



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA
DISEÑO DE UN HORMIGÓN CON FIBRA METÁLICA PARA
PAVIMENTO RÍGIDO**

**TUTOR
MGTR. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA**

**AUTORES
ERICK LENIN BONE MUÑOZ
GENESIS GABRIELA TABARES MAGALLANES**

**GUAYAQUIL
2024**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

DISEÑO DE UN HORMIGÓN CON FIBRA METÁLICA PARA PAVIMENTO RIGIDO

AUTOR/ES:

Erick Lenin Bone Muñoz
Genesis Gabriela Tabares
magallanes

TUTOR:

Mgtr.Ing. Herrera Valencia, July Roxana

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

FACULTAD DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2024

N. DE PÁGS:

132

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Fibra, hormigón, diseño, metal.

RESUMEN:

Con esta investigación lo que buscamos es mejorar el hormigón convencional por un hormigón con fibra metálica en la construcción. El hormigón, siendo el más utilizado en la construcción, tiene una baja resistencia a la tracción, lo que nos ha llevado a la búsqueda de métodos de refuerzo. Estas fibras mejoran las propiedades mecánicas del hormigón, incrementando su resistencia a la tracción, reduciendo los agrietamientos y mejorando la resistencia al impacto.

Este estudio propone un diseño de hormigón con fibra metálica para pavimento rígido, evaluando su viabilidad técnica y económica de acuerdo con los ensayos

realizados en laboratorio, se busca incrementar su durabilidad y resistencia mecánica especialmente en pavimentos que soportan cargas pesadas.

Estas fibras constituyen una armadura tridimensional muy resistente, capaces de soportar apreciables deformaciones manteniendo una resistencia buena y evitar la fisuración, disipando la energía de deformación.

Se realizaron pruebas de laboratorio entre el hormigón convencional y el hormigón con fibra metálica, el cual el hormigón con cemento HE + fibra metálica nos arrojó una resistencia de más de 400kg/cm², mientras que el hormigón con cemento GU tenía resistencia de 280kg/cm².

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
---	-----------------------------

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
---------------------	---	------------------------------------

CONTACTO CON AUTOR/ES: Erick Lenin Bone Muñoz Genesis Gabriela Tabares magallanes	Teléfono: +593 996447893 +593 993848734	E-mail: ebonem@ulvr.edu.ec gtabaresm@ulvr.edu.e C
---	--	---

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Ph.D. Marcial Calero Amores (Decano) Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcalero@ulvr.edu.ec Mgtr. Jorge Torres Rodríguez (Director de Carrera) Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242 E-mail: jtorresr@ulvr.edu.ec
------------------------------------	---

CERTIFICADO DE SIMILITUD

DISEÑO DE UN HORMIGÓN CON FIBRA METÁLICA PARA PAVIMENTO RÍGIDO

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

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

1%

★ repositorio.untumbes.edu.pe

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

Firma:

MGTR. ING. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

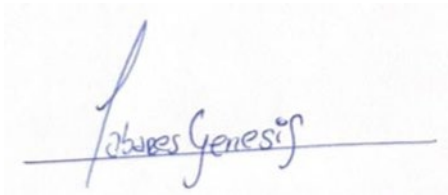
C.C. 0916201569

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ERICK LENIN BONE MUÑOZ y GENESIS GABRIELA TABARES MAGALLANES, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Diseño de un hormigón con fibra metálica para pavimento rígido, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

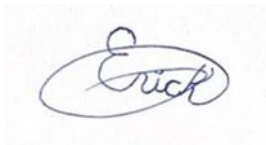
Autor(es)

A handwritten signature in blue ink that reads "Tabares Genesis" written over a horizontal line.

Firma:

GENESIS GABRIELA TABARES MAGALLANES

C.I. 0952674588

A handwritten signature in black ink that reads "Erick" written over a horizontal line.

Firma:

ERICK LENIN BONE MUÑOZ

C.I. 0931037915

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Diseño de un hormigón con fibra metálica para pavimento rígido, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Diseño de un hormigón con fibra metálica para pavimento rígido, presentado por los estudiantes ERICK LENIN BONE MUÑOZ y GENESIS GABRIELA TABARES MAGALLANES como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

MGTR. ING. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

C.C. 0916201569

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos aquellos que han contribuido a la realización de esta tesis.

A mis profesores y compañera de tesis quien con sus enseñanzas me ayudo a sacar adelante el tema.

ERICK LENIN BONE MUÑOZ

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mi mamá y a mi hermano que siempre estuvieron en este proceso de mi carrera.

ERICK LENIN BONE MUÑOZ

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi tutor de tesis por su guía en este proceso, por sus recomendaciones y orientaciones.

También agradezco profundamente al Ing. Vicente León por haber confiado en nuestro proyecto y ayudarnos a que nuestro tema de tesis “Diseño de un hormigón con fibra metálica para pavimento rígido” haya sido posible, gracias a su paciencia y sabiduría.

A mi compañero de tesis gracias por la paciencia, este trabajo lo hicimos juntos, gracias por sus enseñanzas.

GENESIS GABRIELA TABARES MAGALLANES

DEDICATORIA

A mis padres, a mis hermanos quienes me han acompañado en este proceso de mi carrera universitaria, gracias por su apoyo infinito hacia mí.

Lo que estoy logrando es posible gracias a ustedes por siempre apoyarme y no dejarme en mis momentos complicado.

GENESIS GABRIELA TABARES MAGALLANES

RESUMEN

Con esta investigación lo que buscamos es mejorar el hormigón convencional por un hormigón con fibra metálica en la construcción. El hormigón, siendo el más utilizado en la construcción, tiene una baja resistencia a la tracción, lo que nos ha llevado a la búsqueda de métodos de refuerzo. Estas fibras mejoran las propiedades mecánicas del hormigón, incrementando su resistencia a la tracción, reduciendo los agrietamientos y mejorando la resistencia al impacto.

Este estudio propone un diseño de hormigón con fibra metálica para pavimento rígido, evaluando su viabilidad técnica y económica de acuerdo con los ensayos realizados en laboratorio, se busca incrementar su durabilidad y resistencia mecánica especialmente en pavimentos que soportan cargas pesadas.

Estas fibras constituyen una armadura tridimensional muy resistente, capaces de soportar apreciables deformaciones manteniendo una resistencia buena y evitar la fisuración, disipando la energía de deformación.

Se realizaron pruebas de laboratorio entre el hormigón convencional y el hormigón con fibra metálica, el cual el hormigón con cemento HE + fibra metálica nos arrojó una resistencia de más de 400kg/cm², mientras que el hormigón con cemento GU tenía resistencia de 280kg/cm².

Palabras Claves: Fibra, hormigón, diseño, metal.

ABSTRACT

With this research, what we seek is to improve conventional concrete with concrete with metallic fiber in construction. Concrete, being the most used in construction, has a low tensile strength, which has led us to search for reinforcement methods. These fibers improve the mechanical properties of concrete, increasing its tensile strength, reducing cracking and improving impact resistance.

This study proposes a concrete design with metallic fiber for rigid pavement, evaluating its technical and economic feasibility according to the tests carried out in the laboratory, seeking to increase its durability and mechanical resistance especially in pavements that support heavy loads.

These fibers constitute a very resistant three-dimensional reinforcement, capable of withstanding appreciable deformations while maintaining good resistance and avoiding cracking, dissipating deformation energy.

Laboratory tests were carried out between conventional concrete and concrete with metal fiber, which the concrete with HE cement + metal fiber gave us a resistance of more than 400kg/cm², while the concrete with GU cement had a resistance of 280kg/cm²

Keywords: Fiber, Concrete, Design, Metal.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	2
1.1 Tema	2
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.3 Formulación del Problema:	3
1.4 Objetivo General	3
1.5 Objetivos Específicos	3
1.6 Idea a Defender	3
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.	4
CAPÍTULO II	5
MARCO REFERENCIAL	5
2.1 Marco Teórico:	5
2.1.1 Antecedentes	5
2.1.2 Materiales del hormigón	7
2.1.3 Resistencia y durabilidad del concreto	8
2.1.4 Fisuración o agrietamiento del concreto	8
2.1.5 Como trabaja las fibras de concreto	8
2.1.6 Definición y propiedades generales del Hormigón	9
2.1.7 Propiedades mecánicas del hormigón	9
2.1.7.1 Hormigón Fresco	9
2.1.7.2 Hormigón Endurecido	12
2.1.8 Composición del hormigón	14
2.1.9 Factores a considerar para la dosificación del hormigón	15
2.1.10 Método de dosificación del hormigón	16

2.1.10.1	Método basado en el contenido de cemento	16
2.1.10.2	Método basado en la resistencia a compresión	16
2.1.11	Ensayo a la compresión.....	16
2.1.12	Pavimento rígido	18
2.1.13	Rotura de hormigón	19
2.1.14	Tipo de rotura	20
2.1.15	Módulo de Elasticidad:.....	23
2.1.16	Cemento Holcim HE	24
2.1.17	Cementos hidráulicos	24
2.1.18	Vida útil del hormigón	25
2.1.19	Ensayo A la Tracción	25
2.1.19.1	Definición.....	26
2.1.19.2	Equipos necesarios	27
2.1.19.3	Curva de Tensión y Deformación	27
2.1.20	Tipos de hormigón	28
2.1.21	Diseño de mezcla	29
2.1.22	Ventajas del hormigón frente a otros materiales.....	30
2.1.23	Calidad del hormigón.....	30
2.1.24	Fibras metálicas y sus propiedades	31
2.1.25	Procedimiento para prueba ASTM-C-1018-4	32
2.1.26	Resistencia a la fatiga	32
2.1.27	Aplicaciones y beneficios de la fibra de acero en la construcción	33
2.1.28	Resistencia de la fibra metálica en el hormigón.....	34
2.1.29	Forma y sección de la Fibra de Acero	35
2.1.30	Hormigones reforzados con fibras de acero HRFA.....	35
2.1.31	Desafío del hormigón reforzado con fibra de metal	36

2.1.32	Ventajas y Desventajas del hormigón reforzado con fibra de acero...	36
2.1.33	Aplicaciones del hormigón con fibras de acero	37
2.1.34	Los Agregados	38
2.1.35	El Agregado Fino	39
2.1.36	Cono de Abrams	40
2.1.37	Propiedades del hormigón en estado fresco	41
2.1.38	Hormigón en estado endurecido	42
2.1.39	Tamaño de las partículas y finura	42
2.1.40	Cementos Hidráulicos (ASTM C-1157)	44
2.1.41	Composición del uso del hormigón	45
2.1.42	Hormigón prefabricado ligero	46
2.1.43	Hormigón prefabricado pesado	46
2.1.44	Aplicación con fibra metálica	47
2.1.45	Ventajas del Hormigón con Fibra Metálica	47
2.1.46	Curado del hormigón	47
2.1.47	Importancia de llevar a cabo el curado del hormigón	48
2.1.48	Métodos del Curado	49
2.1.49	Beneficios de la fibra	49
2.1.50	Fibra Metálica Dramix 3D	50
2.1.51	Comportamiento del concreto con fibras metálica	51
2.1.52	Tipo de fibras	52
2.1.52.1	Fibras de Acero	52
2.1.52.2	Fibras de Polipropileno	52
2.1.52.3	Fibras de Vidrio	53
2.1.52.4	Fibras de Carbono	54
2.1.52.5	Fibras de Basalto	54

2.1.52.6	Fibras Naturales	54
2.2	Marco Legal:.....	55
2.2.1	Normativas para el Plan de construcción con material de fibras metálicas.....	55
2.2.2	Normativas utilizadas para los análisis granulométricos del acero..	55
2.2.3	Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE- HA de las NECs.....	56
CAPÍTULO III.....		57
MARCO METODOLÓGICO		57
3.1	Enfoque de la investigación.....	57
3.2	Alcance de la investigación	57
3.3	Técnica e instrumentos para obtener los datos	58
3.3.1	Recolección de datos.....	58
3.3.2	Instrumentos.....	59
3.3.1	Materiales	59
3.4	Población y muestra	60
3.4.1	Muestra.....	60
3.4.2	Población	60
3.5	Obtención de los resultados	60
4.1.1	Materiales a Utilizar	61
CAPÍTULO IV		64
PROPUESTA O INFORME.....		64
4.1	Presentación y análisis de resultados	64
4.1.2	Ensayo de granulometría del agregado grueso.....	64
4.1.2.1	Granulometría	64
4.1.2.2	Metodología empleada (Método de Cuarteo)	64
4.1.2.3	Peso Volumétrico del agregado grueso	65
4.1.2.4	Tamizado del agregado Grueso	65

4.1.2.5	Proceso del peso Volumétrico Suelto	66
4.1.2.6	Peso Volumétrico Varillado	66
4.1.2.7	Lavado del Agregado Grueso.....	67
4.1.2.8	Peso del agregado o peso de la canastilla sumergida.....	67
4.1.3	Resultados de granulometría del agregado grueso	68
4.1.4	Ensayo de granulometría del agregado Fino	69
4.1.4.1	Granulometría	69
4.1.4.2	Metodología empleada (Tamización del agregado).....	70
4.1.4.3	Peso Volumétrico del agregado fino.....	70
4.1.4.4	Absorción del agregado fino	71
4.1.5	Resultados de granulometría del agregado fino	73
4.1.6	Proceso para el diseño de hormigón con fibra metálica para pavimento rígido.....	74
4.1.7	Proceso para la preparación de hormigón con fibra metálica.	77
4.1.8	Delimitación del estudio para la puesta experimental	82
4.1.9	Resultados de los ensayos del diseño de hormigón	82
4.1.10	Cuadro de control de roturas de cilindros y vigas	83
4.1.11	Análisis de precios unitarios (APU) del hormigón	88
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		95
ANEXOS		101

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Línea de investigación institucional.....	4
Tabla 2 Volumen del agregado grueso por unidad de concreto.	38
Tabla 3 Propiedades del Material (fibra metálica Dramix 3D)....	50
Tabla 4 Peso volumétrico suelto.....	66
Tabla 5 Peso volumétrico varillado.....	67
Tabla 6 Granulometría: Agregado Grueso.....	68
Tabla 7 Peso volumétrico suelto (fino).....	71
Tabla 8 Absorción.....	73
Tabla 9 Densidad Saturada superficialmente seca D.S.S.S.....	73
Tabla 10 Granulometría del agregado fino.....	73
Tabla 11 Dosificación del diseño del hormigón.....	82
Tabla 12 Diseño de hormigón.....	83
Tabla 13 Control de roturas de cilindros y vigas.....	84
Tabla 14 Volúmenes-longitudes de cilindros y viga.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Propiedades del Hormigón Fresco.....	11
Figura 2 Propiedades del Hormigón Endurecido.....	14

Figura 3 Rotura de hormigón.....	19
Figura 4 Cono.....	20
Figura 5 Corte.....	21
Figura 6 Columnar.....	21
Figura 7 Cono y hendidura.....	22
Figura 8 Cono y corte.....	22
Figura 9 Ensayo estático.....	26
Figura 10 Curva de Tensión y Deformación.....	27
Figura 11 Fibra de acero.....	34
Figura 12 Resistencia de la fibra metálica en el hormigón.....	34
Figura 13 Diferentes formas de fibras metálicas.....	35
Figura 14 Agregado fino.....	40
Figura 15 Cono de Abrams.....	41
Figura 16 Gama de Fibras 3D.....	50
Figura 17 Longitud de 60 mm.....	50
Figura 18 Diámetro de 0.9mm.....	51
Figura 19 Ratio de esbeltez de 65.....	51
Figura 20 Agregado grueso.....	61
Figura 21 Agregados finos.....	61
Figura 22 Cemento tipo HE.....	62
Figura 23 Cemento GU.....	62

Figura 24 SUPERPLASTIFICANTE SIKA HE 200.....	63
Figura 25 Fibras metálicas.....	63
Figura 26 Método de cuarteo.....	64
Figura 27 Peso Volumétrico del agregado grueso.....	65
Figura 28 Tamizado del agregado grueso.....	65
Figura 29 Proceso del peso volumétrico suelto.....	66
Figura 30 Proceso del peso volumétrico varillado.....	66
Figura 31 Lavado del agregado grueso.....	67
Figura 32 Peso del agregado o peso de la canastilla sumergida.	67
Figura 33 Secado de los agregados.....	68
Figura 34 Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	69
Figura 35 Tamizado del agregado.....	70
Figura 36 Peso volumétrico.....	71
Figura 37 Compactación de la arena.....	71
Figura 38 Desmolde de la arena.....	72
Figura 39 Picnómetro con agua.....	72
Figura 40 Granulométrica del Agregado fino.....	74
Figura 41 Materiales a utilizar.....	74
Figura 42 Peso del agregado grueso.....	75
Figura 43 Peso del agregado fino.....	75
Figura 44 Peso de cemento HE.....	75

Figura 45	Peso del aditivo SIKA.....	76
Figura 46	Mezcla de aditivo con agua.....	76
Figura 47	Peso de la adición de la fibra de metal.....	76
Figura 48	Mezcla de los agregados.....	77
Figura 49	Adición de agua en la mezcla.....	77
Figura 50	Llenado del cono de Abrams.....	78
Figura 51	Compactado del hormigón en el cono.....	78
Figura 52	Medición del hormigón.....	79
Figura 53	Temperatura del hormigón.....	79
Figura 54	Adicionando la fibra al hormigón.....	80
Figura 55	Mezcla del material.....	80
Figura 56	Llenado de viga y cilindros con Hormigón.....	81
Figura 57	Golpes a los cilindros.....	81
Figura 58	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200.....	89
Figura 59	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200 + 0.5 Kg Dramix.....	90
Figura 60	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento GU + 1,1% De Sikament HE 200.....	91
Figura 61	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento GU + 1,1% De Sikament HE 200 + 0.5 Kg Dramix.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Primer diseño de concreto hidráulico.....	101
Anexo 2 Cálculo del primer diseño de concreto hidráulico.....	102
Anexo 3 Segundo diseño de concreto hidráulico.....	104
Anexo 4 Cálculo del segundo diseño de concreto hidráulico....	105
Anexo 5 Tercer diseño de concreto hidráulico.....	107
Anexo 6 Cálculo del tercer diseño de concreto hidráulico.....	108
Anexo 7 Diseño final del hormigón con fibras metálicas.....	110
Anexo 8 Cálculos del diseño final del hormigón hidráulico.....	111

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, como en la mayoría de los países, el hormigón es el material más utilizado para elementos estructurales y la producción de edificación en general. Debido a su baja resistencia a la tracción, durante muchos años se han buscado métodos para fortalecerlo. Por ejemplo, un enfoque es utilizar barras de acero comunes que forman un esfuerzo continuo, que son muy eficientes y útiles en la construcción de fábricas.

Sin embargo, a lo largo de las décadas también se utilizaron varias técnicas diferentes para reforzar el hormigón mezclando ciertos materiales como arcilla con fibras de vidrio, de coco, entre otros. Gracias a los avances de la ingeniería se han desarrollado e incorporado a las mezclas de hormigón fibras con diferentes propiedades como refuerzos, que requiere mejorar algunas de sus propiedades y su comportamiento mecánico y estructural, aumentar la resistencia a la tracción, reducir el agrietamiento y aumentar la rigidez.

Además, la adición de fibras optimiza el hormigón reduciendo los efectos de la contracción por endurecimiento y mejorando la resistencia al impacto. Por ello se plantea realizar un análisis técnico y económico que nos ayude a determinar la viabilidad de la implementación de fibras dentro del hormigón. Para esto se realizará la evaluación mediante pruebas de laboratorio para de esa manera determinar las propiedades mecánicas del hormigón, así como sus estudios de durabilidad y vida útil.

Los resultados que se van a obtener en esta investigación nos permitirán obtener información valiosa, lo que nos va a facilitar tomar decisiones informadas sobre la utilización del hormigón de alta resistencia con aditivos de fibra metálica en futuros proyectos. Además, se denota que esta investigación va a contribuir en el desarrollo y avance de las construcciones a futuro.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema

Diseño de un Hormigón con fibra metálica para pavimento rígido

1.2 Planteamiento del Problema

En la ejecución de obras civiles, el uso del hormigón de alta resistencia con aditivo de fibra metálica se ha convertido en una buena opción para la industria por las propiedades que contiene. Sin embargo, a pesar de los beneficios que puede brindar, aún existen desafíos técnicos y económicos, los cuales deben de ser abordados para de esa manera lograr una implementación exitosa.

El hormigón es uno de los materiales más utilizadas por su versatilidad, facilidad de procesamiento y propiedades que le permiten adaptarse a cualquier espacio, este material se crea mezclando materiales como cemento, áridos, pétreos (Grava y arena), agua y aditivo.

Dentro de las construcciones se requieren elementos constructivos que transmitan cargas y soporte esfuerzos de cortantes adecuadamente, tratando de siempre optimizar los materiales y siendo caracterizada por tener una larga vida útil. Las fibras funcionan estructuralmente gracias al componente de acero frío y la forma de gancho en los extremos, lo que garantiza un anclaje óptimo. El hormigón con fibras metálica permite una aplicación rápida y sencilla, que proporciona una solución eficiente y rentable a los problemas de los refuerzos convencionales.

En resumen, la implementación de las Fibra de metal en elementos sometidos a esfuerzos de corte sería una buena alternativa, ya que estas vendrían incluidas en las mezclas de fundición y quedarían totalmente distribuida, garantizando un comportamiento óptimo o mejor que los reforzados convencionales.

Es muy importante reconocer los tipos de fibras que pueden mejorar las deficiencias materiales puede comportarse dependiendo de la resistencia y carga a la que está sometido en este caso, se verá afectado por el alto flujo de tráfico.

1.3 Formulación del Problema:

¿Cuál es la viabilidad técnica y económica del diseño de un hormigón con fibras metálicas en la industria de la construcción?

1.4 Objetivo General

- Diseño de un hormigón con fibra metálica para pavimento rígido en la industria de la construcción

1.5 Objetivos Específicos

- Determinar el porcentaje óptimo para la dosificación
- Determinar las propiedades físicas de las fibras de metal
- Realizar ensayos de laboratorio para medir cómo las fibras metálicas afectan la resistencia a la compresión, tracción, flexión y durabilidad del hormigón.

1.6 Idea a Defender

La inclusión de fibras metálicas en la construcción de hormigón de alta resistencia aumenta significativamente su resistencia mecánica, durabilidad y capacidad para soportar cargas repetidas en comparación con el hormigón convencional. Se espera que una dosificación óptima de fibras metálicas ayude a reducir la propagación de grietas, extendiendo así la vida útil de las estructuras y demostrando la viabilidad técnica y económica de este enfoque en proyectos de ingeniería civil.

