523	3.277	88.553
5	0.197	0.000	0.000	27	3.905	3.603	18.137	49	77.339	2.952	91.505
6	0.226	0.000	0.000	28	4.472	3.635	21.772	50	88.583	2.520	94.025
7	0.259	0.000	0.000	29	5.122	3.634	25.406	51	101.460	2.035	96.060
8	0.296	0.000	0.000	30	5.867	3.443	28.849	52	116.210	1.556	97.616
9	0.339	0.000	0.000	31	6.720	3.303	32.152	53	133.103	1.136	98.753
10	0.389	0.000	0.000	32	7.697	3.237	35.389	54	152.453	0.802	99.555
11	0.445	0.000	0.000	33	8.816	3.135	38.524	55	174.616	0.445	100.000
12	0.510	0.000	0.000	34	10.097	3.158	41.683	56	200.000	0.000	100.000
13	0.584	0.000	0.000	35	11.565	3.115	44.798	57	229.075	0.000	100.000
14	0.669	0.000	0.000	36	13.246	3.142	47.940	58	262.376	0.000	100.000
15	0.766	0.000	0.000	37	15.172	3.176	51.116	59	300.518	0.000	100.000
16	0.877	0.000	0.000	38	17.377	3.227	54.343	60	344.206	0.000	100.000
17	1.005	0.000	0.000	39	19.904	3.268	57.611	61	394.244	0.000	100.000
18	1.151	0.121	0.121	40	22.797	3.307	60.918	62	451.556	0.000	100.000
19	1.318	0.256	0.377	41	26.111	3.356	64.274	63	517.200	0.000	100.000
20	1.510	0.504	0.881	42	29.907	3.407	67.681	64	592.387	0.000	100.000
21	1.729	0.899	1.780	43	34.255	3.469	71.149				
22	1.981	1.440	3.220	44	39.234	3.526	74.675				



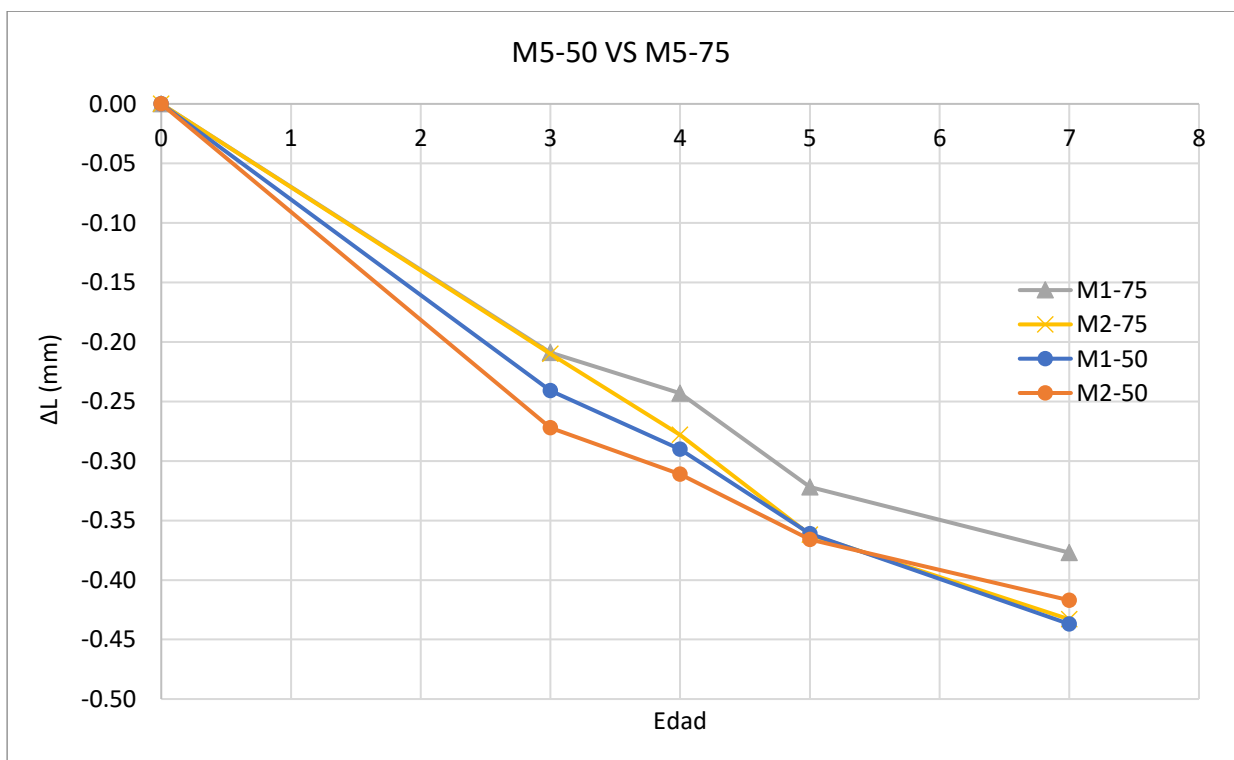
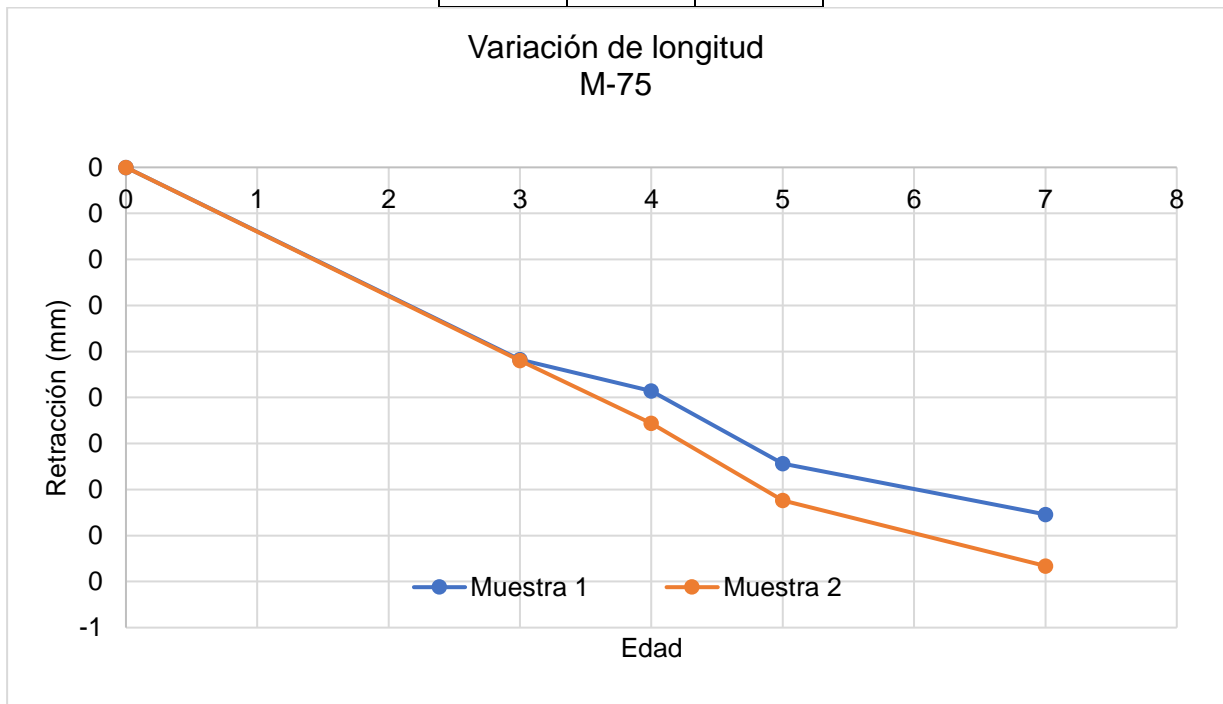
