

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



TEMA:

INCLUSION DE FIBRAS METALICAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS.

PRESENTADO POR:

CACERES SALAMANCA, GUSTAVO ALBERY

MEMBREÑO CASTILLO, YONI ANTONIO

VILLATORO BOLAINAZ, JOSE ROBERTO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:

ING. JAIME PERLA PALACIOS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE, 12 DE DICIEMBRE DE 2017

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

RECTOR

ING. NELSON BERNABE GRANADOS

VICE-RECTOR ACADÉMICO

M.SC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FISCAL GENERAL INTERINA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ

DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ

VICE-DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ

SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

**COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL DEPARTAMENTO
DE INGENIERIA CIVIL.**

ING. JAIME PERLA PALACIOS

DOCENTE DIRECTOR

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

TRIBUNAL CALIFICADOR

ING. RIGOBERTO LOPEZ

TRIBUNAL CALIFICADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

TITULO:

INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.

PRESENTADO POR:

CÁCERES SALAMANCA, GUSTAVO ALBERY.

MEMBREÑO CASTILLO, YONI ANTONIO.

VILLATORO BOLAINAZ, JOSÉ ROBERTO.

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. JAIME PERLA PALACIOS.

DOCENTE DIRECTOR

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE, DICIEMBRE DE 2017

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. JAIME PERLA PALACIOS

DOCENTE DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quedemos agradecer a Dios por darnos salud, entendimiento y sabiduría para alcanzar esta meta, a pesar de todas las dificultades que debimos afrontar a lo largo del camino.

A nuestros padres, ya que esto es fruto del incansable trabajo y sacrificio que ellos han tenido que pasar para que nosotros podamos alcanzar uno de los sueños más grandes e importante de nuestras vidas. Además, a toda la familia por el apoyo, comprensión y consejos a lo largo de todo este tiempo.

A nuestros catedráticos, por poner su mayor esfuerzo para orientarnos profesionalmente a lo largo de nuestra carrera. Al Ing. Rigoberto López, Ing. Jaime Perla Palacios, Ing. Milagro de María Romero de García, Ing. José Luis Castro Cordero, Ing. Dilber Sánchez, por todo el apoyo durante la duración de esta investigación.

También queremos agradecer al Ing. Wilfredo Alexander Henríquez Canales y Tec. Rene Humberto Díaz. de Soil Tester Dealer S.A. de C.V. por permitirnos realizar todas las pruebas a los especímenes de concreto para el desarrollo de esta investigación.

Profundamente agradecidos

Gustavo Albery Cáceres Salamanca

Yoni Antonio Membreño Castillo

José Roberto Villatoro Bolainez

DEDICATORIA

Primordialmente agradecer a Nuestro Dios por permitirme culminar mis estudios superiores, por darme la vida y salud a lo largo de todo este tiempo.

Además agradecer a mis padres que siempre me apoyaron en especial a mi madre: Celia Margarita Salamanca que siempre estuvo para aconsejarme y desear lo mejor para mi persona, mi padre: Gustavo Cáceres González que se mantuvo pendiente apoyándome a lo largo de mi vida; sin su apoyo incondicional esto no hubiera sido posible, gracias por creer en mí y estar seguros que mi carrera profesional terminaría de la mejor manera. A mis Abuelos: Aminta y Carlos Salamanca, que me inspiraron con sus hábitos, valores lo cual me han ayudado en los momentos más difíciles, Mis hermanas y a todos los demás miembros de mi familia, a todos ustedes les dedico este logro tan importante para mi vida.

A ustedes Amigos que a lo largo de esta etapa he ido conociendo, gracias a ustedes hemos salido adelante con este logro que hemos alcanzado juntos, sé que podre confiar y contar en ustedes en un futuro ya que el amigo es aquel que está en los buenos y malos momentos.

Mis docentes que desde pequeño me han formado con principios y valores, hasta hoy en día con los docentes de mi educación superior, gracias por educarme y darme todos los conocimientos éticos adquiridos, todo esto servirá para convertirme en un excelente profesional.

Agradecimientos totales a todas las personas que están en mi circulo de vida siempre estarán en mi corazón todos ustedes son especiales en mi vida, este logro se lo dedico a ustedes con gran aprecio Infinitas Gracias.

GUSTAVO ALBERY CACERES SALAMANCA

DEDICATORIA

Al Creador, por darme la fortaleza de seguir adelante aun cuando las cosas se ponían difíciles, por regalarme la salud y la voluntad para para luchar por las cosas que deseo.

A mis Padres: María Ángela Castillo de Membreño y Antonio Membreño Gómez por todo el apoyo económico y emocional que me brindaron de manera incondicional durante mi formación profesional, porque indiscutiblemente sin ellos, este logro no sería posible.

A mis hermanos, Wilber Osmar Membreño, Marlon Mauricio Membreño, Yesenia Aracely Membreño y a toda la familia en general, por la comprensión en tantas ausencias en reuniones y actividades familiares en las que mis estudios no me permitieron participar por distintas situaciones y por todos los consejos y ánimos que me brindaban.

A mis compañeros de trabajo de grado, por su arduo trabajo e incansable persistencia para lograr la culminación de esta investigación, por la disposición a soportar los sacrificios que este trabajo nos ha exigido.

A mis amig@s, Eleazar Urrutia, Eduardo Reyes, Rubén Ramos, Daniel Quintanilla, Alex Guevara, Alejandro Ventura, Johnny Galeano, Erika Álvarez, por su apoyo incondicional y por creer en mí, aun cuando yo dejaba de hacerlo, por estar siempre en las buenas y en las malas.

A los docentes de la Universidad de El Salvador, por aportar sus valiosos conocimientos para nuestra formación profesional, por fomentarnos valores éticos, morales, profesionales y personales.

Verdaderamente Agradecido,

YONI ANTONIO MEMBREÑO CASTILLO.

DEDICATORIA

A mi dios todo poderoso:

Por regalarme la vida y estar siempre a mi lado, dándome sabiduría, fuerza y esperanza para alcanzar este sueño. He podido culminar con éxito mi carrera y obtener este título.

A mis padres:

A mi padre Juan Alberto Villatoro y mi madre Imelda Marina de Villatoro gracias es una palabra que se queda muy corta para poder decirles lo mucho que les agradezco, por darme la vida, por su apoyo incondicional para triunfar en esta etapa de mi vida.

A mis abuelitos:

María Juana Rios y Hernán Villatoro Villatoro (Q.D.D.G) por haberme ayudado en toda mi vida, económica, moral y espiritual para lograr este título que en especial va para ti.

A mis hermanos:

Josué y Luis, por su comprensión y apoyo.

A mis demás familiares:

Por su apoyo, comprensión y aprecio.

A mi señora esposa:

Paola ventura por apoyarme día con día en esta carrera, darme palabras de aliento, y por darme ese privilegio de conocer a mi hija, mi princesa Fernanda Villatoro.

A mis compañeros y amigos:

Por sus palabras de aliento y motivación. Gracias por siempre.

A todos y cada uno de ustedes gracias ya que sin ustedes esto no sería realidad.

JOSE ROBERTO VILLATORO BOLAINAZ.

RESUMEN EJECTUTIVO

La industria de la construcción es un mundo muy cambiante, por lo que las nuevas maneras fabricar concreto en busca de algunos beneficios técnicos y mecánicos es también un aspecto que está en constante innovación. En la presente investigación se realizan pruebas de laboratorio a especímenes de concreto con la adición de fibras metálicas Hélix 5-25 con el fin de determinar las variaciones de las propiedades mecánicas. La investigación consta de cinco capítulos, en el CAPITULO I- GENERALIDADES se describe la problemática que presentan actualmente en El Salvador los pavimentos de concreto Hidráulico y se plantea una posible solución, se establecen los objetivos que darán una ruta a esta investigación. En el CAPITULO II- MARCO REFERENCIAL se reúne un conjunto de teorías acerca del uso de fibras metálicas e el concreto, fichas técnicas de la fibra, antecedentes de su uso y también se describen las propiedades y características del concreto hidráulico y de los pavimentos rígidos. En el CAPITULO III-PROCESAMIENTO se describe los procesos mediante los cuales se realiza la elaboración de la mezcla, hechura y curado de especímenes y la descripción de la realización de las pruebas de laboratorio. En el CAPITULO IV- ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS se realiza un análisis técnico, económico y ambiental para analizar la factibilidad de la inclusión de fibras metálicas en los pavimentos rígidos. En el CAPITULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES se realizan conclusiones de manera general en base a los resultados obtenidos de esta investigación y se realizan recomendaciones para posibles nuevas investigaciones.

ÍNDICE TEMÁTICO

Introducción.....	i
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Alcances y Limitaciones	5
1.5. Metodología de la Investigación	7
1.5.1. Tipos de investigación.....	7
1.5.2. Universo, Población y Muestra	7
1.5.3. Unidad de Análisis	8
1.5.4. Descripción de Variables	9
1.5.5. Esquema general de pruebas de laboratorio	10
1.5.6. Técnicas de Recopilación de datos.....	11
1.5.7. Análisis de Resultados	11
1.6. Trabajos de Laboratorio	11
1.7. Trabajos de gabinete	12
2. MARCO REFERENCIAL	14
2.1. Marco teórico	14
2.1.1. Introducción a las fibras	14
2.1.2. Tipos de fibras.....	15
2.1.3. Propiedades de las fibras	22
2.1.4. Componentes del Concreto	26
2.1.5. Tipos de Concreto	27

2.1.6. Propiedades Mecánicas del Concreto.....	32
2.1.7. Fisuración por Contracción plástica.....	34
2.1.8. Temperatura del Concreto.....	35
2.1.9. Tipos de vibrados para el Concreto.....	37
2.1.10. Carbonatación del concreto.....	41
2.1.11. Pavimentos Rígidos.....	43
2.1.12. Propiedades de los Pavimentos Rígidos.....	51
2.1.13. Concreto Reforzado con Fibras de Acero	54
2.2. Marco Histórico	54
2.2.1. Historia de las Fibras.....	54
2.2.2. Antecedentes del uso de fibras	56
2.3. . Marco Conceptual	57
2.3.1. Definición de Fibras	57
2.3.2. Definición de Concreto	58
2.3.3. Definición de Pavimentos Rígidos.....	58
2.4. Normas para la ejecución de la investigación.	59
2.4.1. Normas Técnicas Para las Fibras	59
2.4.2. Normas Técnicas Para el Concreto	59
2.4.3. Manuales de diseños de los Pavimentos Rígidos.....	60
3. PROCESAMIENTO.....	62
3.1. Realización de Práctica estándar para hechura y curado de especímenes de prueba en el laboratorio.	62
3.2. Realización de Prueba estándar para la reducción del hormigón hidráulico-cemento al Concreto Convencional y al Concreto con Fibras Metálicas.	75
3.3. Realización de prueba de Resistencia a la compresión y módulo de ruptura de cilindros testigos.....	78

3.4. Realización de prueba de resistencia a la Tensión con carga aplicada en el punto medio al concreto convencional y al concreto con Fibras Metálicas.....	81
3.5. Realización de prueba de Resistencia a la tensión con carga aplicada en el Punto Tercios del claro al concreto convencional y al concreto con Fibras Metálicas.	83
4. ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS	87
4.1. Análisis Técnico.....	87
4.1.1. Resultados obtenidos del laboratorio de Suelos y Materiales.	87
4.1.2. Variación de temperaturas para la elaboración de mezclas de concreto	99
4.1.3. Variación de la Trabajabilidad del concreto convencional y concreto con Fibra Metálica. ASTM C-143.....	99
4.1.4. Variación de la Resistencia de la Compresión del Concreto convencional respecto al concreto con Fibra Metálica.....	101
4.1.5. Variación de la Resistencia a la Flexión del concreto (usando vigas simplemente apoyadas con carga puntual al centro). ASTM C-293.	104
4.1.6. Variación de la Resistencia a la Flexión del concreto (usando viga simple con carga a los tercios del claro). ASTM C-78.....	108
4.2. Análisis Económico.	116
4.3. Ventajas técnicas y económicas del empleo de fibras metálicas en el concreto.	145
4.4. Análisis Ambiental.....	146
4.5. Análisis estadístico.....	150
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	156
5.1. Conclusiones.	156
5.2. Recomendaciones.....	158
ANEXO A: DISEÑO DE MEZCLA.....	162
ANEXO B: RESULTADOS DE LABORATORIO	185
ANEXO C: ANTECEDENTES DEL USO DE LAS FIBRAS METALICAS.....	198

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1.0.1. Esquema general de los diferentes procesos para la investigación, los diferentes temas se explican paso a paso en los capítulos 3 y 4.....	10
Esquema 4.1. Efectos de la Inclusión de Fibras Metálicas al Concreto	140

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 2.1. Manejo de fibras de vidrio.....	20
Imagen 2.2. Fibras de seda (A), Fibras de Lana (B), Fibras de algodón (C).....	21
Imagen 2.3. Tipos de Fibras. Fuente: Concreto reforzado con fibra.	22
Imagen 2.4. Fibras largas de vidrios.....	25
Imagen 2.5. Cemento portland	26
Imagen 2.6. Acopio de agregados	26
Imagen 2.7. Empleo de reglas vibratorias para losas de pavimentos	40
Imagen 2.8. Diseño de pavimentos rígidos.....	44
Imagen 3.1. Tamizado de arena.....	67
Imagen 3.2. Engrasado de Moldes.....	67
Imagen 3.3. Recipiente o baldes con sus respectivos agregados.....	68
Imagen 3.4. Peso de las diferentes cantidades de fibras metálicas.....	69
Imagen 3.5. Inclusión de fibra a la mezcladora.....	70
Imagen 3.6. Mezcla depositada en carretilla para el debido manejo.....	71
Imagen 3.7. Toma de temperatura al concreto en estado fresco.....	71
Imagen 3.8. Moldes engrasados y colocados en una superficie plana	72
Imagen 3.9. Golpes con martillo de goma en diferentes partes del molde.....	73
Imagen 3.10. Fabricación de Viguetas	74
Imagen 3.11. Curado de los especímenes de concreto	74
Imagen 3.12. Prueba de revenimiento del trabajo de investigación	78
Imagen 3.13. Cilindro listo para ensayar en la máquina.	80
Imagen 3.14. Ensayo de flexión punto medio del claro.	82
Imagen 3.15. Medición de las viguetas para punto medios del claro.....	83
Imagen 3.16. Ensayo de tensión puntos tercios del claro.....	85
Imagen 3.17. Vigüeta después de falla con carga aplicada en tercios medios del claro.	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Propiedad mecánica de las fibras de vidrios.....	25
Tabla 2.2 Resumen de resultados obtenidos en tesis: Hormigones de fibras de Acero características Mecánicas.	57
Tabla 3.1. Descripción de materiales y equipos para hechura y curado de especímenes de prueba en el laboratorio	66
Tabla 3.2. Descripción de material y equipo de la prueba de revenimiento ASTM C143-90	76
Tabla 3.3. Descripción de materiales y equipo de la Prueba de Compresión de cilindros ASTM C39/C39M	79
Tabla 3.4. Descripción de materiales y equipo de la Prueba a la Tensión en Puntos Medios del Claro ASTM C293-0	82
Tabla 3.5. Descripción de materiales y equipo de la Prueba a la Tensión en Puntos Tercios del Claro ASTM C78-02	84
Tabla 4.1. Resultados de Compresión de especímenes de concreto sin fibras metálicas.....	87
Tabla 4.2. Resultados de Compresión de especímenes de concreto con 3Kg/m ³ de fibras metálicas	88
Tabla 4.3. Resultados de Compresión de especímenes de concreto con 6Kg/m ³ de fibras metálicas	89
Tabla 4.4. Resultados de Compresión de especímenes de concreto con 9Kg/m ³ de fibras metálicas	90
Tabla 4.5 Resultados de resistencia a la Flexión de puntos medios sin fibras metálicas	91
Tabla 4.6 Resultados de resistencia a la Flexión de puntos medios con 3Kg/m ³ de fibras metálicas	92
Tabla 4.7. Resultados de resistencia a la Flexión de puntos medios con 6Kg/m ³ de fibras metálicas	93
Tabla 4.8 Resultados de resistencia a la Flexión de puntos medios con 9Kg/m ³ de fibras metálicas	94
Tabla 4.9 Resultados de resistencia a la Flexión de puntos tercios sin fibras metálicas	95
Tabla 4.10. Resultados de resistencia a la Flexión de puntos tercios con 3Kg/m ³ de fibras metálicas	96

Tabla 4.11. Resultados de resistencia a la Flexión de puntos tercios con 6Kg/m ³ de fibras metálicas	97
Tabla 4.12. Resultados de resistencia a la Flexión de puntos tercios con 9Kg/m ³ de fibras metálicas	98
Tabla 4.13 Lectura de temperaturas de concreto con y sin fibras metálicas	99
Tabla 4.14. Asentamientos del concreto con y sin fibra.....	100
Tabla 4.15. Resistencia a la Compresión del Concreto a sus Diferentes Edades y Dosificaciones	102
Tabla 4.16. Resistencia a la Flexión del Concreto (Usando Viga simplemente Apoyada con Carga Puntual al Claro) a sus Diferentes Edades y Dosificaciones. ASTM C-293.	105
Tabla 4.17. Resistencia a la Flexión del Concreto (usando viga simple con carga a los tercios del claro) a sus Diferentes Edades y Dosificaciones. ASTM C-78	108
Tabla 4.18. Aportes de las fibras metálicas en la absorción de esfuerzos.....	112
Tabla 4.19 Variaciones porcentuales de Resistencias a la compresión y tensión puntos tercios.	114
Tabla 4.20. Precio unitario de concreto sin fibras metálicas.....	117
Tabla 4.21. Precio unitario de concreto con 3Kg/m ³ de fibras metálicas Hélix 5-25	118
Tabla 4.22. Precio unitario de concreto con 6Kg/m ³ de fibras metálicas Hélix 5-25.....	119
Tabla 4.23. Precio unitario de concreto con 9Kg/m ³ de fibras metálicas Hélix 5-25	120
Tabla 4.24. Resumen de costos unitarios y porcentajes de variación de concreto con y sin fibras metálicas.....	121
Tabla 4.25. Datos de entrada generales para el diseño.....	124
Tabla 4.26. Módulo de elasticidad para cada dosis de fibra.....	129
Tabla 4.27. Resultados de los espesores con las diferentes dosificaciones.....	134
Tabla 4.28. Variación de costos para el ejemplo explicativo	137
Tabla 4.29 Porcentaje de variación de volumen de concreto.	139
Tabla 4.30 Variación de costos de mano de obra.	139
Tabla 4.31 Alternativas de inversión	141
Tabla 4.32. Diferencias de costos mediante el VAN.....	144
Tabla 4.33 Relación costo beneficio de las alternativas.....	144
Tabla 4.34. Cuadro resumen de factibilidades de la incorporación de fibras.....	149

Tabla 4.35. Reporte de resultados SPSS simplificado.....	152
Tabla 4.36. Reporte de resultados SPSS.....	152
Tabla 4.37. Reporte de resultados SPSS.....	153
Tabla 4.38. Reporte de resultados SPSS.....	154

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 4.1. Variaciones de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto con y sin fibras metálicas a sus respectivas edades.	103
Grafica 4.2. Variaciones de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Usando Viga simplemente Apoyada con Carga Puntual al Claro) a sus Diferentes Edades y Dosificaciones. ASTM C-293.	106
Grafica 4.3. Variaciones de la Resistencia a la Flexión del Concreto (usando viga simple con carga a los tercios del claro) a sus Diferentes Edades y Dosificaciones. ASTM C-78 109	
Grafica 4.4. Esfuerzo deformación del concreto con fibra metálica y concreto sin fibra metálica.....	114
Grafica 4.5. Cantidades de fibras vs Costos (\$)	121
Grafica 4.6. Diagrama con representación de la ecuación predictiva.	151

Introducción.

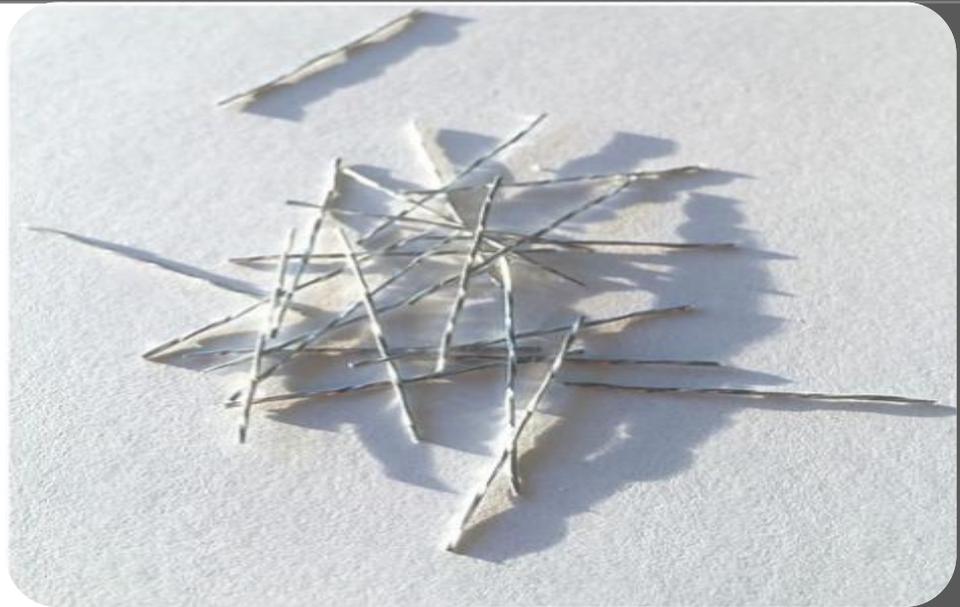
En la rama de la construcción, uno de los principales problemas con el que se tiene que lidiar día con día es la fisuración del concreto a temprana edad y también en estado endurecido, ya que este fenómeno disminuye la tenacidad considerablemente y genera mucho más riesgo de tener una falla frágil.