La adición de fibras metálicas pretende incrementar la capacidad de resistencia a tracción del concreto tras la fisuración. Al producirse las fisuras en la sección, las fibras trabajan como una costura por lo que se incrementa la capacidad de absorción de energía.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Tabla 1

Línea de investigación institucional

Dominio	Línea de investigación Institucional	Sub línea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Materiales de construcción

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2024)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

2.1.1 Antecedentes

Según Elias (2021), el concreto de alto desempeño se destaca por ofrecer y evidenciar propiedades significativamente superiores en comparación con el concreto tradicional y convencional. Estas propiedades mejoradas, que incluyen una mayor resistencia a la compresión y una durabilidad superior, lo distinguen notablemente. Además, el concreto de alto desempeño detalla exhaustivamente las diferencias clave, así como los componentes y características que lo separan del concreto convencional.

Finalmente se realiza ensayos de concreto con fibra en diferentes periodos de tiempo en comparación con el concreto normal. Obteniendo como conclusión que la utilidad de la fibra le dará mejores propiedades mecánicas a la mezcla.

En esta tesis de Toro (2019), se busca analizar cómo las fibras de acero provenientes de neumáticos reciclados influyen en el comportamiento del concreto, además de examinar sus propiedades físicas y químicas. El estudio incluye un informe detallado de las características de la mezcla que incorpora dichas fibras. Para llevar a cabo este análisis, se realizaron experimentos empleando probetas y vigas, con el fin de evaluar el desempeño del concreto bajo diferentes condiciones.

A partir de los ensayos realizados, se pretende evidenciar la importancia y las ventajas de añadir este tipo de material al concreto. Finalmente, se llevaron a cabo pruebas de flexión y compresión, cuyos resultados permitieron determinar que la incorporación de fibras metálicas en el concreto ofrece un porcentaje de rentabilidad favorable para su aplicación en el sector de la construcción.

La investigación de Vargas (2021), tiene como objetivo principal cambiar los forzados aligerados por el uso de hormigón reforzado con fibras metálicas, ya que en

otros países este uso de hormigón reduce costos y tiempos en obra. Los esfuerzos de las vigas fueron determinados con la normativa de hormigón armado.

Lo cual se vuelve más rentable para la industria de la ingeniería ya que el factor económico al reducir su espesor va a reducir un presupuesto menos para las otras capas restantes.

El empleo de fibras como refuerzo en el hormigón es una técnica con raíces antiguas, que se remonta a la época romana (300 a.C. - 476 d.C.). Aunque las primeras patentes relacionadas con su utilización datan de 1874, no fue sino hasta la realización de experimentos posteriores que se obtuvo una comprensión clara de las propiedades de los hormigones reforzados con fibras metálicas.

Esta investigación de Hilmar (2021), propone un pavimento rígido con adición de fibras metálicas. Para desarrollar esta propuesta, se realizó visita de campo para recolectar muestras y aplicar el método AASHTO 93 determinando así un espesor inicial. Además, se llevaron a cabo ensayos en el laboratorio de concreto para identificar el porcentaje adecuado de fibras y lograr una resistencia óptima. Con esta resistencia se vuelve aplicar el método AASHTO 93 usando los datos anteriores lo que permitió reducir el espesor inicial. Posteriormente, se utilizó el método de losas cortas y se modeló con un software CSibridge, logrando un espesor óptimo para el pavimento. Esta propuesta se busca ofrecer una alternativa competitiva que cumpla con los estándares requeridos en un proyecto.

Según Pérez (2021), el hormigón en masa presenta una baja resistencia a la tracción y una limitada capacidad de deformación, lo que hace necesario el uso de materiales adicionales, como el acero de refuerzo o el acero pretensado, en su aplicación en estructuras. El acero utilizado como refuerzo es continuo y se coloca estratégicamente en áreas específicas de la estructura para maximizar su eficiencia.

Este estudio se enfoca en las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras de acero, comenzando con una introducción teórica sobre el funcionamiento de las fibras y destacando las cuatro características mecánicas más significativas de este tipo de hormigón.

La adición de fibras de acero a la matriz del hormigón altera de manera significativa las propiedades del material base, incrementando su ductilidad y su resistencia al flexo tracción.

2.1.2 Materiales del hormigón

El concreto se compone de diversos materiales que han aumentado en variedad en los últimos años para satisfacer demandas específicas de estructuras con comportamientos particulares. No obstante, los componentes fundamentales del diseño de, mezcla de concreto, que se mantienen constantes en cualquier aplicación, son el cemento, agua, arena, piedra. Además, aunque no es un material en sí, el aire también forma parte integral de la composición del concreto.

- **Cemento**

El cemento es un material aglutinante utilizado en el concreto, que se presenta en forma de polvo fino y cumple con las especificaciones del tamiz No. 325. Su composición química lo convierte en un material hidráulico, altamente sensible a la humedad y al agua. Principalmente, se emplea para unir otros materiales y es conocido por alta resistencia a la compresión, aunque tiene resistencia menor a la tracción. Inicialmente, el cemento se comporta como un material plástico, pero con el tiempo adquiere rigidez y endurecimiento desarrollando así su resistencia (León Gamarra, 2022).

- **Agua**

El agua actúa como un catalizador para el cemento, formando una pasta semi-viscosa cuando se mezcla con él. El agua tiene propiedades específicas que afectan la calidad del concreto. En este análisis se utilizará agua-concreto para su elaboración. El agua tiene una gran influencia en la resistencia a compresión del concreto (León Gamarra, 2022).

- **Agregado Fino (Arena)**

Este material se caracteriza principalmente por su granulometría, clasificada según su rango granulométrico, conocido como curva granulométrica. Químicamente

inerte, su función en el concreto es proporcionar textura y densidad, contribuyendo a las propiedades isotrópicas del concreto (León Gamarra, 2022).

- **Agregado Grueso (Piedra)**

Las propiedades del agregado grueso se definen según las necesidades del proyecto y se clasifican a partir de diversas curvas granulométricas. Este material debe ser químicamente inerte, sin reaccionar con los componentes del concreto. Sin embargo, es importante que el agregado grueso no reaccione químicamente con los componentes del cemento (León Gamarra, 2022).

2.1.3 Resistencia y durabilidad del concreto

La resistencia a la compresión se puede definir como la capacidad máxima de una muestra de concreto para resistir una carga axial generalmente expresada en Megapascuales o libras por pulgadas cuadrada. Edades típicamente especificadas entre 1,3,7,14 y 28 días dependiendo de sus requisitos específicos. Se pueden utilizar otros grupos de edad para las pruebas, pero es importante comprender la relación entre la resistencia a los 28 días de edad y la resistencia a otras edades.

2.1.4 Fisuración o agrietamiento del concreto

El agrietamiento del hormigón es un fenómeno indeseable, sus causas van desde cambios en la composición del material hasta los efectos de los cambios de temperatura. En realidad, el agrietamiento muestra la pérdida de competencia entre la capacidad del material para resistir tensiones y los efectos de la tensión aplicada. Dado que las grietas tienen el ancho máximo permitido, se especifican por razones estéticas y de durabilidad.

2.1.5 Como trabaja las fibras de concreto

Se añaden microfibras de hormigón para aumentar la resistencia del material, lo que significa que las estructuras pueden seguir soportando cargas incluso después de que los cementos de hormigón se agrieten, La durabilidad es una propiedad que describe más completamente la capacidad de un material para soportar cargas antes de colapsar.

2.1.6 Definición y propiedades generales del Hormigón

- **Definición**

El hormigón es un material de construcción hecho a base de cemento, arena y gravas o piedras, y es uno de los más utilizados en obras de arquitectura e ingeniería a nivel mundial. Una de sus principales características es su alta maleabilidad, gran consistencia, bajo coste y rápido secado. Este compuesto se usa en la construcción y que lo podemos ver en grandes obras de ingeniería civil como estadios, puentes, en la elaboración de viviendas, entre muchas otras grandes y pequeñas edificaciones. Hoy día es uno de los artículos más usados y el que deja mejores dividendos gracias a su maleabilidad y su rápido secado.

Además, este elemento cuenta con otras características por lo que se destaca su versatilidad y su sumisión en su condición plástica, lo que permite su cambio para moldearlo tomándose en muchas formas. Otra fortaleza es su resistencia a la compresión y la facultad de aguantar a tracción por medio de armados o tensados (Miranda, 2020).

2.1.7 Propiedades mecánicas del hormigón

Las propiedades mecánicas del hormigón son esenciales en el diseño de diversas estructuras, incluyendo hormigón simple, armado y preesforzado, perfiles de acero soldados, reforzado y laminados en caliente. Estas propiedades se aplican para garantizar la estabilidad y resistencia de las construcciones (Saldarriaga, 2024).

Entre las propiedades más importantes del hormigón se incluye:

2.1.7.1 Hormigón Fresco

El Hormigón fresco se refiere al hormigón que, gracias a su plasticidad, puede ser moldeado, aunque esta característica no es permanente. Este periodo abarca desde el momento de su creación hasta que el inicio del fraguado del cemento. La duración de esta etapa es variada y depende de factores como los aditivos empleados, la temperatura ambiente, la cantidad de agua, el tipo de cemento utilizado, entre otros (Becosan, 2021).

Además, el manejo adecuado del hormigón fresco es crucial para asegurar la calidad final del material. Las propiedades del hormigón en esta fase determinan su trabajabilidad y facilidad de colocación en moldes y encofrados. Es importante mantener un control riguroso de los factores mencionados para obtener un hormigón de alta calidad y durabilidad en la estructura final (Becosan, 2021).

a) Consistencia

La consistencia se refiere a la capacidad del hormigón fresco para deformarse, y se mide mediante el descenso en centímetros usando el ensayo del cono de Abrams.

Ensayo del cono de Abrams

El ensayo del cono de Abrams es el método más común para evaluar la consistencia del hormigón fresco. Este procedimiento consiste en llenar un molde troncocónico de 30 cm de altura con hormigón fresco. La reducción de altura que ocurre cuando se retira el molde determina la consistencia del hormigón.

Es importante destacar que algunos tipos de hormigón se clasifican según su consistencia, lo que hace que este ensayo sea fundamental para asegurar las propiedades deseadas del material. Además, la consistencia adecuada es crucial para la trabajabilidad del hormigón y para lograr una mezcla homogénea que garantice la durabilidad y resistencia de la estructura final (Becosan, 2021).

b) Docilidad Conocida como trabajabilidad.

La docilidad se refiere a la trabajabilidad del hormigón fresco, es decir, su capacidad para ser trasladada de un lugar a otro utilizando los medios disponibles.

Además, una alta docilidad es crucial para garantizar una colocación y compactaciones eficaces del hormigón en los moldes y encofrados, asegurando que el material se distribuya uniformemente sin dejar huecos ni vacíos. Esta característica también influye en la facilidad con la que el hormigón puede ser manejado durante el proceso de construcción, afectando directamente la calidad y la durabilidad de la estructura final (Becosan, 2021).

c) Homogeneidad

La homogeneidad se refiere a la uniformidad en la distribución de todos los ingredientes del hormigón, asegurando que cada componente esté presente en proporciones similares a lo largo de toda la mezcla

Una mezcla homogénea es esencial para garantizar que el hormigón tenga propiedades consistentes y predecibles en toda la estructura. Esta uniformidad ayuda a prevenir problemas como la segregación de los componentes y asegura una resistencia y durabilidad uniformes en el producto final. La adecuada mezcla y distribución de los ingredientes también facilita la aplicación y el manejo del hormigón durante la construcción (Becosan, 2021).

d) Masa específica

La masa específica es la relación entre la masa del hormigón fresco y el volumen que ocupa. Este valor puede ser determinado tanto para el hormigón en su estado sin compactar como para el hormigón compactado

La medición de la masa específica es importante porque proporciona información sobre la densidad del hormigón, lo cual puede influir en sus propiedades estructurales y de rendimiento. Una masa específica adecuada asegura que el hormigón tenga las características deseadas para la aplicación específicas, afectando la resistencia, durabilidad y el comportamiento general del material en la estructura. Además, conocer la masa específica ayuda en el control de calidad y en la optimización de la mezcla para cumplir con los requisitos del proyecto (Becosan, 2021).

Figura 1

Propiedades del Hormigón Fresco

Propiedades	Resultados
Masa específica (g/cm ³)	3,12
Superficie específica, Blaine (cm ² /g)	4.743
Tiempo de fraguado inicial (min)	110
Tiempo de fraguado final (min)	163
Expansión de volumen (mm)	3
Resistencia a la compresión a los 3 días (MPa)	44,40
Resistencia a la compresión a los 7 días (MPa)	47,90
Resistencia a la compresión a los 28 días (MPa)	52,20

Fuente: Soto Izquierdo (2020)

2.1.7.2 Hormigón Endurecido

El hormigón endurecido posee características fundamentales de durabilidad, mecánica y físicas, cruciales para la construcción de elementos prefabricados o estructuras de alta resistencia y calidad.

Esta propiedad puede cambiar con el tiempo debido a dos factores principales: las condiciones ambientales a las que están expuestos y las proporciones y las características de los materiales que los componen (Becosan, 2021).

- **Reacciones Químicas:** Durante el endurecimiento, las partículas de cemento reaccionan con el agua en un proceso llamado hidratación, que genera compuestos que aumentan la resistencia y durabilidad del concreto. La eficacia y velocidad de esta reacción depende de la temperatura y la proporción de agua en la mezcla.
- **Dosificación de Componentes:** Es fundamental utilizar las proporciones correctas de cemento, agregados y agua para asegurar que la mezcla sea homogénea y que las propiedades mecánicas del concreto sean consistentes en toda su masa.
- **Condiciones Ambientales:** La temperatura, la humedad y la presencia de sustancias químicas en el entorno puede influir en el proceso de endurecimiento. Las bajas temperaturas pueden retardar la hidratación, mientras que las altas pueden acelerar de manera indeseada. Además, la exposición a ciertos químicos puede afectar la integridad del concreto a largo plazo.
- **Curado:** El curado, que consiste en mantener el concreto húmedo y a una temperatura adecuada, es esencial para el desarrollo completo de sus propiedades mecánicas. Un curado adecuado permite que la hidratación continúe, aumentando la resistencia y durabilidad del concreto.
- **Propiedades Mecánicas y durabilidad:** Con el tiempo, el concreto endurecido adquiere propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, tracción y flexión, que son cruciales para la integridad de las construcciones. Además, su capacidad para resistir agentes externos como el agua, el hielo, productos químicos y a abrasión es fundamental para su durabilidad.

Propiedades del hormigón endurecido

- **Retracción:** La retracción es el proceso de acortamiento del hormigón debido a la evaporación constante del agua. Dentro del hormigón, el agua se encuentra en diferentes estados: intercrystalina, de gel y de cristalización.
- **Dureza:** La dureza es una propiedad física superficial resultante de la carbonatación, un proceso que modifica el hormigón con el tiempo. Una forma de medir la dureza es utilizando el esclerómetro de Schmidt.
- **Resistencia:** El hormigón endurecido presenta resistencia al desgaste, tracción y compresión, siendo la resistencia a la compresión su característica más destacada. Esta se mide en Megapascales (Mpa), alcanzando hasta 50 Mpa en hormigones normales y hasta 100 Mpa en hormigones de alta resistencia. La resistencia al desgaste se logra con una adecuada relación agua-cemento y el uso de áridos resistentes. Factores biológicos, químicos, físicos y mecánicos influyen en el desgaste del hormigón.
- **Permeabilidad:** La permeabilidad es el nivel de acceso que el hormigón permite a gases o líquidos, influenciada por la relación entre el cemento y el agua añadida. Una mayor relación aumenta la permeabilidad, exponiéndolo a más agresiones.
- **Compacidad:** La compacidad indica que los materiales empleados tienen la máxima densidad. A mayor compacidad, mayor resistencia a sustancias perjudiciales.
- **Densidad:** La densidad es la relación entre la masa del hormigón y el volumen que ocupa. En hormigones bien endurecidos con áridos normales, la densidad oscila entre 2300-2500 kg/m³. Con áridos pesados, la densidad se encuentra entre 3000-3500 kg/m³, y con áridos ligeros, entre 1000-1300 kg/m³.
- **Porosidad:** La porosidad es la relación de huecos respecto a la masa total, influyendo en la permeabilidad, densidad y resistencia del hormigón.

Además, la comprensión de estas propiedades permite a los ingenieros y construir, optimizar el diseño y la aplicación del hormigón en diferentes contextos, asegurando la longevidad y la eficacia de las estructuras construidas. La continua investigación y desarrollo en las propiedades del hormigón contribuye a mejorar su rendimiento y adaptabilidad a las necesidades modernas de la construcción.

Figura 2

Propiedades del Hormigón Endurecido

Propiedad	Valor
Densidad kg/m ³	1900-2400
Resistencia compresión MPa	50-150
Resistencia a flexión MPa	15-55
Resistencia a tracción MPa	5-25
Módulo de elasticidad GPa	10-45
Deformación última en compresión %	≤12
Coefficiente de Poisson (viscosidad)	0.16-0.33
Coefficiente de dilatación lineal 10 ⁶ K ⁻¹	10-35
Rango de temperatura de trabajo °C	60 – 80
Absorción de agua % peso	0.03 -1.0
Rugosidad micrometros	25
Resistencia a la corrosión	Buena a excelente

Fuente: tecnopolímeros (2018)

2.1.8 Composición del hormigón

La clave para preparar hormigón radica en obtener una mezcla uniforme a partir de los materiales que lo componen: aglomerantes (cemento), agregados áridos (grava o arena) y agua. Las proporciones de estos ingredientes varían según el uso previsto del material. A mayor cantidad de agua, la mezcla será más manejable, pero también menos resiste (Ferrovia, 2024).

Primero, se deben mezclar los materiales secos, es decir, el cemento, la arena y la grava, hasta obtener una mezcla homogénea, lo cual se evidencia cuando la mezcla adquiere un color gris uniforme. Después, se agrega el agua gradualmente, mezclando contiguamente para evaluar la consistencia del hormigón a medida que se forma (Ferrovia, 2024).

Una vez que se ha agregado el agua y la mezcla ha alcanzado la consistencia deseada es importante trabajar rápidamente para evitar que el hormigón comience a fraguar antes de su colocación durante esta fase el hormigón debe ser vertido en moldes o en la estructura correspondiente asegurándose de eliminar cualquier burbuja de aire atrapado mediante la vibración o compactación adecuada. Este proceso garantiza que el hormigón se adhiere firmemente a todas las superficies y rellene completamente los espacios lo que contribuye a su resistencia y durabilidad (Ferrovia, 2024).

Además, la cura del hormigón es un paso crítico que no debe ser descuidado. Una vez colocado, el hormigón debe ser mantenido húmedo y a una temperatura controlada durante un periodo específico, generalmente entre 7 y 28 días, dependiendo las condiciones ambientales y las especificaciones del proyecto. Este proceso de curado permite que el cemento se hidrate completamente lo que aumenta significativamente la resistencia y reduce la probabilidad de formación de grietas y fisuras. Un curado adecuado es esencial para asegurar que el hormigón alcance su máxima resistencia y longevidad (Ferrovia, 2024).

2.1.9 Factores a considerar para la dosificación del hormigón

Antes de dosificar el hormigón, es esencial determinar la resistencia que se desea obtener y comprender las condiciones ambientales a las que se enfrentará la obra, así como los equipos de fabricación que se utilizarán. Además, es importante conocer la granulometría y la cantidad de los áridos. En proyectos pequeños, la mezcla del hormigón suele realizarse manualmente sin la ayuda de equipos. Sin embargo, para mejorar o modificar las características del hormigón, es necesario añadir aditivos, lo que exige una dosificación precisa. Para garantizar la durabilidad de la obra, es fundamental utilizar métodos mecánicos (Becosan, 2022).

También se debe considerar el tipo de cemento a utilizar, ya que diferentes tipos de cemento pueden influir en las propiedades finales del hormigón. La elección del cemento dependerá de las características especiales del proyecto como la exposición a ambientes agresivos o la necesidad de un fraguado rápido. Evaluar las propiedades químicas del agua utilizada en la mezcla también es crucial, ya que impurezas o niveles altos de ciertos minerales pueden afectar negativamente la resistencia y durabilidad del hormigón (Becosan, 2022).

Finalmente es fundamental realizar pruebas y ensayos previos para verificar que la mezcla cumpla con los requisitos técnicos y normativas del proyecto. Estas pruebas incluyen el análisis de la consistencia del hormigón, su resistencia a la compresión otros parámetros relevantes. La realización de estos ensayos no solo asegura la calidad del hormigón sino que también permite ajustar la dosificación en función de los resultados obtenidos, garantizando así que la mezcla cumpla con las

especificaciones deseadas y se adapte adecuadamente a las condiciones del entorno (Becosan, 2022).

2.1.10 Método de dosificación del hormigón

Una vez que se ha definido los componentes de la mezcla del hormigón, se debe considerar los criterios comúnmente utilizados para crear la proporción adecuada de cada ingrediente. La proporción depende de las condiciones de adherencia, acabado y resistencia deseadas. Existen diferentes métodos de dosificación entre ellos:

2.1.10.1 Método basado en el contenido de cemento

- **Método de Fuller:** Indicado para piezas con áridos redondeados, determina la dosificación de los áridos usando la parábola de Gessner.
- **Formula de Bolomey:** Una mejora del método de Fuller, que busca un hormigón más económico en cemento.

2.1.10.2 Método basado en la resistencia a compresión

- **Método A.C.I.** para hormigón convencional: Basado en la resistencia deseada del hormigón, considera la consistencia medida en el cono de Abrams y la cantidad de agua necesaria.
- **Método de la Peña:** Usado para hormigones estructurales en edificios y grandes construcciones, formula la relación cemento/agua basándose en la resistencia media del hormigón.

Una dosificación correcta es crucial para evitar la segregación de componentes. Una mezcla incorrecta puede causar la separación de los agregados, afectando la homogeneidad y resistencia del hormigón. Las mezclas más propensas a la segregación son aquellas con mucha arena poco dóciles, muy secas o extremadamente fluidas (Becosan, 2022).

2.1.11 Ensayo a la compresión

Durante la preparación de la mezcla, se establecieron las propiedades fundamentales del hormigón fresco, tales como trabajabilidad, homogeneidad,

consistencia y densidad, antes de proceder con la toma de muestras y su respectivo curado. Se realizaron ensayos de compresión a las edades de 7, 14, 21 y 28 días para trazar las curvas de tiempo versus resistencia, lo que permitió observar el efecto temporal en la resistencia del hormigón y proporcionó una indicación de la resistencia media del material en cada etapa. De acuerdo con la norma ASTM C-469-94, se determinó experimentalmente el módulo de elasticidad estático para cada muestra de hormigón. Posteriormente, se calculó el módulo de elasticidad teórico utilizando las ecuaciones propuestas por el ACI 318 y el ACI 363, con el fin de comparar estos valores con los datos experimentales obtenidos (Frías Torres y Valle Valle, 2022).