TIEMPO (DÍAS)	M5 CONTROL	
	1	2
	LECTURAS (mm)	
0	3.83	3.94
3	3.626	3.522
4	3.587	3.467
5	3.496	3.415
7	3.444	3.334



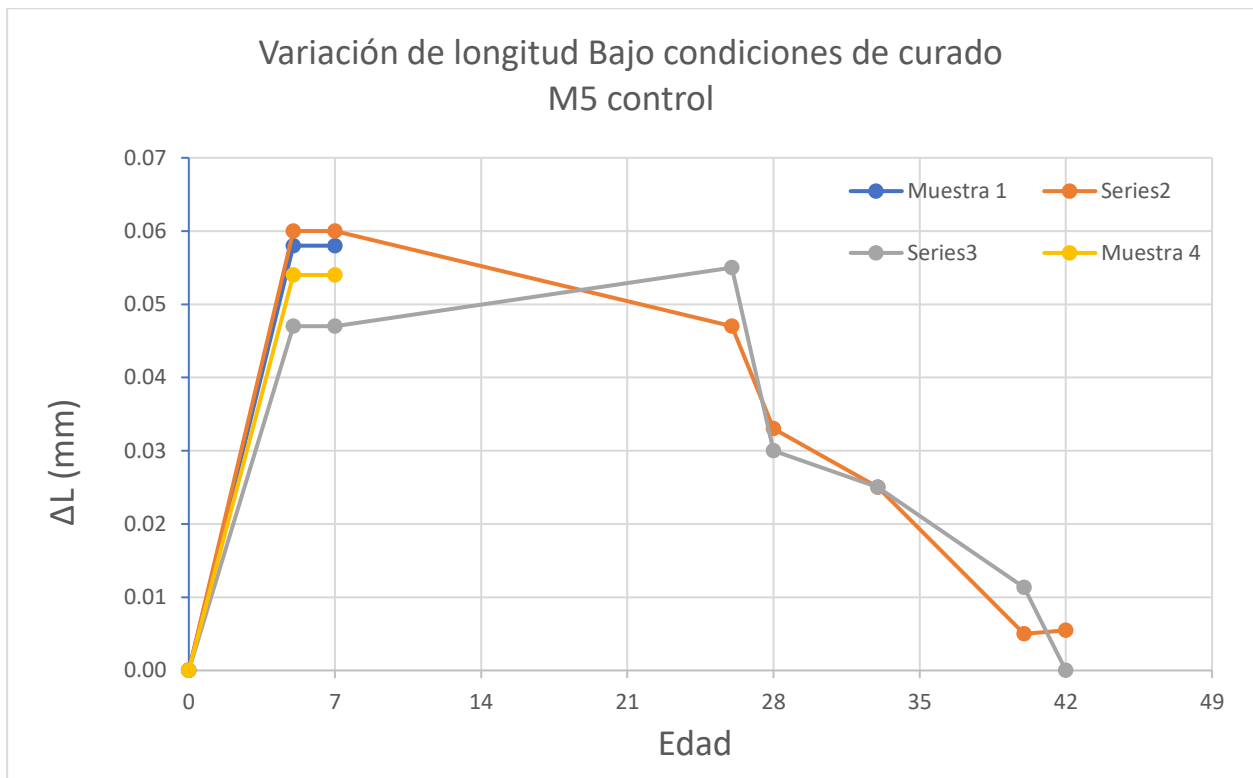
TIEMPO (DÍAS)	M5 - 50% C	
	1	2
	LECTURAS (mm)	
0	3.76	3.64
3	3.514	3.369
4	3.465	3.33
5	3.394	3.275
7	3.318	3.224



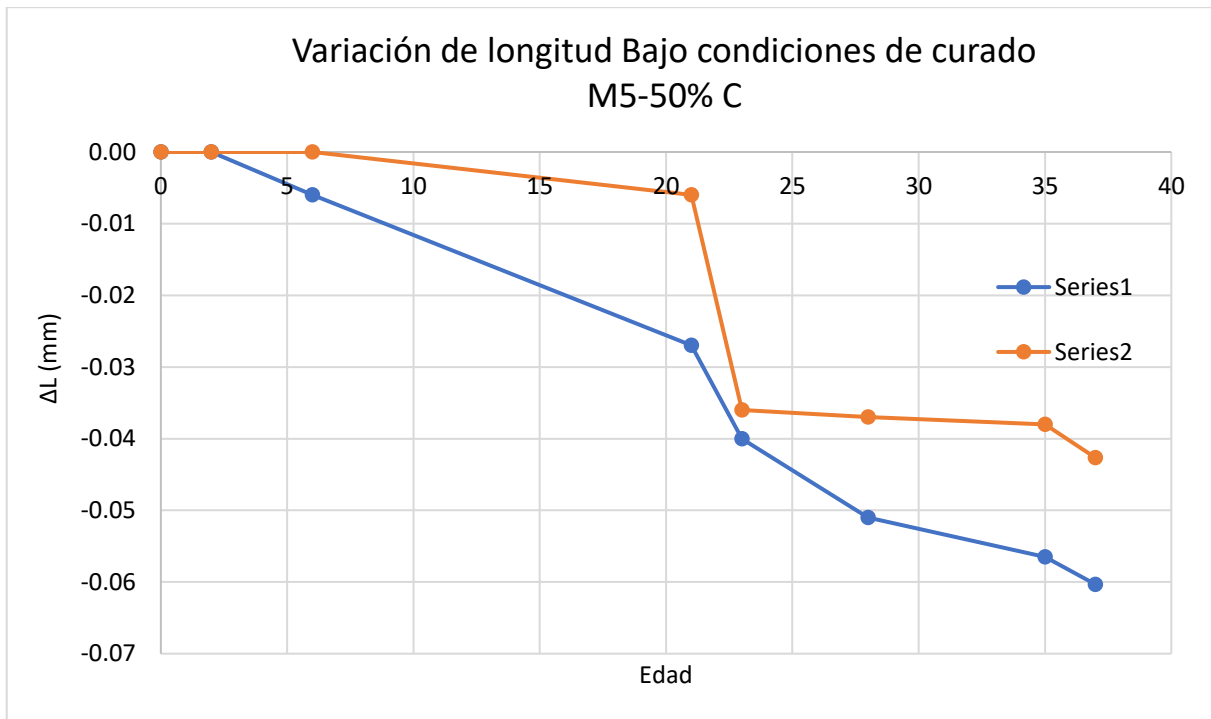
TIEMPO (DÍAS)	M5 - 75% C	
	1	2
	LECTURAS (mm)	
0	3.65	3.73
3	3.438	3.523
4	3.404	3.455
5	3.325	3.371
7	3.27	3.3



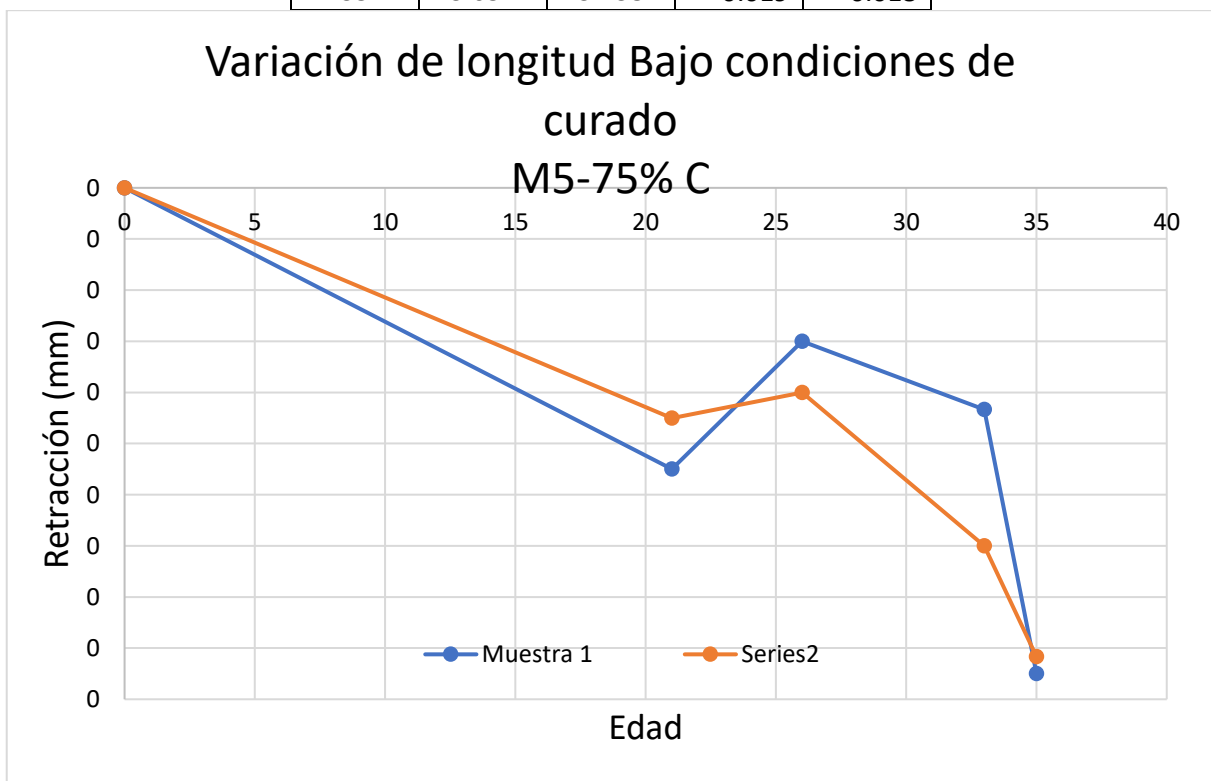
TIEMPO (DÍAS)	MUESTRAS		Δ_L (mm)	
	2	3		
	LECTURAS (mm)			
0	3.831	3.738	0.000	0.000
5	3.891	3.785	0.060	0.047
7	3.891	3.785	0.060	0.047
26	3.878	3.793	0.047	0.055