Con el paso del tiempo los pavimentos rígidos han venido presentado fisuraciones a temprana edad, mejor, unas de las causas posibles son: La fisuración por fatiga, fisuración por contracción plástica, Separación de juntas excesivas, fisuración por las sollicitaciones impuestas a cargas de tránsito y medios ambientales. Y así sucesivamente, por ejemplo algunas desventajas de esto como la entrada de materiales incompresibles en las juntas o fisuras, la filtración de aguas a través de las grietas que generalmente son de gran magnitud, efectos del alabeo y socavación de la base, lo que exige un mantenimiento correctivo exhaustivo y costoso.

En esta investigación se pretende analizar una posible solución a este problema agregando fibras metálicas al concreto con el fin de que pueda absorber esfuerzos antes de que el concreto se agriete así como después de que las grietas se presenten y determinar la variaciones que puedan surgir en cuanto a sus propiedades mecánicas, además la relación costo beneficio de la inclusión de dichas fibras tomando en cuenta que se manejan diversos tipos de fibras que serán detallados más adelante; sin embargo, se usaron para propósitos de esta investigación fibras metálicas Torsionadas Hélix 5-25 debido a la falta de diversidad de proveedores.

En la zona Oriental de nuestro país los pavimentos rígidos presentan excesivos daños en periodos de tiempos cortos y unos de los propósitos de la inclusión de estas fibras es aumentar la durabilidad y serviciabilidad de los pavimentos tratando de evitar la aparición de grietas y los efectos negativos de estas, con el fin de brindar a la ciudadanía un confort a lo largo de las vías y los mejores tiempos de viaje posibles, mismos que se logran con las buenas condiciones estructurales de las carreteras.

CAPITULO I: GENERALIDADES





1. GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del Problema

En El Salvador las vías terrestres son los principales elementos de comunicación y conectividad, debido a la ausencia de transporte aéreo en el interior del país y a los altos costos que estos presentarían, a causa de esto, los ciudadanos así como las cargas comerciales tienen como única opción movilizarse a través de las carreteras, sin embargo, la mayoría de estas, especialmente las de concreto hidráulico presentan un deterioro avanzado aun cuando no han cumplido el tiempo para el cual fueron proyectadas. Las carreteras son susceptibles a las inclemencias del tiempo y a la falta de regulación de la carga vial que se presenta en nuestro país, las cargas de impacto e inclusive puede señalarse las fallas en los diseños y la escasez de estudios realizados para ejecutarlas. Es por ello la importancia de buscar una solución a la problemática para ofrecer mejores estructuras viales.

Se plantea a través de esta investigación comparar las propiedades mecánicas de otros tipos de materiales en el concreto que puedan aumentar la capacidad de carga y que a su vez no incrementen los costos considerablemente ya que sería de gran ayuda para nuestra nación que necesitan del medio de transporte terrestre. Un material que puede aportar un mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto podría ser las Fibras Metálicas Hélix 5-25 ya que se ha demostrado de manera experimental que estas fibras aumentan la trabazón entre las partículas del concreto, aumentando la capacidad de absorber energías antes de agrietarse y una vez que las grietas aparecen evitan que las dimensiones de estas aumenten y aportan al concreto la capacidad de seguir soportando carga incluso después de la fisura.

Las Fibras metálicas que se distribuyen en el país son las fibras metálicas torsionadas Hélix 5-25, similar a la forma de una broca de perforación, lo que asegura un agarre firme con el concreto, caso diferente a las fibras lisas que pueden extraerse de la matriz de concreto con facilidad.



Contienen bajo contenido de carbono y son cortos filamentos discontinuos, esto permitirá usarlo en el concreto y que se genere una distribución aleatoria dentro de la matriz de concreto, lo que simula el principio del adobe de barro con paja. Para ello es necesario realizar un estudio experimental elaborando las pruebas respectivas que establecen las normas para garantizar la calidad del concreto, con ello verificaremos con claridad si la fibra metálica torsionada Hélix 5-25 aporta resistencia mecánica significativa al concreto.

Las pruebas que se le realizaran al concreto están regidas mediante las normas siguientes:

- **ASTM C143 método de prueba estándar para la reducción del hormigón hidráulico-cemento.**
- **ASTM C39/C39M Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.**
- **ASTM C78 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro).**
- **ASTM C-293 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto (usando viga simple con carga en el punto central).**
- **ASTM C-1064 Temperatura del concreto recién mezclado.**

Por lo que se genera la inquietud: ¿Será factible la inclusión de fibras metálicas en los pavimentos rígidos, para mejorar sus propiedades y contribuir así a la buena construcción y durabilidad de las vías de concreto hidráulico en El Salvador?



1.2. Objetivos

Objetivo General

- Evaluar la factibilidad de la inclusión de fibras metálicas a los Pavimentos Rígidos, mediante la comparación de las propiedades mecánicas del Concreto Convencional y Concreto con Fibras Metálicas.

Objetivos Específicos

- Determinar la variación en la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del Concreto convencional y Concreto con Fibras Metálicas.
- Analizar las variaciones en los resultados de la resistencia a la flexión del concreto convencional y el concreto con fibras metálicas, usando vigas simplemente apoyadas con carga puntual al centro según ASTM C-293 y usando viga simple con carga a los tercios del claro ASTM C-78 dos cargas iguales en los extremos del tercio medio y Punto medio del claro.
- Evaluar el comportamiento del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, utilizando distintas dosificaciones de fibras metálicas Hélix 5-25.
- Evaluar las variaciones en los espesores de los pavimentos rígidos al incorporar las Fibras Metálicas, mediante una simulación en el software de diseño de pavimentos Winpas.
- Determinar los porcentajes de variación en los volúmenes de concreto al incorporar fibras metálicas.
- Establecer la factibilidad técnica y económica de la inclusión de fibras metálicas en los pavimentos rígidos.



1.3. Justificación

Este enfoque está orientado a investigar cuales serían los pros y contras de la inclusión de fibras metálicas al concreto, puesto que consideramos un tema valioso para nuestra área de la construcción, con ello se puede prevenir un colapso en estructuras o una falla frágil que se dé en algún momento.

En el Salvador las vías que se construyen a base de concreto hidráulico presentan una diversidad de problemas entre los más comunes son los agrietamientos transversales y longitudinales que con el paso del tiempo y la presencia de cargas dinámicas llegan a generar alabeos en la superficie de rodamiento por lo que genera grandes costos de manteamiento correctivo y preventivo. Por lo que se pretende en esta investigación analizar la inclusión de fibras metálicas al concreto convencional y determinar el aporte que estas generan en cuanto a sus propiedades mecánicas, como una alternativa para construcciones más durables y con reducción a los costos de mantenimiento correctivo.

Se propone entonces analizar el comportamiento del concreto con fibra metálica que será utilizado para la construcción en los pavimentos rígidos, pues consideramos que sería ventajas tanto técnicas, mecánicas y económicas, con lo que podría innovarse el sistema constructivo de pavimentos rígidos en el futuro.

Esto pretende lograrse a través del sometimiento del concreto con fibras metálicas y el concreto convencional a pruebas de laboratorio para la determinación de las propiedades mecánicas tales como: Resistencia a la Compresión, Trabajabilidad, Resistencia a la Tensión aplicando cargas iguales en los extremos del tercio medio y Punto medio del claro. Con lo que se espera obtener algunas variaciones para poder determinar la factibilidad.



1.4. Alcances y Limitaciones

Alcances

- Se revisó la variación del Módulo de Ruptura (Resistencia a la Flexión) con las pruebas usando vigas simplemente apoyadas con carga puntual al centro según ASTM C-293 y usando viga simple con carga a los tercios del claro ASTM C-78.
- Se representan mediante graficas las variaciones en las propiedades mecánicas de del concreto convencional y se comparan con las propiedades del concreto con inclusión de fibras metálicas.
- Se determinan las variaciones en los espesores mediante una simulación en el software de diseño de pavimentos rígidos Winpas.
- Se evalúan las variaciones en los volúmenes de concreto para un área específica de pavimentación.
- Se establecen las variaciones de los costos de mano de obra.
- Se obtiene la factibilidad de la inclusión del concreto con fibras metálicas en pavimentos rígidos.



Limitaciones

- Se recurrió a laboratorios particulares para realizar las pruebas de resistencia de compresión de cilindros y flexión de viguetas ya que el laboratorio de Suelos y Materiales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental no cuenta con el equipo necesario para realizarlas.
- El costo de las fibras metálicas que fue adquirida a través de la empresa Prefacero que se encuentra en San Salvador, la cual comercializa productos y servicios de alta calidad referente al acero.
- Debido a las políticas de privacidad empresarial, no se nos brindaron resultados de proyectos ejecutado de concreto con fibras metálicas en El Salvador, sino que únicamente se nos brindaron los nombres de estos.
- El grado de complejidad que existe para poder ingresar a los laboratorios de las empresas, debido a la alta demanda de proyectos en ejecución que mantienen con su amplia cartera de clientes.
- La fibra metálica fue únicamente la que Prefacero nos proporcionó ya que solo esa empresa distribuye en el Salvador la fibra metálica Torsionada.
- La investigación se limitó al uso del cemento Tipo GU (ASTM C-1157), a un MR 36kg/cm^2 y dosificaciones de 3kg/m^3 , 6kg/m^3 hasta 9kg/m^3 de Fibra metálica Hélix 5-25, para no elevar los costos y el tiempo de duración de la investigación.
- La investigación no aborda el diseño geométrico de pavimentos sino que únicamente se tomaron los datos de entrada de la tesis “**Desarrollo de alternativa de diseño de estructura de pavimento de concreto hidráulico mediante el método mecanicista empírico en el salvador**” presentado por: Milagro Beatriz Castañeda Cardoza, Dennis Geovany Gómez Pérez, Michelle Arlene Macías Leiva en la Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Civil presentada en Marzo de 2015. Para la simulación realizada en el software de diseño de pavimentos Winpas.



1.5. Metodología de la Investigación

1.5.1. Tipos de investigación

Es de carácter experimental enfocado al campo de uso de nuevos materiales, específicamente un nuevo tipo de concreto (Con fibras Metálicas). Donde se manipularon la variable de proporcionamiento en el diseño de mezcla (Variando las dosificaciones de las fibras en función del peso) y se midieron los cambios que ésta manipulación causa en las propiedades mecánicas del concreto.

La investigación no está respaldada por antecedentes locales debido a que es muy escasa la utilización de la fibra en los concretos. Con los resultados de esta investigación podrían surgir nuevas investigaciones del concreto con fibras metálicas con una diversidad de enfoques que servirá como una plataforma para estudios posteriores.

1.5.2. Universo, Población y Muestra

Primeramente, para obtener una dosificación del cemento y agregados, así como la clasificación de ellos, se realizó por medio del Laboratorio de Suelos y Materiales **Soil Tester Dealer S.A. de C.V.** un Diseño de mezcla en base al ACI 211.1-81

Se elaboraron 4 pruebas de revenimiento con las 3 dosificaciones de fibra y 1 sin inclusión de fibras.

La prueba de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto constó con una muestra de 12 cilindros; 3 sin fibras metálicas, 3 con dosificaciones de fibra de 3 kg/m³, 3 con dosificaciones de fibra de 6 kg/m³, 3 con dosificaciones de fibra de 9 kg/m³, Teniendo en cuenta que un cilindro de cada dosificación se ensayó a las edades de 7 días, 14 días y finalmente 28 días respectivamente



Por último la prueba a la flexión carga en los puntos tercios ASTM C78 que consto con 12 viguetas; ; 3 sin fibras metálicas, 3 con dosificaciones de fibra de 3 kg/m³, 3 con dosificaciones de fibra de 6 kg/m³, 3 con dosificaciones de fibra de 9 kg/m³ y también la carga en el punto medio ASTM C293 se reflejara con 12 viguetas; 3 sin fibras metálicas, 3 con dosificaciones de fibra de 3 kg/m³, 3 con dosificaciones de fibra de 6 kg/m³, 3 con dosificaciones de fibra de 9 kg/m³ haciendo un total de 24 viguetas, teniendo en cuenta que una vigueta de cada dosificación se ensayó a las edades de 7 días, 14 días y finalmente 28 días respectivamente.

1.5.3. Unidad de Análisis

La Unidad de análisis para la investigación fueron las diferentes pruebas que se le realizaron al concreto con inclusión de fibras metálicas.

Las pruebas que se realizaron son:

- ASTM C143 método de prueba estándar para la reducción del hormigón hidráulico-cemento
- ASTM C39/C39M Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.
- ASTM C78 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro).
- ASTM C-293 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto (usando viga simple con carga en el punto central).
- ASTM C-1064 Temperatura del concreto recién mezclado.
- ASTM C-1609 Método de prueba estándar para el rendimiento de flexión del concreto reforzado con fibra (utilizando un haz con carga de tercer punto).



1.5.4. Descripción de Variables

La diversidad de resultados y variables que gobiernan la elaboración del concreto sin ninguna inclusión de un material, fueron las mismas evaluadas y comparadas al realizar la mezcla incluyendo fibras metálicas, las cuales fueron:

➤ **Trabajabilidad**

Se tomarán revenimientos de 3in a 5in, ya que son los recomendados para colar columnas, vigas, losas de pavimentos, la investigación está orientada a demostrar si el concreto con fibras metálicas podrá tener la misma trabajabilidad para ser usado en los pavimentos rígidos.

➤ **Proporcionamiento**

Se le incluirá fibras metálicas a la mezcla de concreto dosificándolas según su peso en Kilogramos las cuales son 3kg, 6kg y 9kg, con el fin de estudiar el efecto que tiene en la resistencia a los 28 días sin alterar ninguno de sus otros componentes. Como recomendación del distribuidor de fibras utilizaremos las mencionadas respectivamente.

➤ **Temperatura**

Se obtuvieron temperaturas del concreto fresco que varían de 23° a los 32° centígrados que son las temperaturas recomendadas para nuestro clima y fueron medidos con el termómetro que se encuentra en el laboratorio de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

➤ **Resistencia a la flexión**

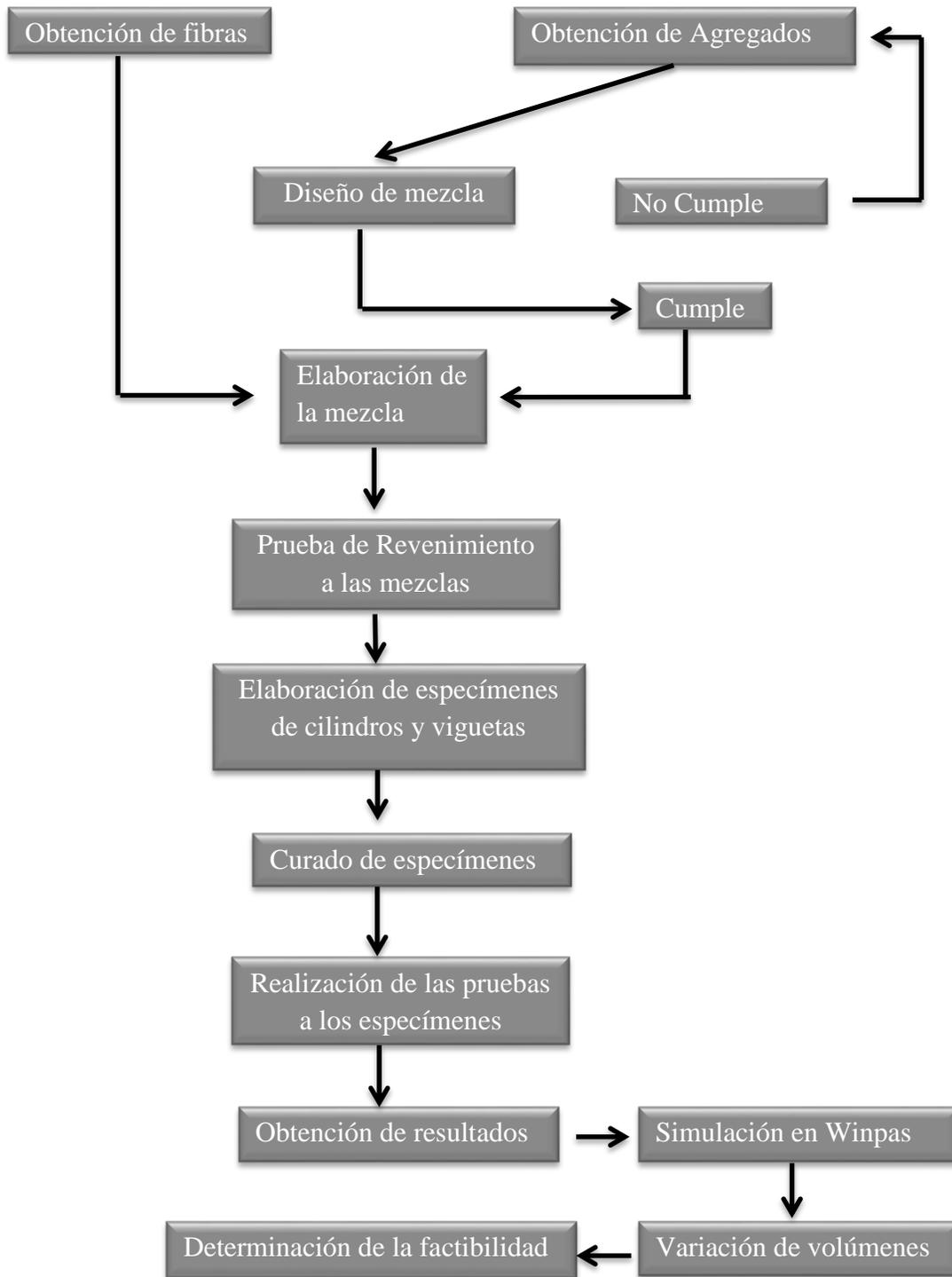
Es la propiedad del concreto más importante en esta investigación ya que se realizó una mezcla para un $MR = 36 \text{Kg/cm}^2$ en el concreto convencional (sin fibras metálicas) para las demás pruebas únicamente se incluirán las fibras en las dosis anteriormente especificadas.

➤ **Resistencia a la compresión**

Es la propiedad del concreto de soportar cargas axiales, en esta investigación se realizó una mezcla para un $F'c = 210 \text{Kg/cm}^2$ en el concreto convencional (sin fibras metálicas) para las demás pruebas únicamente se incluirán las fibras en las dosis anteriormente especificadas.



1.5.5. Esquema general de pruebas de laboratorio



Esquema 1.0.1. Esquema general de los diferentes procesos para la investigación, los diferentes temas se explican paso a paso en los capítulos 3 y 4



1.5.6. Técnicas de Recopilación de datos.

Los datos recopilados que se obtuvieron en este proyecto serán principalmente obtenidos a través de las pruebas que se realizaron en el laboratorio. Como las siguientes:

- Método de prueba estándar para la reducción del hormigón hidráulico-cemento
- Método de ensayo estándar para esfuerzos a compresión en especímenes cilíndricos de concretos
- La prueba a la flexión carga en los puntos tercios, y también está la carga en el punto medio del claro.

1.5.7. Análisis de Resultados

Posteriormente de los resultados de los revenimientos, compresión de cilindros y flexión de las viguetas; se compararon para determinar las posibles variaciones en las propiedades mecánicas del concreto como es la trabajabilidad, la resistencia a la compresión y resistencia a la tensión mediante graficas que reflejan el comportamiento del concreto por cada prueba, siendo estas ensayadas a los 7, 14 y 28 días. A partir de estos análisis se pudo establecer la factibilidad a través de costos, variaciones de volúmenes, espesores, ventajas técnicas e impactos ambientales para determinar si es viable incluir fibras metálicas para ser usado específicamente en pavimentos rígidos.

1.6. Trabajos de Laboratorio

Estos trabajos de laboratorio permitieron determinar las propiedades del concreto mediante ensayos físicos y mecánicos de los especímenes con las dosificaciones correspondientes.

Una vez elaborada la mezcla de concreto con y sin fibra metálica, se realizó los procedimientos detallados en las Normas Técnicas anteriormente citadas, para obtener resultados verídicos y representativos de los mismos procedimientos.



Para la elaboración de una buena mezcla se hizo uso de un diseño de mezcla, y materiales de alta calidad para obtener parámetros deseados y eficientes a la hora de la realización de la prueba de revenimiento y la elaboración de los cilindros y viguetas sin que haya inconvenientes a la hora de la elaboración.

Con los datos obtenidos del laboratorio, una de las principales necesidades es la demostración de la resistencia que obtuvo el concreto con fibras metálicas a un concreto convencional.

Para determinar la resistencia máxima, tendríamos que esperar los 28 días donde el concreto alcanza su máxima resistencia, pero antes se le harán pruebas a los 7 y 14 días.