El módulo de elasticidad estático del hormigón es una propiedad crucial en el análisis estructural, ya que se utiliza para calcular la rigidez de los componentes estructurales. Aunque cualquier fórmula empleada para determinar este módulo puede ser útil en las etapas preliminares del diseño, es fundamental que, para el proyecto final de una construcción, se utilice el módulo de elasticidad del hormigón específico que se empleará en la obra. Para lograr esto, es esencial que el ingeniero obtenga información precisa del productor local de concreto o, si es necesario, realice las pruebas pertinentes como parte del análisis y diseño del proyecto. Utilizar fórmulas genéricas sin conocer las características exactas del concreto que se fabricará en la región del proyecto puede comprometer seriamente la seguridad de la estructura.

La resistencia a la compresión es la característica primordial del hormigón, reflejando su capacidad para soportar cargas axiales sin experimentar fallas. Para determinar este parámetro, se utilizan cilindros con un diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm, o alternativamente cilindros de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura. Estos cilindros se colocan en una máquina universal que aplica cargas axiales para medir la resistencia a la compresión.

Existen tres tipos de resistencia a la compresión:

- **Resistencia Especificada (f'_c):** Esta es la resistencia que el diseñador establece para el cálculo y dimensionamiento de los elementos de hormigón. Para verificar esta resistencia, se deben realizar pruebas en obra utilizando cilindros testigos, los cuales permiten controlar y garantizar la calidad del hormigón.

- **Resistencia Promedio Requerida (f'_{cr}):** Este valor es superior a la resistencia especificada y se utiliza para el diseño del hormigón en el laboratorio. La resistencia promedio requerida depende de factores como el control de calidad en la obra y la maquinaria disponible.
- **Resistencia Característica (f'_{ck}):** Derivada de métodos teóricos y estadísticos, esta resistencia define las propiedades del hormigón utilizado. Debe ser verificada a través de ensayos específicos realizados en la obra para asegurar que cumple con las especificaciones.

2.1.12 Pavimento rígido

El diseño de la estructura del pavimento rígido permeable implica considerar varios factores de diseño, todos esenciales para predecir un desempeño confiable que garantice un funcionamiento óptimo y evite el colapso durante su vida útil. Según AASHTO 93 (Guerra Chayña y Guerra Ramos, 2020).

Existen varios tipos de pavimentos, entre los cuales los principales son: a) pavimentos flexibles, b) pavimentos semirrígidos y c) pavimentos rígidos. Los pavimentos flexibles son aquellos en los que la capa estructural se flexiona bajo las cargas aplicadas en la superficie, y están compuestos generalmente por una carpeta asfáltica, una base y una subbase. Los pavimentos semirrígidos combinan características de los diferentes tipos de pavimentos (Pinto Condori y Rojas Huamancha, 2021).

Desde esta perspectiva, como investigadores proponemos una alternativa de construcción mediante un diseño de pavimento rígido que sea seguro y resistente. De este modo, aseguramos la funcionalidad del tránsito y garantizamos una estructura firme y duradera. Un pavimento se define como una estructura formada por varios elementos o capas de materiales seleccionados, diseñados para soportar y distribuir las cargas del tránsito de manera uniforme al suelo. El pavimento rígido, en particular, está compuesto por un conjunto de capas, incluyendo subbase, base y capa de rodadura. La inclusión de capas adicionales para mejora depende del área en cuestión (Tavara Lizama, 2022).

2.1.13 Rotura de hormigón

La ruptura de probetas se obtiene a través de ensayos de compresión y tracción, siendo en este caso la compresión el foco principal. La resistencia a la compresión del hormigón es la medida más comúnmente empleada en el diseño y construcción de edificaciones y estructuras. Estas pruebas nos proporcionan información sobre el comportamiento final de una estructura en función de requisitos específicos, permitiendo diseñar la resistencia del concreto según una amplia gama de propiedades mecánicas y de durabilidad (Tomas Luna, 2024).

La resistencia a la compresión se evalúa rompiendo probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. Este valor se calcula dividiendo la carga de ruptura por el área de la sección que soporta la carga, y se reporta en kg/cm^2 . Los resultados de estas pruebas son esenciales para asegurar que la mezcla de hormigón utilizada cumpla con los requisitos de resistencia especificada ($f'c$) para el proyecto en cuestión.

Figura 3
Rotura de hormigón



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia en probetas cilíndricas se emplean para controlar la calidad, aprobar el hormigón o estimar la resistencia del concreto en estructuras, así como para planificar las operaciones de construcción. Las probetas se someten a pruebas de aceptación y control de calidad, y se fabrican

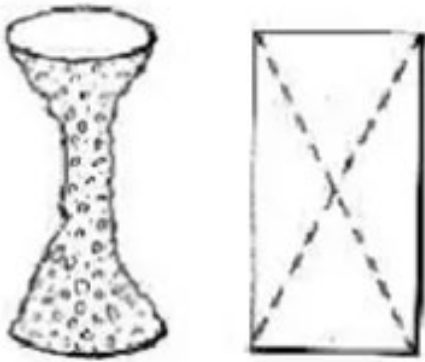
y curan de acuerdo con los procedimientos estándar descritos en la norma NMX C-160 ONNCCE, que regula la "Elaboración y curado en obra de especímenes de hormigón".

2.1.14 Tipo de rotura

- Cono:

Los conos deben tener una forma razonablemente correcta en ambos extremos, sin fisuras visibles en los cabezales. Se logra una carga de compresión adecuadamente aplicada.

Figura 4
Cono



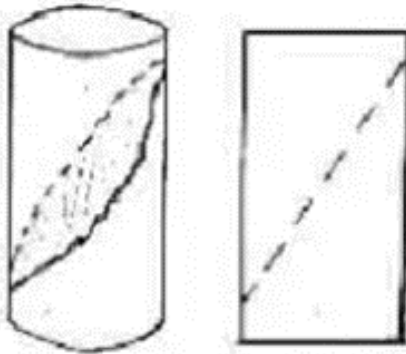
Fuente: Tomas Luna (2024)

- Corte:

Se presenta una fractura diagonal sin fisuras en los extremos, y se puede distinguir del "cono" al golpear suavemente con un martillo. Este tipo de fractura suele ocurrir cuando las caras de aplicación de carga están cerca del límite de tolerancia especificada o lo superan.

Figura 5

Corte



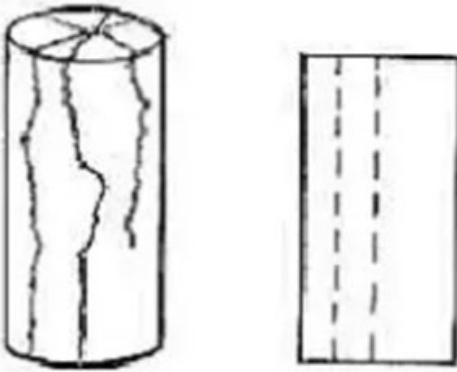
Fuente: Tomas Luna (2024)

- Columnar:

Columnar. Se caracterizan por fisuras verticales alineadas en ambos extremos y conos mal formados. Este tipo de fractura se observa en especímenes con una superficie de carga convexa y/o deficiencias en el material de cabeceo, así como por concavidad en el plato de cabeceo o convexidad en una de las placas de carga.

Figura 6

Columnar



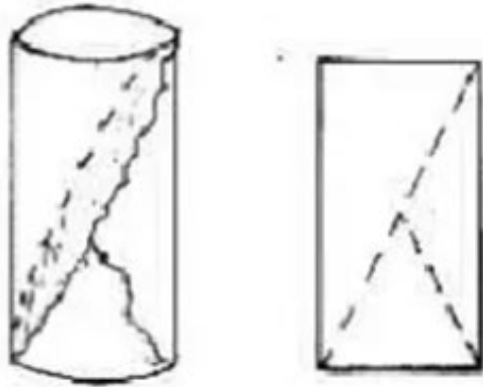
Fuente: Tomas Luna (2024)

- Cono y hendidura:

Conos correctamente formados en un extremo y fisuras verticales que atraviesan ambos cabezales, con un cono mal definido en el otro extremo. Este patrón aparece en especímenes con una cara de aplicación de carga convexa y/o

deficiencias en el material de cabeceo, así como irregularidades en el plato de cabeceo o en las placas de carga.

Figura 7
Cono y hendidura

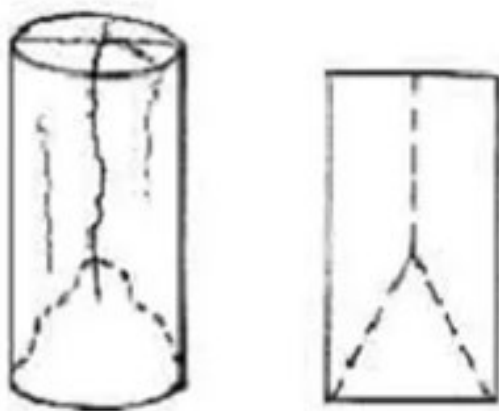


Fuente: Tomas Luna (2024)

- Cono y corte.

Conos bien formados en un extremo, con una fisura diagonal atravesando ambos cabezales y un cono mal definido en el otro extremo. Este tipo de fractura se observa cuando las caras de aplicación de carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias de paralelismo establecidas, o por leves desviaciones en el centrado del espécimen para la aplicación de carga.

Figura 8
Cono y corte



Fuente: Tomas Luna (2024)

2.1.15 Módulo de Elasticidad:

Los resultados experimentales del módulo estático de elasticidad del hormigón coinciden con los obtenidos teóricamente mediante la ecuación establecida por el American Concrete Institute (2015). Sin embargo, las diferencias en los resultados se deben a que el módulo de elasticidad del hormigón puede variar en función de las propiedades de los agregados. Esto subraya la necesidad de obtener datos experimentales específicos de los agregados utilizados en cada región del país. Según el American Concrete Institute (2015), el módulo estático de elasticidad se puede calcular utilizando la resistencia a la compresión del hormigón. Sin embargo, los ensayos realizados muestran que, aunque la resistencia a la compresión aumenta, el módulo estático de elasticidad del hormigón no aumenta significativamente (Sánchez Oñate et al., 2020).

Señala que el módulo estático de elasticidad del hormigón es sensible al módulo estático de elasticidad del agregado y a la dosificación de la mezcla de concreto, y que los valores medidos del módulo pueden variar entre el 80% y el 120% de los valores calculados. En este estudio, sin embargo, la variación fue de hasta el 56%. Según estos resultados, no es recomendable utilizar la ecuación del American Concrete Institute (2015) para calcular el módulo estático de elasticidad del hormigón en todas las regiones, debido a las variaciones en las características de los agregados en diferentes áreas.

El módulo de elasticidad define la relación entre el esfuerzo normal aplicado y la deformación unitaria resultante, medidos bajo condiciones de compresión y tracción que no superan el límite del material. Para obtener el módulo de elasticidad estático del concreto, se emplea el procedimiento de ensayo descrito en la norma ASTM C 469. Este método implica la ruptura de cilindros estándar con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura hasta alcanzar la falla, mientras se mide la deformación en el rango de hasta el $0.45 f_c$ (zona elástica) (Frias Torres y Valle Valle, 2022).

No obstante, este procedimiento destructivo está influenciado por múltiples variables que afectan los resultados, tales como el tamaño de la probeta, el punto de medición de la deformación (ya sea en la superficie o en el centro del cilindro), la velocidad de carga, la esbeltez de la probeta, el tipo de refrentado y las condiciones

de curado en laboratorio, siendo estas variables dependientes de las características específicas del concreto en cuestión.

2.1.16 Cemento Holcim HE

El cemento que se utilice debe cumplir con las normativas ASTM C150 o C595 y la NTN INEN 152. El cemento se obtiene a partir de materiales como piedra caliza, arenas silíceas, arcilla y esquistos. Su producción implica un complejo proceso industrial con varias etapas. Primero, la piedra caliza se tritura y se mezcla con otros materiales, luego se calienta a altas temperaturas en hornos especiales, lo que provoca cambios químicos y físicos en las materias primas, formando así el Clinker. Finalmente, el Clinker se tritura hasta alcanzar un alto grado de finura (Muñoz Niveló y Martínez Criollo, 2021).

La característica más importante del cemento es que, al mezclarse con una cantidad adecuada de agua, forma una pasta aglomerante con propiedades adhesivas y cohesivas. Esta pasta, combinada con los agregados, forma el hormigón, que es el material más utilizado en la construcción. La principal función del cemento en esta mezcla es proporcionar fluidez y lubricación en su estado fresco y la resistencia necesaria una vez que el concreto se ha solidificado.

2.1.17 Cementos hidráulicos

Por desempeño, según Holcim (Evolución de las normas, 2016), se clasifican en:

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

Este tipo de cemento elimina restricciones en su composición química para cumplir con ciertos niveles de desempeño, independientemente de cómo se logren. En esta investigación se utilizó cemento de la marca HOLCIM PREMIUM tipo HE, un

cemento hidráulico de alta resistencia que cumple con la norma ecuatoriana NTE INEN 2380 (ASTM 1157).

2.1.18 Vida útil del hormigón

En la revisión del arte respecto al desempeño y la evaluación crítica del desarrollo y estado actual del conocimiento relacionado con la durabilidad y vida útil de las estructuras de hormigón armado construidas en el perfil costero. Además, se analizarán los mecanismos de deterioro en estas estructuras expuestas a ambientes costeros urbano-rurales y su relación con la durabilidad del hormigón armado. Todos estos aspectos son de singular importancia para la continuidad del análisis (Guerra Mera et al., 2023).

Se entiende por durabilidad del hormigón de cemento hidráulico su capacidad para resistir la acción de la meteorización, los ataques químicos, la abrasión u otros procesos de deterioro. La evaluación del desempeño adecuado en términos de durabilidad del hormigón, tanto en Ecuador como en otras partes del mundo, se realiza considerando uno o más parámetros antes de su uso en la construcción de estructuras. En particular, se utiliza la resistencia a la compresión como principal propiedad a evaluar y, en ocasiones, la velocidad del pulso ultrasónico (NEC, 2015). Sin embargo, esta tendencia, aunque común en otros países de Iberoamérica, no es suficiente ya que no considera parámetros que realmente definen los requerimientos de durabilidad, como el porcentaje de porosidad capilar efectiva (Guerra Mera et al., 2023).

La medición de la resistencia a compresión, como parámetro mecánico, por sí sola no ha garantizado el desempeño duradero de las estructuras, especialmente aquellas construidas en el perfil costero de Ecuador y en varias regiones de América Latina.

2.1.19 Ensayo A la Tracción

Este procedimiento de prueba es aplicable tanto en entornos de campo como en laboratorios para evaluar varios aspectos críticos. Su propósito incluye la medición de la resistencia a la tracción cerca de la superficie de un sustrato, que sirve como indicador de la correcta preparación de dicha superficie antes de la aplicación de un

material de reparación o recubrimiento. También se utiliza para determinar la adhesión de una reparación o material de recubrimiento al sustrato, así como la resistencia a la tracción de estos materiales o adhesivos una vez aplicados sobre una superficie (Holg Quispe, 2020).

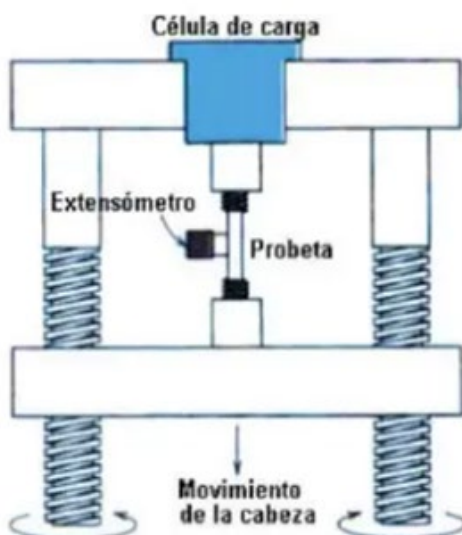
La realización de estos ensayos está regulada por normativas vigentes que aseguran su exactitud y previsibilidad en condiciones reales de trabajo. La Norma NTG 41006 (ASTM C125) establece la terminología asociada al concreto y a los agregados para concreto.

2.1.19.1 Definición

- Norma NTG 41017 h26 (ASTM C900): método de ensayo de resistencia a la extracción del concreto endurecido.
- Norma ASTM C881/C881M: especificación para sistemas de unión de Base-Resina-Epóxica para concreto

El ensayo estático en cuestión implica someter una probeta a una carga axial creciente en dirección de tracción, habitualmente hasta la fractura, con el propósito de evaluar una o varias de sus propiedades mecánicas.

Figura 9
Ensayo estático



Fuente: Holg Quispe (2020)

2.1.19.2 Equipos necesarios

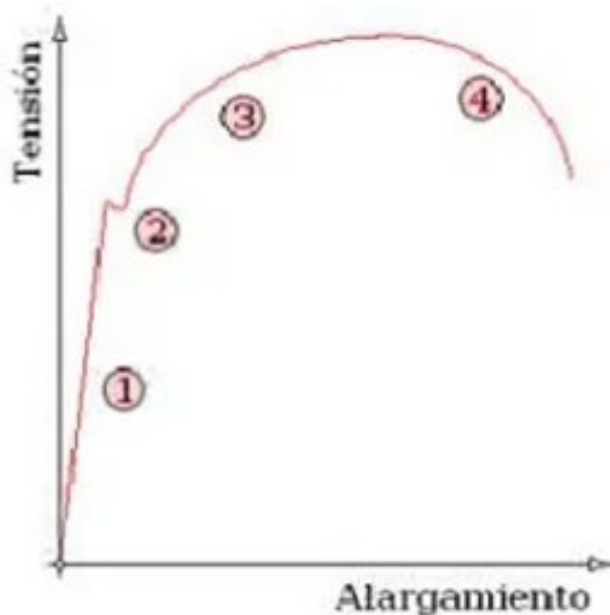
Para realizar el ensayo de tracción, se requieren máquinas equipadas con un mecanismo generador de carga y un sistema de medición para registrar las cargas aplicadas y los desplazamientos. La máquina debe estar diseñada para aplicar la fuerza de tracción en la dirección del eje de la probeta.

La máquina debe permitir ajustar la velocidad de aplicación de la carga, y el proceso de descarga debe llevarse a cabo de manera gradual. El mecanismo generador de cargas puede ser de tipo mecánico o neumático, y se compone de un cabezal móvil y un cabezal fijo. El sistema de medición de cargas y desplazamientos opera electrónicamente, controlando la velocidad de carga y produciendo gráficos impresos de la curva de tracción.

2.1.19.3 Curva de Tensión y Deformación

Se evalúa la deformación (elongación) de la probeta entre dos puntos fijos a medida que la carga aplicada aumenta, y se grafica en función de la tensión (carga aplicada dividida por el área de la sección de la probeta). Típicamente, la curva de tensión-deformación exhibe cuatro regiones distintas:

Figura 10
Curva de Tensión y Deformación



Fuente: Holg Quispe (2020)

- **Deformaciones elásticas**

Las deformaciones en esta fase se distribuyen a lo largo de la probeta y son mínimas; al eliminar la carga aplicada, la probeta recupera su forma original. El coeficiente que describe la relación proporcional entre la tensión y la deformación se conoce como módulo de elasticidad o módulo de Young, y es una propiedad intrínseca del material. De este modo, todos los aceros comparten el mismo módulo de elasticidad, aunque sus resistencias puedan variar significativamente. La tensión máxima alcanzada en esta fase se denomina límite de fluencia, y señala el comienzo de este fenómeno. Puede haber dos regiones de deformación elástica: una lineal y otra no lineal, siendo el límite de proporcionalidad el valor de la tensión que separa ambas.

- **Resistencia a cargas**

El análisis del comportamiento de los elementos estructurales es intrincado debido a los múltiples factores que influyen en su ductilidad frente a eventos sísmicos o cargas estáticas. Estos factores incluyen la disposición del refuerzo transversal de acero en relación con las grietas de corte, así como la resistencia a la compresión y tensión del concreto armado. Dado que el concreto no es ni elástico ni homogéneo, prever con precisión la formación de grietas resulta problemático. En el caso del concreto armado en vigas, los esfuerzos predominantes incluyen flexión, cortante y torsión. La flexión induce compresión en la fibra superior y tracción en la fibra inferior de la viga; por ello, se utiliza acero longitudinal para soportar la tensión y concreto para la compresión. Los esfuerzos de torsión y cortante son absorbidos en gran parte por los estribos, con una contribución menor del concreto, y los estribos también proporcionan confinamiento adicional al elemento estructural.

2.1.20 Tipos de hormigón

El hormigón se clasifica en diferentes tipos dependiendo de su uso, propiedades, estéticas, método de construcción y durabilidad.

- **Hormigón en masa**

Utilizado en grandes volúmenes, especialmente en dimensiones superiores a los tres metros. Es crucial controlar los efectos de agrietamiento debido a los choques térmicos entre el interior caliente del hormigón (por la hidratación del cemento) y la parte externa, que se enfría más rápidamente.

- **Hormigón Estructural**

Empleado en cualquier obra civil o edificaciones, su principal característica es la mejora de la durabilidad de las construcciones.

- **Hormigón ligero**

También conocido como celular, este tipo reduce la densidad y mejora el aislamiento térmico y acústico. Se utiliza para regularizar suelos desnivelados, aligerar estructuras y rehabilitar cubiertas en mal estados.

- **Hormigón armado**

Consiste en la combinación de hormigón con una estructura metálica de hierro, proporcionando mayor resistencia. Es ampliamente usada en la construcción de túneles, puentes, edificios, caminos y columnas.

- **Hormigón pretensado**

Diseño para mejorar la debilidad del hormigón antes la tracción, se fabrica industrialmente con acero y se somete a compresión antes de su uso. Este tipo ofrece mayor soporte a las estructuras y reduce la incidencia de fisura y grietas.

- **Hormigón Pulido:**

Ideal para alisar superficies, proporcionando pavimentos más resistentes a la humedad y grietas, además de soportar el peso de maquinaria in afectar el material.

2.1.21 Diseño de mezcla

Estos ensayos antes de someterse a pruebas de compresión y flexión se debe realizar el diseño de mezcla para que se obtenga todas las proporciones de los materiales a utilizar.

2.1.22 Ventajas del hormigón frente a otros materiales

El hormigón es uno de los materiales más utilizados en la construcción debido a sus numerosas ventajas:

- **Accesibilidad:** Sus componentes son comunes y de fácil acceso.
- **Adaptabilidad:** Se puede ajustar rápidamente según los propósitos estructurales.
- **Reducción de Permeabilidad:** Minimiza los riesgos de filtración.
- **Durabilidad:** Su alta calidad garantiza una larga vida útil.
- **Ductilidad y Maleabilidad:** Es flexible y se puede moldear según las necesidades
- **Resistencia al calor:** Soporta altas temperaturas sin deformarse o derrumbarse
- **Alta resistencia:** Es muy seguro gracias a su alta resistencia a la compresión, flexión, corte y tracción
- **Mantenimiento mínimo:** Requiere poco mantenimiento, lo que lo hace aún más conveniente.