28	3.864	3.768	0.033	0.030
33	3.856	3.763	0.025	0.025
40	3.836	3.749	0.005	0.011
42	3.837	3.738	0.006	0.000

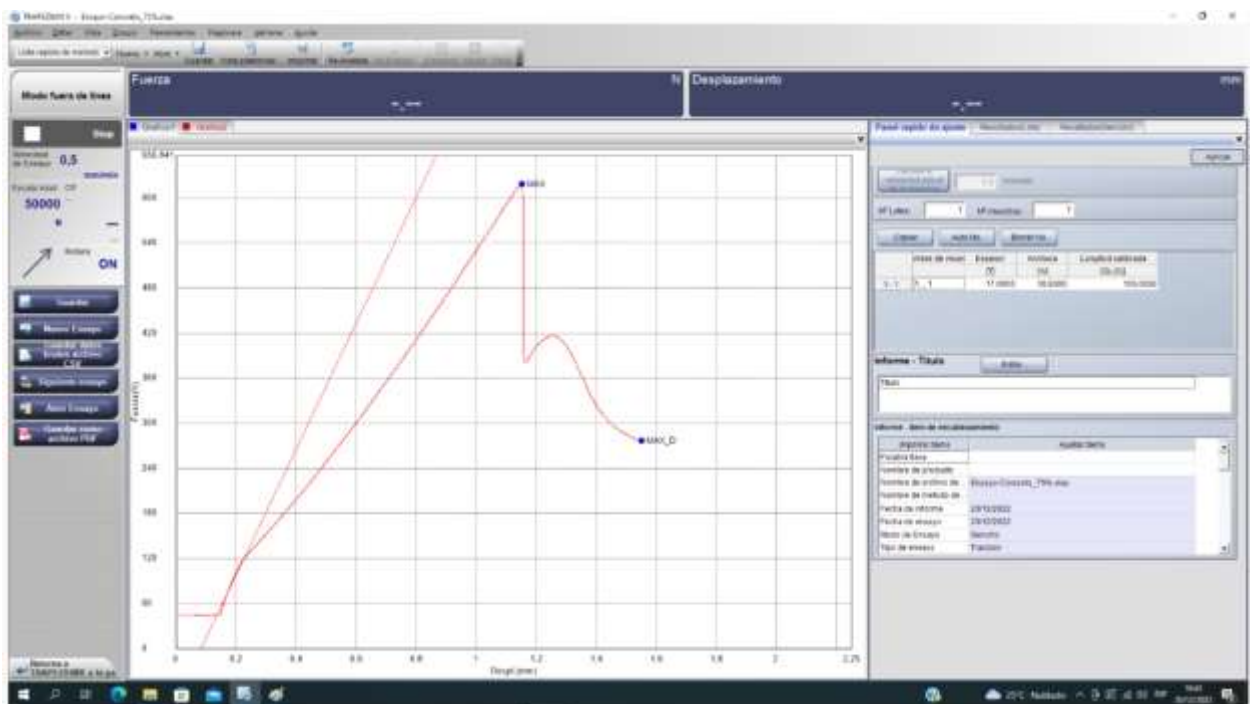
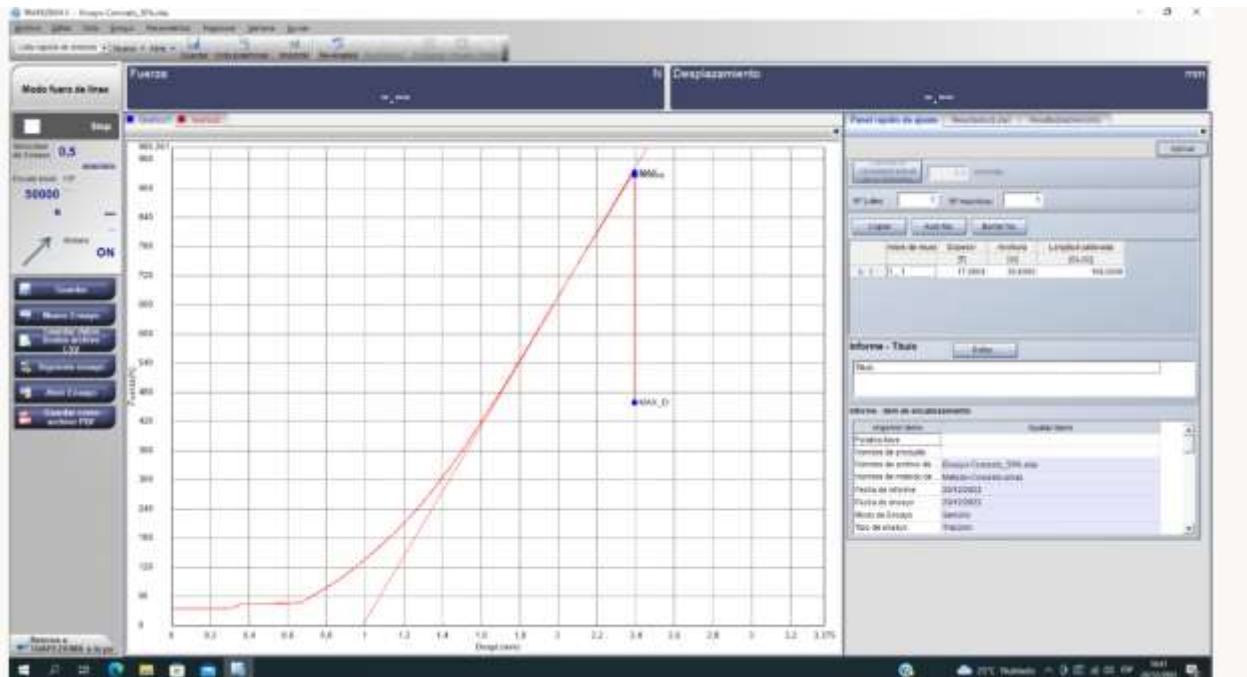


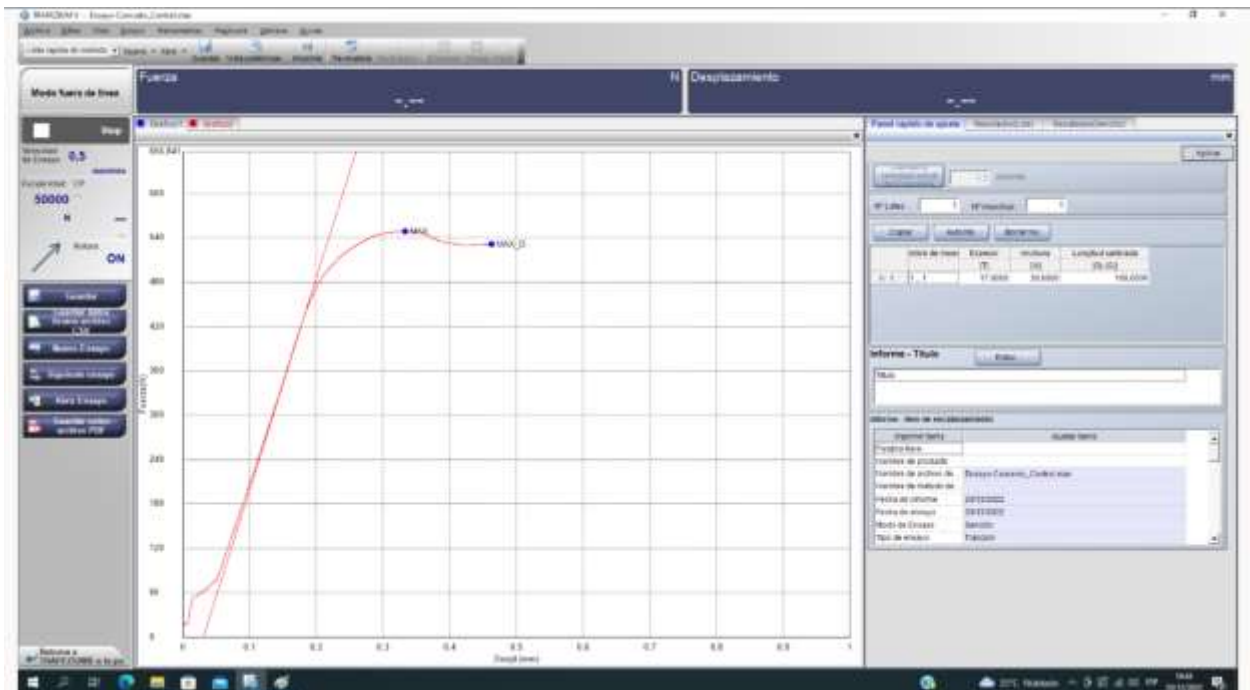
TIEMPO (DÍAS)	MUESTRAS		Δ_L (mm)	
	2	3		
	LECTURAS (mm)			
0	3.818	3.691	0.000	0.000
2	3.818	3.691	0.000	0.000
6	3.812	3.691	-0.006	0.000
21	3.791	3.685	-0.027	-0.006
23	3.778	3.655	-0.040	-0.036
28	3.767	3.654	-0.051	-0.037
35	3.762	3.653	-0.057	-0.038
37	3.758	3.648	-0.060	-0.043



TIEMPO (DÍAS)	MUESTRAS		ΔL (mm)	
	2	3		
	LECTURAS (mm)			
0	3.676	3.756	0.000	0.000
21	3.665	3.747	-0.011	-0.009
26	3.670	3.748	-0.006	-0.008