1.7. Trabajos de gabinete

En esta fase de la investigación se recolecto todos los resultados arrojados por el laboratorio de los ensayos respectivos que se le hará al concreto con fibras metálicas comparándola con el concreto convencional, por consiguiente, se mostraran todas las características físicas y mecánicas de las pruebas que se sometieron al laboratorio, después de los resultados obtenidos haremos uso de informes técnicos, simulaciones en programas computarizados y cálculos etc.

CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL





2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

2.1.1. Introducción a las fibras

El concreto es uno de los materiales más usados en la construcción, pero a pesar de su increíble resistencia a la compresión, no resiste esfuerzo a tracción. Se dice que desde mediados del siglo XX se ha venido estudiando los hormigones con fibras. Cada día estos tipos de hormigones son más usados ya que en el mercado han venido revolucionando, además de disminuir costos operativos actúan de manera estructural, debido a la adición de fibras mejoran sus características de tenacidad, control de fisuración y resistencia a la flexión.

Durante las tres últimas décadas se ha producido un gran desarrollo en la industria de la construcción, desarrollo que ha alcanzado, no sólo a las técnicas de diseño y cálculo, sino también a la tecnología del hormigón y, por supuesto, al propio hormigón. Y es lógico que esto sea así, pues refiriéndonos concretamente al caso del hormigón hemos de decir que, a pesar de su larga vida, pocos avances han experimentado hasta nuestros días este noble material.

Las fibras empleadas en el hormigón reforzado son discontinuas, presentando una distribución discreta y uniforme que confiere al material una gran isotropía y homogeneidad. La efectividad de la acción reforzante y la eficacia en la transmisión de tensiones depende de muchos factores, pero, especialmente, de la naturaleza y del tipo de fibra empleado. Las fibras actualmente empleadas pueden ser minerales, orgánicas y metálicas.

Las fibras se han utilizado como refuerzo desde la antigüedad. Históricamente, los pelos de caballo se utilizaban en el mortero y la paja en ladrillos de barro. A principios de 1900, las fibras de asbesto se utilizaban en el hormigón, y en la década de 1950 surge el concepto de materiales compuestos y el hormigón reforzado con fibra fue uno de los temas de interés.

En la década de los 70 se comenzaron a utilizar en España hormigones reforzados con fibras en diversos ámbitos: Pavimentación de tableros de puentes, pavimentos industriales, puertos, revestimientos de túneles, prefabricados, etc.



De entre estas aplicaciones, la de revestimiento de túneles y taludes con hormigón reforzado con fibra de acero ha tenido gran éxito.

El hormigón reforzado con fibra, según el ACI (American Concrete Institute) no es más que hormigón hecho a partir de cementos hidráulicos, conteniendo áridos finos, o finos y gruesos y fibras discretas discontinuas.

Las fibras son elementos de corta longitud y pequeña sección que se incorporan a la masa del hormigón a fin de conferirle ciertas propiedades específicas en donde más adelante se mostrara las propiedades físicas de las fibras metálicas.

2.1.2. Tipos de fibras.

Las fibras siempre estuvieron presentes en materiales que tuvieron usos estructurales similares al concreto como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal entre otros. Las fibras vegetales son de uso obligado en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y le confieren así un mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos. El uso de las fibras naturales como un componente más en materiales de relleno o aglomerantes, no es así nuevo y se remonta varios siglos atrás. En concreto existen referencias tempranas de experimentación con un refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos) que se remontan a 1910.

Probablemente el uso más extendido de las fibras como un componente más en materiales aglomerantes haya sido su uso en elementos como tejas o prefabricados de asbesto cemento. En este caso las fibras de asbesto le conferían al material el monolitismo y la resistencia a la tensión buscada, sin embargo, por consideraciones de salud estas fibras de asbesto han sido sustituidas por otras de diferentes materiales que no tienen ningún efecto sobre la salud humana.

Los tipos de fibras según su material son: **Fibras Metálicas, Fibras Sintéticas, Fibras de vidrios, Fibras naturales.**

- **Fibras Metálicas:** Son secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y diámetro). Estas fibras son de acero en general de bajo contenido de carbón.



En general las fibras tienden a ser utilizadas donde se ha puesto como punto importante la propagación de grietas. La alta cantidad de fibras por Kg. Permite una distribución más homogénea del refuerzo de la fibra metálica en la matriz y por tanto un mayor control de agrietamiento durante el proceso de secado.

Ventajas:

- Reduce significativamente el riesgo de ruptura.
- Reduce los filos de las juntas.
- Juntas más fuertes.
- Alto impacto a la resistencia.
- Incremento de la resistencia a la fatiga.
- Reduce costos de mantenimiento.
- Mayor tiempo de vida.

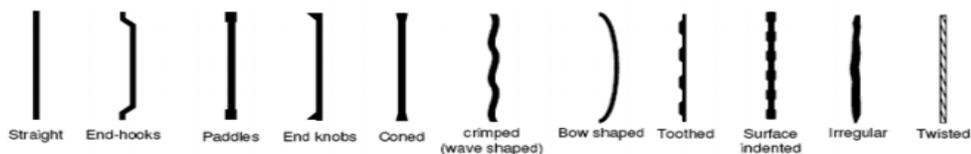


Figura 2.1 Forma geométrica de las fibras metálicas.

De acuerdo a nuestro proveedor de fibras metálicas “Hélix Steel” tiene tres tipos de fibras: Hélix 5-13, 5-25, 8-52; lo cual ha sido distribuida en El Salvador únicamente la fibra metálica 5-25 con su forma torsionada siendo esta la propuesta para nuestra investigación.

El diseño único y retorcido de Hélix permite Redistribución eficiente del esfuerzo de tracción dentro de hormigón antes de la fisuración del hormigón.

El resultado es un aumento significativo en la tensión del concreto. Capacidad y propiedades de pre-crack. A diferencia de barras de refuerzo y otras formas de refuerzo, Helix proporciona un refuerzo proactivo que se acopla al hormigón antes de que se formen grandes grietas.

Tipos de fibras metálicas según Hélix Steel:

1) Hélix 5-13:



Aplicaciones:

- Coberturas
- Losas
- Paneles de revestimiento
- Hormigón proyectado
- Pavimentación
- Prefabricado

Geometry:

Length: 13 mm (0.50 in)
Diameter: 0.50 mm (0.02 in)
50,614 fibers/kg (23,000 fibers/lb)

Geometría:

- Longitud: 13 mm (0.50 in)
- Diámetro: 0.50 mm (0.02 in)
- 50,614 fibras / kg (23,000 fibras / lb)

Figura 2.2. Fibra metálica 5-13
Fuente: Tomado de www.helixsteel.com

Resistencia a la tracción:

- Resistencia a la tracción: 246.5 ksi mínimo.
- (Mínimo de 1700 Mpa) Material: alambre de acero de alto carbono.

Cumple con las especificaciones:

- ACI 318
- ACI 360

Revestimiento:

- Recubrimiento: zinc electro chapado.

2) Hélix 5-25:



Geometry:

Length: 25 mm (1.00 in)
 Diameter: 0.50 mm (0.02 in)
 25,307 fibers/kg (11,500 fibers/lb)

Figura 2.3. Fibra metálica 5-25
 Fuente: Tomado de www.helixsteel.com

Aplicaciones:

- Muros estructurales
- Pisos estructurales
- Fundaciones
- Vigas / Columns
- Hormigón proyectado
- Pavimentación
- Prefabricado
- Reemplazo de barras de refuerzo

Geometría:

- Longitud: 25 mm (1.00 pulg)
- Diámetro: 0.50 mm (0.02 in)
- 25,307 fibras / kg (11,500 fibras / lb)

Resistencia a la tracción:

- Resistencia a la tracción: 246.5 ksi mínimo (Mínimo de 1700 Mpa)

Material: alambre de acero de alto carbono

Cumple con las especificaciones:

- ACI 318
- ACI 360
- ASTM A820-Tipo 1

Revestimiento:

- Recubrimiento: zinc electro chapado.



3) Hélix 8-52:



Figura 2.4. Fibra metálica 8-52
Fuente: Tomado de www.helixsteel.com

Aplicaciones:

- Muros estructurales
- Pisos estructurales
- Fundaciones
- Vigas / Columnas
- Hormigón proyectado
- Pavimentación
- Prefabricado
- Reemplazo de barras de refuerzo

Geometría:

- Longitud: 52 mm (2 in)
- Diámetro: 0,80 mm (0,03 in)
- Número de giros: 4
- 5.280 fibras / kg (2.400 fibras / lb)

Resistencia a la tracción:

- Resistencia a la tracción: mínimo 1700 N / mm²
- (Mínimo de 246,000 psi)

Material: alambre de acero duro dibujado. **Revestimiento:** Ninguno

Cumple con las especificaciones:

- ASTM A820 - Tipo 1
- ASTM C1609
- ASTM496
- ASTM C78



- **Fibras sintéticas:** Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Aramida, carbón, Polipropileno, Polietileno, Nylon, Poliéster etc. La fibra sintética es una fibra textil que se obtiene por síntesis orgánica de diversos productos derivados del petróleo

Fibras de Polietileno: Se obtienen por polimerización de monómeros a base de ácido tereftálico y glicol etilénico. Estas fibras, junto con las acrílicas y las de poliamida, constituyen las fibras sintéticas más importantes de la industria textil.

Fibras de Nylon: Es una fibra química textil sintética, obtenida a partir de derivados de productos petrolíferos y aceites, que generan un monofilamento continuo, resistente y ligero con el que se fabrican los tejidos. Fue la primera fibra sintética y la primera originada en USA, el descubrimiento del Nylon no se planeaba, sino que fue resultado de un programa de investigación fundamental diseñado para ampliar el conocimiento básico de la forma en la que las moléculas pequeñas se unen para formar moléculas gigantes (polímeros)

Fibras de Acrílico: Se define como fibra acrílica un polímero constituido por macromoléculas lineales cuya cadena contiene un mínimo del 85% en masa de unidad estructural correspondiente al acrilonitrilo.

- **Fibras de vidrios:** Sección discretas de fibra de vidrio resistente al álcali.

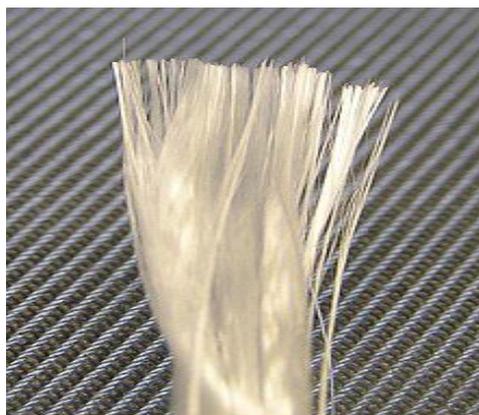


Imagen 2.1. Manoj de fibras de vidrio

La fibra de vidrio es un material que consta de numerosos filamentos poliméricos basados en dióxido de silicio (SiO_2) extremadamente finos.

La fibra de vidrio se conoce comúnmente como un material aislante. También se usa como un agente de refuerzo con muchos productos poliméricos; normalmente se usa para conformar plástico reforzado con vidrio que por metonimia también se denomina fibra de vidrio, una forma de material compuesto consistente en polímero reforzado con fibra.



Por lo mismo, en esencia exhibe comportamientos similares a otros compuestos hechos de fibra y polímero como la fibra de carbono. Aunque no sea tan fuerte o rígida como la fibra de carbono, es mucho más económica y menos quebradiza.

- **Fibras Naturales:** Sección discretas de origen como coco, si sal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5mm y 0.2mm, con valores de absorción superiores al 12%.

Se llama fibra natural a los fragmentos, hebras o pelo, cuyo origen está en la naturaleza, y que pueden hilarse para dar lugar a hilos o cuerdas. Las fibras que no provienen de la naturaleza se denominan fibras químicas, ya sean artificiales o sintéticas.

Los hilos obtenidos con las fibras, pueden tejerse para producir un tejido o apelmazarse para producir un no tejido. La única fibra natural que es capaz de formar un hilo es la seda; el resto de las fibras se deben teñir e hilar para poder ser utilizadas posteriormente en la fabricación de textiles. Además, las fibras naturales se utilizan para reforzar composites.

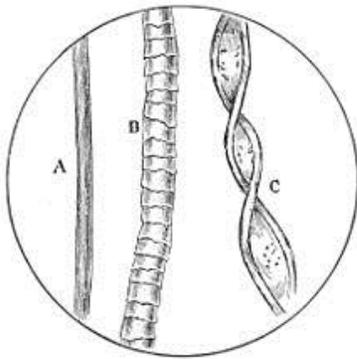


Imagen 2.2. Fibras de seda (A), Fibras de Lana (B), Fibras de algodón (C)

Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las microfibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05mm a 2.00mm. La relación de aspecto (L/d) de las microfibras varía entre 20 a 100.

Las dosificaciones en términos de peso varían así de acuerdo con la densidad del material, las fibras de acero requieren entre 20 a 50 kg/m³ de concreto y las fibras sintéticas (polipropileno) entre 2 a 9 kg/m³. Las microfibras actúan en estado endurecido, es decir antes de las 24 horas no tienen mayor efecto.



Imagen 2.3. Tipos de Fibras. Fuente: Concreto reforzado con fibra.

2.1.3. Propiedades de las fibras

➤ Propiedades de las fibras metálicas

Son fibras de acero de diferentes formas, con longitudes que van de 0.25 a 2.5 pulgadas, las cuales se vacían directamente al camión para mezclarlas con el concreto, de manera que se obtiene una sección de concreto homogénea, donde el refuerzo se encuentra distribuido de manera aleatoria en toda la masa de concreto, brindando así, un refuerzo omnidireccional más eficiente, a diferencia de sistemas de refuerzo tradicionales, donde el acero se coloca únicamente en una parte de la sección y en un solo plano (siempre y cuando se coloque adecuadamente), lo cual en muchas ocasiones puede ser prácticamente imposible.

Esta distribución del acero en las fibras metálicas, permite absorber de manera más eficiente los esfuerzos de contracción por secado del concreto ya endurecido, así como los esfuerzos generados por cambios de temperatura, disminuyendo así la posibilidad de agrietamientos originados por estos esfuerzos. Así mismo la incorporación de fibras metálicas aumenta el módulo de ruptura del concreto y por ende su capacidad de carga, por lo que en algunas ocasiones puede considerarse como un refuerzo primario al sustituir refuerzo con varilla de acero o malla electro soldada.



Además de permitir una mayor separación entre juntas y una mejor transferencia de cargas a través de las juntas de control, ya que las mantienen más cerradas, eficiente en el efecto de trabazón (interlock), que se da entre las secciones de concreto, separadas por la junta misma. Por otro lado, el uso de fibras metálicas elimina prácticamente los costos de mano de obra, de supervisión y desperdicios de material, asociados con la utilización de sistemas de refuerzo tradicional, donde se requiere una gran cantidad de personal, una buena supervisión y una gran cantidad de tiempo. Es así, que en la construcción de pisos de concreto reforzados con fibras metálicas, el tiempo de ejecución llega a reducirse a más de la mitad en comparación con un piso reforzado con sistemas tradicionales. Algunas de las características más importantes de las fibras metálicas son la forma que tenga para lograr un buen anclaje en el concreto y la relación de aspecto, la cual se refiere a la relación que existe entre la longitud y el diámetro equivalente de la fibra. Esta relación es uno de los principales parámetros que diferencia a las fibras metálicas entre sí, ya que generalmente una relación de aspecto mayor, proporciona un mejor desempeño, a cambio de una mayor dificultad en el mezclado, vaciado y acabado del concreto.

Otras propiedades de las fibras metálicas

- Distribución tridimensional en esfuerzo de fibras.
- Mayor resistencia del hormigón figurado a tracción, compresión y flexión.
- Uniformidad del esfuerzo en todas las direcciones.
- Mayor protección frente a cargas accidentales.
- Excelente resistencia a impactos.
- Mejora la resistencia a la corrosión de la armadura.
- Reducción de la fisuración por tracción.
- Incremento de la resistencia a la fatiga.
- Ahorro de materiales
- Periodos de construcción más reducidos dada la ausencia de mallas electro soldadas en refuerzo tradicionales.
- Las ondulaciones de las fibras han sido diseñadas de manera que permitan una máxima interacción entre el acero del hormigón.



Propiedades de las fibras sintéticas

Los tejidos de microfibra son extraordinariamente suaves e indeformables y poseen unas características muy ventajosas que son las siguientes:

- Tienen una gran capacidad de absorción (más o menos el doble que el algodón).
- Poseen una gran capacidad de limpieza.
- Consumen menos agentes limpiadores.
- Tienen una gran resistencia a los lavados frecuentes y se pueden lavar a temperaturas de hasta 95°C (según marcas), lo que las hace sumamente higiénicas.

Propiedades físicas.

- Es un tejido con mayor resistencia.
- Tiene buena absorción de líquidos.
- Es una fibra muy fina.
- Retiene la suciedad y el polvo- es un tejido con buena comodidad y flexibilidad.
- Posee un grosor de 1/100. parte de un cabello humano gracias a su diminuto tamaño se pueden insertar muchísimas más centésimas cuadradas con cualquier fibra natural.

Propiedades químicas.

Las fibras de elaboración química más importantes son: el poliéster, la poliamidas, las fibras acrílicas y las poliolefinas una mezcla de polietileno y polipropileno.

Propiedades de las fibras de vidrios.

Propiedad Térmica:

Las fibras de vidrio son útiles aislantes térmicos debido a su alta proporción de superficie respecto al peso. Sin embargo, la mayor superficie hace mucho más susceptible al ataque químico. Por el atrapamiento del aire dentro, los bloques de fibra de vidrio hacen un buen aislamiento térmico, con una conductividad térmica del orden de 0,05 W/(m.K).



Tipo de fibra	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la compresión (MPa)	Densidad (g/cm ³)	Expansión térmica um/(m°C)	Temperatura de ablandamiento (°C)	Precio (u\$/Kg)
Vidrio E	3445	1080	2,58	5,4	846	±2
Vidrio S2	4890	1600	2,46	2,9	1056	±20

Tabla 2.1. Propiedad mecánica de las fibras de vidrios

La resistencia del vidrio suele ser testada y notificada en las fibras vírgenes (aquellas que acaban de ser fabricadas). Las fibras más delgadas recién fabricadas son las más fuertes debido a que las fibras más delgadas son más dúctiles. Cuanto más rayada esté la superficie, menor será la tenacidad resultante. Debido a que el vidrio tiene una estructura amorfa, sus propiedades son las mismas a lo largo y a lo ancho de la fibra. La humedad es un factor importante en la resistencia a la tracción. La humedad es fácilmente absorbida, y puede empeorar las grietas microscópicas y los defectos superficiales, y disminuir la tenacidad.

En contraste con la fibra de carbono, la fibra de vidrio puede sufrir más de elongación antes de romperse. Existe una correlación entre el diámetro de curvatura de los filamentos y el diámetro del filamento. La viscosidad del vidrio fundido es muy importante para el éxito de la fabricación. Durante la elaboración (estirando el vidrio para reducir la circunferencia de la fibra), la viscosidad debe ser relativamente baja. Si es demasiado alta, la fibra se rompe durante el estirado. Sin embargo, si es demasiado baja, el vidrio forma gotas en lugar de moldearse en forma de fibra.



Imagen 2.4. Fibras largas de vidrios



2.1.4. Componentes del Concreto



Imagen 2.5. Cemento portland

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamada Clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso para que adquiera la propiedad de fraguar al añadirle agua y endurecerse posteriormente.

Cemento: Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas.



Imagen 2.6. Acopio de agregados

Agregados: Para concretos estructurales comunes, los agregados ocupan aproximadamente el 70 y 75 por ciento de la masa endurecida. El resto está conformado por la pasta de cemento endurecida, agua no combinada (es decir, agua no utilizada en la hidratación del cemento) y vacíos de aire.

Aditivos: Además de los principales componentes del concreto, usualmente se utilizan aditivos para mejorar el comportamiento del mismo. Existen aditivos para acelerar o retardar el fraguado y el endurecimiento, para mejorar la manejabilidad, para aumentar la resistencia, para mejorar la durabilidad, para disminuir la permeabilidad y para proporcionar o afectar a otras propiedades. (Nilson, 2,000)

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: **agregados y pasta**. Los agregados se dividen generalmente en dos grupos: **finos y gruesos**. La pasta está compuesta de cemento portland, agua y aire atrapado o aire incluido.



Concreto Recién Mezclado: El concreto recién mezclado debe ser plástico o semifluido y capaz de ser moldeado a mano.

Trabajabilidad: La facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado se denomina trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar ni sangrar excesivamente (el sangrado es la migración del agua hacia la superficie).

Hidratación, Tiempo de Fraguado, Endurecimiento: La propiedad de liga de la pasta de cemento portland se debe a la reacción química entre el cemento y el agua llamada hidratación.

Resistencia: La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o mortero a carga axial a una edad de 28 días y se le denomina con el símbolo f_c .

2.1.5. Tipos de Concreto

1- Concreto convencional: Es una mezcla de cemento, arena, gravilla, agua y aditivo que posee la cualidad de endurecer con el tiempo, adquiriendo características que lo hacen de uso común en la construcción. En estado fresco posee suficiente tiempo de manejabilidad y excelente cohesividad en estado endurecido. Los materiales y el producto final son controlados y ensayados de acuerdo con las normas NTC y ASTM y el concreto cumple los requerimientos del código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes.