2.1.23 Calidad del hormigón

Para garantizar un control meticuloso y estructurado de un producto que alcance altos niveles de calidad, es necesario establecer diversas pruebas y ensayos que aseguren la totalidad de la cadena de suministro del concreto. En este sentido, se debe iniciar con la supervisión de las materias primas, el proceso de producción, el producto terminado y su entrega final. Esto permite que tanto los productos como los servicios, así como los procesos vinculados, cumplan con los requisitos establecidos por las especificaciones del proyecto y las normativas técnicas (Castro Izurieta y Párraga Pérez, 2024).

El aseguramiento de la calidad requiere de una comunicación precisa y eficiente, tanto a nivel interno como externo. Mantener una comunicación robusta ayuda a evitar malentendidos y expectativas insatisfechas, lo que disminuye el número de reclamaciones. Además, la recopilación de comentarios por parte del cliente es un componente fundamental en el control de calidad (Castro Izurieta y Párraga Pérez, 2024).

2.1.24 Fibras metálicas y sus propiedades

Hoy en día, el acero se define como una aleación compuesta de hierro y carbono, a la cual se le puede añadir elementos como zinc, manganeso, vanadio, cromo, aluminio, níquel y wolframio, dependiendo de su uso específico. Sus características más destacadas son:

- **Ductilidad del acero:** La ductilidad del acero se refiere a su capacidad para deformarse bajo tensión sin romperse, lo que permite redistribuir los esfuerzos a lo largo de una estructura. Esta propiedad es crucial en la construcción porque permite que las estructuras soporten cargas adicionales sin fallar, lo que a su vez mejora la seguridad y la durabilidad de las edificaciones.
- **Redistribución de esfuerzos:** Gracias a su ductilidad el acero puede redistribuir los esfuerzos de manera uniforme, lo que reduce la concentración de tensión en puntos específicos y disminuye el riesgo de fracturas. Esto permite utilizar menos material para lograr la misma resistencia lo que puede traducirse en estructuras más delgadas y ligeras.
- **Capacidad de carga:** Al redistribuir los esfuerzos el acero aumenta la capacidad de carga de una estructura. Estos significan que se pueden soportar mayores pesos sin comprometer la integridad de la construcción lo que es particularmente importante en edificios altos y puentes.
- **Espesor del concreto:** La ductilidad del acero permite reducir el espesor necesario del concreto en las estructuras reforzadas, lo que puede resultar en ahorros significativa en materiales y costos. Además, estructuras más delgadas pueden ofrecer un mejor rendimiento estético funcional.

2.1.25 Procedimiento para prueba ASTM-C-1018-4

La prueba ASTM-C-1018-4 es un método estándar utilizado para medir la tenacidad y ductilidad del concreto reforzado con fibras (Carmona Malatesta et al., 2009).

Esta prueba se centra en evaluar cómo se comporta el concreto bajo condiciones de carga que simulan situaciones reales de uso.

- **Procedimiento de la prueba:** Se utiliza una viga de concreto reforzado con fibra de acero, la cual se somete a un ensayo de flexión con tres puntos de carga. Esta configuración permite aplicar esfuerzos de manera controlada y uniforme sobre la muestra.
- **Evaluación de la absorción de energía:** La prueba mide la cantidad de energía que la viga puede absorber antes de romperse. Esta energía se refleja en la capacidad del material para resistir deformaciones y cargas adicionales y cargas adicionales. Se analiza la curva de carga-deflexión, que muestra como el material se deforma bajo la carga aplicada.
- **Zona del módulo de ruptura:** La prueba se enfoca en la zona del módulo de ruptura, que es el área donde se espera que ocurran las principales deformaciones y fisuras. Al evaluar cómo se comportan las fibras en esta zona, se obtiene una idea clara de la tenacidad del concreto reforzado.

2.1.26 Resistencia a la fatiga

El concreto reforzado con fibras de acero presenta una resistencia significativamente mayor a las cargas repetitivas en comparación con el concreto convencional, siendo capaz de soportar entre 1.2 y 2 veces as ciclos de carga. Esto se atribuye la capacidad de las fibras de acero para redistribuir los esfuerzos dentro de la matriz del concreto, lo que incremente la durabilidad y longevidad de las estructuras.

- **Redistribución de esfuerzos:** Las fibras de acero actúan como pequeños refuerzos que distribuyen los esfuerzos de manera más uniforme al largo del

concreto evitando concentraciones de estrés que podrían provocar fisuras o fallas prematuras

- **Punteo de fisuras:** Al incorporarse al concreto, las fibras de acero ayudan a “puntear” las fisuras, manteniendo la integridad estructural incluso cuando aparecen pequeñas grietas. Estos son cruciales para mejorar la resistencia a la fatiga, a que las grietas tienden a propagarse bajo cargas cíclicas.
- **Incremento en la absorción de energía:** La presencia de fibras de acero aumenta la capacidad del concreto para absorber energía durante la aplicación de cargas repetitivas, reduciendo la probabilidad de fallos catastróficos.
- **Resistencia al cortante:** Esta característica elimina la necesidad de utilizar dispositivos de transferencia de carga en los pavimentos, ya que las fibras de acero manejan la transferencia en las juntas de contracción, lo cual es crucial en construcciones donde circulan vehículos pesado.
- **Resistencia al impacto:** El concreto reforzado con acero puede soportar impactos de 15 a 100 veces más que el concreto simple, lo que representa una mejora significativa en esta propiedad.

2.1.27 Aplicaciones y beneficios de la fibra de acero en la construcción

El uso de la fibra de acero en la construcción no solo mejora la resistencia y la durabilidad de las estructuras, sino que también permite optimizar el diseño y reducir costos. Su capacidad para soportar cargas repetitivas y resistir impactos y cortantes lo hace ideal para una variedad de aplicaciones, desde pavimentos en zonas industriales hasta estructuras de edificios y puentes.

Además la inclusión de diferentes elementos en la aleación permite ajustar sus propiedades según la necesidad específicas de cada proyecto, ofreciendo soluciones personalizadas y eficientes para la construcción moderna

Figura 11
Fibra de acero



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

2.1.28 Resistencia de la fibra metálica en el hormigón

El uso de fibras metálicas en el concreto con una resistencia de 280kg/cm^2 resulta una mejora significativa de sus propiedades, ya que estas fibras permiten al concreto soportar mejores esfuerzos de compresión y flexo tracción. La interacción de las fibras metálicas dentro del concreto actúa como un mecanismo que mejora la estructura general, demostrando que su incorporación influye positivamente en las cualidades mecánicas del material (Castillo Pinedo y Hidalgo Ríos, 2021).

A los 28 días de edad, el concreto reforzado con fibras metálicas mostro una resistencia a la compresión mucho mayor a lo esperado, superando los 350kg/cm^2 y alcanzando aproximadamente 450kg/cm^2 . Además, los ensayos iniciales de flexo tracción realizados a los 7 días revelaron que la adición de diferentes dosis de fibras metálicas en la mezcla resulto en un incremento notable de la resistencia, dependiendo de la cantidad de fibra utilizada (Castillo Pinedo y Hidalgo Ríos, 2021).

Figura 12
Resistencia de la fibra metálica en el hormigón



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

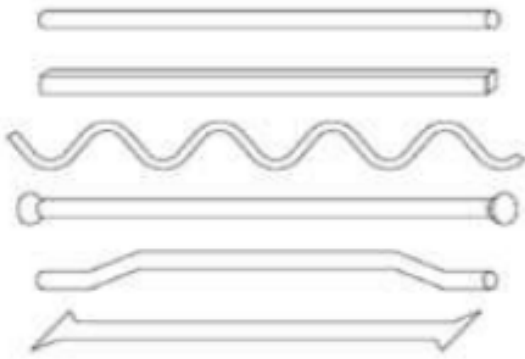
2.1.29 Forma y sección de la Fibra de Acero

Las fibras metálicas pueden tener diversas configuraciones axiales, como planas, onduladas, con anclajes a los extremos, ganchos tipo omega, puntas achatadas, entre otras. La forma geométrica de las fibras influye considerablemente en su capacidad de adherencia con la matriz de hormigón. Por esta razón, las fibras rectas y lisas han sido reemplazadas por aquellas con superficies ásperas deformada, y por fibras con extremos con forma de ganchos, rizada u onduladas a lo largo de su eje longitudinal (Silva Tipantasig, 2014).

Estas innovaciones en las formas de las fibras no solo mejoran la adherencia, sino que también aumentan la resistencia a la tracción y reducen la posibilidad de fisuración en el hormigón. Además, las fibras con estas características son más eficaces en la distribución de tensiones y en la absorción de energía, lo que incrementa la durabilidad y el rendimiento del hormigón en aplicaciones exigentes como pavimentos, estructuras sometidas a cargas dinámicas y obras de infraestructura que requieren alta resistencia y longevidad (Silva Tipantasig, 2014).

Figura 13

Diferentes formas de fibras metálicas



Fuente: Silva Tipantasig (2014)

2.1.30 Hormigones reforzados con fibras de acero HRFA

Incorporar fibras de acero en el hormigón altera su estructura interna, aumentando su resistencia a las tensiones y flexiones y disminuyendo la aparición de fisuras. Esta técnica ha ganado popularidad en edificaciones industriales modernas debido a los beneficios adicionales que ofrece este refuerzo (Becosan, 2020).

- ¿Qué es el hormigón reforzado con fibra de acero?

A diferencia del hormigón armado tradicional, donde el hormigón se vierte sobre barras de acero, en el hormigón reforzado con fibra de acero se añade a la mezcla hebras cortas de acero, generalmente de 4 o 5 cm de longitud, en proporciones que varían entre 25 y 100 kg por metro cubico de hormigón, dependiendo del nivel de refuerzo requerido. Esta mezcla se vierte directamente en el sitio de construcción.

Las fibras de acero son refuerzos metálicos isotrópicos y discontinuos, con una sección transversal pequeña, similares a filamentos con extremos planos o conformados. En muchos casos, estas fibras se reciclan de otro uso industrial, siendo una fuente común los neumáticos de chatarra de automóviles y camiones.

2.1.31 Desafío del hormigón reforzado con fibra de metal

Uno de los desafíos del SFRC es la posibilidad de que algunas fibras sobresalgan a través de la superficie del hormigón. Para los suelos de hormigón una solución es aplicar un tratamiento de “Sacudida en seco” durante el curado que consiste en una mezcla granular de cemento agregado molido pigmento y endurecedor de superficie extendida sobre la superficie de hormigón nuevo y luego alisada a presión para producir una superficie lisa (Becosan, 2020).

2.1.32 Ventajas y Desventajas del hormigón reforzado con fibra de acero

Ventajas

- **Reducción de espesor:** Los suelos pueden ser hasta 50% más delgados que los convencionales resultando en una reducción significativa de costos.
- **Comportamiento mecánico uniforme:** La distribución homogénea de las fibras metálicas proporciona un comportamiento mecánico igual en todas las direcciones.
- **Mayor resistencia:** Aumenta la resistencia a la abrasión, la erosión, compresión, tracción, flexión y corte, mejorando la durabilidad de los pavimentos.

- **Incremento de tenacidad y ductilidad:** Mejora las propiedades del hormigón tradicional, haciéndolo más resistente a impactos, explosiones y cargas dinámicas y cíclicas.
- **Compatibilidad con mallazo:** Puede combinarse con mallazo para crear un sistema estructural aún más resistente.
- **Ahorro de materiales:** Permite construir estructuras con espesores reducido y ligero.
- **Pavimento sin juntas:** Facilita la construcción de pavimentos sin juntas de hasta 2500 m², los cuales son más fáciles de mantener y limpiar.

Desventajas

- **Aparición de fibras en la superficie:** Las fibras de acero pueden sobresalir y afectar a la estética de la estructura.
- **Problemas de mezclado:** Un mezclado irregular puede llevar a la formación de “erizo” o nudos entre fibras, disminuyendo las propiedades isotrópicas del material.
- **Docilidad reducida:** El uso de fibra de acero puede disminuir la docilidad del hormigón.
- **Necesidad de precisión:** Es crucial determinar con precisión la cantidad tipo y longitud de fibra a utilizar.

2.1.33 Aplicaciones del hormigón con fibras de acero

El hormigón reforzado con fibras de acero se utiliza en una amplia gama de aplicaciones debido a sus beneficios estructurales y de durabilidad.

Entre sus usos más destacados se encuentran:

- Elementos prefabricados
- Revestimientos de túneles

- Pavimentación industrial, militar y comercial
- Hormigón proyectado
- Hormigón de alta resistencia
- Hormigón ligero

En el sector industrial este tipo de hormigón es especialmente valioso para la pavimentación logística y de almacenes, permitiendo usar espesores reducidos en grandes áreas sin juntas y soportando tensiones y abrasión causada por carga estáticas y dinámicas.

Tabla 2

Volumen del agregado grueso por unidad de concreto

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE CONCRETO + VAG					
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO		MÓDULO DE FINURAS			
		2,48	2,60	2,80	3,00
PULGADAS	mm				
3/8	9,80	0,55	0,44	0,42	0,40
1/2	12,70	0,65	0,53	0,51	0,49
3/4	19,00	0,70	0,63	0,61	0,59
1"	25,40	0,76	0,68	0,66	0,64
1 1/2"	38,10	0,79	0,74	0,72	0,78
2"	58,80	0,84	0,77	0,75	0,73
3"	76,20	0,84	0,82	0,80	0,78
6"	152,40	0,90	0,88	0,86	84,00

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

2.1.34 Los Agregados

Se define como agregados los materiales granulares de origen pétreo, que constituyen entre el 60% y el 80%, del volumen total del concreto, los que se mezclan con un medio cementante como la pasta de cemento, para formar concreto. Los agregados deben cumplir ciertas normas para obtener concretos de calidad: las partículas deben ser duraderas, limpias, resistentes y libres del producto químicos absorbidos.

- **Clasificación por modo de fragmentación:**

En la forma que ocurre el proceso de fragmentación de la grava y la arena, ya sea a base o trituración, por la explotación de una mina, o bien por el dragado y cribado del lecho de un río, los materiales se clasifican en:

Natural: Es el proceso de Fragmentación ocurre en procesos naturales como la erosión.

Manufacturado: Cuando en la fragmentación del material intervienen procesos artificiales como la trituración o por medio de quebradoras.

Mixto: Cuando intervienen ambos procesos, el natural y el manufacturado.

- **Clasificación por peso específico**

El peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua. Esto nos sirve porque se usa en algunos cálculos para el control de la mezcla. La clasificación que resulta de esta la mostramos a continuación:

- Ligero: Menos de 1.800 Kg/m³
- Normal: Entre 2.200 – 2.400 Kg/m³
- Pesado: Pesa más de 3.200 Kg/m³

- **Clasificación por tamaño de partícula**

Es necesario realizar esta división de los materiales debido a la condición mínima del concreto normal de dividir a los agregados en dos grupos, cuya frontera nominal es 4.75mm (MALLA No. 4 ASTM). Obteniendo por resultado lo siguiente:

2.1.35 El Agregado Fino

El agregado Fino o arena se define como: Las partículas de agregado menores a 4.75mm pero mayores a 75micrones, o también como la porción de material que pasa por la malla No.4 (4.75mm) y es retenido en la malla No. 200(0.075mm).

Figura 14
Agregado fino



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

2.1.36 Cono de Abrams

El cono de abrams es un instrumento de metal de 30 cm de altura que se utiliza para realizar ensayos de hormigón en su estado fresco, nos sirve para medir su consistencia. Este ensayo consiste en rellenarlo con la mezcla de hormigón dividida en 3 capas, con 25 golpes en cada capa luego retiramos el Cono y podemos ver el revenimiento del Hormigón, nos permite cuantificar la consistencia del hormigón. Tal como las consistencias que se pueden obtener mediante el cono de abrams se clasifica en:

- Consistencia Blanda entre 6cm a 9cm
- Consistencia fluida entre 10cm y 15cm
- Consistencia Liquida mayores a 16cm
- Consistencia Seca entre 0 a 2cm

Figura 15
Cono de Abrams



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

2.1.37 Propiedades del hormigón en estado fresco

- **Trabajabilidad**

Se considera trabajabilidad del concreto en estado fresco “Es la aptitud que presenta el hormigón para su puesta en obra”. La trabajabilidad es el comportamiento que nos presenta el hormigón, en el que depende la cantidad de agua de amasado, a mayor agua mantiene mayor docilidad del mismo modo sucede con la granulometría, a mayor cantidad de arena, mayor docilidad.

- **Segregación**

La segregación hace referencia a la pérdida de homogeneidad que se da por la segregación de algún o algunos componentes una vez realizados el amasado. Cuando el hormigón tiene una buena segregación, nos indica que los áridos están uniformemente distribuidos, tanto en dirección vertical como en horizontal. Caso contrario, el hormigón puede presentar superficies mal acabadas, con fisuras, agujeros y afecta negativamente a la durabilidad y a la resistencia de un elemento (Cabrera Berrezueta y Peñafiel Celi, 2023).

- **Fraguado**

Es el resultado de las reacciones químicas que ocurren durante la mezcla de los elementos que lo componen, lo que hace que el hormigón se endurezca y pierda su plasticidad para darle un cierto grado de resistencia a medida que sigue este proceso de fraguado (Cabrera Berrezueta y Peñafiel Celi, 2023).

2.1.38 Hormigón en estado endurecido

El Estado del hormigón endurecido transcurrido los 28 días, la resistencia a compresión es la propiedad mecánica más importante que se le suele exigir. La resistencia a tracción es aproximadamente una décima parte de la resistencia a compresión y para aumentar la resistencia se arma el hormigón (Félix J., 2018).

Las propiedades del hormigón endurecido son:

- Deformabilidad
- Permeabilidad
- Peso específico
- Compacidad
- Adherencia
- Durabilidad

2.1.39 Tamaño de las partículas y finura

El cemento Portland está constituido por partículas individuales y angulares de diversos tamaños, obtenidas mediante la molienda del clínker. Alrededor del 95% de estas partículas tienen un diámetro inferior a 45 micrómetros, con un tamaño promedio de 15 micrómetros. La distribución del tamaño de estas partículas se conoce como "finura". Esta característica afecta la cantidad de calor liberado y la rapidez de la hidratación. Un aumento en la finura, es decir, partículas más pequeñas, eleva la velocidad de hidratación del cemento, acelerando así el desarrollo de su resistencia. Los efectos de una mayor finura sobre la resistencia de las mezclas de cemento son particularmente notables durante los primeros siete días (Cáder Valencia y Olivia Salazar, 2019).

- **Endurecimiento Prematuro (Falso Fraguado y Fraguado Rápido)**

El endurecimiento prematuro se refiere al rápido incremento de rigidez en las características de trabajabilidad o plasticidad de la pasta, mortero o concreto de cemento. Este fenómeno incluye tanto el falso fraguado como el fraguado rápido. El falso fraguado se manifiesta mediante una notable pérdida de plasticidad inmediatamente después del mezclado, sin una liberación significativa de calor. Desde el punto de vista de la colocación y manejo, el falso fraguado no debería presentar problemas si se extiende el tiempo de mezclado más allá del habitual o si se remezcla el concreto sin añadir agua adicional antes del transporte y la colocación.

Este fenómeno ocurre cuando una cantidad considerable de sulfatos se deshidrata en el molino de cemento, produciendo yeso. El endurecimiento prematuro es causado por la rápida formación de cristales en forma de aguja con el yeso secundario. El mezclado adicional sin agua adicional desintegra estos cristales y restaura la trabajabilidad. La formación de etringita también puede contribuir al falso fraguado. Por otro lado, el fraguado rápido se caracteriza por una pérdida acelerada de trabajabilidad en la pasta, mortero o concreto a edades tempranas.

- **Calor de Hidratación**

El calor de hidratación es el calor liberado por la reacción química entre el cemento y el agua. La cantidad de calor generada depende principalmente de la composición química del cemento, siendo el C3A y el C3S los compuestos más influyentes en la generación de calor. Otros factores que afectan la producción de calor incluyen la relación agua-cemento, la finura del cemento y la temperatura de curado. Un aumento en la finura del cemento, en el contenido de cemento o en la temperatura de curado tiende a incrementar el calor de hidratación. Aunque el cemento Portland puede liberar calor durante un período prolongado, la mayor tasa de generación de calor ocurre en las primeras etapas. En los primeros tres días se libera una cantidad significativa de calor, siendo la tasa más alta de liberación generalmente durante las primeras 24 horas.

Para la mayoría de los elementos de concreto, como las losas, el calor generado no es una preocupación ya que se dispersa rápidamente en el entorno. No obstante, en estructuras de gran volumen con espesores superiores a un metro, la

tasa y cantidad de calor generado son factores críticos. Si el calor no se disipa de manera adecuada, puede provocar un aumento significativo en la temperatura del concreto, lo que puede inducir esfuerzos de tracción no deseados debido al enfriamiento desigual del concreto después del endurecimiento a altas temperaturas.

2.1.40 Cementos Hidráulicos (ASTM C-1157)

En la década de 1990, se desarrolló la norma ASTM C-1157, que establece especificaciones de desempeño para cementos hidráulicos, incluyendo cemento Portland y cemento Portland modificado. Esta norma se enfoca en cumplir con los requisitos de desempeño físico en lugar de imponer restricciones sobre los ingredientes o la composición química del cemento, como es común en otras especificaciones. La ASTM C-1157 define un cemento con adición como aquel que contiene más del 15% de material mineral adicional, mientras que un cemento Portland modificado contiene hasta un 15% de adiciones minerales. Estas adiciones suelen indicarse al final de la denominación del cemento, por ejemplo, cemento Portland modificado con escoria. La norma también permite especificar una gama de resistencias a partir de una tabla; si no se especifica, solo se aplican las resistencias mínimas (Cáder Valencia y Olivia Salazar, 2019).

La ASTM C-1157 clasifica los cementos en varias categorías:

- **Tipo GU:** Cemento de uso general, adecuado para una amplia gama de aplicaciones donde no se requieren propiedades especiales. Se utiliza en pavimentos, pisos, edificios de concreto armado, puentes, tuberías y productos de concreto prefabricado, similar al cemento Tipo I.
- **Tipo HE:** Cemento de alta resistencia inicial, que alcanza altas resistencias en menos de una semana. Se utiliza de manera similar al cemento Portland Tipo III.
- **Tipo MS:** Cemento moderadamente resistente a sulfatos, utilizado en estructuras de drenaje y otras aplicaciones donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterránea son moderadas. Similar al cemento Portland Tipo II, requiere una baja relación agua/materiales cementantes para asegurar la resistencia a los sulfatos.