33	3.667	3.742	-0.009	-0.014
35	3.657	3.738	-0.019	-0.018







Proces DYWIDAG measurement data DYWIDAG Version 1.0.1.0

Slot ID	ID	Date & Time	Measured value	Test Disc Area	Test Disc Ø	Load Rate	Unit
1	1	01/17/2023 12:04 PM	0.798 kN	1962 mm ²	20.0 mm	100 N/s	kN
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Load Rate Curve</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>Measurement</p> <p>Peak Load 0.798 kN Peak Load Time 17.5 s Tear-off Time 20.0 s Effective Load Rate 15 N/s</p> <p>Settings</p> <p>Unit kN Load Rate 100 N/s Load Limit 6000 kN Test Disc Area 1962 mm² Test Disc Diameter 20.0 mm Failure Mode 1 A: 0% Failure Mode 2 AB: 100% Failure Mode 3 B: 0%</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Device</p> <p>Serial No. DT01-007-0027 Model DY-206 HW Serial No. DT80-002-1590 HW Revision A2 Firmware Version 1.0.2 Last Calibration 07/12/2018</p> <p>Comment [Add]</p> </div> </div>							
2	2	01/17/2023 12:11 PM	1.014 kN	1962 mm ²	20.0 mm	100 N/s	kN
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Load Rate Curve</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>Measurement</p> <p>Peak Load 1.014 kN Peak Load Time 7.5 s Tear-off Time 9.4 s Effective Load Rate 33 N/s</p> <p>Settings</p> <p>Unit kN Load Rate 100 N/s Load