Ventajas:

- El control de calidad de las materias primas, y el producto final es riguroso y con la más moderna tecnología.
- El producto es totalmente garantizado.
- Las dosificaciones se realizan por peso, controlando los cambios en agregados por humedad y absorción en plantas totalmente computarizadas.
- El concreto es mezclado en planta y llega a la obra lista para usar.
- Se utiliza la más moderna tecnología en la producción y el control de calidad.



Usos:

El concreto convencional tiene una amplia utilización en las estructuras de concreto más comunes. Se emplea para cimentaciones, columnas, placas macizas y aligeradas, muros de contención, etc.

2- Concreto bombeable: Es un concreto con asentamiento de diseño de 4", condición que brinda muy buena manejabilidad, especialmente cohesivo lo cual permite la colocación por medio de un equipo de bombeo.

Ventajas:

- El control de calidad de las materias primas y del producto final es riguroso y con la más moderna tecnología.
- Producto garantizado.
- La utilización del equipo de bombeo aumenta ampliamente los rendimientos en la obra.
- La mayor manejabilidad permite mejores acabados.
- Las dosificaciones se realizan con modernos equipos perfectamente controlados.
- El concreto es premezclado y llega a la obra listo para usar.
- Permite la colocación del concreto en lugares de difícil acceso, por medio de los equipos de bombeo.

Usos:

El concreto bombeable se recomienda en toda ocasión donde se requiera en equipo de bombeo, para mayor facilidad en la colocación y en estructuras esbeltas como columnas y muros de contención.

3- Concreto de fraguado retardado:

Ventajas:

- Producto garantizado.
- Mayores tiempos de manejabilidad que permiten la adecuada colocación del concreto.



- Reduce la posibilidad de juntas frías.

Usos:

El concreto retardado tiene amplia utilización en casos constructivos especiales, donde deben evitarse juntas frías, donde por dificultad requieran mayores tiempos de manejabilidad, en lo que sea conveniente reducir la temperatura generada por calor o en lugares con temperaturas altas.

4- Concreto de fraguado acelerado:

Ventajas:

- El control de calidad de las materias primas y del producto final es riguroso y con la más moderna tecnología.
- Es un concreto que permite un rápido acabado y por lo tanto una mayor rotación de formaleta y una disminución de tiempo de obra.
- El producto es totalmente garantizado.

Usos:

Los concretos de fraguado acelerado son usados en sistemas constructivos que demandan acabados rápidos, pronto desencofrado y mayor utilización de formaleta. De amplia aplicación en el sistema cortina, en el cual se necesita un rápido acabado de placas. En general son muy convenientes en la industria de los prefabricados.

5- Concreto lanzado:

Es un concreto transportado a través de tubería o manguera, proyectado reumáticamente a gran velocidad sobre una superficie, adhiriéndose perfectamente a ella con una excelente compactación.

Ventajas:

- El control de calidad de las materias primas y del producto final es riguroso y de acuerdo con las normas vigentes exigidas.
- Facilita la colocación de la mezcla.



- Los desperdicios y el rebote son mínimos y no necesita vibrado ni compactación adicional.
- Permite dar el acabado deseado.
- Reduce costos de formaleta.
- Permite altos rendimientos en mano de obra.
- Disminuye los tiempos de ejecución de obras.

Usos:

- Estructuras con secciones curvas o alabeadas.
- Revestimiento de túneles.
- Recubrimiento de mampostería para protección o acabados.
- Refuerzos o reparación de estructuras de concreto.
- Estabilización de taludes.
- Protección del acero estructural.
- Muros de contención, canales de agua y cunetas.
- Tanques de agua y en todas aquellas estructuras que requieran ser construidas o tratadas con concreto lanzado.

6- Concreto de alta resistencia:

Son concretos de resistencias superiores a 350 Kg/cm² (5.000 PSI). Se especifican con gravilla fina, común y medida; pueden ser bombeados.

Ventajas:

- Permite una mayor rotación de formaletas y menos tiempo de uso.
- Se pueden diseñar menos secciones estructurales, con ahorro en áreas de construcción.
- Mayor rendimiento en ejecución de obras.
- Permite disminuir cuantías de refuerzo en los diseños.
- Ideal para sistemas industrializados.
- Se especifica para concreto pre esforzado.



Usos:

En todas las estructuras donde se requiera obtener alta resistencia a 28 días.

7- Concreto de resistencia acelerada

Concretos especialmente diseñados y controlados que permiten el desarrollo de las resistencias específicas a temprana edad. Los concretos de resistencia acelerada se especifican con gravilla común, media o fina, además pueden ser bombeados.

Ventajas:

- El control de calidad de las materias primas y del producto final es riguroso y de acuerdo con las normas exigidas vigentes.
- Se desarrollan altas resistencias iniciales y finales.
- Se requiere menor tiempo para quitar formaletas.
- Se puede dar función estructural al elemento en corto tiempo.
- Se reduce el tiempo general de obra.
- Se disminuyen los tiempos para dar afinado y acabado.
- Se incrementan las resistencias a compresión, flexión e impermeabilidad.
- El personal puede ser utilizado en otras funciones.

Usos:

Los concretos de resistencia acelerada se recomiendan en aquellos casos donde se requiera poner al servicio una estructura antes del plazo presupuestado. Cualquier elemento estructural puede ser construido con estos concretos a excepción de concretos masivos.

8- Concreto (Muros):

Son concretos fluidos, acelerados de resistencia y fraguado, diseñados para sistemas industrializados de rápida rotación de formaleta y perfectos acabados.

Ventajas:

- El control de calidad de las materias primas y del producto final es riguroso y de acuerdo con las normas exigidas vigentes.



- Permite altos rendimientos de construcción debido a la alta rotación de formaleta.
- Se logran fraguados y resistencias aceleradas.
- Mínimo desperdicio.
- Excelentes acabados tanto lisos como con texturas.
- Fácil colocación debido a su conveniente manejabilidad.
- El producto es garantizado.

Usos:

Empleados en la construcción de muros y placas del sistema modular (Contech o Wester).

9- Concreto outinord:

Concreto fluido, acelerado de resistencia y fraguado, diseñado especialmente para ser empleado en el sistema túnel, permitiendo una rápida rotación de formaleta y velocidad en la construcción.

Ventajas:

- El control de calidad de las materias primas y del producto final es riguroso, de acuerdo con las normas. El concreto cumple con los requisitos del Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes.
- Permite altos rendimientos de construcción debido a la alta rotación de formaleta.
- Su compactación se realiza con vibradores de inmersión.
- Excelentes acabados debido a la rotación de formaleta.
- El producto es garantizado.

2.1.6. Propiedades Mecánicas del Concreto

La finura o superficie específica: Una de las etapas del proceso de fabricación del cemento es la molienda del Clinker con el yeso. La hidratación de los granos de cemento ocurre desde el interior, por lo que el área superficial constituye el material de hidratación. Al reducir el espesor de esta capa aumenta la velocidad de hidratación lo que posteriormente conlleva a una menor resistencia a la fisura. En definitiva, el tamaño de los granos definirá la posterior resistencia a fisura del cemento.



Firmeza: La capacidad que tiene el cemento de conservar su volumen después de fraguar. Esta propiedad puede verse afectada por la presencia de cantidades excesivas de cal libre.

El paso del estado plástico al estado endurecido de una masa de cemento se denomina tiempo de fraguado, es un proceso muy exotérmico y depende de varios factores:

- La composición química del cemento
- La cantidad de agua (a mayor cantidad mayor rapidez)
- La temperatura ambiente: A menor temperatura se produce un ralentizamiento del proceso. Sin embargo por encima de los 32 grados C el aumento de velocidad se invierte
- La finura del material

Falso fraguado: A la rigidez prematura que se presenta en los primeros minutos tras la adición de agua. Se diferencia de la anterior en que no despiden calor de forma apreciable y desaparece al mezclar nuevamente la pasta. Se debe a la parcial deshidratación del yeso en los hornos.

La resistencia a la compresión es: En términos estructurales la capacidad más destacable de los cementos, y puede verse afectada por el paso del tiempo, la incidencia de las inclemencias meteorológicas y el mal almacenamiento del Clinker. Aumenta de manera elevada en los primeros días tras la conformación y en algunos cementos, paulatinamente durante largos periodos de tiempo.

El peso específico: Es la relación entre la cantidad dada y el volumen absoluto es una propiedad fundamentalmente usada para determinar la mezcla y es muy similar en todos los cementos Portland

La consistencia normal: Aquella fluidez determinada por una cierta cantidad de agua. Tiene relación con la calidad del cemento y el tiempo de fraguado. El requerimiento de agua varía entre distintos cementos y puede llegar a suponer una variación de un 20-30%.



2.1.7. Fisuración por Contracción plástica

La retracción por secado del hormigón es la disminución de volumen provocada por la pérdida de agua. La retracción por secado se puede definir como la deformación lineal dependiente del tiempo a temperatura constante medida sobre una probeta no cargada que se deja secar. Desde un punto de vista estructural, no hay necesidad de separar la retracción por secado de otros tipos de fenómenos, tales como la retracción por carbonatación y la retracción autógena.

Las fisuras de retracción plástica son fisuras relativamente cortas, poco profundas y erráticas (aunque a veces se muestran paralelas) que pueden aparecer durante los trabajos de terminación en días ventosos, con baja humedad y alta temperatura del aire. La rápida evaporación de la humedad superficial supera a la velocidad ascendente del agua de exudación, causando que la superficie del hormigón se contraiga más que el interior. Mientras el hormigón interior restringe la contracción del hormigón superficial, se desarrollan tensiones de tracción que exceden la resistencia del hormigón y consecuentemente se desarrollan fisuras en la superficie. Las fisuras de retracción plástica varían desde unos pocos centímetros de largo hasta 1,50 o 2,00 m y suelen tener una profundidad de 2 a 3 cm aunque pueden penetrar hasta la mitad o más del espesor de la losa cuando las condiciones ambientales son muy adversas y las prácticas de protección y curado resultan deficientes.

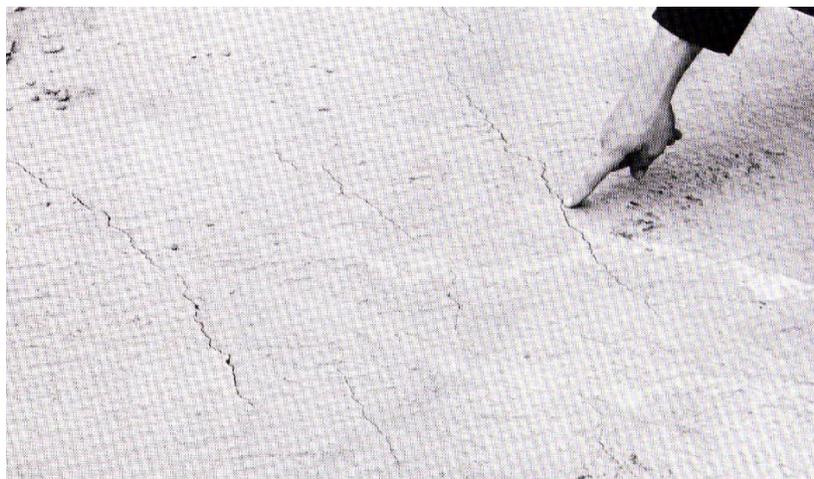


Figura 2.5. Fisuras por retracción plástica



Este tipo de patología, resulta bastante habitual en losas debido a que, al contrario de lo que ocurre en otros elementos estructurales que se encuentran protegidos por los encofrados durante algunos días como por ejemplo vigas o columnas, existe una extensa superficie del hormigón expuesta al medio ambiente desde el primer momento.

Las grietas de contracción plástica son antiestéticas, pero raramente afectan la resistencia o la durabilidad de los pisos de concreto y pavimentos, el desarrollo de estas grietas puede ser controlado si se aplican medidas apropiadas antes, durante y después del vaciado del pavimento.

2.1.8. Temperatura del Concreto

Cuando se habla del control de las temperaturas del concreto se refiere a poder manejar las propiedades que la mezcla tiene en estado fresco para que de este modo se pueda generar un balance térmico de la estructura a vaciar.

Los factores que pueden influir en la determinación del control de la temperatura del concreto pueden ser varios pero entre los más importantes están los climas extremos. Por ejemplo, en climas cálidos se ven afectados los límites de la velocidad de la evaporación, y en el clima frío se reducen los procesos de hidratación. Como resultado a estas variables y factores se pueden tener resultados que van ligados íntimamente a fenómenos físico mecánicos como lo son la fisuración, el desgaste y la resistencia en el concreto.

La temperatura varía de un concreto a otro. Depende primordialmente de sus componentes, su masa y su calor específico. Por otro lado se deben tener en cuenta los agentes externos que influyen directamente en la mezcla para variar de una u otra forma la temperatura del concreto, como lo son la temperatura ambiente, las condiciones ambientales, el espesor del elemento estructural y los métodos de protección que se apliquen a cada uno de los casos. La disipación del calor en la estructura de concreto está relacionada directamente con las dimensiones transversales que tenga el elemento.

Control de temperatura en el concreto:



Dados los diferentes sistemas de colocación, y según la geometría de algunos elementos estructurales, es importante tener en cuenta recomendaciones respecto al manejo de la temperatura del concreto, no solo en estado fresco sino también en estado endurecido, esto con el fin de conocer algunas medidas que controlen la generación de calor y su cambio de volumen para evitar el agrietamiento y la aparición de fisuras a causa de este

Es por ello que, en elementos que pueden ser clasificados como masivos, se debe definir el comportamiento térmico del concreto desde la concepción del diseño estructural y del vaciado como tal, junto con la especificación del concreto en estado fresco.

A continuación vemos un esquema del comportamiento según el ACI 207:



Figura 2.6. Desarrollo de la Temperatura del Concreto durante el tiempo definido por el diseñador de la estructura

La posibilidad de agrietamiento por tensión térmica debe ser considerada tanto para la superficie como dentro de la masa. Una de las influencias más fuertes para evitar el agrietamiento térmico es el control de la temperatura de colocación del concreto. Generalmente, a menor temperatura del concreto cuando pasa del estado plástico al endurecido, menor será la tendencia a agrietarse. En estructuras masivas, cuando la temperatura de colocación está a 6 °C por debajo del promedio de la temperatura del aire, resultará en una baja de alrededor de 3 °C de la máxima temperatura que el concreto alcanzará.



2.1.9. Tipos de vibrados para el Concreto

Compactación o consolidación del concreto es la operación por medio de la cual se densifica la masa, todavía blanda, reduciendo a un mínimo la cantidad de vacíos. Estos vacíos en el concreto fresco provienen de varias causas entre las cuales las dos más importantes son: el llamado aire atrapado y los vacíos producidos por la evaporación de parte del agua de amasado.

El aire atrapado es consecuencia inevitable del manejo de la propia masa blanda del concreto que, al ser mezclada, transporta y coloca, incorpora estos volúmenes de aire en su interior. La evaporación de parte del agua de mezclado se genera porque no toda ella toma parte en la reacción con el cemento. En la realidad, esta última sólo viene a ser un poco más del 25% en peso del cemento. El resto del agua no se combina químicamente, si no que cumple funciones de lubricación favoreciendo la trabajabilidad. Ese exceso de agua y el volumen de aire atrapado, es lo que se trata de eliminar cuando se compacta el concreto recién colocado. El agua no reactiva que pueda quedar en el interior de la masa no participa de la función resistente del concreto y, si se deseca, deja vacíos en forma de burbujas o de canales. Esos vacíos internos son además de volúmenes sin resistencias mecánica, puntos débiles desde el punto de vista de la durabilidad.

El proceso de vibración del concreto en la construcción es de vital importancia, especialmente al hablar de durabilidad de la estructura. Consiste en someter al concreto fresco a vibraciones de alta frecuencia inmediatamente después de ser vertido, mediante vibradores que funcionan con presión de aire comprimido o electricidad. Con este procedimiento la mezcla de concreto adquiere una consistencia un poco más fluida y licuada, permitiendo cubrir los espacios de manera homogénea; haciendo que se adhiera al acero más fácilmente.

Existen numerosos procedimientos para disminuir ese conjunto de vacíos. La selección de cualquiera de ellos dependerá de las características del concreto y del tipo de estructura que se esté construyendo.



En todos ellos el propósito es el mismo: llenar las formas geométricas de los encofrados con una masa, adherir esa masa a la superficie longitudinal de todas y cada una de las barras metálicas del refuerzo (si las hay) y lograr el mayor contacto de todos los componentes del concreto, sin vacíos internos.

Los métodos de densificación del concreto se pueden dividir en dos grupos:

- Compactación manual.
- Compactación por vibrado.

La compactación manual, históricamente la primera, se efectuaba con barras y pisones. Con ellos se golpea verticalmente el concreto, penetrándolo si es con barra o aplastándolo si es con pisón. El grado de compactación que se obtiene con la barra no es elevado, por la condición del material de ser prácticamente no confinado ante la desproporción de la separación de las paredes del encofrado y el calibre de la barra golpeadora. Dista mucho de ser el caso favorable de la preparación del cilindro para el ensayo de compresión.

La compactación manual dio paso a la compactación por vibrado, donde se aprovecha la condición tixotrópica del concreto en estado fresco, mediante la cual se hace menos viscosa cuando está en movimiento y se endurece al quedar en reposo.

Al vibrar la masa de concreto, el material se fluidifica y permite su acomodo al molde, envolviendo las armaduras. Se expulsa gran parte del aire atrapado, se hace subir a la superficie parte del agua con funciones de lubricación y se unifica la masa eliminando vacíos y planos de contacto. El vibrador para concreto fue patentado en 1927 por el técnico francés Deniau, y en 1936 el ACI publicó el primer documento con recomendaciones para su uso. Hay varios procedimientos para vibrar el concreto:

- Interno, por medio de vibradores de inmersión.
- Externo, con vibradores de contacto acoplados al encofrado.
- Vibración superficial con reglas vibratorias.

Cualquiera de estos procedimientos de vibrado, permite alcanzar una mayor compactación del concreto a la que se lograría por procedimientos manuales.

Vibración interna con vibradores de inmersión: Es el proceso más utilizado. Se lleva a cabo introduciendo verticalmente en la masa un vibrador que consiste en un tubo con diámetro externo entre 2 y 10 cm, dentro del cual una masa excéntrica gira alrededor de un eje.



La masa es movida por medio de un motor eléctrico y su acción genera un movimiento oscilatorio, de cierta amplitud y frecuencia, que se transmite a la masa de concreto. En situaciones en que se puede disponer de una fuente de aire comprimido, el motor del vibrador puede ser movido neumáticamente y se llama entonces vibrador neumático o de cuña.

Mecanismo de Densificación:

La Vibración que recibe el concreto hace que su masa, inicialmente en estado semi plástico, reduzca su fricción interna como resultado del incremento de la presión de poros y la consiguiente licuefacción tixotrópica del mortero. En ese nuevo estado semilíquido el material se desplaza y ocupa todos los espacios del encofrado, mejorando su densidad al ir eliminando los vacíos existentes entre los agregados o en el seno de la masa, en forma de aire atrapado. Durante este proceso, que es relativamente rápido, se produce un flujo de agua y cemento hacia la superficie, que adquiere una apariencia acuosa y brillantada. Ese momento se toma como indicación práctica que en esa zona la masa logró la densificación deseada. A continuación, se extrae el vibrador del lugar, vertical y lentamente, y se traslada a la zona contigua.

Reglas vibratorias:

Para cierto tipo de obras, especialmente pavimentos, se puede emplear el sistema de vibrado por circulación de reglas vibratorias que, al deslizarse al ras de la superficie, transmiten el movimiento al resto de la masa y generan los efectos beneficiosos de la densificación. Pueden transmitir su acción a capas de hasta 20 cm de espesor.

Las reglas vibratorias deben correr apoyadas sobre rieles y no apoyadas directamente en la masa blanda. El manejo del equipo requiere la pericia de los operarios, pero la eficacia del sistema ha sido demostrada en los miles de kilómetros de vías y autopistas de concreto construidas en Europa y los Estados Unidos.



Imagen 2.7. Empleo de reglas vibratorias para losas de pavimentos

Tiempo de vibrado:

El tiempo de vibrado que debe permanecer el vibrador sumergido en cada punto se determina en la práctica mediante la observación directa de la superficie en las cercanías del punto de penetración. Cuando cese el escape de burbujas de aire y aparezca una lámina acuosa y brillante, se debe retirar el vibrador. Cuando se introduce el vibrador se debe llevar rápidamente hasta el fondo, para evitar que compacte la zona superior y se impida la salida de las burbujas de abajo. Al concreto no le conviene ni la falta de vibración, ni el exceso de la misma. En el primer caso pueden quedar, en la masa, demasiados vacíos no eliminados. Esos vacíos significan puntos sin resistencia mecánica y con riesgo de penetración de agentes agresivos. En términos generales, se estima que por cada 1% de vacíos en la masa, se pierde un 5% de la capacidad resistente. Si se genera un exceso de vibración en una zona, se corre el riesgo de producir segregación, haciendo que los granos gruesos vayan hacia el fondo, mientras que los finos y el cemento quedarían sobrenadando en la superficie.

Las razones más importantes para efectuar la vibración de las mezclas de concreto y evitar posteriores daños en el material son:

- Aumentar la resistencia y durabilidad del concreto.
- Expeler el aire excedido y distribuir en forma más homogénea las partículas dentro del concreto.
- Disminuir la posibilidad de segregación del concreto fresco y los cambios de volumen por posterior retracción.