- **Tipo HS:** Cemento altamente resistente a sulfatos, adecuado para concreto expuesto a condiciones severas de sulfatos, como suelos o aguas subterráneas con altas concentraciones de sulfatos. Se usa de manera similar al cemento Portland Tipo V.
- **Tipo MH:** Cemento de calor moderado de hidratación, necesario donde se deba controlar el aumento de temperatura en el concreto. Se utiliza como el cemento Portland de calor moderado Tipo IV.
- **Tipo LH:** Cemento de bajo calor de hidratación, que minimiza la tasa y la cantidad de calor generado durante la hidratación. Este cemento desarrolla resistencia a un ritmo más lento y es adecuado para estructuras de concreto masivo donde se necesita controlar el aumento de temperatura. Se utiliza de manera similar al cemento Portland Tipo IV.

Al especificar un cemento según la norma C-1157, se utiliza la nomenclatura de "cemento hidráulico", "cemento Portland", "cemento Portland con aire incluido", "cemento Portland modificado" o "cemento hidráulico mezclado" junto con la designación del tipo. Por ejemplo, una especificación puede ser para un cemento hidráulico Tipo GU, un cemento hidráulico mezclado Tipo MS o un cemento Portland Tipo HS. Si no se especifica el tipo, se asume el Tipo GU.

2.1.41 Composición del uso del hormigón

Las condiciones que se determinen según la necesidad del proyecto permitirán que el hormigón tenga la resistencia y la trabajabilidad adecuadas durante la construcción y que estas propiedades se conserven a lo largo del tiempo (Chryso, 2020).

- Por dosis

Se toma en cuenta la cantidad de cada componente al hacer mezcla, este método se usa solo para hormigones especiales de limpieza, no estructurales y de alto rendimiento.

- Por propiedades

Lo más común es utilizar el producto que preparan y venden las empresas de hormigón. En otras palabras, se refiere a aquellos que producen y suministran el hormigón, determinando su preparación según la necesidad específica.

El hormigón reforzado con fibras es un material en el que las fibras mejoran las propiedades de la mezcla, especialmente en términos de tracción y resistencia a la fractura. La adición de fibras sigue un enfoque similar al uso de barras de acero en el hormigón, ya que ambas refuerzan el elemento estructural contra las tensiones. Las fibras utilizadas pueden ser de diversos materiales, siendo las de acero las más comunes debido a su alta resistencia. Sin embargo, presentan desventajas como la corrosión interna y el agrietamiento del material debido a la expansión térmica, lo que reduce la adherencia entre el acero y el hormigón (De la Rosa et al., 2024).

Este estudio examina el comportamiento del hormigón reforzado con fibras, que ofrecen ventajas significativas frente a las fibras de acero. Debido a su menor densidad, permiten la construcción de estructuras de hormigón más ligeras y económicas, ya que se necesita una menor cantidad de fibras en comparación con los refuerzos de acero (De la Rosa et al., 2024).

2.1.42 Hormigón prefabricado ligero

Este producto permite una perfecta adaptación al proceso industrial, proporcionando mejores acabados en las piezas fabricadas y puede utilizarse con la amplia gama de aditivos. Este tipo de hormigón facilita un manejo rápido y sencillo en la obra, proporciona resistencia temprana y requiere un bajo uso de agua.

2.1.43 Hormigón prefabricado pesado

El hormigón prefabricado pesado, es conocido como hormigón armado se vierte y ensambla en el lugar de la construcción. Algunos de estos hormigones se encuentran en formas y dimensiones estándar y se utilizan tabloneros.

Este tipo de hormigón es adecuado para cualquier tipo de obra, siempre y cuando cumpla con las leyes de la estática, la resistencia y rigidez de los materiales, y las limitaciones del encofrado, transporte, manejo y construcción.

2.1.44 Aplicación con fibra metálica

- **Colocación y Compactación:** Verter y compactar el hormigón con fibra metálica de manera adecuada para evitar segregaciones.
- **Curado:** Asegurar un proceso de curado adecuado para desarrollar las propiedades deseadas del hormigón.

2.1.45 Ventajas del Hormigón con Fibra Metálica

- **Mejora en la Resistencia a la Tracción:** Aumenta la capacidad del hormigón para soportar tensiones.
- **Mayor Durabilidad:** Resistente a la fractura, impactos y abrasión.
- **Reducción de Grietas:** Las fibras ayudan a controlar la formación y propagación de grietas.

2.1.46 Curado del hormigón

Es importante analizar el impacto térmico que tiene la inclusión de un aditivo acelerador de fraguado en una mezcla de hormigón, observando la curva térmica resultante y comparándola con la del hormigón sin aditivo. También se evaluará la influencia de las condiciones ambientales en estos procesos. La sensorización se llevará a cabo con la colaboración de Cosmos Engineering, que proporcionará los dispositivos para captar la temperatura interna del hormigón y el sistema de transmisión de datos necesario. El ensayo se realizará siguiendo las normativas americanas ACI 225.1 R y ASTM C 1074-98, que especifican la práctica para determinar la resistencia del hormigón mediante el Método de la Madurez y sus ecuaciones correspondientes para el tratamiento de datos y la generación de las curvas mencionadas (García y Hernando, 2023).

El curado del hormigón constituye una fase crítica dentro del proceso constructivo, la cual a menudo es subestimada. Profundizar en los diversos aspectos de este procedimiento revelará su importancia esencial, indispensable para la elaboración de estructuras de concreto que exhiban una resistencia y durabilidad excepcionales.

Antes de abordar otros aspectos esenciales del curado del hormigón, es crucial distinguirlo del proceso de fraguado, dos conceptos que frecuentemente causan confusión debido a su complejidad.

El fraguado es el proceso mediante el cual la mezcla de hormigón pierde su plasticidad y viscosidad debido a la reacción química entre el agua y los óxidos metálicos del cemento. En otras palabras, es cuando la mezcla se seca y se solidifica, alcanzando así una considerable resistencia mecánica. La duración del fraguado es objeto de debate: algunos expertos estiman que varía entre 24 y 48 horas, mientras que otros sugieren que puede ser de hasta 12 horas, e incluso hay quienes argumentan que el fraguado completo puede extenderse hasta 28 días, coincidiendo con el tiempo necesario para que el hormigón adquiera su resistencia máxima (García y Hernando, 2023).

Sin embargo, el tiempo requerido para el fraguado puede verse afectado por las condiciones ambientales y los materiales utilizados en la construcción. Adicionalmente, ciertos aditivos pueden modificar este período.

La principal distinción entre el fraguado y el curado del hormigón radica en que el fraguado ocurre de manera natural una vez que el hormigón ha sido vertido, representando el endurecimiento del material, mientras que el curado es un proceso deliberado que debemos implementar para asegurar que el hormigón mantenga una hidratación adecuada durante su formación.

Aún persisten cuestiones fundamentales sobre el curado del hormigón, como su importancia y los métodos apropiados para realizarlo, temas que exploraremos en detalle a continuación, y que resaltarán aún más las diferencias con el fraguado.

2.1.47 Importancia de llevar a cabo el curado del hormigón

La implementación del curado del hormigón resulta esencial para alcanzar la resistencia proyectada del concreto desde su diseño inicial. Específicamente, este procedimiento es crucial por las siguientes razones:

- Previene la formación prematura de fisuras en la superficie de las estructuras de hormigón, una zona particularmente vulnerable debido a la pérdida de agua.

- Proporciona una resistencia estructural superior a los componentes de la construcción fabricados con este material.
- Garantiza la calidad y la estabilidad duradera de las edificaciones construidas con concreto.

2.1.48 Métodos del Curado

El curado implica mantener condiciones óptimas de humedad y temperatura en el hormigón recién vertido para asegurar el desarrollo adecuado de sus propiedades. En otras palabras, se debe llevar a cabo un curado eficaz para que características como la resistencia y la durabilidad se manifiesten plenamente. Existen diversos procedimientos, métodos y materiales para el curado del hormigón, todos con el objetivo de preservar la humedad y la temperatura necesarias para obtener las propiedades deseadas. La eficiencia del método de curado aumenta con la cantidad de humedad que se retiene (Ruiz Párraga et al., 2022).

De acuerdo con la NEC-SE-HM y el ACI 308-92, se identifican dos sistemas principales para conservar la humedad y la temperatura del hormigón. El primero es el curado con agua, que implica la aplicación continua de agua mediante anegamiento, aspersión, o el uso de materiales saturados como mantas de yute o algodón, alfombras y aserrín. El segundo sistema emplea materiales selladores para evitar la pérdida excesiva de agua en la superficie del hormigón, utilizando elementos como láminas plásticas, papeles impermeables o compuestos de curado que forman una membrana protectora (Ruiz Párraga et al., 2022).

2.1.49 Beneficios de la fibra

El refuerzo del concreto de manera multidireccional permite una distribución uniforme de material, lo que mejora las propiedades mecánicas del concreto y ayuda a controlar la formación de grietas. Además, este tipo de refuerzo incrementa la resistencia al impacto, actuando como un sustituto efectivo de la protección convencional con fibras de metálica.

La aplicación y almacenamiento de este refuerzo son sencillos, lo que contribuye a la reducción de costos operativos y de mano de obra. Asimismo, permite

optimizar los tiempos de ejecución de los proyectos, generando beneficios significativos en términos de eficiencia y economía.

2.1.50 Fibra Metálica Dramix 3D

- **Características**

Tabla 3

Propiedades del Material (fibra metálica Dramix 3D)

Resistencia Nominal a la Tracción:	1.160 (N/mm ²)
Módulo de Young	200.000 (N/mm ²)
Deformación máxima en tracción	0.8%

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- **Geometría**

Figura 16

Gama de Fibras 3D



Fuente: Dramix (2022)

- **Longitud (l)**

Figura 17

Longitud de 60 mm



Fuente: Dramix (2022)

- **Diámetro (d)**

Figura 18

Diámetro de 0.9mm

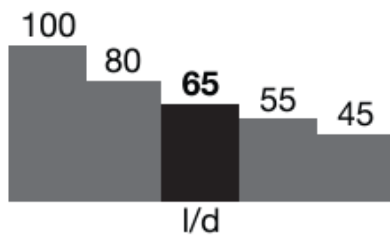


Fuente: Dramix (2022)

- **Ratio de esbeltez (l/d)**

Figura 19

Ratio de esbeltez de 65



Fuente: Dramix (2022)

- **Mínima Dosificación según EN 14889-1**

15 Kg/m³

- **Red de Fibras**

2.999 m/m³ por 15 Kg/m³

3.257 fibras/kg

2.1.51 Comportamiento del concreto con fibras metálica

El concreto con fibra metálica es un tipo de concreto en el que se dispersan diversas fibras en una matriz frágil para mejorar la absorción de energía y controlar la formación de grietas. Esto permite prolongar la vida útil de la estructura, especialmente en aquellas sometida a efectos dinámicos (León Gamarra, 2022).

Las fibras actúan interceptando las grietas y evitando su propagación. Si están presentes en calidad suficiente y distribuidas uniformemente, las fibras prevendrán la unión de micro fisuras, lo que incrementará la resistencia aparente de la matriz del concreto (León Gamarra, 2022).

2.1.52 Tipo de fibras

2.1.52.1 Fibras de Acero

Las fibras de acero son frecuentemente empleadas en el hormigón debido a su notable resistencia y capacidad para mejorar las características mecánicas del material. Estas fibras, usualmente compuestas de acero al carbono, se incorporan en la mezcla de concreto para proporcionar mayor resistencia a la tracción y mejorar la ductilidad. La adición de fibras de acero ayuda a controlar la aparición de grietas y a distribuir mejor las cargas, resultando en una mayor durabilidad y resistencia a impactos. Además, estas fibras mejoran la absorción de energía, lo que es especialmente útil en aplicaciones donde se espera que el hormigón soporte cargas dinámicas (Fibratop, 2024).

Nuestras fibras de acero optimizan las propiedades mecánicas del hormigón impreso, mejorando su ductilidad, durabilidad y resistencia a la fatiga. Estas fibras previenen la formación de fisuras y grietas, aumentando significativamente las prestaciones del hormigón y dotando al pavimento de mayor tenacidad.

Son un accesorio esencial para el hormigón, cuya ausencia podría conducir a la aparición de fisuras con el tiempo. Por ello, recomendamos su uso. Las fibras de acero se adhieren excelentemente, incrementan la dureza del hormigón y mejoran sus resistencias mecánicas.

2.1.52.2 Fibras de Polipropileno

Las fibras de polipropileno, siendo sintéticas, se utilizan en el hormigón para mejorar su resistencia a la fisuración por retracción y aumentar su durabilidad. Estas fibras plásticas se distribuyen uniformemente en la mezcla de concreto, actuando como puentes entre las microfisuras que pueden surgir durante el secado y endurecimiento del material. Esto ayuda a reducir la permeabilidad y a mejorar la

integridad estructural del hormigón. Además, las fibras de polipropileno son resistentes a los productos químicos y a la corrosión, haciéndolas ideales para aplicaciones en ambientes agresivos o expuestos a sustancias químicas (Fibratop, 2024).

Aplicación de fibra de polipropileno:

- Túneles
- Puentes
- Carreteras
- Cimentaciones
- Muros de contención
- Pavimentos hormigon
- Elementos prefabricados

Ventajas:

- Capacidad para resistir la formación de fisuras
- Resistencia a la flexotracción
- Resistencia a impactos
- Resistencia a la abrasión

2.1.52.3 Fibras de Vidrio

Las fibras de vidrio se emplean en el hormigón para aumentar su resistencia a la tracción y mejorar su durabilidad. Estas fibras son resistentes a la corrosión y presentan una alta relación resistencia-peso, lo que las convierte en una opción atractiva para aplicaciones que requieren un material ligero pero fuerte. Las fibras de vidrio también ayudan a reducir la propagación de grietas y a mejorar la resistencia al

impacto del hormigón. Además, siendo no conductivas, son ideales para aplicaciones en las que se debe evitar la conductividad eléctrica (Fibratop, 2024).

Propiedades:

- Resistencia a fisuración
- Resistencia abrasión
- Resistencia impacto

2.1.52.4 Fibras de Carbono

Las fibras de carbono son reconocidas por su excepcional resistencia a la tracción y su capacidad para mejorar significativamente las propiedades mecánicas del hormigón. Aunque son más costosas que otras fibras, su alta resistencia y baja densidad las hacen ideales para aplicaciones estructurales exigentes. Las fibras de carbono proporcionan excelente resistencia al desgaste y a la fatiga, además de ser resistentes a la corrosión y a altas temperaturas. Estas características hacen que el hormigón reforzado con fibras de carbono sea adecuado para estructuras sometidas a cargas extremas y condiciones ambientales adversas (Fibratop, 2024).

2.1.52.5 Fibras de Basalto

Las fibras de basalto, una opción relativamente nueva pero prometedora para el refuerzo del hormigón, provienen de la roca volcánica. Estas fibras ofrecen una combinación de alta resistencia, estabilidad térmica y resistencia a la corrosión. Mejoran la resistencia a la tracción y a la compresión del hormigón, además de incrementar su durabilidad frente a ataques químicos y condiciones ambientales agresivas. Debido a su origen natural y a un proceso de fabricación menos intensivo en energía, las fibras de basalto también se consideran una opción más sostenible en comparación con otras fibras sintéticas o metálicas (Fibratop, 2024).

2.1.52.6 Fibras Naturales

Las fibras naturales, como las de coco, yute o sisal, están ganando popularidad en el refuerzo del hormigón debido a su sostenibilidad y disponibilidad. Estas fibras

vegetales son biodegradables y pueden ser una opción más económica en regiones donde estos recursos son abundantes. Mejoran la resistencia a la tracción y la tenacidad del hormigón, aunque generalmente no ofrecen el mismo nivel de rendimiento que las fibras sintéticas o metálicas. No obstante, su uso puede contribuir a una reducción en la huella de carbono del material y a promover prácticas de construcción más ecológicas (Fibratop, 2024).

Cada tipo de fibra presenta ventajas y aplicaciones específicas, y la selección de una u otra dependerá de los requisitos particulares del proyecto y de las condiciones a las que se someterá la estructura de hormigón.

2.2 Marco Legal:

Los materiales de construcción, serán evaluados y verificados por los organismos competentes, para que cumplan con los requisitos, conforme con el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN) y la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) que se encuentren vigentes. En el caso que el RTE INEN ó la NTE INEN no se encuentren actualizados, se remitirán a los requisitos dados en las normas ASTM vigentes.

2.2.1 Normativas para el Plan de construcción con material de fibras metálicas

- Las fibras dispersas de acero a ser utilizadas como refuerzo de hormigón deberán cumplir con la norma ASTM A820 y CE EN 14889-1. Normas de referencia: ASTM A820, ASTM C1609 y ACI 544.
- Acero de alta resistencia de baja aleación: ASTM A 242 M.
- Acero de alta resistencia de baja aleación de 345 MPa: ASTM A 588 M.
- Perfiles estructurales laminados en caliente: ASTM A 992 M, RTE INEN 018 (sección de perfiles laminados en caliente) y NTE INEN 2215 y 2222.

2.2.2 Normativas utilizadas para los análisis granulométricos del acero

Entre las principales normativas que se tienen en cuenta para el análisis granulométrico de los materiales, según la INEN están las siguientes:

- NTE INEN 696 (ASTM C136): Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- NTE INEN 697 (ASTM C117): Determinación del material fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 μm «micrómetros» (No. 200) mediante lavado.
- NTE INEN 698 (ASTM C142): Determinación del contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables.
- NTE INEN 699 (ASTM C 123): Determinación de partículas livianas.
- NTE INEN 855 (ASTM C40): Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.
- NTE INEN 856 (ASTM C128): Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.

2.2.3 Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE- HA de las NECs

Las principales referencias normativas extranjeras a ser seguidas son:

- Código ACI-318, “Building Code Requirements for Structural Concrete” (Comité 318).
- Instituto Americano del Hormigón.
- Norma NSR-10, Reglamento colombiano de construcción sismo resistente, TÍTULO C - Hormigón estructural.
- Código ANSI/AWS D 1.4 de Soldadura Estructural para Acero de Refuerzo, Sociedad Americana de Soldadura.
- Código ACI 117: “Tolerancias para materiales y construcciones de hormigón”, Instituto Americano del Hormigón.
- Código ACI 301: “Specifications for Structural Concrete for Buildings”, Instituto Americano del Hormigón.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

Una vez establecidas la formulación del problema, planteado los objetivos, determinada la hipótesis y obtenidas las variables se sigue la respectiva línea de investigación para tener como conclusión, que el enfoque es mixto con la finalidad de recopilar, analizar e integrar tanto como investigación cualitativa y cuantitativa .

El enfoque que va a implementar es Mixto: Mi enfoque de esta investigación es diseñar un Hormigón de alta resistencia e implementarlo en una vía donde transitan vehículos de carga pesada y semipesado. En este enfoque podemos obtener resultados representados en porcentajes, gráficos y números, libros relacionados con el tema.

Se canalizo la investigación ya que se busca resolver mejoras en las vías de Hormigón convencional con Hormigón más resistentes para este tipo de vehículos de carga.

Por otra parte, se va a realizar ensayos en laboratorio con el tipo de cemento HE más fibra y Cemento GU con fibra, para poder analizar la resistencia a la compresión y tracción de ambos ensayos y determinar los beneficios y viabilidad de utilizar este tipo de fibras para dar mayor resistencia y larga vida útil en el ámbito constructivo. Desde el punto de vista técnico y económico, se espera analizar y demostrar las mejoras que podemos obtener entre cementos HE y uno convencional (GU).

En cuanto al impacto económico, se espera que la evaluación experimental, en comparación con otros cementos, proporcione información importante sobre los costos asociados a la producción y aplicación de la mezcla con fibra de metal.

3.2 Alcance de la investigación

El principal objetivo de este estudio es investigar el efecto de la introducción de fibras metálicas en hormigón de alta resistencia. Se realizará una revisión

exhaustiva de la literatura para evaluar estudios previos relacionados con el uso de fibras metálicas en el hormigón, centrándose en su impacto en la resistencia y durabilidad del material.

El método propuesto implicaría tomar muestras de concreto con diferentes concentraciones y realizar pruebas de laboratorio para determinar sus propiedades mecánicas, como resistencia a la compresión, flexión y resistencia al impacto. Se utilizarán métodos estadísticos para analizar los resultados y compararlos con muestras de hormigón convencionales.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

3.3.1 Recolección de datos

Para elaborar esta muestra, se debe especificar las dosificaciones adecuadas para poder obtener las cantidades óptimas de los materiales, para la dosificación vamos a detallar la información requerida de los ensayos y que cumplan con las normas establecidas.

- Granulometría:

La Granulometría se emplea para poder determinar el tamaño de los agregados que lo componen, mediante el tamizado de una muestra, por los tamices INEN 696.

Para el agregado grueso se utilizará tamices 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y #4. Se determinará el tamaño nominal máximo. Se recomienda que el módulo de finura debe estar entre 2,3 y 3,1 para su uso en concretos, si el módulo de finura disminuye el agregado es mucho más fino y por lo tanto la superficie aumenta.

- Densidad Del cemento:

La densidad del cemento hidráulico consiste en establecer la relación entre una masa de cemento y el volumen líquido desalojado en el picnómetro.

La densidad del cemento común, tipo portland: En estado suelto es de 1150 a 1140kg/m³ y el peso es de 3100 a 3200kg/m³.

3.3.2 Instrumentos

Los instrumentos o equipos que se podrán utilizar para el diseño de un hormigón con fibra metálica para pavimentos rígidos son:

- Probetas
- Termómetro
- Mezcladora
- Cono de Abrams
- Tamiz
- Balanza Digital
- Cilindros
- Horno
- Bandeja Metálica
- Flexómetro

Para el análisis de datos se usa programas ofimáticos como:

- **Microsoft Excel:** Nos permitirá hacer tablas de todos los ensayos que se realizó en el laboratorio y también nos dará los respectivos gráficos para dar resultados detallado. En el impacto económico, nos permitirá hacer cálculos para sacar un presupuesto comparativo entre el cemento tipo HE Y tipo GU.
- **Validez.** Es el nivel de confianza que se puede alcanzar para un nivel estadístico determinado basándose en una hipótesis.
- **Confiabilidad.** Es el nivel de confianza y seguridad que puedes aceptar con los resultados obtenidos por una investigación dado los procedimientos utilizados para dicha investigación (Vega, 2021).

3.3.1 Materiales

- Agregado Grueso
- Agregado Fino
- Cemento HE
- Cemento GU
- Superplastificante SIKA HE 200

- Fibras de Metal
- Agua

3.4 Población y muestra

3.4.1 Muestra

Este estudio se realizó a los moradores del sector Av. 25 de Julio a la altura del edificio Gubernamental de aduana, pertenecientes al cantón Guayaquil, quienes serán los beneficiados en la reparación de la vía de hormigón convencional por un hormigón de alta resistencia con fibra metálica.

Desde el 2005 por esta vía transitan constantemente vehículos pesados, con cargas de 10, 12, 18 y 25 toneladas. Por lo que se requiere una vía en buen estado ya que debido a su tránsito habitual el hormigón convencional ya no tiene su misma resistencia, por eso, se plantea diseñar un hormigón de mayor Resistencia.