Limit 6000 kN Test Disc Area 1962 mm² Test Disc Diameter 20.0 mm Failure Mode 1 A: 0% Failure Mode 2 AB: 100% Failure Mode 3 B: 0%</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Device</p> <p>Serial No. DT01-007-0027 Model DY-206 HW Serial No. DT80-002-1590 HW Revision A2 Firmware Version 1.0.2 Last Calibration 07/12/2018</p> <p>Comment [Add]</p> </div> </div>							
3	3	01/17/2023 12:14 PM	0.622 kN	1962 mm ²	20.0 mm	100 N/s	kN
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Load Rate Curve</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>Measurement</p> <p>Peak Load 0.622 kN Peak Load Time 5.2 s Tear-off Time 5.6 s Effective Load Rate 62 N/s</p> <p>Settings</p> <p>Unit kN Load Rate 100 N/s Load Limit 6000 kN Test Disc Area 1962 mm² Test Disc Diameter 20.0 mm Failure Mode 1 A: 0% Failure Mode 2 AB: 100% Failure Mode 3 B: 0%</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Device</p> <p>Serial No. DT01-007-0027 Model DY-206 HW Serial No. DT80-002-1590 HW Revision A2 Firmware Version 1.0.2 Last Calibration 07/12/2018</p> <p>Comment [Add]</p> </div> </div>							









11













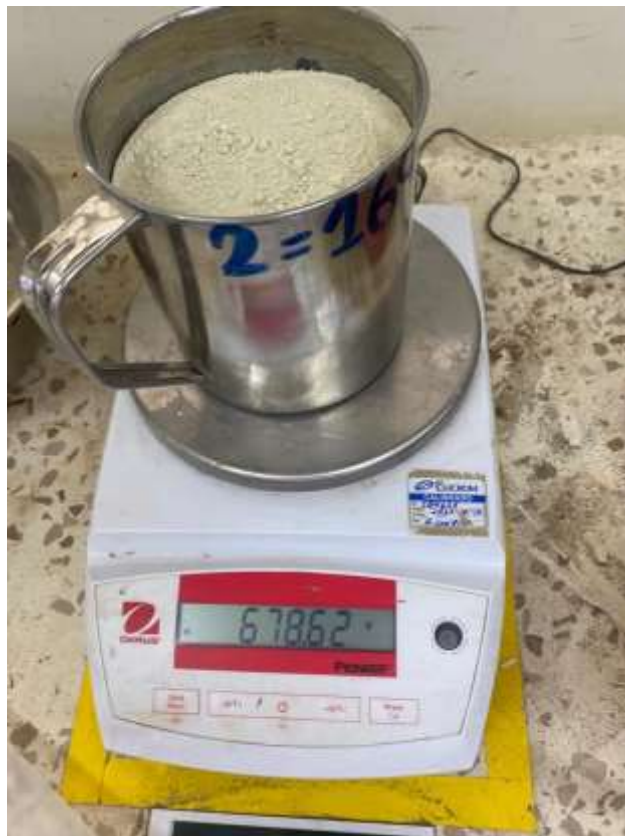


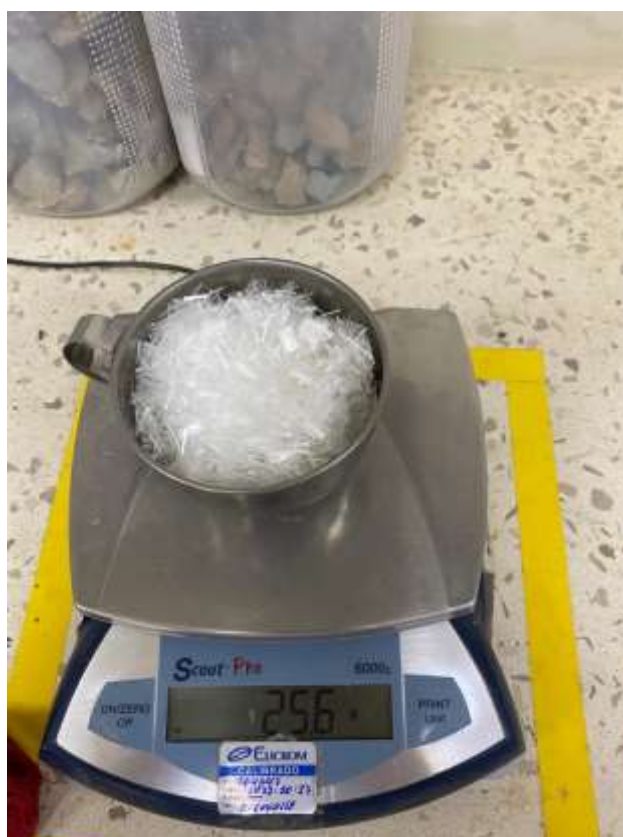
















11

























