- Lograr que el concreto se comporte “como un líquido” dentro del diámetro de acción del vibrador, permitiendo un mejor llenado de los encofrados.
- Obtener mezclas con una compactación que permita mantener el nivel de aire ocluido dentro de los límites previstos.

2.1.10. Carbonatación del concreto

En el concreto que no contiene acero de refuerzo, la carbonatación generalmente es un proceso de pocas consecuencias, sin embargo, en el concreto reforzado, este proceso químico aparentemente inofensivo, avanza lenta y progresivamente desde la superficie expuesta del concreto, encontrando dentro de la masa de concreto al acero de refuerzo generando una posible corrosión del acero.

Para entender este fenómeno recurrimos a la definición que hace Rick Montani de este:

La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio (con alto pH) a carbonato de calcio, el cual tiene un pH más neutral.

¿Por qué es un problema la pérdida de pH? Porque el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino.

Cuando la carbonatación empieza a experimentar la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9), es posible que empiece la corrosión, dando como resultado un agrietamiento y fisuramiento del concreto.

Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.

¿Cómo detectar la carbonatación en el concreto?



En definitiva, la manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferentemente cerca de un borde) en donde se sospeche que hay carbonatación.

Después de limpiar todo el polvo residual del espécimen, se coloca una fenolftaleína sobre el concreto. Las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor a 9 tomarán un color rosado brillante. Este cambio apreciable de color muestra cuál es la profundidad de carbonatación dentro de la masa de concreto.

Este tipo de ensayo es rutinario y lo realizan los laboratorios dedicados a la investigación del concreto cuando se evalúa una patología en el concreto. Estas investigaciones que se hacen a las estructuras deben estar acompañadas de ensayos de resistencia del concreto, valoraciones de la profundidad del recubrimiento, contenido de cloruro, permeabilidad del concreto, entre otras pruebas.

Factores que afectan la carbonatación

El proceso de carbonatación se ve afectado por variables naturales que se encuentran en el concreto. El aumento de carbonatación depende, en gran medida, del contenido de humedad y de la permeabilidad del concreto. Para que haya carbonatación, debe haber humedad.

La reacción de carbonatación avanza más rápidamente cuando la humedad relativa en el concreto se encuentra entre el 50 y el 60 por ciento. Si la humedad es baja, significa que no hay suficiente agua en los poros del concreto para que se disuelvan cantidades significativas de hidróxido de calcio.

Recubrimiento del concreto y defectos de superficie.

La carbonatación puede causar problemas de corrosión incluso en un concreto de alta calidad: un recubrimiento bajo del concreto y defectos de superficie tales como grietas y pequeños agujeros proporcionan una ruta directa al acero de refuerzo. No pasará mucho tiempo antes de que el acero en el área de esta grieta empiece a corroerse.



Los bordes del recubrimiento de concreto son especialmente susceptibles a la corrosión por carbonatación. Si el acero en estas áreas no tuviera un recubrimiento de concreto adecuado, la carbonatación conduciría a la corrosión y podría causar despostillamiento en los bordes en muy pocos años.

Durante la construcción original, las esquinas son también áreas donde con frecuencia el concreto no está bien compactado. Los huecos y los agregados expuestos de la superficie reducen el recubrimiento de concreto, permitiendo que la carbonatación alcance rápidamente el acero.

¿Qué se debe hacer para reparar y proteger la estructura de la carbonatación?

La reparación del daño visible es solo el primer paso para una reparación duradera del concreto dañado por la corrosión. Las áreas resanadas cubren usualmente solo alrededor del 20 por ciento de toda el área de la superficie, pero el área total de esta ha sido carbonatada.

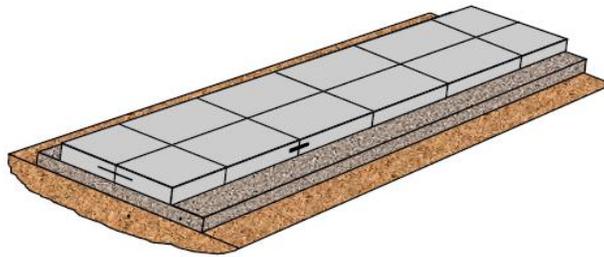
Si solo se resana el daño visible, sin preocuparse por las causas subyacentes, no pasará mucho tiempo antes de que ocurra mayor desportillamiento.

Para detener efectivamente el avance de la carbonatación, se emplean recubrimientos anti-carbonatación. Al contrario de las pinturas de mampostería o los recubrimientos elastoméricos comunes, estos recubrimientos están diseñados para detener el ingreso del dióxido de carbono.

2.1.11. Pavimentos Rígidos

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase.

La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de cargas dinámicas, dando como resultado tensiones, muy bajas en la subrasante, caso contrario a lo que sucede en los pavimentos flexibles, que, al tener menor rigidez, transmiten la mayor parte de los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual tiene como consecuencia mayores tensiones en la subrasante.



*Imagen 2.8. Diseño de pavimentos rígidos.
Fuente: ing. Diego H. Calo (ICPA)*

Los elementos que conforman el pavimento rígido son: **Subrasante, sub base y la losa.**

➤ **Subrasante:**

Es el soporte natura, preparado y compactado, sobre el cual se puede construir el pavimento. Su función es dar apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor del soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Esto demanda que se tenga considerable cuidado en cuanto a los posibles cambios de expansión y contracción del suelo.

➤ **Subbase:**

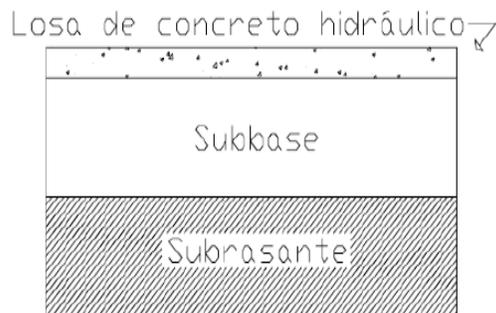
Es la capa o porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida de concreto armado o simple. Consiste en una o más capas de material granular estabilizado; la función principal es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos.

La subbase es obligatoria cuando la combinación de los suelos, agua y tráfico pueden generar bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para las vías principales y de tránsito pesado.

Entre las funciones que debe cumplir se encuentran:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el modulo (k) de la reacción de la subrasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

➤ Losa



**Figura 2.7. Guía de diseño
AASHTO 93**

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a los ensayos de laboratorio y por experiencias previas de resistencia durabilidad, debe apoyarse también en el diseño de los espesores del pavimento, del diseño de mezcla para el MR especificado y de las pruebas previamente realizadas a las muestras de concreto.

Tipos de pavimentos de concreto:

Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- Pavimentos de concreto simple.
 - Sin pasadores.
 - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas.
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

Pavimentos de concreto simple sin pasadores:

Son pavimentos que no presentan refuerzos de acero ni elementos para transferencia de cargas, esta se logra a través de la trabazón entre las partículas de los agregados de concreto y entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

Están contruidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores a 6m de largo y 3.5m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto.



Por ejemplo, para calles de urbanizaciones residenciales, estos varían entre 15 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 15 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas se tienen espesores de 20 cm o más.

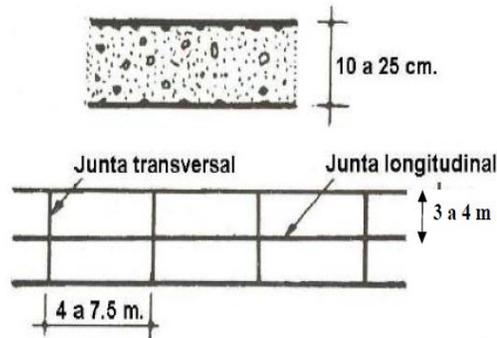


Figura 2.8. Guía de diseño AASHTO 93

Pavimentos de concreto simple con pasadores:

Los pasadores, que también se denominan (Dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales también llamados escalonamiento.

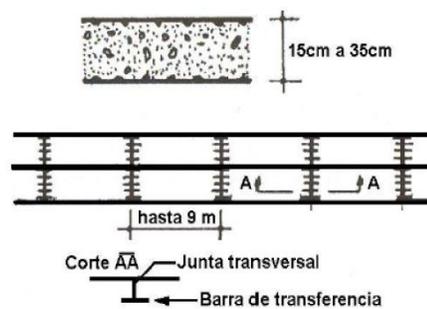


Figura 2.9. Guía de diseño AASHTO 93

Pavimentos de concreto reforzado con juntas:

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electro soldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que puedan llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de carga y de esta forma conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural homogénea.

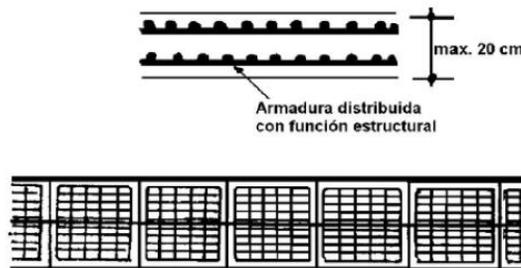


Figura 2.10. Guía de diseño AASHTO 93

Pavimentos de concreto con refuerzo continuo:

A diferencia de los pavimentos de concreto reforzados con juntas, estos se construyen sin juntas de contracción debido a que el acero de refuerzo asume todas las deformaciones por cargas dinámicas o por expansiones o contracciones del concreto provocadas por la temperatura. El refuerzo principal es acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido en este tipo de pavimentos, sin embargo, eso será determinado a través del análisis minucioso del diseño de dicho pavimento, de las condiciones del suelo, así como la conformación de la subbase.

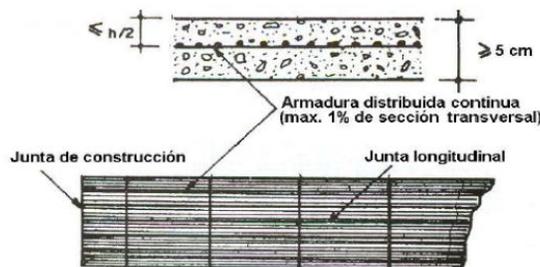


Figura 2.11. Guía de diseño AASHTO 93



Juntas:

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa de concreto provocadas por la contracción o expansión del pavimento dentro de los valores permisibles para el concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las losas mismas, que no son visibles pero que provocan daños considerables a la estructura.

Las juntas juegan un papel muy importante en la construcción de toda la estructura del pavimento, directamente sobre su duración, siendo esta una de las pautas para evaluar la calidad y serviciabilidad de un pavimento. Por otro lado, es necesario considerar que deben rellenarse con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento.

Las juntas pueden clasificarse de varias maneras, entre las que podemos mencionar:

- De acuerdo a su ubicación respecto a la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales o transversales; siendo estas las que se ubican paralelas al eje longitudinal de la vía y las que se ubican perpendiculares a este respectivamente.
- Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción, expansión y aislamiento.
- Según la forma se denominan en rectas, machimbradas o acanaladas.

Junta de contracción:

Su objeto es inducir de forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y alabeo de las losas de concreto. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para las transferencias de carga, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se espera que la transferencia de carga se logre mediante la trabazón entre los agregados.

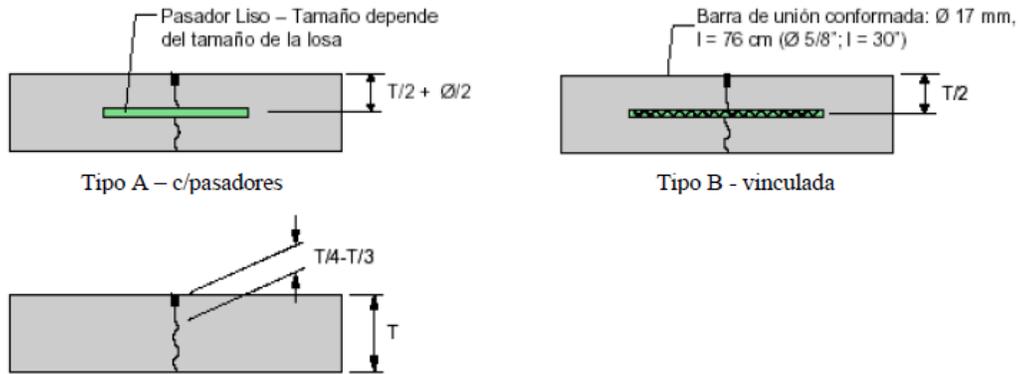


Figura 2.12. Guía de diseño AASHTO 93

Juntas de construcción:

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas del pavimento. La transferencia de carga se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales.

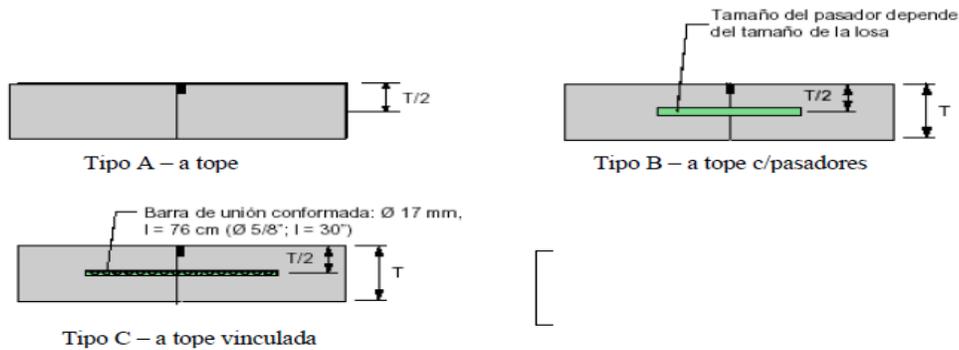


Figura 2.13. Guía de diseño AASHTO 93

Juntas de expansión o aislamiento:

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en estos, cuando se expande por el aumento de temperatura. También se utilizan para aislar las estructuras existentes.

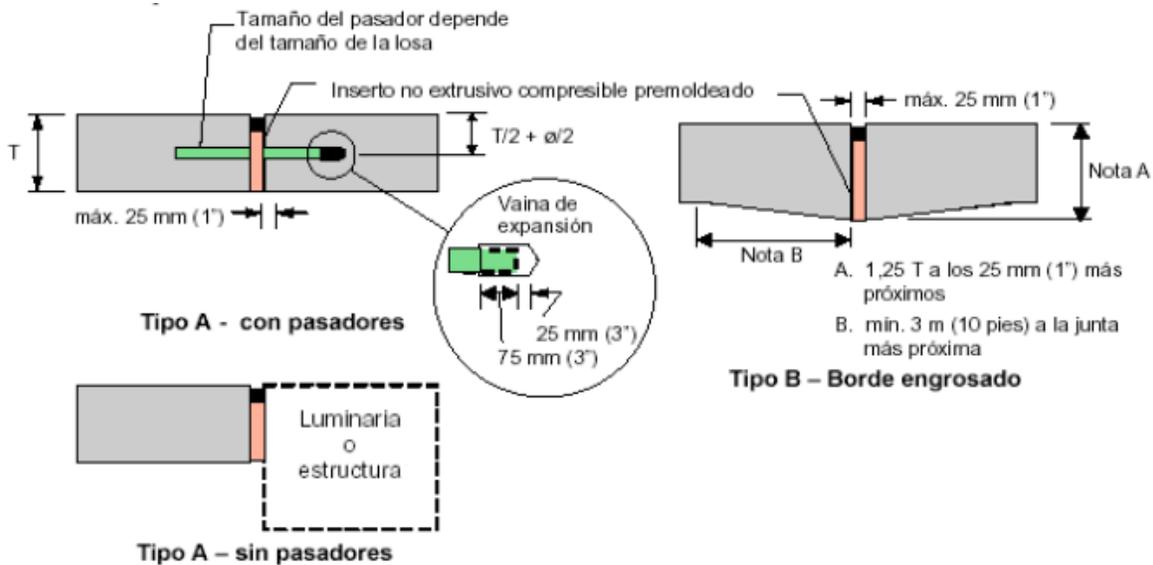


Figura 2.14. Guía de diseño AASHTO 93

Sellos:

La función principal de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de estas.

En la selección del sello se debe considerar una vida útil esperada, el tipo de sello, tipo de junta, datos climáticos y el costo del control de tránsito en cada aplicación del sello en todo el periodo económico del análisis. El tipo de juntas es muy influyente en la selección del tipo de sello. Las juntas longitudinales entre las pistas o en la unión berma-losa no generan las mismas tensiones sobre el sello que ejercen las juntas transversales, debido a que sus movimientos son considerablemente menores. Se podrá optimizar enormemente el costo del proyecto considerando esto en la selección del sello.

Todo material de sellos de juntas de pavimentos de concreto, deben cumplir con las siguientes características:

- Impermeabilidad
- Deformabilidad
- Resiliencia
- Adherencia

- Resistencia
- Estable
- Durable

Finalmente, el sellado se hará antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de juntas, con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador.

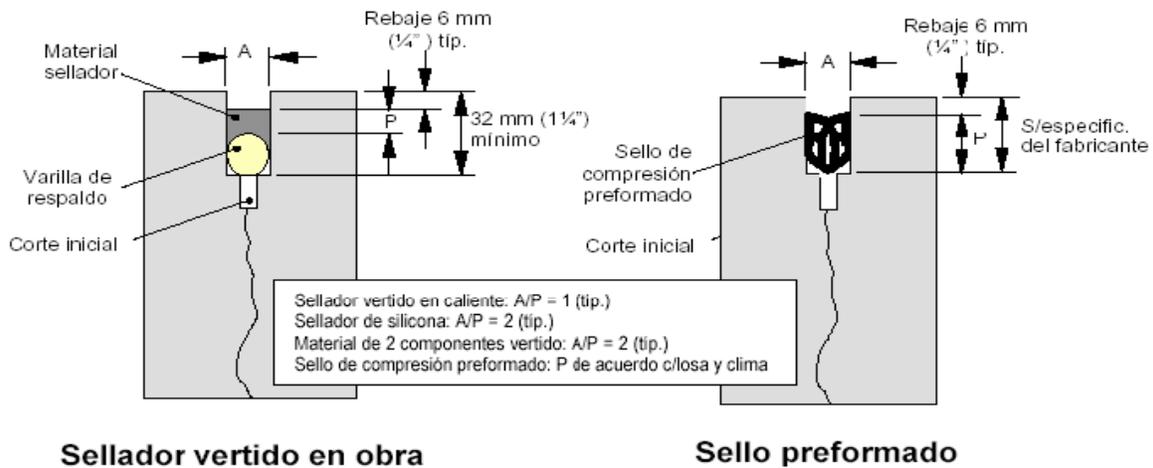


Figura 2.15. Guía de diseño AASHTO 93

2.1.12. Propiedades de los Pavimentos Rígidos

Propiedades de los materiales que componen la estructura

Módulo de reacción de la subrasante:

Este factor nos da una idea de cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga, dividido por la flexión en pulgadas para esa carga.

Puesto que la prueba de carga sobre placa requiere de tiempo y es costosa, el valor de k es estimado generalmente por correlación con otros ensayos simples, tales como la razón de soporte california (CBR) o las pruebas de valores R. el resultado es válido porque no se requiere la determinación exacta de los valores de k.



➤ **Módulo de rotura del concreto:**

Es un parámetro muy importante como variable de entrada para el diseño de pavimentos rígidos, ya que va a controlar el agrietamiento por fatiga del pavimento, originado por las cargas repetitivas de camiones. Se le conoce también como resistencia a la tracción del concreto por flexión.

El Modulo de Rotura (MR) requerido por el diseño es el valor pedío determinado después de 28 días utilizando ensayo de carga en los tercios del claro. De esta manera se obtiene en el tercio medio de la zona sometida a un momento flector constante igual a $PL/3$ y la rotura se producirá en cualquier parte del tercio medio con la única condición que exista ahí una debilidad. Este ensayo es recomendable frente al ensayo de carga en el punto medio, en el cual la rotura se producirá indefectiblemente en dicho punto (punto de aplicación de la carga) donde el momento flector es máximo.

➤ **Módulo de elasticidad del concreto:**

Es el parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir las cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del concreto.

En los pavimentos de concreto armado continuo, el módulo de elasticidad junto con el coeficiente de expansión térmica y el de contracción del concreto, son los que rigen el estado de en la armadura. Para el concreto de peso normal, el instituto del concreto americano sugiere:

$$E_c = 57000\sqrt{F'_c} \quad (\text{Psi})$$

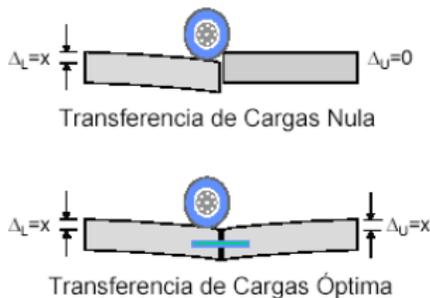
Donde E_c y F_c están dados en psi.

➤ **Transferencia de cargas:**

Las cargas de transito deben ser transmitidas de una manera eficiente de la losa a la siguiente para minimizar las deflexiones en las juntas. Las deflexiones excesivas producen bombeo de la subbase y posteriormente rotura de la losa de concreto.