3.4.2 Población

Para este diseño de hormigón de alta resistencia con adición de fibra metálica es de tipo infinito debido a que no existe un número límite para poder elaborar los cilindros de hormigón en el cual serán sometidos a ensayos de resistencia a la compresión, tracción, flexión.

La investigación busca evaluar el efecto de la fibra de metal en especímenes bajo resistencia a la compresión. El ensayo de resistencia a la compresión se determinó en 4 grupos, un grupo contiene fibra y cemento HE, otro grupo contiene cemento HE sin fibra, otro grupo con cemento GU con fibra, cemento GU sin fibra de metal. Se sometieron a prueba de compresión a los 3,7,14 y 28 días.

3.5 Obtención de los resultados

Para la obtención de los resultados del diseño de hormigón con fibra metálica fue necesario realizar ensayos de laboratorios detallados a continuación:

4.1.1 *Materiales a Utilizar*

En esta fase se coordinó con el laboratorio Ingeomat S.A. para poder determinar los materiales a utilizar para el diseño de hormigón con fibra metálica de acuerdo con nuestro estudio.

Materiales:

- Agregado Grueso

Figura 20

Agregado grueso



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Agregado Fino

Figura 21

Agregados finos



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Cemento HE

Figura 22
Cemento tipo HE



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Cemento GU

Figura 23
Cemento GU



Fuente: Holcim (2024)

- Superplastificante SIKA HE 200

Figura 24

Superplastificante Sika He 200



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Fibras de Metal

Figura 25

Fibras metálicas



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

En este capítulo se deben presentar los resultados que obtuvimos en el laboratorio para ver la eficacia que tiene el diseño de un nuevo hormigón para pavimento rígido con fibra metálica.

4.1 Presentación y análisis de resultados

4.1.2 *Ensayo de granulometría del agregado grueso*

4.1.2.1 Granulometría

Se refiere a la distribución de tamaños de las partículas en un material. Esta distribución se determina pasando una muestra representativa de agregados por una serie de tamices organizados por tamaños de abertura, de mayor a menos. Para el agregado grueso, la granulometría se expresa en términos de los porcentajes de material retenido en los tamices ASTM de 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8" y N°4.

4.1.2.2 Metodología empleada (Método de Cuarteo)

El proceso del cuarteo consiste en dividir el agregado de la muestra en cuatro partes. Luego, se seleccionan dos de estas partes y se repite el procedimiento. Este método asegura la obtención de una muestra representativa, que incluyen partículas pequeñas como partículas grandes.

Figura 26

Método de cuarteo



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.2.3 **Peso Volumétrico del agregado grueso**

Después de que realizamos el método de cuarteo, se pesa 5000 gramos de agregado grueso. Preferiblemente, el material seleccionado se coloca en el horno durante 24 horas a 110°C. Una vez retirado del Horno, se ordenan las mallas de arriba hacia abajo según el tipo de agregado.

Figura 27

Peso Volumétrico del agregado grueso



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.2.4 **Tamizado del agregado Grueso**

En nuestro caso, el agregado grueso se tamiza utilizando los siguientes tamices: $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, N°4 y un platillo. Se agitan los tamices para asegurar que solo el material retenido quede en cada uno. Después de tamizar, se pesa el material retenido en cada tamiz y se registran los valores.

Figura 28

Tamizado del agregado grueso



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.2.5 Proceso del peso Volumétrico Suelto

Es el peso de agregado necesario para llenar un recipiente con un volumen de 0.014403m³ o 6.007g. Este volumen incluye tanto los agregados como los espacios vacíos entre las partículas del agregado.

Figura 29

Proceso del peso volumétrico suelto



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Tabla 4

Peso volumétrico suelto

Vol. del recipiente	V. recp. =	0,014	m ³
Peso (recipiente + material)	Wf =	27,18	Kg
Peso recipiente	Wi =	6,08	Kg
P.V.S.	(Wf - Wi) / V. recp. =	1507,1	Kg/m³

Fuente: Ingeomat S.A. (2024)

4.1.2.6 Peso Volumétrico Varillado

Realizamos este proceso para obtener el PVV, este proceso se realiza para obtener la compactación de la capa mediante 25 golpes en cada capa. Este proceso es necesario para llenar un recipiente compactando el material como los espacios vacíos entre ellos.

Figura 30

Proceso del peso volumétrico varillado



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Tabla 5

Peso volumétrico varillado

<i>Vol. del recipiente</i>	<i>V. recp.</i>	=	0,014	<i>m</i> ³
<i>Peso (recipiente + material)</i>	<i>Wf</i>	=	29,06	<i>Kg</i>
<i>Peso recipiente</i>	<i>Wi</i>	=	6,08	<i>Kg</i>
<i>P.V.V.</i>	$(Wf - Wi) / V. recp.$	=	1641,4	<i>Kg/m</i>³

Fuente: Ingeomat S.A. (2024)

4.1.2.7 Lavado del Agregado Grueso

Lavamos la piedra para retirar la porosidad y el polvo.

Figura 31

Lavado del agregado grueso



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.2.8 Peso del agregado o peso de la canastilla sumergida

Se refiere al peso del agregado cuando está completamente sumergido en agua. Este valor se emplea para calcular la densidad y la absorción del agregado, ya que permite determinar el volumen de los vacíos presentes.

Figura 32

Peso del agregado o peso de la canastilla sumergida



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Figura 33

Secado de los agregados



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.3 Resultados de granulometría del agregado grueso

Para el diseño de un pavimento rígido se necesitó agregados finos y gruesos como la grava 3/4, 3/8, arena.

Para lograr un diseño eficiente de pavimento flexible, es esencial contar con agregados finos y gruesos, como la grava de 3/4 y la arena. Por esta razón, se llevaron a cabo estudios sobre estos agregados con el objetivo de obtener un hormigón de alta resistencia y durabilidad.

Tabla 6

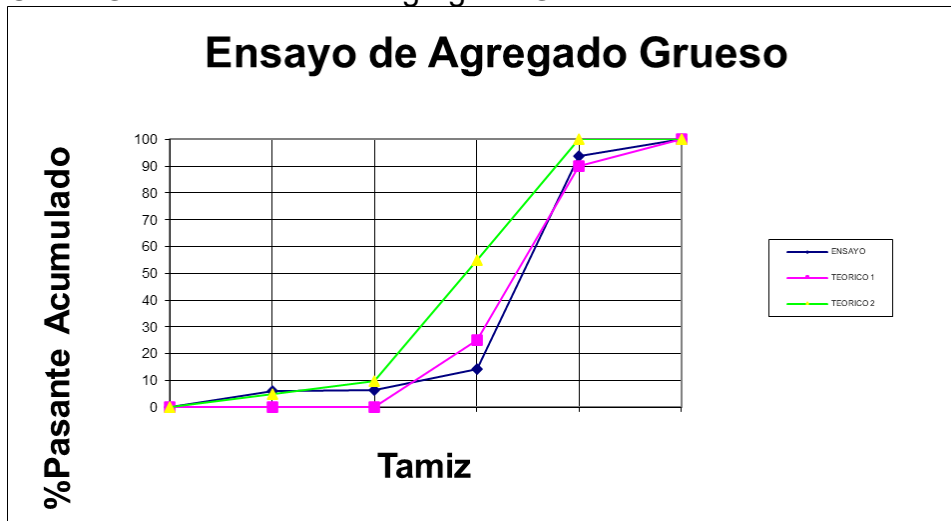
Granulometría: Agregado Grueso

Tamiz	Peso Parcial grs.	% Retenido	% Que Pasa	Especificación ASTM - C - 33
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"	0	0,00	100	100
3/4"	639	20,78	79,22	90 - 100
1/2"				
3/8"	2229	72,49	6,73	25 - 55
No. 4	168	5,46	1,27	0 - 10
No. 8	3	0,10	1,17	0 - 5
Fondo	36	1,17	0,00	0
TOTAL	3075	100,00		

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Figura 34

Curva Granulométrica del Agregado Grueso



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.4 *Ensayo de granulometría del agregado Fino*

4.1.4.1 **Granulometría**

En el ensayo de granulometría para el agregado fino, se emplea una serie de tamices con aberturas estandarizadas, que permiten separar el material según el tamaño de sus partículas. Los tamices que se utilizan habitualmente son los siguientes:

- Tamiz No. 4 (4,75 mm)
- Tamiz No. 8 (2,36 mm)
- Tamiz No. 16 (1,18 mm)
- Tamiz No. 30 (600 μm)
- Tamiz No. 50 (300 μm)
- Tamiz No. 100 (150 μm)
- Tamiz No. 200 (75 μm)

El uso de estos tamices es fundamental para analizar la distribución de las partículas en el agregado fino, asegurando que cumpla con las especificaciones necesarias para aplicaciones como la fabricación de hormigón.

4.1.4.2 Metodología empleada (Tamización del agregado)

Tamizar el material consiste en separar sus partículas por tamaño usando tamices con aberturas específicas, como los tamices No. 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.

Figura 35

Tamizado del agregado



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.4.3 Peso Volumétrico del agregado fino

El peso volumétrico del agregado fino se determina para conocer la densidad aparente del material, es decir, la masa por unidad de volumen. Para realizar este ensayo, se sigue un procedimiento simple:

1. **Materiales:** Agregado fino seco, balanza, recipiente cilíndrico (1 litro), varilla de compactación, y superficie nivelada.
2. **Procedimiento:**
 - Se llena el recipiente con el agregado en tres capas, compactándolo suavemente tras cada capa.
 - Luego, se nivela la superficie del agregado y se pesa el recipiente lleno.
 - Se resta el peso del recipiente vacío para obtener el peso del agregado.
3. **Cálculo:** El peso volumétrico se obtiene dividiendo el peso del agregado por el volumen del recipiente (1 litro).

Este valor es crucial para ajustar las proporciones de los materiales en el diseño de mezclas de concreto.

Figura 36
Peso volumétrico



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Tabla 7

Peso volumétrico suelto (finos)

Vol. del recipiente	$V. \text{ recp.}$	=	3934	cm^3
Peso (recipiente + arena)	Wf	=	6681	gr.
Peso recipiente	Wi	=	215	gr.
P.V.S.	$(Wf - Wi) / V. \text{ recp.}$	=	1643,62	Kg/m^3

Fuente: Ingeomat S.A. (2024)

4.1.4.4 Absorción del agregado fino

El ensayo de absorción del agregado fino determina cuánta agua puede retener el material. Este proceso se realiza con los siguientes pasos:

- Compacta la arena en el cono con el pinzón.

Figura 37

Compactación de la arena



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Desmolda y verifica que la arena conserve la forma de una pirámide.

Figura 38

Desmolde de la arena



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Pesa dos muestras de arena en condiciones SSS.
- Llena el picnómetro con agua y elimina burbujas.

Figura 39

Picnómetro con agua



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Pesa el picnómetro con y sin arena para determinar la densidad del agua desplazada.

- Seca una muestra de arena en el horno y pesa la arena seca.
- Calcula la densidad y la absorción usando las fórmulas apropiadas.

Tabla 8

Absorción

Peso recipiente		62,4	gr.
Peso (arena S.S.S.)		500	gr.
Peso del recipiente + arena seca		553,91	gr.
Peso seco de la arena	Ws	491,51	gr.
Absorción		1,73	%

Fuente: Ingeomat S.A. (2024)

Tabla 9

Densidad Saturada superficialmente seca D.S.S.S.

Peso de la arena	W	=	500	gr.
Vol. Inicial (agua)	Vi	=	200	cm ³
Vol. final (agua + arena)	Vf	=	387	cm ³
D.S.S.S.	W / (Vf - Vi)	=	2673,8	Kg/m³

Fuente: Ingeomat S.A. (2024)

4.1.5 Resultados de granulometría del agregado fino

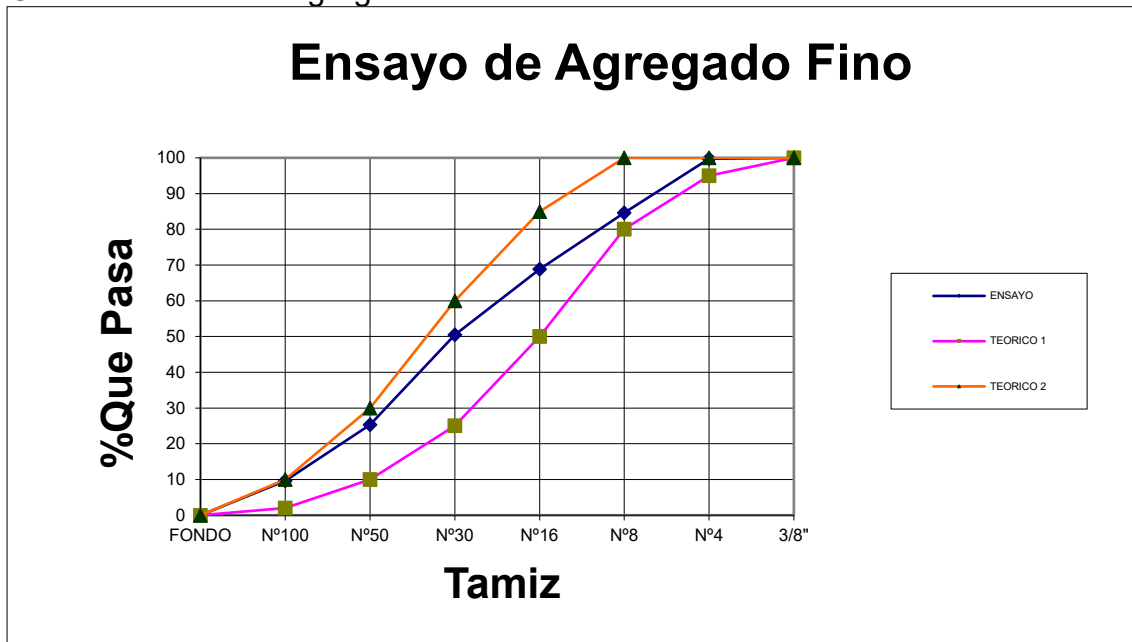
Tabla 10

Granulometría del agregado fino

Tamiz	Peso Parcial grs.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación ASTM - C - 33 AF
3/8"	0	0,0	0,0	100,0	100
No. 4	3,0	0,33	0,33	99,67	95 - 100
No. 8	135,0	15,05	15,38	84,62	80 - 100
No. 16	142,0	15,83	31,21	68,79	50 - 85
No. 30	164,0	18,28	49,48	50,52	25 - 60
No. 50	226,0	25,19	74,67	25,33	10 - 30
No.100	141,0	15,71	90,39	9,61	2 - 10
FONDO	86,3	9,61	100,0	0,0	0
TOTAL	897,3	100,00			

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Figura 40
Granulométrica del Agregado fino



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.6 Proceso para el diseño de hormigón con fibra metálica para pavimento rígido

- Proceso dosificación para las pruebas de cilindros y vigas con cemento HE

Una vez tengamos todos los materiales en óptimas condiciones y con las dosificaciones correctas empezamos a separar los materiales por medio de una balanza digital para tener la dosificación óptima para los moldes.

1. Materiales a utilizar

Figura 41
Materiales a utilizar



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

2. Peso del agregado grueso

Figura 42

Peso del agregado grueso



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

3. Peso del agregado fino

Figura 43

Peso del agregado fino



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4. Peso de cemento HE

Figura 44

Peso de cemento HE



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

5. Peso del aditivo SIKA

Figura 45

Peso del aditivo SIKA



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

6. Mezcla de aditivo con agua

Figura 46

Mezcla de aditivo con agua



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

7. Peso de la adición de la fibra de metal

Figura 47

Peso de la adición de la fibra de metal



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.7 Proceso para la preparación de hormigón con fibra metálica.

Una vez tengamos todo el material en orden y con el peso correspondiente a la dosificación establecida empezaremos a hacer la mezcla para los moldes que se harán, los cuales son: 6 cilindros pequeños y una viga para posteriormente hacer ensayos de compresión y tracción a los días establecidos.

- Paso 1 se empieza a hacer la mezcla de los agregados grueso y fino con el cemento.

Figura 48

Mezcla de los agregados



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #2 Empezamos con el proceso de adicionar el agua ya previamente mezclado con el aditivo.

Figura 49

Adición de agua en la mezcla



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #3 Una vez echa la mezcla de concreto se empezará con la prueba de revenimiento con el cono de Abrams con el fin de obtener el grado de trabajabilidad del hormigón y también se hace la lectura de temperatura para el fraguado. Se empieza a llenar el cono de Abrams por secciones.

Figura 50

Llenado del cono de Abrams



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #4 Una vez llenado hasta la primera parte del cono se lo empieza a varillar con el fin de asegurar la compactación del hormigón este proceso se lo hace en 3 capas y en cada capa se lo compacta con una varilla lisa dándole 25 veces cada capa

Figura 51

Compactado del hormigón en el cono



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #5 Aquí obtenemos un revenimiento de 15cm lo cual muestra que el hormigón es factible para trabajar.

Figura 52

Medición del hormigón



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #6 Una vez tomado el revenimiento procedemos a tomar la medición de temperatura del hormigón que debería oscilar entre los 28-32 °c.

Figura 53

Temperatura del hormigón



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #7 Una vez que el revenimiento y la temperatura del hormigón estén en los valores establecidos por las normativas empezamos con la adición de la fibra de metal.

Figura 54

Adicionando la fibra al hormigón



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #8 Posterior a la adición de la fibra se lo vuelve a mezclar para tener una uniformidad con el fin de que las fibras queden distribuidas por toda la mezcla de hormigón.

Figura 55

Mezcla del material



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #9 Una vez este bien esparcida las fibras de metal empezaremos a llenar los cilindros por secciones ya que hay que varillarlos con el fin de compactar el hormigón y posterior a eso se los golpea con un mazo de hule para evitar que

queden espacios dentro del cilindro y a la viga se le hace el mismo procedimiento ya mencionado.

Figura 56

Llenado de viga y cilindros con Hormigón



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

- Paso #10 Golpes a los cilindros con el mazo de hule para compactar y evitar espacios vacíos.

Figura 57

Golpes a los cilindros



Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.8 Delimitación del estudio para la puesta experimental

De acuerdo al primer objetivo, se tuvo que realizar un análisis de estudios para poder determinar la dosificación correcta para la propuesta y poder llevar a cabo los ensayos realizados.

Tabla 11

Dosificación del diseño del hormigón

Peso en Kg en 1 Kg/m³ de hormigón								
Cemento	3000	Kg./m ³	x	0,176	m ³	527,693	Kg	
Agua	1000	Kg./m ³	x	0,185	m ³	184,69	Kg	
Piedra	D.S.S.S.	2968	Kg./m ³	x	0,4150	m ³	1231,62	Kg
Arena	D.S.S.S.	2578	Kg./m ³	x	0,2234	m ³	576,04	Kg
							2520,04	Kg

Datos para elaborar hormigón por peso

Nota: Esta tabla muestra cuales son las dosificaciones que se aplicara en cada diseño nuevo de hormigón para pavimento rígido.

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.9 Resultados de los ensayos del diseño de hormigón

Estos estudios que fueron realizados en el laboratorio Inegomat S.A. el cual nos permitió ver las dosificaciones correctas para la elaboración de un hormigón para pavimento rígido con fibra metálica. Es decir, estos nos ayudan a saber las dosificaciones correctas dado por las normativas de la ASSTHO.

Tabla 12
Diseño de hormigón

<u>DISEÑO DE CONCRETO HIDRAULICO</u>					
Proyecto: Tesis para: diseño de hormigón con fibra metálica para pavimento rígido Ubicación: ULVR					
Solicita:			Fecha:		
Descripción del material: <i>Piedra Caliza triturada (67) - Arena Homogenizada.</i>					
<u>Datos de Laboratorio</u>			<u>Necesidades técnicas</u>		
Agregado Grueso	D.S.S.S.	=	2968,0	Kg./m ³	f'c = 400 Kg./cm ²
	P.V.V.	=	1641,4	Kg./m ³	revenimiento = 18 cm.
	P.V.S.	=	1507,1	Kg./m ³	tamaño máximo del agregado = 3/4" 19 mm
Agregado Fino	D.S.S.S.	=	2578,0	Kg./m ³	Sin aire incluido
	P.V.S.	=	1572,0	Kg./m ³	
	M.F.	=	2,8		
	V.A.G.	=	0,61		
∇	cemento	=	3000	Kg./m ³	
∇	agua	=	1000	Kg./m ³	
%	absorción	=	%	A.G. = 1,10	%
			%	A.F. = 1,20	%

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

4.1.10 Cuadro de control de roturas de cilindros y vigas

Un cuadro de roturas de cilindros y vigas de hormigón es una herramienta clave para evaluar el comportamiento del hormigón bajo carga. Este cuadro facilita la documentación de la resistencia y el rendimiento de las muestras durante pruebas de laboratorio, asegurando que cumplan con las especificaciones requeridas.

Tabla 13

Control de roturas de cilindros y vigas

FEC HA	Recet a	Hor a	Revenimi ento	Tempera tura	Tiem po	Fec ha de Rotu ra	Peso Cilin dro	Densi dad	Tiempo ultraso nico	Velocid ad Ultraso nica	Modulo Elástico		Fact cil gde	8,1073 1	Resistencia Proyectada Kg/cm2	
											Estáti co	Dinám ico	Carga de Rotura	Esfuerzo de Rotura		
														kg/c m ²		kg/cm ²
cm	°C	DIA S	KG	Kg/m ³	μs	Km/seg	kg/c m ²	kg/cm ²	KN	MPA	kg/c m ²	400				
24- jun	1 Ceme nto HE + 2,5% de Sikam et HE 200	10h 35			3	27- jun	4,056	2462	42,90	4,737	39768 3	47416 0	166,572	20,546	209,5	52%
						27- jun	4,157	2523	42,90	4,737	39768 3	47416 0	209,750	25,872	263,8	66%
						1- jul	4,110	2495	42,50	4,781	42827 4	48945 6	219,961	27,131	276,7	69%
						22- jul	4,135	2510	41,30	4,920	48435 7	54044 1	320,562	39,540	403,2	101%
24- jun	2 Ceme nto HE + 1,25% de Sikam ent HE 200	13h 00			3	27- jun	4,143	2515	42,40	4,792	43235 2	49149 5	303,714	37,462	382,0	95%
					3	27- jun	4,170	2531	42,40	4,792	43235 2	49149 5	233,183	28,762	293,3	73%
					7	1- jul	4,080	2477	42,40	4,792	43235 2	49149 5	339,328	41,855	426,8	107%
					21	15- jul	4,023	2442	40,40	5,030	52310 6	58632 7	454,177	56,021	571,2	143%
					28	22- jul	4,004	2430	40,30	5,042	52310 3	58662 7	441,641	54,474	555,5	139%
24- jun	3 Ceme nto HE+	17h 15	16,0	28,5	3	27- jun	4,427	2687	44,30	4,587	31406 7	39564 3	301,848	37,232	379,7	95%
					3	27- jun	4,147	2517	41,30	4,920	49965 3	54248 0	284,174	35,052	357,4	89%

	1,1% de aditivo Sikament HE 200				7	1-jul	4,188	2542	41,40	4,908	48129 8	53840 1	283,486	34,967	356,6	89%
					21	15-jul	4,459	2707	40,30	5,042	52310 6	58632 7	374,066	46,139	470,5	118%
					28	22-jul	4,157	2523	40,50	5,017	52310 6	58632 7	405,190	49,978	509,6	127%
1-jul	4 Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200	14h 15	14,0	29,2	3	4-jul	4,198	2548	41,30	4,920	49965 3	54248 0	278,290	34,326	350,0	88%
					3	4-jul	4,419	2682	42,70	4,759	39768 3	47721 9	275,220	33,947	346,2	87%
					7	8-jul	4,141	2514	42,90	4,737	38748 6	45682 5	306,422	37,796	385,4	96%
					7	8-jul	4,284	2600	41,40	4,908	48129 8	53840 1	305,568	37,690	384,3	96%
					14	15-jul	4,175	2534	39,70	5,118	52310 6	58632 7	304,979	37,618	383,6	96%
					28	29-jul	4,190	2543	39,60	5,131	52310 6	58632 7	374,577	46,202	471,1	118%
					28	29-jul	4,136	2511	40,20	5,055	52310 6	58632 7	372,079	45,894	468,0	117%
		Viga; 21'' x 6'' x 6''.			28	29-jul	30,00	2422	30,00	5,080	52310 6	58632 7	P= 3107 Kg	Mr=PL/ab²	0,012 92	Mr= 40,13 Kg/cm²
2-jul	4A Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200 + 500gr. De fibra	14h 00	14,0	30	3	5-jul	4,019	2440	43,00	4,726	38748 6	45682 5	250,680	30,920	315,3	79%
					3	5-jul	4,185	2540	44,00	4,618	45886 5	42011 6	267,810	33,033	336,8	84%
					7	9-jul	4,149	2519	40,80	4,980	52514 5	58836 6	349,109	43,061	439,1	110%
					7	9-jul	4,163	2527	40,50	5,017	52718 4	59652 4	330,980	40,825	416,3	104%
					14	16-jul	4,112	2496	40,10	5,067	52310 6	58632 7	339,550	41,882	427,1	107%
					28	30-jul	4,176	2535	40,30	5,042	52310 6	58632 7	347,256	42,832	436,8	109%

					28	30-jul	4,204	2552	41,20	4,932	52004 7	57307 1	427,799	52,767	538,1	135%
					28	30-jul	30,015	2423	29,50	5,166	52310 6	58632 7	P= 3370Kg	Mr=PL/ab²	0,01292	Mr= 43,54 Kg/cm²
4-jul	4 B Cemento GU, + 1,1% de Sikament HE 200 - Sin fibra	14h 00	14,0	28,9	3	7-jul	4,136	2511	42,90	4,737	38748 6	45682 5	191,171	23,580	240,4	60%
					3	7-jul	4,141	2514	43,20	4,704	38544 6	45070 7	205,551	25,354	258,5	65%
					3	7-jul	4,256	2583	43,40	4,682	38452 5	44855 2	202,356	24,960	254,5	64%
					7	11-jul	4,190	2543	43,10	4,715	38748 6	45682 5	239,160	29,499	300,8	75%
					7	11-jul	4,242	2575	43,50	4,671	37728 9	44356 9	249,853	30,818	314,3	79%
					7	11-jul	4,102	2490	43,10	4,715	38748 6	45682 5	249,092	30,724	313,3	78%
					14	18-jul	4,081	2477	41,80	4,861	47721 9	53534 2	241,857	29,832	304,2	76%
					14	18-jul	4,251	2580	42,00	4,838	45886 5	53024 4,0	252,112	31,097	317,1	79%
					21	25-jul	4,023	2442	41,40	4,908	49965 3	54248 0	320,333	39,512	402,9	101%
					21	25-jul	4,242	2575	41,40	4,908	49965 3	54248 0	323,472	39,899	406,8	102%
					21	25-jul	4,054	2461	41,20	4,932	52004 7	57307 1	328,659	40,539	413,4	103%
					28	1-ago	4,132	2508	40,50	5,017	52310 6	58632 7	312,773	38,579	393,4	98%
					28	1-ago	4,151	2520	40,20	5,055	52310 6	58632 7	299,428	36,933	376,6	94%
					28	1-ago	4,119	2500	40,40	5,030	52310 6	58632 7	331,835	40,930	417,4	104%
17-jul	4 C Cemento GU, +				3	20-jul	4,035	2449	43,20	4,704	39258 4	45886 5	215,176	26,541	270,6	68%
					3	20-jul	4,114	2497	43,20	4,704	39258 4	45886 5	214,660	26,477	270,0	67%

1,1% de Sikament HE 200 - Con fibra	7	24- jul	4,110	2495	42,00	4,838	45886 5	53024 4,0	298,762	36,851	375,8	94%
	7	24- jul	4,171	2532	42,50	4,781	42827 4	48945 6	255,298	31,490	321,1	80%
	14	31- jul	4,118	2500	42,70	4,759	39768 3	47721 9	287,449	35,456	361,5	90%
	28	14- ago	4,198	2548	40,30	5,042	52310 6	58632 7	325,645	40,167	409,6	102%
	28	14- ago	4,200	2549	40,10	5,067	52310 6	58632 7	315,421	38,906	396,7	99%
	28	14- ago	4,195	2546	40,10	5,067	52310 6	58632 7	335,623	41,398	422,1	106%

Fuente: Ingeomat S.A. (2024)

Tabla 14

Volúmenes-longitudes de cilindros y viga

Volumen del cilindro	0,001647407	m ³
Longitud de cilindro	0,2032	m
Longitud de Lado de Viga	0,1524	m
Volumen de Viga	0,0123886	m ³

Fuente: Ingeomat S.A. (2024)

4.1.11 Análisis de precios unitarios (APU) del hormigón

Los Análisis de Precios Unitarios (APU) presentados a continuación son una herramienta esencial para la planificación y ejecución de futuros proyectos de infraestructura vial. Estos análisis no solo facilitan la estimación precisa de los costos involucrados, sino que también desempeñan un papel fundamental en la evaluación de la viabilidad económica de cada proyecto.

Es relevante considerar que al realizar pequeños ajustes en los precios unitarios, se puede justificar la inversión en materiales de mayor calidad y en técnicas constructivas más avanzadas. Aunque esta inversión inicial puede ser ligeramente superior, los beneficios a largo plazo son significativos. La mejora en la calidad de los materiales y métodos constructivos no solo aumenta la resistencia y durabilidad de la vía, sino que también extiende su vida útil considerablemente.

Este enfoque estratégico en la planificación y ejecución de proyectos puede resultar en una reducción importante de los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo. Al disminuir la necesidad de intervenciones de mantenimiento frecuentes, se generan ahorros económicos sustanciales y se reduce la interrupción del tráfico, lo cual es beneficioso tanto para las autoridades responsables como para los usuarios de la vía.

Figura 58

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200

ULVR					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200					
Descripción: Vertido de Hormigón f'c=400 kg/cm2 Rev18 P3/8 ; Concretera / Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200					
Item:	1			Unidad:	m3
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramientas menores	5%MO		\$ -		\$ 1,40
Servicio Alq. Concretera	1,00	\$ 3,13	\$ 3,13	0,20000	\$ 0,63
SUBTOTAL M					\$ 2,03
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro	0,3	7,43	\$ 2,23	1,00000	\$ 2,23
Peon	5,00	\$ 4,22	\$ 21,10	1,00000	\$ 21,10
Albañil	1,00	\$ 4,74	\$ 4,74	1,00000	\$ 4,74
SUBTOTAL N					\$ 28,07
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
Cemento HE (50 Kg)	u	10,88	\$ 7,40	\$ 80,51	
Aditivo Sika Sikament HE 200	kg	1,50	\$ 11,52	\$ 17,28	
Arena Gruesa (M³)	m3	0,31	\$ 13,82	\$ 4,28	
Piedra 3/4 (M³)	m3	0,35	\$ 16,82	\$ 5,84	
Agua Tanquero (m3)	m3	0,19	\$ 6,50	\$ 1,24	
Maestra Metalica	u	0,04	\$ 3,01	\$ 0,12	
Curador	kg	0,26	\$ 4,89	\$ 1,26	
SUBTOTAL O					\$ 110,54
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					140,64
INDIRECTOS Y UTILIDADES				15,00%	21,10
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					161,73
VALOR OFERTADO					161,73
ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.					

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Figura 59

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200 + 0.5 Kg Dramix

ULVR					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200 + 0.5 Kg Dramix					
Descripción: Vertido de Hormigón F'c=400 kg/cm2 Rev18 P38 ; Concretera / 0					
Item: 1				Unidad: m3	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramientas menores	5%MO		\$ -		\$ 1,40
Servicio Alq. Concretera	1,00	\$ 3,13	\$ 3,13	0,20000	\$ 0,63
SUBTOTAL M					\$ 2,03
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro	0,3	7,43	\$ 2,23	1,00000	\$ 2,23
Peon	5,00	\$ 4,22	\$ 21,10	1,00000	\$ 21,10
Albañil	1,00	\$ 4,74	\$ 4,74	1,00000	\$ 4,74
SUBTOTAL N					\$ 28,07
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
Cemento HE (50 Kg)	u	10,88	\$ 7,40	\$ 80,51	
Aditivo Sika Sikament HE 200	kg	1,50	\$ 11,52	\$ 17,28	
Arena Gruesa (M³)	m3	0,31	\$ 13,82	\$ 4,28	
Piedra ¾ (M³)	m3	0,35	\$ 16,82	\$ 5,84	
Agua Tanquero (m3)	m3	0,19	\$ 6,50	\$ 1,24	
Maestra Metalica	u	0,04	\$ 3,01	\$ 0,12	
Curador	kg	0,26	\$ 4,89	\$ 1,26	
Fibra Metalica	kg	5,25	\$ 3,56	\$ 18,69	
SUBTOTAL O					\$ 129,23
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					159,33
INDIRECTOS Y UTILIDAD (15,00%)					23,90
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					183,23
VALOR OFERTADO					183,23
ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.					

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Figura 60

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento GU + 1,1% De Sikament HE 200
ULVR**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento GU + 1,1% De Sikament HE 200					
Descripción: Vertido de Hormigón f'c=400 kg/cm2 Rev18 P3/8 ; Concretera / Cemento HE + 1,1% De Sikament HE 200					
Item:	1			Unidad:	m3
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramientas menores	5%MO		\$ -		\$ 1,40
Servicio Alq. Concretera	1,00	\$ 3,13	\$ 3,13	0,20000	\$ 0,63
SUBTOTAL M					\$ 2,03
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro	0,3	7,43	2,229	1,00000	\$ 2,23
Peon	5,00	\$ 4,22	\$ 21,10	1,00000	\$ 21,10
Albañil	1,00	\$ 4,74	\$ 4,74	1,00000	\$ 4,74
SUBTOTAL N					\$ 28,07
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
Cemento GU (50 Kg)	u	8,89	\$ 7,40	\$ 65,79	
Arena Gruesa (M³)	m3	0,31	\$ 13,82	\$ 4,28	
Piedra 3/4 (M³)	m3	0,35	\$ 16,82	\$ 5,84	
Agua Tanquero (m3)	m3	0,19	\$ 6,50	\$ 1,24	
Maestra Metalica	u	0,04	\$ 3,01	\$ 0,12	
Curador	kg	0,26	\$ 4,89	\$ 1,26	
SUBTOTAL O					\$ 78,53
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0,00
				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	108,63
				INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00%
				OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	124,93
				VALOR OFERTADO	124,93

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

Figura 61

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento GU + 1,1% De Sikament HE 200 + 0.5 Kg Dramix

ULVR					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Cemento GU + 1,1% De Sikament HE 200 + 0.5 Kg Dramix					
Descripción:	Vertido de Hormigón f ^{cc} =400 kg/cm ² Rev18 P3/8 ; Concretera / Cemento GU + 1,1% De Sikament HE 200				
Item:	1			Unidad:	m3
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramientas menores	5%MO		\$ -		\$ 1,40
Servicio Alq. Concretera	1,00	\$ 3,13	\$ 3,13	0,20000	\$ 0,63
SUBTOTAL M					\$ 2,03
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro	0,3	7,43	2,229	1,00000	\$ 2,23
Peon	5,00	\$ 4,22	\$ 21,10	1,00000	\$ 21,10
Albañil	1,00	\$ 4,74	\$ 4,74	1,00000	\$ 4,74
SUBTOTAL N					\$ 28,07
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
Cemento GU (50 Kg)	u	8,89	\$ 7,40	\$ 65,79	
Aditivo Sika Sikament HE 200	kg	1,50	\$ 11,52	\$ 17,28	
Arena Gruesa (M ³)	m3	0,31	\$ 13,82	\$ 4,28	
Piedra 3/4 (M ³)	m3	0,35	\$ 16,82	\$ 5,84	
Agua Tanquero (m3)	m3	0,19	\$ 6,50	\$ 1,24	
Maestra Metalica	u	0,04	\$ 3,01	\$ 0,12	
Curador	kg	0,26	\$ 4,89	\$ 1,26	
Fibra Metalica	kg	5,25	\$ 3,56	\$ 18,69	
SUBTOTAL O					\$ 114,50
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					144,60
INDIRECTOS Y UTILIDADES				15,00%	21,69
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					166,29
VALOR OFERTADO					166,29
ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.					

Elaborado por: Bone y Tabares (2024)

CONCLUSIONES

- Las fibras metálicas ayudan a reducir la propagación de grietas, lo que extiende la vida útil de las estructuras de hormigón. Esta investigación demuestra que la dosificación óptima de las fibras metálicas en el hormigón es técnica y económicamente viable para su implementación en la construcción, especialmente en las zonas de alta carga de tráfico. Los resultados obtenidos contribuirán al avance de las técnicas de construcción permitiendo construcciones más resistentes y duraderas.
- Respondiendo a al primer objetivo específico: de determinar el porcentaje óptimo para la dosificación, si determinamos las dosificaciones requeridas de cemento, agua, fibra metálica, agregado grueso y agregado fino para poder elaborar 6 cilindros y una viga.
- Respondiendo al segundo objetivo específico: sobre determinar las propiedades físicas de la fibra de metal, estas fibras nos proporcionan resistencia a la tracción y mejoran la capacidad de la carga, cuando estas fibras son agregadas a un concreto logramos la distribución uniforme de las tensiones. Así mismo nos ayuda a bloquear la propagación de las fisuras y grietas que se pueden generar.
- Respondiendo al tercer objetivo específico: realizar ensayos de laboratorio para medir como las fibras metálicas influyen en la resistencia del hormigón permitiendo tener una capacidad para soportar cargas. En los ensayos realizados con fibra y cemento especial a los 3 días nos arrojó un esfuerzo a rotura de 315.3 kg/cm², a los 7 días obtuvimos un esfuerzo de rotura de 439.1 kg/cm², a los 14 días un valor de 427.1 kg/cm², a los 28 días un valor de 538.1 kg/cm².

RECOMENDACIONES

- Para lograr los resultados esperados, se considera importante que el diseño de la mezcla se utilice la dosificación correcta de fibra, ya que estos nos aseguran una proporción óptima de agua, cemento, arena ya que las fibras metálicas alteran las propiedades mecánicas del pavimento.
- La fibra metálica ha sido diseñada considerando diferentes combinaciones de cargas que afectan a los pavimentos estructurales. Estos pavimentos con fibra metálica están capacitados para soportar cargas pesadas y pueden ser empleadas en ciertas cimentaciones sin requerir esfuerzos adicionales.
- Especificar de manera precisa las características físicas y mecánicas de las fibras metálicas empleadas, tales como su longitud, diámetro, forma, y material, y analiza cómo estos factores impactan en el rendimiento del hormigón.
- Elaborar directrices aplicables para la ejecución de este tipo de pavimentos, teniendo en cuenta factores como la metodología de instalación, los procedimientos de control de calidad y las estrategias de mantenimiento.
- Examinar la combinación ideal de hormigón que incorpora fibras metálicas, tomando en cuenta la proporción agua/cemento, los tipos de agregados y aditivos utilizados, y cómo estos elementos influyen en la durabilidad y resistencia del pavimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becosan. (17 de Feb de 2020). Hormigón reforzados con fibra de acero. Retrieved Jun de 2024, from <https://www.becosan.com/es/hormigon-reforzado-hormigon-con-fibras-de-acero/>
- Becosan. (19 de Marzo de 2021). Hormigón Endurecido. Retrieved Jun de 2024, from https://www.becosan.com/es/hormigon-endurecido/#Caracteristicas_fisicas_del_hormigon_endurecido
- Becosan. (28 de Junio de 2021). Hormigón Fresco. Retrieved Jun de 2024, from <https://www.becosan.com/es/hormigon-fresco/#:~:text=Se%20llama%20hormig%C3%B3n%20fresco%20al,inicia%20el%20fraguado%20del%20cemento.>
- Becosan. (17 de Enero de 2022). Dosificación del hormigón. Retrieved May de 2024, from <https://www.becosan.com/es/dosificacion-del-hormigon/>
- Berrosipi Zevallos, S. H., y Inga Meza, V. (2022). *Influencia en las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto la Adición de Fibras Metálicas de Llantas Recicladas*. Perú: Universidad Peruana Los Andes. Retrieved 2024, from <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4456>
- Caballero, K. (2017). *Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas*. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá. Retrieved 2024, from <https://core.ac.uk/download/pdf/234019838.pdf>
- Cabrera Berrezueta, K. E., y Peñafiel Celi, D. P. (jul de 2023). Diseño de hormigón sustentable con fibras de caucho de neumáticos fuera de uso con una resistencia de 24 MPa. Ecuador: UPS. Retrieved jun de 2024, from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25481>
- Cáder Valencia, G. A., y Olivia Salazar, C. (18 de Oct de 2019). Adaptación del método de diseño de mezclas de concreto según ACI 211.1 utilizando los tipos de cemento ASTM c-1157 tipo GU y ASTM c-1157 tipo HE. Universidad de El Salvador. Retrieved jun de 2024, from <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/14887/>

- Campos Olivares, E. L. (2021). *Efecto del uso de fibra metálica en el concreto para pavimentos rígido utilizando como agregado concreto reciclado de la av. real de la ciudad de Huancayo*. Huancayo, Perú: Universidad Peruana del Centro. Retrieved 2024, from <https://repositorio.upecen.edu.pe/handle/20.500.14127/299>
- Campos Villanueva, R. J., y Guevara Flores, J. C. (2022). *Adición de fibras pet y metálicas en la resistencia a la compresión y flexión del concreto, Jaén 2022*. Perú: Universidad César Vallejo. Retrieved 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110805>
- Carmona Malatesta, S., Aguado de Cea, A., Molins Borrell, C., y Cabrera Contreras, M. (20 de Jul de 2009). Control de la tenacidad de los hormigones reforzados con fibras usando el ensayo de doble punzonamiento (ensayo barcelona). Scielo. Retrieved Jun de 2024, from <https://www.scielo.cl/pdf/ric/v24n2/art01.pdf>
- Castillo Pinedo, R. M., y Hidalgo Ríos, J. M. (2021). Diseño de un concreto hidráulico utilizando fibra metálica para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto-2021. Peru. Retrieved Jun de 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86813>
- Castro Izurieta, F. A., y Párraga Pérez, M. C. (2024). Control de calidad del hormigón premezclado para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR Los Merinos. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved Sep de 2024, from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27681/1/UPS-GT005147.pdf>
- Chahua Tomas, L. (2019). *Fibra metálica para la mejora del comportamiento sísmico en losas macizas de concreto armado en los centros comerciales, Callao 2019*. Perú: Universidad César Vallejo. Retrieved 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43062>
- Chryso. (20 de sep de 2020). Qué es el hormigón, tipos y usos. España. Retrieved jun de 2024, from <https://www.chryso.es/news/339/qu-es-el-hormig-n-tipos-y-usos-chryso>

- Cruz Valencia, Y., y Guevara Calderon, J. C. (2020). *Análisis comparativo de propiedades del concreto hidráulico, para diseños de pavimento rígido incorporando fibras sintéticas y de acero; Cusco – 2020*. Cusco, Perú: Universidad César Vallejo. Retrieved 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57914>
- De la Rosa, Á., Garijo, L., Masih, V., y Ruiz, G. (2024). COMPORTAMIENTO EN FRACTURA CUASI-ESTÁTICA Y DINÁMICA DE HORMIGONES DE CAL REFORZADOS CON FIBRAS FLEXIBLES. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Retrieved jun de 2024, from <https://gef2024.webs.upv.es/papers/52.pdf>
- Dramix. (2022). *Ficha Técnica*. Retrieved 2024, from <https://aditivospesa.com/wp-content/uploads/2022/03/Fichas-tecnicas-DRAMIX-MX.pdf>
- Espinoza Mera, J. A., y Quispe Meza, C. (2021). *Diseño estructural sismorresistente utilizando fibras metálicas como aporte a la resistencia del concreto en losas, San Juan de Lurigancho – 2021*. Perú: Universidad César Vallejo. Retrieved 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84331>
- Félix J., J. (02 de Nov de 2018). El hormigón armado. Retrieved jun de 2024, from https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/32420/C3T01_Los%20Material%20es%20y%20sus%20Propiedades_Jov%20C3%A9%20CF%282018%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ferrovial. (2024). Hormigón. Retrieved Jun de 2024, from <https://www.ferrovial.com/es/recursos/hormigon/>
- Fibratop. (2024). Fibras para hormigón. Retrieved jun de 2024, from <https://www.topciment.com/es/hormigon-impreso/fibras-para-hormigon-fibratop>
- Frías Torres, A. X., y Valle Valle, D. A. (Sep de 2022). La resistencia a la compresión del hormigón y su influencia en el módulo de elasticidad estático en el cantón Tena, provincia de Napo. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Retrieved May de 2024, from <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35951>

- García, G., y Hernando, J. (2023). Influencia térmica en el curado de hormigones con y sin aditivos aceleradores de fraguado, analizados con el método de la madurez. Universidad Politecnica de Valencia. Retrieved jun de 2024, from <https://riunet.upv.es/handle/10251/197217>
- Guerra Chayña, P. R., y Guerra Ramos, C. E. (21 de Ago de 2020). Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible. SCIELO. Retrieved jun de 2024, from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2020000200008&script=sci_arttext
- Guerra Mera, J. C., Puig Martínez, R., Castañeda Valés, A., y Baque Campozano, B. P. (10 de Ene de 2023). Estado del arte sobre durabilidad de estructuras de hormigón armado en perfiles costeros. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. Retrieved jun de 2024, from <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/103>
- Holg Quispe, E. V. (2020). Traccion Del Concreto. SCRIBD. Retrieved Jun de 2024, from <https://es.scribd.com/document/461864499/Traccion-del-concreto-docx>
- Janampa Oblitas, K. (2020). *Análisis del comportamiento de un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando residuos sólidos de viruta metálica, Los olivos-Lima 2020*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Retrieved 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/111763>
- León Gamarra, S. O. (02 de Dic de 2022). Influencia de fibra metálica 4d en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido del jirón Ayacucho del distrito de Andahuaylas. Perú. Retrieved jun de 2024, from <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5115>
- Miranda, M. (05 de May de 2020). Qué es el hormigón, tipos y usos. Retrieved Jun de 2024, from <https://www.chryso.es/news/339/qu-es-el-hormig-n-tipos-y-usos-chryso>
- Muñoz Niveló, P., y Martínez Criollo, A. G. (18 de Ene de 2021). Análisis de factibilidad y sostenibilidad de hormigones estructurales con fibra de vidrio.

Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Retrieved Jun de 2024, from <https://core.ac.uk/download/pdf/373001265.pdf>

Pinto Condori, E. L., y Rojas Huamancha, P. (2021). Análisis comparativo entre un pavimento rígido convencional y un pavimento rígido con geoceldas en la Av. Augusto B. Leguía, Ciudad dePuquio- Ayacucho – 2021. Universidad César Vallejo. Retrieved jun de 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72338>

Ruiz Párraga, W., Menéndez Menéndez, E., Zambrano Navarrete , L., y Alava Santos, R. (2022). Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón. Portoviejo, Ecuador: Universidad Técnica de Manabi. Retrieved jun de 2024, from <https://biblat.unam.mx/es/revista/gaceta-tecnica/articulo/aplicacion-de-metodos-de-curado-y-su-influencia-en-la-resistencia-a-la-compresion-del-hormigon>

Saldarriaga, A. (2024). Propiedades Mecánicas Del Hormigón. Retrieved Jun de 2024, from <https://es.scribd.com/document/317323364/Propiedades-Mecanicas-Del-Hormigon>

Sánchez Oñate, D., Chilinguina Cando, J., Flores Montalvo, E., y Orosco Tacuri, M. (Oct de 2020). Módulo Estático de Elasticidad del Hormigón Fabricado con Agregados de la Mina de San Roque, Imbabura, Ecuador. Ecuador: Scielo. Retrieved 2024, from http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-01292020000400029&script=sci_arttext

Silva Tipantasig, L. G. (2014). Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. Retrieved Jun de 2024, from <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8337>

Tavara Lizama, G. A. (2022). Diseño de pavimento rígido y cunetas en la Avenida Bolognesi en la ciudad de El Alto - Talara - Piura. Universidad César Vallejo. Retrieved jun de 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91115>

- Tomas Luna, F. D. (2024). Tipos de Rotura en Probetas de Hormigón. Scribd.
Retrieved 2024, from <https://es.scribd.com/document/540910136/TIPOS-DE-ROTURA-EN-PROBETAS-DE-HORMIGON>
- Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. (2024). Linea de investigación.
Retrieved Jun de 2024, from <https://www.ulvr.edu.ec/academico/unidad-de-titulacion/proyecto-de-investigacion>
- Vega, D. A. (2021). <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81861>
- Yataco Vera, P. D. (2022). *Evaluación de las propiedades del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ con la adición de fibras metálicas en Lima -Lima -San Martin de Porres, 2022*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Retrieved 2024, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103283>

ANEXOS

Anexo 1: Primer diseño de concreto hidráulico

Cantidad de materiales para producir 6 cilindros de concreto (pequeños)			
Cemento	7,17806	Kg	Se utilizó Cemento HE
Agua	2,15342	Litros	
Piedra	8,67089	Kg	
Arena	4,84328	Kg	
0,025	Aditivo	150	cm³
Se coloca el aditivo al 2,5% del peso del cemento			
	Aditivo	Sikament HE 200	
	Norma ASTM-C 494 Tipo A, F y E		

Anexo 2: Cálculo del primer diseño de concreto hidráulico

Ingeomat S. A. Ingeniería en Geotécnia y Materiales Garzota II Mz. 135 V. 16 Telf. 04 2 655828 - 0998 282897			
<u>DISEÑO DE CONCRETO HIDRAULICO</u>			
Proyecto:	Ubicación:		
Solicita:			Fecha:
Descripción del material:	<i>Piedra Caliza triturada (67) - Arena Homogenizada.</i>		
<u>Datos de Laboratorio</u>		<u>Necesidades técnicas</u>	
Agregado Grueso	D.S.S.S. = 2485,2 Kg./m ³	f'c = 400 Kg./cm ²	
	P.V.V. = 1534,0 Kg./m ³	revenimiento = 15 cm.	
	P.V.S. = 1455,0 Kg./m ³	tamaño máximo del = 3/4" 19 mm	
Agregado Fino	D.S.S.S. = 2578,0 Kg./m ³	Sin aire incluido	
	P.V.S. = 1572,0 Kg./m ³		
	M.F. = 2,8		
	V.A.G. = 0,61		
∇ cemento = 3050 Kg./m ³			
∇ agua = 1000 Kg./m ³			
% absorción =	% A.G. = 1,25 %		
	% A.F. = 1,32 %		
<u>Cálculo de la cantidad de agua por m³</u>			
Revenimiento: 15 cm.		volumen de agua: 212,4 lts. para cada m ³	
Tamaño máximo de agregado: 19,0 mm		212,4 Kg.	
		volumen de agua corregido: 217,9 lts. para cada m³	
		217,9 Kg.	
<u>Cálculo de la cantidad de cemento</u>			
Resistencia: f'c = 400 Kg/cm ²			
A/C = 0,30			
C = 726,20 Kg. para cada m ³			
<u>Cálculo de la cantidad de volúmenes para 1 m³ de hormigón (V=P/ ∇)</u>			
Cemento = $\frac{726,20 \text{ Kg}}{3050 \text{ Kg/m}^3}$ =		0,2381 m ³	238,1 dm ³
Agua = $\frac{217,9 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3}$ =		0,2179 m ³	217,9 dm ³
Piedra = $\frac{P.V.V. * V.A.G.}{D.S.S.S.}$ =		0,3765 m ³	376,5 dm ³
Aire = Para 19 mm		0,1 %	1,0 dm ³
Arena = 166,5 dm ³			
1			
El 40 % de agregado fino es lo máximo permitido con relación al volumen total que forman agregado			

grueso mas fino.

Piedra	=	376,5	dm ³	543,0	100
Arena	=	166,5	dm ³	166,5	X
		<u>543,0</u>	dm ³		
					X = 30,66 %

Arena = **30,66 %**

CORRECCIONES

35 % de	543,0	=	190,1	dm ³	0,190	m ³
Volúmen de arena corregida			190,1	dm ³	0,1901	m ³
Volúmen de piedra corregida			353,0	dm ³	<u>0,3530</u>	m ³
					<u>0,5430</u>	m ³

Peso en Kg en 1 Kg/m³ de hormigon

Cemento	3050	Kg./m ³	X	0,238	m ³	726,196	Kg	
Agua	1000	Kg./m ³	X	0,218	m ³	217,86	Kg	
Piedra	D.S.S.S.	2485	Kg./m ³	x	0,3530	m ³	877,22	Kg
Arena	D.S.S.S.	2578	Kg./m ³	x	0,1901	m ³	<u>489,99</u>	Kg
						<u>2311,27</u>	Kg	

Datos para elaborar hormigón por peso

Cantidades de material para un saco de cemento
peso saco de cemento igual a 50 Kg.

<u>726,20</u>	Kg	14,52	coeficiente(# de sacos que se va a utilizar)
50	Kg		

Cemento	<u>726,20</u>	Kg	50,00	Kg
	<u>14,5239</u>			
Agua	<u>217,86</u>	Kg	15,00	Kg
	<u>14,5239</u>			
Piedra	<u>877,22</u>	Kg	60,40	Kg
	<u>14,5239</u>			
Arena	<u>489,99</u>	Kg	33,737	Kg
	<u>14,5239</u>			

Datos para elaborar hormigón por peso

Anexo 3: Segundo diseño de concreto hidráulico

	Cantidad de materiales para producir 6 cilindros de concreto (pequeños)			
	Cemento	6,46025	Kg	Se utilizó Cemento HE
	Agua	1,93808	Litros	
	Piedra	9,34189	Kg	
	Arena	5,21808	Kg	
0,0125	Aditivo	67,29	cm³	
Se coloca el aditivo al 1,25% del peso del cemento				
	Aditivo	Sikament HE 200		
	Norma ASTM-C 494 Tipo A, F y E			

Anexo 4: Cálculo del segundo diseño de concreto hidráulico

Ingeomat S. A. Ingeniería en Geotécnia y Materiales Garzota II Mz. 135 V. 16 Telf. 04 2 655828 - 0998 282897			
<u>DISEÑO DE CONCRETO HIDRAULICO</u>			
Proyecto:		Ubicación:	
Solicita:		Fecha:	
Descripción del material: Piedra Caliza triturada (67) - Arena Homogenizada.			
<u>Datos de Laboratorio</u>		<u>Necesidades técnicas</u>	
Agregado Grueso	D.S.S.S. = 2485,2 Kg./m ³	f'c = 400 Kg./cm ²	
	P.V.V. = 1534,0 Kg./m ³	revenimiento = 15 cm.	
	P.V.S. = 1455,0 Kg./m ³	tamaño máximo del = 3/4" 19 mm	
Agregado Fino	D.S.S.S. = 2578,0 Kg./m ³	Sin aire incluido	
	P.V.S. = 1572,0 Kg./m ³		
	M.F. = 2,8		
	V.A.G. = 0,61		
∇ cemento = 3000 Kg./m ³			
∇ agua = 1000 Kg./m ³			
% absorción =	% A.G. = 1,25 %		
	% A.F. = 1,32 %		
<u>Cálculo de la cantidad de agua por m³</u>			
Revenimiento: 15 cm.		volumen de agua: 191,2 lts. para cada m ³	
Tamaño máximo de agregado: 19,0 mm		191,2 Kg.	
		volumen de agua corregido: 196,1 lts. para cada m ³	
		196,1 Kg.	
<u>Cálculo de la cantidad de cemento</u>			
Resistencia: f'c = 400 Kg/cm ²			
A/C = 0,30			
C = 653,58 Kg. para cada m ³			
<u>Cálculo de la cantidad de volúmenes para 1 m³ de hormiçón (V=P/∇)</u>			
Cemento = $\frac{653,58 \text{ Kg}}{3000 \text{ Kg/m}^3}$ =		0,2179 m ³	217,9 dm ³
Agua = $\frac{196,1 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3}$ =		0,1961 m ³	196,1 dm ³
Piedra = $\frac{P.V.V. * V.A.G.}{D.S.S.S.}$ =		0,3765 m ³	376,5 dm ³
Aire = Para 19 mm		0,1 %	1,0 dm ³
Arena = 208,5 dm ³			
1			

El 40 % de agregado fino es lo máximo permitido con relación al volumen total que forman agregado

grueso mas fino.

Piedra	=	376,5	dm ³	585,1	100
Arena	=	208,5	dm ³	208,5	X
		<u>585,1</u>	dm ³		
					X = 35,64 %

Arena = **35,64 %**

CORRECCIONES

35 % de	585,1	=	204,8 dm ³	0,205 m ³
Volúmen de arena corregida			204,8 dm ³	0,2048 m ³
Volúmen de piedra corregida			380,3 dm ³	0,3803 m ³
				<u>0,5851</u> m ³

Peso en Kg en 1 Kg/m³ de hormigon

Cemento	3000	Kg./m ³	x	0,218	m ³	653,576	Kg	
Agua	1000	Kg./m ³	x	0,196	m ³	196,07	Kg	
Piedra	D.S.S.S.	2485	Kg./m ³	x	0,3803	m ³	945,11	Kg
Arena	D.S.S.S.	2578	Kg./m ³	x	0,2048	m ³	527,91	Kg
						<u>2322,66</u>	Kg	

Datos para elaborar hormigón por peso

**Cantidades de material para un saco de cemento
peso saco de cemento igual a 50 Kg.**

<u>653,58</u>	Kg	13,07	coeficiente(# de sacos que se va a utilizar)
50	Kg		

Cemento	<u>653,58</u> Kg	50,00 Kg
	13,0715	
Agua	<u>196,07</u> Kg	15,00 Kg
	13,0715	
Piedra	<u>945,11</u> Kg	72,30 Kg
	13,0715	
Arena	<u>527,91</u> Kg	40,386 Kg
	13,0715	

Datos para elaborar hormigón por peso

Anexo 5: Tercer diseño de concreto hidráulico

	Cantidad de materiales para producir 6 cilindros de concreto (pequeños)			
	Cemento	6,80121	Kg	Se utilizó Cemento HE
	Agua	2,04036	Litros	
	Piedra	8,99307	Kg	
	Arena	5,02324	Kg	
0,011	Aditivo	62,344	cm³	
Se coloca el aditivo al 1,1% del peso del cemento				
	Aditivo	Sikament HE 200		
	Norma ASTM-C 494 Tipo A, F y E			

Anexo 6: Cálculo del tercer diseño de concreto hidráulico

Ingeomat S. A. Ingeniería en Geotécnia y Materiales Garzota II Mz. 135 V. 16 Telf. 04 2 655828 - 0998 282897			
DISEÑO DE CONCRETO HIDRAULICO			
Proyecto:	Ubicación:		
Solicita:	Fecha:		
Descripción del material: Piedra Caliza triturada (67) - Arena Homogenizada.			
<u>Datos de Laboratorio</u>		<u>Necesidades técnicas</u>	
Agregado Grueso	D.S.S.S. = 2485,2 Kg./m ³	f'c = 400 Kg./cm ²	
	P.V.V. = 1534,0 Kg./m ³	revenimiento = 18 cm.	
	P.V.S. = 1455,0 Kg./m ³	tamaño máximo del = 3/4" 19 mm	
Agregado Fino	D.S.S.S. = 2578,0 Kg./m ³	Sin aire incluido	
	P.V.S. = 1572,0 Kg./m ³		
	M.F. = 2,8		
	V.A.G. = 0,61		
∇ cemento = 3000 Kg./m ³			
∇ agua = 1000 Kg./m ³			
% absorción =	% A.G. = 1,10 %		
	% A.F. = 1,20 %		
<u>Cálculo de la cantidad de agua por m³</u>			
Revenimiento: 18 cm.	volumen de agua: 201,8 lts. para cada m ³		
Tamaño máximo de agregado: 19,0 mm	201,8 Kg.		
	volumen de agua corregido: 206,4 lts. para cada m ³		
	206,4 Kg.		
<u>Cálculo de la cantidad de cemento</u>			
Resistencia: f'c = 400 Kg/cm ²			
A/C = 0,30			
C = 688,07 Kg. para cada m ³			
<u>Cálculo de la cantidad de volúmenes para 1 m³ de hormiçón (V=P/∇)</u>			
Cemento = $\frac{688,07 \text{ Kg}}{3000 \text{ Kg/m}^3}$ =	0,2294 m ³	229,4 dm ³	
Agua = $\frac{206,4 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3}$ =	0,2064 m ³	206,4 dm ³	
Piedra = $\frac{P.V.V. * V.A.G.}{D.S.S.S.}$ =	0,3765 m ³	376,5 dm ³	
Aire = Para 19 mm	0,1 %	1,0 dm ³	
Arena = 186,7 dm ³			

1

El 40 % de agregado fino es lo máximo permitido con relación al volumen total que forman agregado

grueso mas fino.

Piedra	=	376,5	dm ³	563,2	100
Arena	=	186,7	dm ³	186,7	X
		<u>563,2</u>	dm ³		X = 33,15 %

Arena = **33,15 %**

CORRECCIONES

35 % de **563,2** = **197,1** dm³ **0,197** m³

Volúmen de arena corregida	197,1	dm ³	0,1971	m ³
Volúmen de piedra corregida	366,1	dm ³	<u>0,3661</u>	m ³
			<u>0,5632</u>	m ³

Peso en Kg en 1 Kg/m³ de hormigon

Cemento	3000	Kg./m ³	x	0,229	m ³	688,07	Kg	
Agua	1000	Kg./m ³	x	0,206	m ³	206,42	Kg	
Piedra	D.S.S.S.	2485	Kg./m ³	x	0,3661	m ³	909,82	Kg
Arena	D.S.S.S.	2578	Kg./m ³	x	0,1971	m ³	<u>508,20</u>	Kg
						<u>2312,50</u>	Kg	

Datos para elaborar hormigón por peso

Cantidades de material para un saco de cemento
peso saco de cemento igual a 50 Kg.

688,07 Kg
50 Kg **13,76** coeficiente(# de sacos que se va a utilizar)

Cemento	<u>688,07</u> Kg	50,00 Kg
	<u>13,7614</u>	
Agua	<u>206,42</u> Kg	15,00 Kg
	<u>13,7614</u>	
Piedra	<u>909,82</u> Kg	66,11 Kg
	<u>13,7614</u>	
Arena	<u>508,20</u> Kg	36,929 Kg
	<u>13,7614</u>	

Datos para elaborar hormigón por peso

Anexo 7: Diseño final del hormigón con fibras metálicas

ES 200-H	0.25	2.25	0.25	1.00	0.25
ES 25-125-H	0.25	4.25	0.25	1.00	0.25
ES 30-100-H	1.25	1.25	0.25	1.00	1.00
ES 35-100-H	1.25	2.44	0.25	1.00	0.75
ES 40-100-H	1.15	2.94	0.25	1.00	0.67
ES 45-100-H	2.00	2.94	0.25	1.00	2.15
ES 50-100-H	2.15	2.25	0.25	1.00	1.45
ES 55-100-H	1.85	2.25	0.25	1.00	1.15
ES 60-100-H	2.75	2.15	0.25	1.00	1.25
ES 65-100-H	1.2	2.94	0.15	1.00	0.45
ES 70-100-H	5.65	2.15	0.25	1.00	1.67
ES 75-100-H	1.2	2.44	0.25	1.00	1.25
ES 80-100-H	1.2	2.25	0.25	1.00	1.25
SUB-TOTAL 21 M3					20.62

CONTINUAR

Receta No. 4
 Cantidad de materiales para producir 6 cilindros de concreto (pequeños) + Una Viga.

Cemento	12,9286 Kg	✓
Agua	4,52502 Litros	
Piedra	27,6794 Kg	✓
Arena	16,0282 Kg	✓
0,011 Aditivo	118,512 cm ³	(148,2 g)

Se coloca el aditivo al 1,1% del peso del cemento

Aditivo	Sikament HE 200
Norma ASTM-C 494 Tipo A, F y E	

01 de julio de 2024.

	kg	μg
R1 - 70ms	4110g	719,961
R2 - "	4030g	338,528
R3 - "	4,188g	282,486

4.525
1.270

5,795

62,44 kg

OPERADOR _____ CALCULADO POR _____ VERIFICADO POR _____
Imprenta de la Universidad de Cúcuta

Anexo 8: Cálculos del diseño final del hormigón hidráulico

Ingeomat S. A. Ingeniería en Geotécnia y Materiales Garzota II Mz. 135 V. 16 Telf. 04 2 655828 - 0998 282897			
<u>DISEÑO DE CONCRETO HIDRAULICO</u>			
Proyecto:	Ubicación:		
Solicita:	Fecha:		
Descripción del material: <i>Piedra Caliza triturada (67) - Arena Homogenizada.</i>			
<u>Datos de Laboratorio</u>		<u>Necesidades técnicas</u>	
Agregado Grueso	D.S.S.S. = 2968,0 Kg./m ³	f'c = 400 Kg./cm ²	
	P.V.V. = 1641,4 Kg./m ³	revenimiento = 18 cm.	
	P.V.S. = 1507,1 Kg./m ³	tamaño máximo del = 3/4" 19 mm	
Agregado Fino	D.S.S.S. = 2578,0 Kg./m ³	Sin aire incluido	
	P.V.S. = 1572,0 Kg./m ³		
	M.F. = 2,8		
	V.A.G. = 0,61		
∇ cemento = 3000 Kg./m ³			
∇ agua = 1000 Kg./m ³			
% absorción =	A.G. = 1,10 %		
	A.F. = 1,20 %		
<u>Cálculo de la cantidad de agua por m³</u>			
Revenimiento: 18 cm.		volumen de agua: 180,5 lts. para cada m ³	
Tamaño máximo de agregado: 19,0 mm		180,5 Kg.	
		volumen de agua corregido: 184,7 lts. para cada m³	
		184,7 Kg.	
<u>Cálculo de la cantidad de cemento</u>			
Resistencia: f'c = 400 Kg/cm ²			
A/C = 0,35			
C = 527,69 Kg. para cada m ³			
<u>Cálculo de la cantidad de volúmenes para 1 m³ de hormigón (V=P/∇)</u>			
Cemento = $\frac{527,69 \text{ Kg}}{3000 \text{ Kg/m}^3}$ =	0,1759 m ³	175,9 dm ³	
Agua = $\frac{184,7 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3}$ =	0,1847 m ³	184,7 dm ³	
Piedra = $\frac{P.V.V. * V.A.G.}{D.S.S.S.}$ =	0,3373 m ³	337,3 dm ³	
Aire = Para 19 mm	0,5 %	5,0 dm ³	
Arena = 297,1 dm ³			
1			
El 40 % de agregado fino es lo máximo permitido con relación al volumen total que forman agregado			

grueso mas fino.

Piedra	=	337,3	dm ³	634,4	100
Arena	=	297,1	dm ³	297,1	X
		<u>634,4</u>	dm ³		
					X = 46,82 %

Arena = **46,82 %**

CORRECCIONES

35 % de	634,4	=	222,0	dm ³	0,222	m ³
Volúmen de arena corregida			222,0	dm ³	0,2220	m ³
Volúmen de piedra corregida			412,4	dm ³	0,4124	m ³
					<u>0,6344</u>	m ³

Peso en Kg en 1 Kg/m³ de hormigon

Cemento	3000	Kg./m ³	X	0,176	m ³	527,693	Kg	
Agua	1000	Kg./m ³	X	0,185	m ³	184,69	Kg	
Piedra	D.S.S.S.	2968	Kg./m ³	x	0,4124	m ³	1223,90	Kg
Arena	D.S.S.S.	2578	Kg./m ³	x	0,2220	m ³	572,43	Kg
						<u>2508,72</u>	Kg	

Datos para elaborar hormigón por peso

Cantidades de material para un saco de cemento
peso saco de cemento igual a 50 Kg.

527,69	Kg	10,55	coeficiente(# de sacos que se va a utilizar)
50	Kg		

Cemento	<u>527,69</u>	Kg	50,00	Kg
	10,5539			
Agua	<u>184,69</u>	Kg	17,50	Kg
	10,5539			
Piedra	<u>1223,90</u>	Kg	115,97	Kg
	10,5539			
Arena	<u>572,43</u>	Kg	54,239	Kg
	10,5539			

Datos para elaborar hormigón por peso