El mecanismo de transferencia de carga en la junta transversal entre losa y losa se lleva a efecto de las siguientes maneras:

- Juntas con dispositivos de transferencias de carga (pasadores de varilla lisa de acero) con o sin maya de refuerzo de temperatura.
- Losa varillada monolíticamente con refuerzo continuo, (acero de refuerzo de varilla corrugada, armada en ambas direcciones) no se establece virtualmente la junta transversal, tomándose en cuenta para el cálculo del acero estructural la remota aposición de las grietas transversales.
- Junta transversal provocada por aserrado cuya transferencia de carga tiene efecto a través de la trabazón entre los agregados.



En la figura se observa que una transferencia de carga es nula, cuando la losa no cargada experimenta ninguna deflexión, todo lo contrario, sucede cuando hay una transferencia de carga perfecta donde la deflexión de la losa no cargada es igual a la de la losa cargada.

Figura 2.16. Guía de diseño AASHTO 93

➤ **Perdida de soporte:**

Este factor, (lost of support=perdida de soporte) es incluido en el diseño de pavimentos rígidos para tomar en cuenta la perdida potencial de soporte proveniente de la erosión de la subbase y/o movimientos diferenciales verticales del suelo. Deberán también considerar este factor en términos de los movimientos verticales del suelo que pueden resultar de vacíos bajo el pavimento. Aun cuando se utilice una subbase no erosionable, pueden desarrollarse vacíos, reduciendo la vida del pavimento.



2.1.13. Concreto Reforzado con Fibras de Acero

Los concretos con fibras de acero están formados, esencialmente, por un conglomerante hidráulico, generalmente cemento portland., áridos finos y gruesos, agua y fibras de acero discontinuas cuya misión es contribuir a la mejora de determinadas características del concreto.

Estos concretos deben permitir que las fibras generen una distribución aleatoria en toda la matriz y evitar la agrupación o segregación de los volúmenes de estas en un solo sitio de los elementos.

2.2. Marco Histórico

2.2.1. Historia de las Fibras

A nivel mundial, las primeras sugerencias en el sentido de que las propiedades del concreto podrían mejorarse con la adición de fibras de acero que fueron hechas por Porter (1910) y Ficklen (1914) en el Reino Unido, pero no es sino hasta 1963 en que pone en evidencia la función en el concreto de las fibras metálicas como elementos inhibidores del agrietamiento.

Como se sabe en tiempos antiguos, uno de los principios que se utilizaban era el del adobe con paja, ya que era la paja que le permitía una mejor fijación y le permitía al adobe que no se fuera agrietando, en nuestra actualidad lo venimos a comparar con las fibras, ya que las fibras previenen el agrietamiento por contracción plástica, y una vez que la grieta aparezca permite que se le siga cargando.

Las fibras de origen animal provienen del pelo de los animales como el caballo, cerdo, o conejo, incluso del hombre, y se utilizan en peletería, además de la seda y lana de oveja, llama, alpaca y otras. Las fibras de origen mineral, corresponden a aquellas fabricadas con materiales procedentes de minerales, y se puede mencionar a la fibra de asbesto como una de ellas (Espinoza & Gruzmacher 2002), fibra que revolucionó el mundo por su resistencia y aplicabilidad en los productos de fibrocemento (Verri 2006), sin embargo, sus efectos cancerígenos han hecho que se prohíba en muchos lugares (Balzamo 2002); otras fibras de origen mineral son las fibras cerámicas que son utilizadas como refuerzos de matrices



metálicas y cerámicas en aplicaciones de altas temperaturas, y combinan la alta resistencia y rigidez con la resistencia térmica y a los ataques químicos (Brennan & McCarthy 1993; Casas et al. 2001; Lazarraga et al. 2004; Verri 2006;). Un sustituto de la fibra de asbesto, también de origen mineral, es la lana mineral (Monfore 2004).

Desde hace algunas décadas, existe interés en investigar sobre la ingeniería de materiales reforzados con fibras, denominados composites. Estos materiales, como los reforzados con fibras de vidrio, carbono y aramida, son usados en las industrias aeroespacial, automotriz, de construcción y deportiva (Wambua et al. 2003). Los composites de reforzados con fibras cortas son muy atractivos debido a su facilidad de fabricación, economía, y propiedades mecánicas superiores (Fu et al. 1999). Varias fibras artificiales han sido desarrolladas específicamente para sustituir las fibras naturales, debido a que son más previsibles en su comportamiento y son generalmente más uniformes en tamaño, y algunas desempeñan un papel como fibra de refuerzo (Daviaud & Filliatre 1983; Chrétien 1986).

Las fibras de acero, que han sido usadas principalmente en el concreto desde los primeros años del siglo XX, al principio eran redondas y lisas, y el alambre era cortado en pedazos a longitudes requeridas; el uso de fibras rectas y lisas ha ido desapareciendo, y han sido reemplazadas por fibras con superficies ásperas, con extremos en gancho, rizadas u onduladas a través de su longitud (Womg 2004; Euco 2005; Katzer 2006; Van Chanh 2006; Corcino 2007; IMCYC 2007). Típicamente las fibras tienen diámetros equivalentes de 0.15 a 2 mm y longitudes de 7 a 75 mm, las relaciones de aspecto generalmente varían de 20 a 100 (Euco 2005; Van Chanh 2006; IMCYC 2007); algunas fibras son juntadas para formar manojos usando goma soluble al agua para facilitar el manejo y el mezclado (ABD 2007). En la figura 14 [Holschemacher & Müller 2006], se muestran las propiedades físicas de seis tipos de fibras de acero, de 18 disponibles comercialmente.

El uso de fibras metálicas en los pavimentos rígidos empleados en proyectos ejecutados, se detallan a continuación, en los cuales se han obtenido resultados positivos para cada proyecto en particular, sin embargo, por políticas de privacidad empresarial, no es posible exhibir los resultados, sin embargo, se garantiza que los proyectos mencionados a continuación son de alta calidad y durabilidad.



2.2.2. Antecedentes del uso de fibras

- Pavimentación de Avenida Venezuela, Perú.
- Pavimentación de 8,000 m² en Centro Comercial MegaPlaza del Cono Norte, Lima, Perú.
- Pasaje. Cleto Martínez, La Torre, Bustamante, Montero. Pucallpa, Perú.
- Carretera que conecta la Ciudad de Granada y Managua, Nicaragua.
- Represa Ririe, Idaho. por parte del Colegio de Ingenieros del Ejército de EUA, 1973.
- Revestimiento de túnel, Loma Larga, Monterrey, México.
- Construcción de Muros de los destacamentos militares de los Estados Unidos en Iraq.
- Pavimentación en las zonas costeras de El Salvador.
- Reporte fotográfico del comportamiento de la Fibra Tecnor 05-25 como refuerzo estructural en la construcción y conservación de pavimentos de concreto en autopistas. (Ver anexo C)
- Estabilización de taludes con concreto lanzado en la Presa El Chaparral, Holcim.
- Pisos industriales en Walmart San Miguel (2015) Holcim, Fibra Metálica
- Pisos industriales en Vidrí San Miguel (2017) Holcim, Fibra de Polipropileno

Cabe mencionar que de manera Local el uso de las fibras en general se utiliza únicamente para prevenir la fisuración por contracción plástica debido a que se fabrican volúmenes masivos de concreto, sin embargo, el propósito en esta investigación es determinar las variaciones en las propiedades mecánicas del concreto específicamente el MR.



Ensayo	Porcentaje de aumento
Resistencia a la flexión por fatiga	25%
Ensayo de cuña o de Wedge (WST)	10%
Ensayo de tracción indirecta o prueba brasileña	26%
Resistencia a la compresión	6%
Resistencia a la flexión	32%
Resistencia al impacto	14%
Ensayo de placas circulares	6%-13%
Ensayo de paneles EFNARC	21%

Tabla 2.2 Resumen de resultados obtenidos en tesis: Hormigones de fibras de Acero características Mecánicas.

Fuente: Patricia Cristina Mármol Salazar. Universidad Politécnica de Madrid.

2.3. . Marco Conceptual

2.3.1. Definición de Fibras

Las fibras metálicas son cintas discontinuas con dimensiones reducidas, de un tipo de acero con propiedades particulares. El armado disperso del hormigón con fibras metálicas mejora considerablemente las propiedades mecánicas del mismo.

El método más menudo se da para el uso de las fibras metálicas en la industria constructiva es el armado constructivo del hormigón armado habitual.

Este tipo de armado representa un segmento en continuo desarrollo en la industria del cemento; los ingenieros, arquitectos y contratistas acuden cada vez más al uso de las fibras metálicas para asegurar el éxito en los proyectos con aplicaciones en las construcciones de hormigón.

En las construcciones de envergadura como los edificios de varios niveles, autopistas, puentes, pistas de aviones, pavimentos, las fibras metálicas se utilizan antes que nada para:

- Aumentar la resistencia a doblado o cizalladura.
- Aumentar la resistencia a temperaturas altas y reducir las deformaciones por contracciones, tras el fraguado del hormigón.



2.3.2. Definición de Concreto

Del latín *concrētus*, concreto es un adjetivo que permite hacer mención a algo sólido, material o compacto.

El Concreto es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistente para hacer bases y paredes. La combinación entre la arena, el agua y el cemento en algunos países latinoamericanos se le conoce como Mortero, mientras que cuando el concreto ya está compactado en el lugar que le corresponde recibe el nombre de hormigón.

El material de construcción más utilizado del mundo es sin duda el concreto, su composición en la medida y para el uso adecuado es el más sólido, es el que se utiliza para edificar y crear superficies fuertes como pisos y paredes, no es sólido, por lo que no permite ningún tipo de flexibilidad luego de estar seco o sólido. Cuando se combina con acero se le denomina hormigón armado.

El concreto es un material muy frecuente en la construcción ya que tiene la capacidad de resistir grandes esfuerzos de compresión. Sin embargo, no se desempeña bien ante otros tipos de esfuerzos, como la flexión o la tracción. Por lo tanto, el concreto suele utilizarse en conjunto con el acero, en un compuesto que recibe el nombre de hormigón armado.

2.3.3. Definición de Pavimentos Rígidos

Son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada. Tiene un costo inicial mucho más elevado que el pavimento flexible.

Pavimento Rígido (Definición)

1. Bajo Mantenimiento.
2. Larga Durabilidad.
3. Alta resistencia a los cambios climáticos.
4. Alta Resistencia a esfuerzos.



2.4. Normas para la ejecución de la investigación.

2.4.1. Normas Técnicas Para las Fibras

NORMAS	DESCRIPCION
ASTM A-820/ A-820M	Especificación Estándar para Fibras de Acero para Hormigón Armado de Fibra.
ASTM C-1116/C1116M	Especificación estándar para hormigón reforzado con fibra.

2.4.2. Normas Técnicas Para el Concreto

ASTM C-31	Práctica para elaboración y curado en el campo de especímenes de concreto para ensayo.
ASTM C-33	Especificaciones de agregados para concreto.
ASTM C-39	Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
ASTM C-75	Muestreo de agregados.
ASTM C-143	Método de prueba estándar para la reducción del hormigón hidráulico-cemento.
ASTM C-150	Especificación estándar para cemento portland.
ASTM C-192	Practica para la elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo.
ASTM C-293	Método de prueba estándar para resistencia a la flexión de concreto (usando vigas simplemente apoyadas con carga puntual al centro).
ASTM C-78	Método de ensayo normalizado para la determinación de la Resistencia a la flexión del concreto (Utilizando viga simple con carga en los Tercios del claro).
ASTM C-1064	Método de ensayo para la temperatura de concreto mezclado fresco de cemento

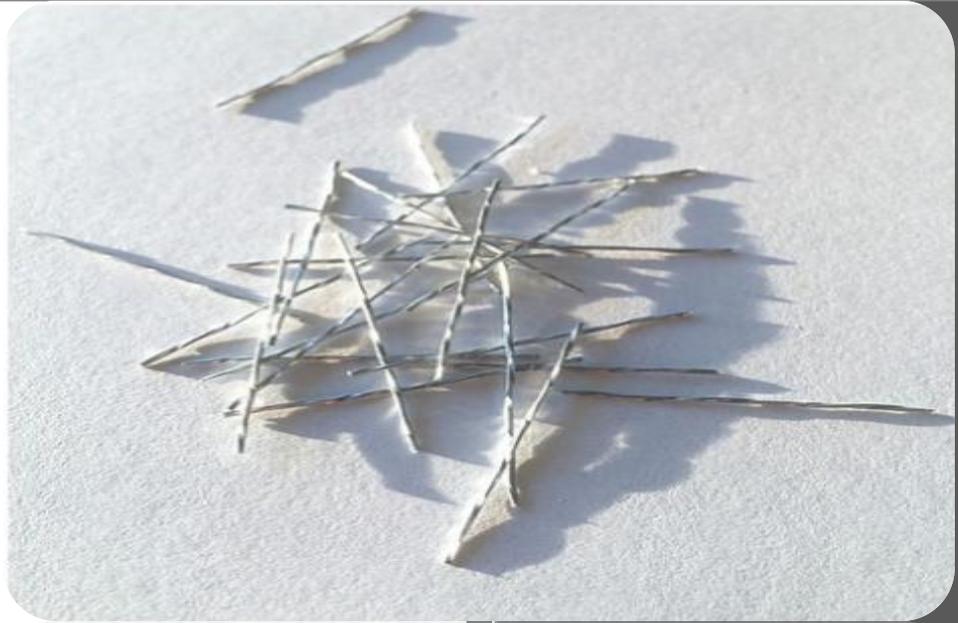


	portland.
ACI 318-14	Capítulo 19 Concreto: Requisitos de Diseño y Durabilidad.
ASTM C-1399	Método de prueba para obtener la resistencia residual media del hormigón reforzado con fibra.
ASTM C-1018	Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión y la resistencia al agrietamiento en primer lugar del concreto reforzado con fibra (utilizando un rayo con carga de tercer punto).

2.4.3. Manuales de diseños de los Pavimentos Rígidos.

Manual centro americano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras regionales.	2004 2da edición. (SIECA)
AASHTO 93	Diseño geométrico de pavimentos.

CAPITULO III: PROCESAMIENTO





3. PROCESAMIENTO

3.1. Realización de Práctica estándar para hechura y curado de especímenes de prueba en el laboratorio.

Esta práctica ASTM C192-02 cubre el procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio bajo controles precisos de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto que puede ser consolidado por varillado o vibrado.

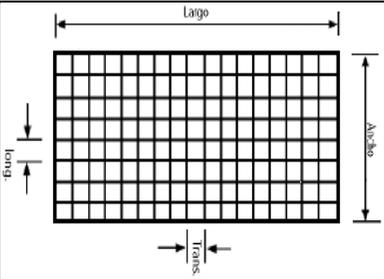
Para la determinación de la resistencia a la compresión y módulo de ruptura de cilindros testigos y resistencia a la flexión del concreto es importante tomar en cuenta lo que dice la norma ASTM C192-02 “Práctica estándar para hechura y curado de especímenes de prueba en el laboratorio”.

A continuación, se detalla y describe el material y equipo a utilizar, así como el procedimiento para la ejecución de dicha prueba.

➤ **Materiales y equipos.**

Material y Equipo	Descripción
	<p>Cemento. Se ocupó cemento Tipo 1</p>
	<p>Arena. La arena a utilizar debe cumplir ciertas características, sobre todo cumplir con el diseño de mezcla, se utilizó dicho material de La Arenera Sinaí, San Miguel.</p>



	<p>Grava #1. La grava utilizada para la investigación procede del banco de materiales de La Hulera, Usulután.</p>
	<p>Baldes. Sirve para poder pesar los agregados del concreto según el diseño del mismo.</p>
	<p>Malla #4. Para colar la Arena.</p>
	<p>Palas. Para llenar de materiales las cubetas o baldes.</p>
	<p>Llana lisa. Para el acabado de los especímenes de concreto.</p>



	<p>Bascula. Para la precisión de la toma de los diferentes pesos.</p>
	<p>Moldes metálicos cilíndricos y Cúbicos. Dichos moldes para colar especímenes de concreto cilíndricos y cúbicos.</p>
	<p>Mezcladora de 1 bolsa. Para el mezclado de los agregados.</p>
	<p>Cinta métrica. Para medir el revenimiento.</p>
	<p>Fibras Metálicas Torsionadas. Para incorporar a la mezcla.</p>



	<p>Agua limpia. Debe ser potable y libre de contaminantes para un buen concreto.</p>
	<p>Manguera. Para facilitar el uso del agua.</p>
	<p>Cuchara de albañil. Para el manejo de los agregados y del concreto en sí.</p>
	<p>Mazo. Con cabeza de goma o cuero crudo, se utiliza para el golpeo exterior de los moldes en el momento del llenado para evitar el contenido de aire.</p>
	<p>Depósito de almacenamiento. Este depósito de almacenamiento debe ser capaz de mantener a los especímenes en total humedad.</p>

	<p>Brocha y aceite. Se utiliza para engrasar las paredes internas de los moldes.</p>
	<p>Termómetro. Para la medición de la temperatura del concreto.</p>
	<p>Varilla apisonadora. Para la buena distribución de los agregados en los moldes mediante apisonamientos.</p>

Tabla 3.1. Descripción de materiales y equipos para hechura y curado de especímenes de prueba en el laboratorio

Procedimiento:

➤ **Tamizado de Arena**

La arena se tamizo por la malla #4, Además se midió el agua a necesitar en un balde y se marcó, para obtener una medida constante que se necesitara por cada mezcla.



Imagen 3.1. Tamizado de arena.

➤ **Limpieza y engrasado de moldes.**

Los moldes deben engrasarse para evitar la adherencia de la mezcla de concreto con las paredes de los moldes, así al desmoldar, los cubos y cilindros de concreto endurecidos tendrán superficies lisas y libres de alguna grieta.



Imagen 3.2. Engrasado de Moldes

➤ **Colocación de agregados en la mezcladora.**

Para la colocación de los agregados en la mezcladora se deben determinar los volúmenes de cada uno de los agregados. En este caso se hizo una dosificación por volúmenes, por cada bolsa de cemento se agrega 2.5 cubetas de arena, grava y 20.40lts de agua.

Observaciones: Dosificación de campo para 1 bolsa de cemento			
Agua:			20.40 Lts.
Agregado grueso:			2.50 CUBETAS
Agregado fino:			2.50 CUBETAS

Figura 3.1. Dosificación de mezcla utilizado para esta investigación, obtenidos por el laboratorio de suelos y materiales. Ver anexo A. Diseño de mezcla

Se hace uso de un recipiente en donde se marcan las alturas, tanto de arena y grava, así como del agua. Al iniciar la rotación del tambor, se agregaron 2.5 cubetas de grava, 1 bolsa de cemento y algo de agua dentro de la mezcladora, posteriormente se agregó 2.5 cubetas de arena y el resto del agua. Luego que todos los componentes están en la mezcladora con el cronometro se contabilizo 3 minutos de mezclado.



Imagen 3.3. Recipiente o baldes con sus respectivos agregados.

- **Pesos de las fibras metálicas a incorporar a la mezcla. (Únicamente se utiliza este procedimiento cuando se le incluye fibra metálica a la mezcla.)**

Nota: Para la adición de fibras fue necesario al concreto convencional incluirles cierta proporción de fibras metálicas las cuales son: las cantidades de 0.3Kg/m^3 , 0.6Kg/m^3 , 0.9Kg/m^3 queda claro que cada proporción fue incluida por cada bolsa de cemento equivalente a una concreteada, una vez incluida, con el cronometro se contabilizo 5min para obtener una mezcla homogénea por recomendación del proveedor.



Imagen 3.4. Peso de las diferentes cantidades de fibras metálicas.

El Cálculo de la cantidad de fibra incorporada en la mezcla para 1 Bolsa de cemento se detalla a continuación.

➤ **Calculo de Volumen de fibra para 3Kg/m³**

Como se sabe que 1 bolsa de cemento equivale a 0.10m³ que es el volumen de la concretera.

Utilizando la regla de 3

$$1.0m^3 \rightarrow 3.0Kg$$

$$0.10m^3 \rightarrow x$$

$$0.30kg/m^3 \rightarrow x$$

➤ **Calculo de Volumen de fibra para 6Kg/m³**

Como se sabe que 1 bolsa de cemento equivale a 0.10m³ que es el volumen de la concretera.

➤ **Utilizando la regla de 3**

$$1.0m^3 \rightarrow 6.0Kg$$

$$0.10m^3 \rightarrow x$$

$$0.60kg/m^3 \rightarrow x$$



➤ **Calculo de Volumen de fibra para 9Kg/m³**

Como se sabe que 1 bolsa de cemento equivale a 0.10m³ que es el volumen de la concretera.

➤ **Utilizando la regla de 3**

$$1.0m^3 \rightarrow 9.0Kg$$

$$0.10m^3 \rightarrow x$$

$$0.90kg/m^3 \rightarrow x$$



Imagen 3.5. Inclusión de fibra a la mezcladora

Seguidamente con la mezcladora en rotación se vertió la mezcla en una carretilla debidamente húmeda superficialmente seca con el fin de evitar que el agua de la mezcla sea absorbida por la carretilla o que está introduzca agua a la mezcla.



Imagen 3.6. Mezcla depositada en carretilla para el debido manejo

Con el concreto en la carretilla se realizó la prueba de revenimiento y la toma de temperatura del concreto fresco, si el resultante es el deseado, se procede a llenar rápidamente cada uno de los moldes metálicos.



Imagen 3.7. Toma de temperatura al concreto en estado fresco.

➤ **Elaboración de cilindros y viguetas de concreto.**

- 1- Primeramente, se colocan los moldes en una superficie plana y seca donde permanecerán hasta que se desmolden. Una vez estos engrasados y con sus abrazaderas bien prensadas.



Imagen 3.8. Moldes engrasados y colocados en una superficie plana

- 2- Seguidamente se procede al llenado de los cilindros, siempre y cuando el revenimiento haya sido el postulado por la norma, o el indicado en el diseño de mezcla (si el revenimiento es mayor a 1 pulg. llenar el cilindro en 3 capas).
- 3- Llenar los cilindros en 3 capas con un mismo volumen.
- 4- Se coloca la primera capa de concreto a $1/3$ de la altura.
- 5- Luego con la varilla punta redonda se golpea 25 veces.
- 6- Se coloca la segunda capa de concreto a $2/3$ de la altura con un mismo volumen, luego con la varilla punta redonda se golpea 25 veces.
- 7- Y por último se llenó todo el molde cilíndrico de concreto en exceso, se le quita el exceso luego se le da 25 golpes con la varilla punta redonda.
- 8- Una vez llenado se procede a golpear el molde en la parte externa de 10 a 15 veces con el martillo de hule.
- 9- Una vez llenado, varillado y golpeado en la parte externa con el martillo se procede con la llana metálica a dejar lisa la superficie.



Imagen 3.9. Golpes con martillo de goma en diferentes partes del molde

Procedimiento para realización de viguetas.

- 1- Se engrasaron los moldes con aceite quemado especialmente las esquinas.
- 2- Una vez engrasados se aseguran que estén bien armados.
- 3- Se coloca los moldes en una superficie plana y seca donde permanecerán hasta que se desmolden.
- 4- Se revisa cuidadosamente el revenimiento si es apto para depositar el concreto en los moldes (revenimiento mayor a 3 pulg).
- 5- Se procede a colocar el concreto en los moldes hasta llenar la mitad de éste.
- 6- Luego con la varilla punta redonda se golpea 70 veces uniformemente.
- 7- Seguidamente se llena el molde de concreto con exceso, y nuevamente se golpea 70 veces uniformemente.
- 8- Con el martillo de hule se golpea de 25 veces la parte externa del molde para quitar las huellas del varillado. (esto puede ser más ya que la norma no rige el número de golpes para las viguetas).
- 9- Se quitó el concreto en exceso y con la llana metálica se procedió a dejar lisa la superficie.
- 10- Desde la realización del concreto, hasta dejar el llenado de los moldes y dejar lisas las superficies, no se dejó que excediera un tiempo de 15 minutos.



Imagen 3.10. Fabricación de Viguetas

➤ **Curado de especímenes.**

Pasadas 24 horas, es necesario desmoldar, con mucho cuidado para no golpear ni dañar las paredes del cilindro de concreto, ni dañar las aristas de la vigueta de concreto, Los cilindros y viguetas son colocados en el depósito de almacenamiento, en agua, a esta etapa se le conoce como etapa de curado, donde permanecen sumergidos en agua, hasta llegar a su edad de ensayo, Para nuestro estudio, las edades de los ensayos se realizaron a los 7, 14, 28 días.



Imagen 3.11. Curado de los especímenes de concreto



3.2. Realización de Prueba estándar para la reducción del hormigón hidráulico-cemento al Concreto Convencional y al Concreto con Fibras Metálicas.

Por medio de este método de ensayo pretende proporcionar al usuario con un procedimiento para determinar el revenimiento de un concreto de cemento hidráulico plástico.

Este método de ensayo fue originalmente desarrollado para proporcionar una técnica para monitorear la consistencia de un concreto no endurecido.

Bajo condiciones de laboratorio, con estricto control de todos los materiales del concreto, el revenimiento es generalmente encontrado para incrementar proporcionalmente con el contenido de agua de una mezcla de concreto dada, y por lo tanto ser inversamente vinculado con la resistencia del concreto. Bajo condiciones de campo, sin embargo, como una relación de resistencia no está clara y consistentemente demostrado. Algunas consideraciones deberían de ser tomadas en resultados de revenimiento relativos a resistencia obtenida bajo condiciones de campo.

A continuación, se describe el procedimiento para la realización del revenimiento de la mezcla con y sin fibras metálicas, así como también los materiales y equipo que se emplearan.

➤ Materiales y Equipo

Material y Equipo	Descripción
	<p>Molde. Con forma de cono truncado, con base de 8” (203mm), diámetro superior de 4” (102mm), y una altura de 12” (305mm). Este molde debe estar provisto de abrazaderas y su base de metal.</p>

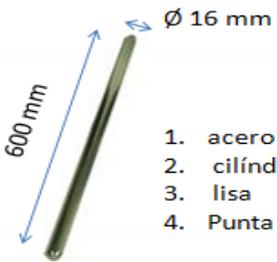
 <p>600 mm</p> <p>Ø 16 mm</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. acero 2. cilíndrica 3. lisa 4. Punta hemisférica 	<p>Varilla lisa con punta redonda. De 5/8” de diámetro y longitud de 24” aproximadamente. Para el apisonamiento de cada capa de concreto.</p>
	<p>Cuchara de albañil. Con el que Se llena el molde en tres capas, cada una de aproximadamente un tercio del volumen del molde.</p>
	<p>Mezcla de concreto fresco. Con agregado no mayor de 1 ½”. La muestra de concreto de la cual se harán los especímenes, será representativa de la revoltura.</p>
	<p>Cinta métrica. Para medir inmediatamente el revenimiento, determinando la diferencia vertical entre el borde del molde y el centro original desplazado de la cara superior del espécimen.</p>
	<p>Agua. Para humedecer el molde cónico y la superficie plana.</p>

Tabla 3.2. Descripción de material y equipo de la prueba de revenimiento ASTM C143-90

**Procedimiento:****➤ Humedecer el Molde y colocarlo en la Superficie plana.**

De acuerdo a la Norma ASTM C 143-90 se humedeció el molde troncocónico y se colocó sobre una superficie plana, húmeda no absorbente y rígida. La sección de diámetro más pequeña quedó hacia arriba, será sujetado por el operador firmemente en su lugar durante el llenado, colocándose sobre las dos piezas para pie y presionando las abrazaderas hacia abajo con las manos.

➤ Colocar mezcla.

Se colocó la mezcla en el molde mediante tres capas, de 1/3 del volumen total del molde (la primera capa a una altura de 6.5cm aproximadamente desde la base del molde, la segunda a una altura de 15.5cm desde la base del molde y la tercera capa a un lleno completo del molde).

➤ Apisonamiento.

Se realizó el varillado de la mezcla dentro del molde con la varilla estándar de 5/8" dando 25 golpes a cada capa, cabe mencionar que en la primera capa se inclinó la varilla para llegar hasta las horillas del molde en su parte inferior, iniciando desde los extremos simulando un espiral, hasta terminar en el centro del perímetro.

Se continuó vertiendo las capas de concreto en el molde, varillando de manera similar, pero teniendo en cuenta que los 25 golpes no deben penetrar más de 1 pulgada en la capa inferior.

La última capa se vierte y varilla de igual manera, dejando un exceso en la parte superior del molde, que una vez varillada la última capa se enrasa rodando la varilla sobre la boquilla del molde, luego se limpió la base metálica de cualquier sobrante de concreto derramado o escurrido que se cayó durante el vertido o enrasado.

➤ Retirar el Molde Cónico.

Se retiró cuidadosamente el molde con un movimiento directo hacia arriba evitando movimientos hacia los lados, en un tiempo aproximado de 5 segundos.



➤ **Medición de la altura de la mezcla.**

Inmediatamente se colocó el molde con la parte de menos diámetro sobre la placa metálica y se colocó la varilla horizontalmente sobre la parte superior del molde (lado de 8”).

Se tomó la lectura con una cinta métrica desde la varilla horizontal hasta el borde superior del concreto, en un tiempo no mayor de 3min desde que se llenó el molde con concreto.



Imagen 3.12. Prueba de revenimiento del trabajo de investigación

3.3. Realización de prueba de Resistencia a la compresión y módulo de ruptura de cilindros testigos.

De acuerdo a la norma ASTM C39M este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión al cilindro moldeado o núcleo a una razón que está dentro del rango prescrito antes de que la falla ocurra. El esfuerzo de compresión del espécimen es calculado dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

Los resultados de este método de ensayo son usados como una base para el control de calidad de las operaciones de proporcionamiento, mezclado y colocación del concreto; determinación de concordancia con las especificaciones; control para evaluación de la efectividad de los aditivos y usos similares.

A continuación, se detalla y describe el material y equipo a utilizar, así como el procedimiento para la ejecución de dicha prueba.



➤ **Materiales y Equipo.**

Material y equipo	Descripción
	<p>Máquina de ensayo. Para el ensayo de compresión de los especímenes cilíndricos.</p>
	<p>Balanza digital. Cada espécimen cilíndrico se debe de pesar.</p>
	<p>Cinta métrica. Se mide para corroborar la longitud y diámetro del espécimen.</p>
	<p>Cilindros de concreto. Para someterlos a la máquina de ensayo.</p>

Tabla 3.3. Descripción de materiales y equipo de la Prueba de Compresión de cilindros ASTM C39/C39M



Procedimiento:

➤ **Ensayo de cilindros de concreto.**

De acuerdo a la norma ASTM C39/C39M para los ensayos de compresión en especímenes curados húmedos, serán hechos tan pronto como sea practicable, después de removerlos del almacenamiento húmedo.



Imagen 3.13. Cilindro listo para ensayar en la máquina.

Para el ensayo de los cilindros de concreto, cada espécimen debe cumplir con la edad requerida para dicho ensayo.

Los especímenes se pesan una vez sacados directamente del contenedor de agua, seguidamente se mide el diámetro, que será el promedio de los dos diámetros tomados de la superficie superior, perpendicularmente entre si, finalmente tomando la última medida que es la altura. Cuando todas las medidas son determinadas, se coloca el espécimen sobre la placa inferior, se alinea cuidadosamente el eje del mismo con respecto al centro de la placa de asiento inferior.

Al tener perfectamente colocado el espécimen, se le aplica la carga hasta que falle, se registra la carga soportada durante la prueba y anotar el tipo de falla, como se muestra en la imagen x: Planos de fallas

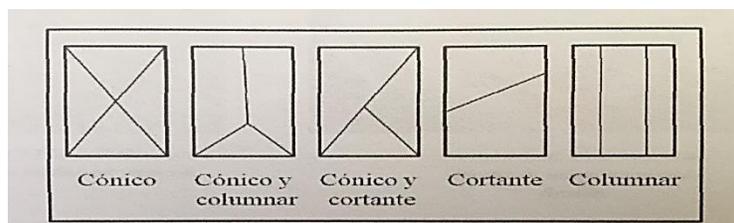


Figura 3.2. Planos de falla de cilindros de concreto ASTM C-39



3.4. Realización de prueba de resistencia a la Tensión con carga aplicada en el punto medio al concreto convencional y al concreto con Fibras Metálicas.

De acuerdo a este método de ensayo se puede determinar el módulo de ruptura de especímenes preparados y curados. La resistencia determinada variará donde haya diferencias en el tamaño del espécimen, preparación, condiciones de humedad, o curado.

Los resultados de este método de ensayo pueden ser usados para determinar confianza con las especificaciones o como una base para el proporcionamiento, mezclado y operaciones de colocación. Este método de ensayo produce valores de resistencia a la flexión significativamente mayores.

A continuación, se detalla y describe el material y equipo a utilizar, así como el procedimiento para la ejecución de dicha prueba.

➤ **Materiales y Equipo.**

Material y equipo	Descripción
	<p>Máquina de ensayo. Para el ensayo de tensión de los especímenes cúbicos.</p>
	<p>Balanza digital. Cada espécimen cubico se debe de pesar.</p>



	<p>Cinta métrica. Se mide para corroborar la longitud y diámetro del espécimen.</p>
	<p>Viguetas. Para someterlos a la máquina de ensayo.</p>

Tabla 3.4. Descripción de materiales y equipo de la Prueba a la Tensión en Puntos Medios del Claro ASTM C293-0

➤ **Ensayo de viguetas de concreto.**

Procedimiento:



Imagen 3.14. Ensayo de flexión punto medio del claro.

De acuerdo a la norma ASTM C293-02 los ensayos de flexión en especímenes de viguetas

Curadas húmedas serán hechos tan pronto como sea práctico, después de removerlos del lugar de almacenamiento húmedo. Las superficies secas del espécimen dan como resultado una reducción en el módulo de ruptura medido.



Imagen 3.15. Medición de las viguetas para punto medios del claro

Posteriormente se procede a pesar las viguetas, seguidamente se mide su longitud, altura y ancho. En seguida con un marcador marcamos la mitad, luego se pone la vigueta en la maquina cuidadosamente, centrando la viga adecuadamente para que a la hora de ensayar no haya ningún error, seguido se le aplica la carga hasta que esta falla, se toma nota de la carga máxima y tipo de fractura.

3.5. Realización de prueba de Resistencia a la tensión con carga aplicada en el Punto Tercios del claro al concreto convencional y al concreto con Fibras Metálicas.

Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la flexión de especímenes preparados y curados. El método de carga al tercio medio deberá ser usado en ensayos de flexión del concreto empleando bloques de soporte los cuales aseguren que las fuerzas aplicadas a la viga serán perpendiculares a la cara del espécimen y aplicada sin excentricidad.

Los resultados de este método de ensayo pueden ser usados para determinar confianza con las especificaciones o como una base para los proporcionamientos, mezclado y operaciones de colocación. Es usado en ensayos de concreto para la construcción de losas y pavimentos.

A continuación, se detalla y describe el material y equipo a utilizar, así como el procedimiento para la ejecución de dicha prueba.



➤ **Materiales y Equipo.**

Material y equipo	Descripción
	<p>Máquina de ensayo. Para el ensayo de compresión de los especímenes cilíndricos.</p>
	<p>Balanza digital. Cada espécimen cilíndrico se debe de pesar.</p>
	<p>Cinta métrica. Se mide para corroborar la longitud y diámetro del espécimen.</p>
	<p>Viguetas. Para someterlos a la máquina de ensayo.</p>

Tabla 3.5. Descripción de materiales y equipo de la Prueba a la Tensión en Puntos Tercios del Claro ASTM C78-02

**Procedimiento:**

Imagen 3.16. Ensayo de tensión puntos tercios del claro.

De acuerdo a la norma ASTM C78-02 los ensayos de flexión de especímenes curados húmedos deberán ser hechos tan pronto como sea práctico después de removerlos de su almacenamiento húmedo.

Secando la superficie del espécimen da como resultado una reducción en la medida de la resistencia a la flexión.

Posteriormente se procede a pesar las viguetas, seguidamente se mide su longitud, altura y ancho. Se deberá dividir y marcar la vigueta de tal manera que se ensaye a los dos tercios a ambos lados de la misma longitud, luego se pone la vigueta en la maquina cuidadosamente, centrándola adecuadamente para que a la hora de ensayar no haya ningún error, seguido se le aplica la carga hasta que esta falla, Se toma nota de la carga máxima y tipo de fractura.



Imagen 3.17. Vigueta después de falla con carga aplicada en tercios medios del claro.

CAPITULO IV: ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS



4. ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS

4.1. Análisis Técnico.

4.1.1. Resultados obtenidos del laboratorio de Suelos y Materiales.

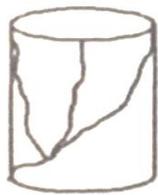
METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA ESFUERZOS A COMPRESION EN ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO ASTM C-39/ C-39M			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CILINDRO No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	26/08/2017	26/08/2017	26/08/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
F' C DE DISEÑO (KG/CM2)	210.00	210.00	210.00
DIAMETRO (CM)	15.10	15.20	15.00
ALTURA (CM)	30.00	30.10	30.00
PESO (GR)	12,177.00	12,152.00	12,249.00
CARGA (LBS)	87,000.00	96,000.00	114,000.00
CARGA (KG)	39,545.45	43,636.36	51,818.18
AREA (CM2)	179.08	181.46	176.72
VOLUMEN (CM3)	5,372.37	5,461.91	5,301.45
PESO VOLUMETRICO (KG/M3)	2.10	2.10	2.10
ESFUERZO DE RUPTURA (KG/CM2)	220.80	240.50	293.20
ESFUERZO DE RUPTURA (MPA)	15.03	16.37	19.96
ESFUERZO DE RUPTURA (PSI)	3250.18	3540.16	4315.90
TIPO DE FALLA	CONO FISURA	CONO	CONO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN EL CILINDRO			
CILINDROS SIN INCORPORACION DE FIBRAS METALICAS			

Tabla 4.1. Resultados de Compresión de especímenes de concreto sin fibras metálicas

Fuente: Elaboración propia



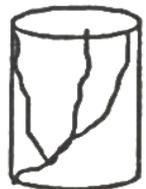
METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA ESFUERZOS A COMPRESION EN ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO ASTM C-39/ C-39M			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CILINDRO No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
F' C DE DISEÑO (KG/CM2)	210.00	210.00	210.00
DIAMETRO (CM)	15.00	15.10	15.00
ALTURA (CM)	30.00	30.00	30.00
PESO (GR)	12,256.00	12,290.00	12,239.00
CARGA (LBS)	107,000.00	110,000.00	133,000.00
CARGA (KG)	48,636.36	50,000.00	60,454.55
AREA (CM2)	176.72	179.08	176.72
VOLUMEN (CM3)	5,301.45	5,372.37	5,301.45
PESO VOLUMETRICO (KG/M3)	2.10	2.10	2.10
ESFUERZO DE RUPTURA (KG/CM2)	275.22	279.20	342.09
ESFUERZO DE RUPTURA (MPA)	18.73	19.00	23.29
ESFUERZO DE RUPTURA (PSI)	4051.20	4109.90	5035.60
TIPO DE FALLA	COLUMNA	CONO FISURA	CONO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN EL CILINDRO			
CILINDROS CON 3KG/M3 DE FIBRA METALICA			

Tabla 4.2. Resultados de Compresión de especímenes de concreto con 3Kg/m³ de fibras metálicas

Fuente: Elaboración propia



METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA ESFUERZOS A COMPRESION EN ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO ASTM C-39/ C-39M			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CILINDRO No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
F' C DE DISEÑO (KG/CM2)	210.00	210.00	210.00
DIAMETRO (CM)	15.00	15.10	15.00
ALTURA (CM)	30.00	30.10	30.00
PESO (GR)	12,330.00	12,144.00	12,238.00
CARGA (LBS)	96,000.00	95,000.00	123,000.00
CARGA (KG)	43,636.36	43,181.82	55,909.09
AREA (CM2)	176.72	179.08	176.72
VOLUMEN (CM3)	5,301.45	5,390.28	5,301.45
PESO VOLUMETRICO (KG/M3)	2.10	2.10	2.10
ESFUERZO DE RUPTURA (KG/CM2)	246.92	241.13	316.37
ESFUERZO DE RUPTURA (MPA)	16.81	16.41	21.53
ESFUERZO DE RUPTURA (PSI)	3634.72	3549.45	4656.98
TIPO DE FALLA	FISURA	FISURA	CONO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN EL CILINDRO			
CILINDROS CON 6KG/M3 DE FIBRA METALICA			

Tabla 4.3. Resultados de Compresión de especímenes de concreto con 6Kg/m³ de fibras metálicas

Fuente: Elaboración propia



METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA ESFUERZOS A COMPRESION EN ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO ASTM C-39/ C-39M			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CILINDRO No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
F' C DE DISEÑO (KG/CM2)	210.00	210.00	210.00
DIAMETRO (CM)	15.00	15.10	15.00
ALTURA (CM)	30.00	30.00	30.00
PESO (GR)	12,293.00	12,218.00	12,255.00
CARGA (LBS)	103,000.00	106,000.00	130,000.00
CARGA (KG)	46,818.18	48,181.82	59,090.91
AREA (CM2)	176.72	179.08	176.72
VOLUMEN (CM3)	5,301.45	5,372.37	5,301.45
PESO VOLUMETRICO (KG/M3)	2.10	2.10	2.10
ESFUERZO DE RUPTURA (KG/CM2)	264.93	269.05	334.38
ESFUERZO DE RUPTURA (MPA)	18.03	18.31	22.76
ESFUERZO DE RUPTURA (PSI)	3899.75	3960.44	4922.01
TIPO DE FALLA	FISURA	FISURA	CONO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN EL CILINDRO			
CILINDROS CON 9KG/M3 DE FIBRA METALICA			

*Tabla 4.4. Resultados de Compresión de especímenes de concreto con 9Kg/m³ de fibras metálicas
Fuente: Elaboración propia*



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO (USANDO VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA PUNTUAL AL CENTRO) ASTM C-293			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
VIGAS No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
MR DE DISEÑO (KG/CM2)	36.00	36.00	36.00
ANCHO (CM)	15.10	15.40	15.30
ALTURA (CM)	15.50	15.50	15.60
LONGITUD ENTRE APOYOS (CM)	35.00	35.00	35.00
LONGITUD (CM)	61.00	61.00	61.00
PESO (GR)	33,512.00	33,532.00	33,381.00
CARGA (LBS)	5,000.00	5,200.00	5,400.00
CARGA (KG)	2,272.73	2,363.64	2,454.55
AREA (CM2)	234.05	238.7	238.68
VOLUMEN (CM3)	14,277.05	14,560.70	14,559.48
PESO VOLUMETRICO (KG/CM3)	2.20	2.20	2.20
ESFUERZO DE FLEXION (KG/CM2)	32.89	33.54	34.61
ESFUERZO DE FLEXION (MPA)	2.24	2.28	2.36
ESFUERZO DE FLEXION (PSI)	484.14	493.70	509.45
TIPO DE FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN EL CILINDRO			
VIGAS SIN INCLUSION DE FIBRA METALICA			
$MR = \frac{3PL}{2bd^2}$			

Tabla 4.5 Resultados de resistencia a la Flexión de puntos medios sin fibras metálicas
 Fuente: Elaboración propia



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO (USANDO VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA PUNTUAL AL CENTRO) ASTM C-293			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
VIGAS No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
MR DE DISEÑO (KG/CM2)	36.00	36.00	36.00
ANCHO (CM)	15.40	15.20	15.50
ALTURA (CM)	15.40	15.30	15.50
LONGITUD ENTRE APOYOS (CM)	35.00	35.00	35.00
LONGITUD (CM)	61.10	61.00	61.00
PESO (GR)	33,467.00	33,210.00	34,153.00
CARGA (LBS)	5,200.00	5,500.00	5,900.00
CARGA (KG)	2,363.64	2,500.00	2,681.82
AREA (CM2)	237.16	232.56	240.25
VOLUMEN (CM3)	14,490.48	14,186.16	14,655.25
PESO VOLUMETRICO (KG/CM3)	2.20	2.20	2.20
ESFUERZO DE FLEXION (KG/CM2)	33.98	36.89	37.81
ESFUERZO DE FLEXION (MPA)	2.31	2.51	2.57
ESFUERZO DE FLEXION (PSI)	500.13	542.98	556.55
TIPO DE FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN EL CILINDRO			
VIGAS CON 3KG/M3 DE FIBRA METALICA			
$MR = \frac{3PL}{2bd^2}$			

*Tabla 4.6 Resultados de resistencia a la Flexión de puntos medios con 3Kg/m³ de fibras metálicas
Fuente: Elaboración propia*



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO (USANDO VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA PUNTUAL AL CENTRO) ASTM C-293			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
VIGAS No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
MR DE DISEÑO (KG/CM2)	36.00	36.00	36.00
ANCHO (CM)	15.50	15.20	15.40
ALTURA (CM)	15.50	15.50	15.40
LONGITUD ENTRE APOYOS (CM)	35.00	35.00	35.00
LONGITUD (CM)	61.00	61.00	61.00
PESO (GR)	32,794.00	32,800.00	33,526.00
CARGA (LBS)	4,200.00	4,000.00	4,500.00
CARGA (KG)	1,909.09	1,818.18	2,045.45
AREA (CM2)	240.25	235.6	237.16
VOLUMEN (CM3)	14,655.25	14,371.60	14,466.76
PESO VOLUMETRICO (KG/CM3)	2.20	2.20	2.20
ESFUERZO DE FLEXION (KG/CM2)	26.91	26.14	29.40
ESFUERZO DE FLEXION (MPA)	1.83	1.78	2.00
ESFUERZO DE FLEXION (PSI)	396.19	384.77	432.81
TIPO DE FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN EL CILINDRO			
VIGAS CON 6KG/M3 DE FIBRA METALICA			
$MR = \frac{3PL}{2bd^2}$			

*Tabla 4.7. Resultados de resistencia a la Flexión de puntos medios con 6Kg/m³ de fibras metálicas
Fuente: Elaboración propia*



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO (USANDO VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA PUNTUAL AL CENTRO) ASTM C-293			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
VIGAS No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
MR DE DISEÑO (KG/CM2)	36.00	36.00	36.00
ANCHO (CM)	15.50	15.50	15.30
ALTURA (CM)	15.50	15.50	15.80
LONGITUD ENTRE APOYOS (CM)	35.00	35.00	35.00
LONGITUD (CM)	61.00	60.00	61.00
PESO (GR)	33,775.00	33,663.00	33,237.00
CARGA (LBS)	5,000.00	5,100.00	6,000.00
CARGA (KG)	2,272.73	2,318.18	2,727.27
AREA (CM2)	240.25	240.25	241.74
VOLUMEN (CM3)	14,655.25	14,415.00	14,746.14
PESO VOLUMETRICO (KG/CM3)	2.20	2.20	2.20
ESFUERZO DE FLEXION (KG/CM2)	32.04	32.68	37.49
ESFUERZO DE FLEXION (MPA)	2.18	2.22	2.55
ESFUERZO DE FLEXION (PSI)	471.65	481.08	551.81
TIPO DE FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN EL CILINDRO			
VIGAS CON 9KG/M3 DE FIBRA METALICA			
$MR = \frac{3PL}{2bd^2}$			

*Tabla 4.8 Resultados de resistencia a la Flexión de puntos medios con 9Kg/m³ de fibras metálicas
Fuente: Elaboración propia*



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO) ASTM C-78			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
VIGAS No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
MR DE DISEÑO (KG/CM2)	36.00	36.00	36.00
ANCHO (CM)	15.50	15.50	15.20
ALTURA (CM)	15.40	15.40	15.50
LONGITUD ENTRE APOYOS (CM)	47.00	47.00	47.00
LONGITUD (CM)	61.00	61.00	61.00
PESO (GR)	33,609.00	33,284.00	33,530.00
CARGA (LBS)	6,200.00	6,600.00	6,900.00
CARGA (KG)	2,818.18	3,000.00	3,136.36
AREA (CM2)	238.7	238.7	235.6
VOLUMEN (CM3)	14,560.70	14,560.70	14,371.60
PESO VOLUMETRICO (KG/CM3)	2.20	2.20	2.20
ESFUERZO DE FLEXION (KG/CM2)	36.03	38.36	40.37
ESFUERZO DE FLEXION (MPA)	3.53	3.76	3.96
ESFUERZO DE FLEXION (PSI)	530.40	564.62	594.19
TIPO DE FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN LA VIGA			
VIGAS SIN FIBRA METALICA			
$MR = \frac{PL}{bd^2}$			

Tabla 4.9 Resultados de resistencia a la Flexión de puntos tercios sin fibras metálicas
 Fuente: Elaboración propia



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO) ASTM C-78			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CILINDRO No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
MR DE DISEÑO	36.00	36.00	36.00
ANCHO (CM)	15.30	15.30	15.20
ALTURA (CM)	15.40	15.30	15.60
LONGITUD ENTRE APOYOS (CM)	47.00	47.00	47.00
LONGITUD (CM)	61.00	60.00	61.00
PESO (GR)	33,592.00	33,385.00	33,611.00
CARGA (LBS)	7,200.00	7,500.00	8,100.00
CARGA (KG)	3,272.73	3,409.09	3,681.82
AREA (CM2)	235.62	234.09	237.12
VOLUMEN (CM3)	14,372.82	14,045.40	14,464.32
PESO VOLUMETRICO (KG/CM3)	2.20	2.20	2.20
ESFUERZO DE FLEXION (KG/CM2)	42.39	44.74	46.78
ESFUERZO DE FLEXION (MPA)	4.16	4.39	4.59
ESFUERZO DE FLEXION (PSI)	624.00	658.52	688.61
TIPO DE FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN LA VIGA			
VIGAS CON 3KG/M3 DE FIBRA METALICA			
$MR = \frac{PL}{bd^2}$			

*Tabla 4.10. Resultados de resistencia a la Flexión de puntos tercios con 3Kg/m³ de fibras metálicas
Fuente: Elaboración propia*



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO) ASTM C-78			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CILINDRO No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
MR DE DISEÑO (KG/CM2)	36.00	36.00	36.00
ANCHO (CM)	15.50	15.50	15.50
ALTURA (CM)	15.20	15.10	15.20
LONGITUD ENTRE APOYOS (CM)	47.00	47.00	47.00
LONGITUD (CM)	61.00	61.00	61.00
PESO (GR)	33,331.00	33,353.00	33,873.00
CARGA (LBS)	6,200.00	6,600.00	7,200.00
CARGA (KG)	2,818.18	3,000.00	3,272.73
AREA (CM2)	235.6	234.05	235.6
VOLUMEN (CM3)	14,371.60	14,277.05	14,371.60
PESO VOLUMETRICO (KG/CM3)	2.20	2.20	2.20
ESFUERZO DE FLEXION (KG/CM2)	36.99	39.90	42.95
ESFUERZO DE FLEXION (MPA)	3.63	3.91	4.21
ESFUERZO DE FLEXION (PSI)	544.45	587.27	632.26
TIPO DE FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN LA VIGA			
VIGAS CON 6GK/M3 DE FIBRA METALICA			
$MR = \frac{PL}{bd^2}$			

Tabla 4.11. Resultados de resistencia a la Flexión de puntos tercios con 6Kg/m³ de fibras metálicas
 Fuente: Elaboración propia



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO) ASTM C-78			
PROPIEDADES/EDADES	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CILINDRO No.	1	2	3
FECHA DE ELABORACION	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
FECHA DE ENSAYO	05/07/2017	12/07/2017	26/07/2017
MR DE DISEÑO (KG/CM2)	36.00	36.00	36.00
ANCHO (CM)	15.00	15.50	15.30
ALTURA (CM)	15.50	15.40	15.40
LONGITUD ENTRE APOYOS (CM)	47.00	47.00	47.00
LONGITUD (CM)	61.00	60.00	61.00
PESO (GR)	33,585.00	33,250.00	33,291.00
CARGA (LBS)	4,600.00	6,500.00	7,500.00
CARGA (KG)	2,090.91	2,954.55	3,409.09
AREA (CM2)	232.5	238.7	235.62
VOLUMEN (CM3)	14,182.50	14,322.00	14,372.82
PESO VOLUMETRICO (KG/CM3)	2.20	2.20	2.20
ESFUERZO DE FLEXION (KG/CM2)	27.27	37.78	44.16
ESFUERZO DE FLEXION (MPA)	2.67	3.70	4.33
ESFUERZO DE FLEXION (PSI)	401.41	556.06	650.00
TIPO DE FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO
ESQUEMA DE LA FRACTURA EN LA VIGA			
VIGAS CON 9KG/M3 DE FIBRA METALICA			
$MR = \frac{PL}{bd^2}$			

Tabla 4.12. Resultados de resistencia a la Flexión de puntos tercios con 9Kg/m³de fibras metálicas
Fuente: Elaboración propia



4.1.2. Variación de temperaturas para la elaboración de mezclas de concreto

En la zona oriental del país la temperatura promedio oscila entre 24 y 36 grados centígrados, condiciones que son adversas para el concreto fresco sin embargo para la realización de la mezcla se realizaron en horas de la mañana y en condiciones debidamente controladas de laboratorio, las lecturas se muestran a continuación.

Tipo de concreto	Temperatura °C
Concreto sin fibra metálica	28.5
Concreto con 3Kg/m ³ de fibra metálica Hélix 5-25	29.5
Concreto con 6Kg/m ³ de fibra metálica Hélix 5-25	29.0
Concreto con 9Kg/m ³ de fibra metálica Hélix 5-25	30.0

Tabla 4.13 Lectura de temperaturas de concreto con y sin fibras metálicas

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Variación de la Trabajabilidad del concreto convencional y concreto con Fibra Metálica. ASTM C-143.

El ensayo de asentamiento del concreto o prueba del cono de Abrams es un método de control de calidad cuyo objetivo principal es medir la consistencia del concreto.

La manejabilidad del concreto es usualmente juzgada por un examen visual, debido a que hasta el momento no se conoce ningún ensayo que mida la propiedad de manera directa. Sin embargo, se han desarrollado una serie de ensayos con los cuales se puede determinar las propiedades del concreto en estado plástico (fresco) en términos de consistencia, fluidez, cohesión y grado de compactación, uno de ellos es el ensayo de asentamiento.

El asentamiento es una medida de la consistencia de concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto.



El asentamiento del concreto es algo que depende enteramente de la relación agua-cemento (a/c) y se afecta directamente con cualquier alteración de esta. Por lo que se analizan a continuación los datos de los valores obtenidos en campo.

Revenimientos

Dosificación de fibra (kg/m³)	Asentamiento (in)
0	3.9
3	3.8
6	3.8
9	3.9

Tabla 4.14. Asentamientos del concreto con y sin fibra

Fuente: Elaboración propia.

El concreto con fibra metálica en estado fresco básicamente presenta las mismas propiedades en cuanto a trabajabilidad que el concreto sin fibras metálicas, debido a que los filamentos de las fibras desempeñan su función una vez el concreto comienza a endurecer.

“Las fibras metálicas si modifican la trabajabilidad del concreto en dosificaciones especiales de 20 a 40kg/m³ en un parámetro de 0.25 a 1.0 cm, y obviamente deben esperarse reducciones mayores cuando se usen dosificaciones mayores a estas. Sin embargo, cabe mencionar que esto no es un parámetro que debe afectar las especificaciones del concreto”.¹

Para efectos de esta investigación se están usando dosificaciones sustancialmente menores, debido a que las dosis mencionadas anteriormente se observan en casos muy especiales y por estricta recomendación del fabricante (concreto lanzado en revestimiento de túneles, estabilización de taludes y pisos industriales).

¹ José Hop y Peter C. “Mitos y Realidades Sobre El Concreto Reforzado Con Fibras Metálicas”



Las fibras de acero en el concreto no aportan mayor función para el revenimiento, como se mencionó antes, este depende de cualquier alteración de las proporciones en los agregados, ya sean gruesos, finos o el agua; sin embargo, en esta investigación no se ha alterado ninguno; además las fibras no presentan propiedades absorbentes de humedad por ser de acero.

Se observa en la tabla 4.14, que las variaciones que se reflejan son mínimas, y en caso del concreto con 9 kg/m³ de fibra es nula, por lo que se demuestra de que la inclusión de fibras metálicas no tiene injerencia en la trabajabilidad del concreto, al menos en las dosificaciones utilizadas para esta investigación.

Además, en base a los datos obtenidos de los fabricantes y distribuidores de fibras metálicas, estas no presentan dificultades para el manejo en las mangueras (en caso de concreto lanzado) en dosificaciones menores a 18kg/m³, pudiendo presentar alguna trabazón en las mangueras en dosificaciones mayores a estas, por lo que para estos casos deberá modificarse la dosificación del concreto de manera que no se alteren las propiedades mecánicas y se logre un concreto más fluido.

4.1.4. Variación de la Resistencia de la Compresión del Concreto convencional respecto al concreto con Fibra Metálica.

La resistencia a la compresión es una de las propiedades más importante del concreto en general, ya que es una medida de la disipación de energía antes de la falla frágil (el concreto se estalla) obtenida mediante la aplicación de carga axial a los especímenes cilíndricos de concreto, por lo que a continuación se analizan los datos obtenidos del concreto con fibra metálica y concreto convencional.

Resumen de resultados de la prueba a la compresión del concreto

Concreto sin fibras	
Tiempo (días)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
0	0.00
7	220.80
14	240.50
28	293.20

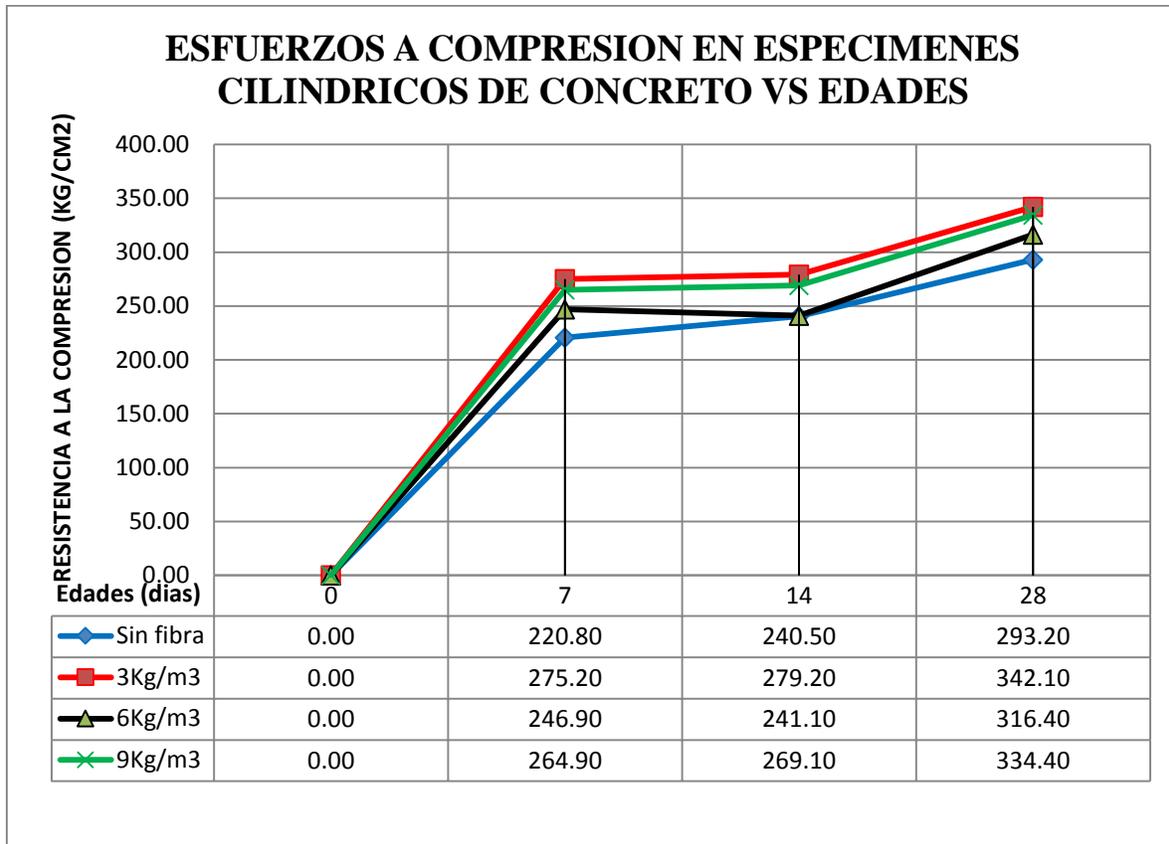


Concreto con 3kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
0	0.00
7	275.20
14	279.20

Concreto con 6Kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
0	0.00
7	246.90
14	241.10
28	316.40

Concreto con 9Kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
0	0.00
7	264.90
14	269.10
28	334.40
28	342.10

Tabla 4.15. Resistencia a la Compresión del Concreto a sus Diferentes Edades y Dosificaciones
 Fuente: Elaboración Propia.



*Grafica 4.1. Variaciones de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto con y sin fibras metálicas a sus respectivas edades.
Fuente: Elaboración Propia.*

Para el caso de la resistencia a la compresión los filamentos de fibra actúan aumentando la trabazón entre las partículas del concreto evitando el desplazamiento de las porciones del concreto con respecto a las otras masas con las que tiene contacto, debido a que la aplicación de la carga es axial, por lo que las fibras actúan como el mismo principio del adobe con paja, manteniendo unidas las masas de concreto una vez que las grietas, aunque mínimas, aparezcan y aumentando considerablemente la resistencia a la compresión como se muestra en la gráfica. Cabe mencionar, que el acero de refuerzo en el concreto desempeña su función disipando los esfuerzos de tensión, sin embargo, en base a los resultados obtenidos en el campo experimental; las fibras metálicas generan un aporte para soportar esfuerzos de compresión los cuales se analizan a continuación.

Se observa en base a la gráfica, que para los primeros 7 días el concreto con 3kg/m³ de fibra metálica presenta un aumento del 24.63% respecto al concreto sin fibra;



el concreto con 6kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento de 11.18% respecto al concreto sin fibra y el concreto con 9kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento de 19.97% respecto al concreto sin fibra.

Para los 14 días podemos observar que el concreto con 3kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento del 16.09% respecto al concreto sin fibra; el concreto con 6kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento del 0.02% respecto al concreto sin fibra y el concreto con 9kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento del 11.89% respecto al concreto sin fibra.

Para los 28 días el concreto con 3kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento del 16.67% respecto al concreto sin fibra; el concreto con 6kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento del 7.91% respecto al concreto sin fibra y el concreto con 9kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento del 14.05% respecto al concreto sin fibra.

La naturaleza del concreto es, lógicamente seguir ganando resistencia con respecto al tiempo, por lo que la inclusión de fibras metálicas si aporta en cierta medida al aumento de la resistencia a la compresión del concreto.

4.1.5. Variación de la Resistencia a la Flexión del concreto (usando vigas simplemente apoyadas con carga puntual al centro). ASTM C-293.

La resistencia a la flexión del concreto es una medida de la capacidad de absorber energía frente a un momento flector, también conocido como ductilidad, esto se obtiene sometiendo la viga a determinadas cargas, que generan tensión en el lecho inferior de la viga y compresión en la parte superior; por consiguiente, las deformaciones también aumentan a medida aumenta la carga hasta que esta falla.

Para el caso de esta prueba, los filamentos metálicos actúan a tensión en el lecho inferior de la viga cargada, generando un aporte a la disipación de energía de la viga. La falla se presenta siempre exactamente bajo el pasador que ejerce la carga sobre la viga, debido a que la carga se concentra específicamente en ese punto, al analizar mecánica y estructuralmente la viga, tenemos en el punto medio el momento flector máximo y la fuerza cortante igual a cero y por ende es el punto que sufre las deflexiones mayores generando así las fallas con valores de carga elativamente bajos; sin embargo, las fibras actúan retardando la falla frágil y soportando esfuerzos de tensión como se muestra a continuación.



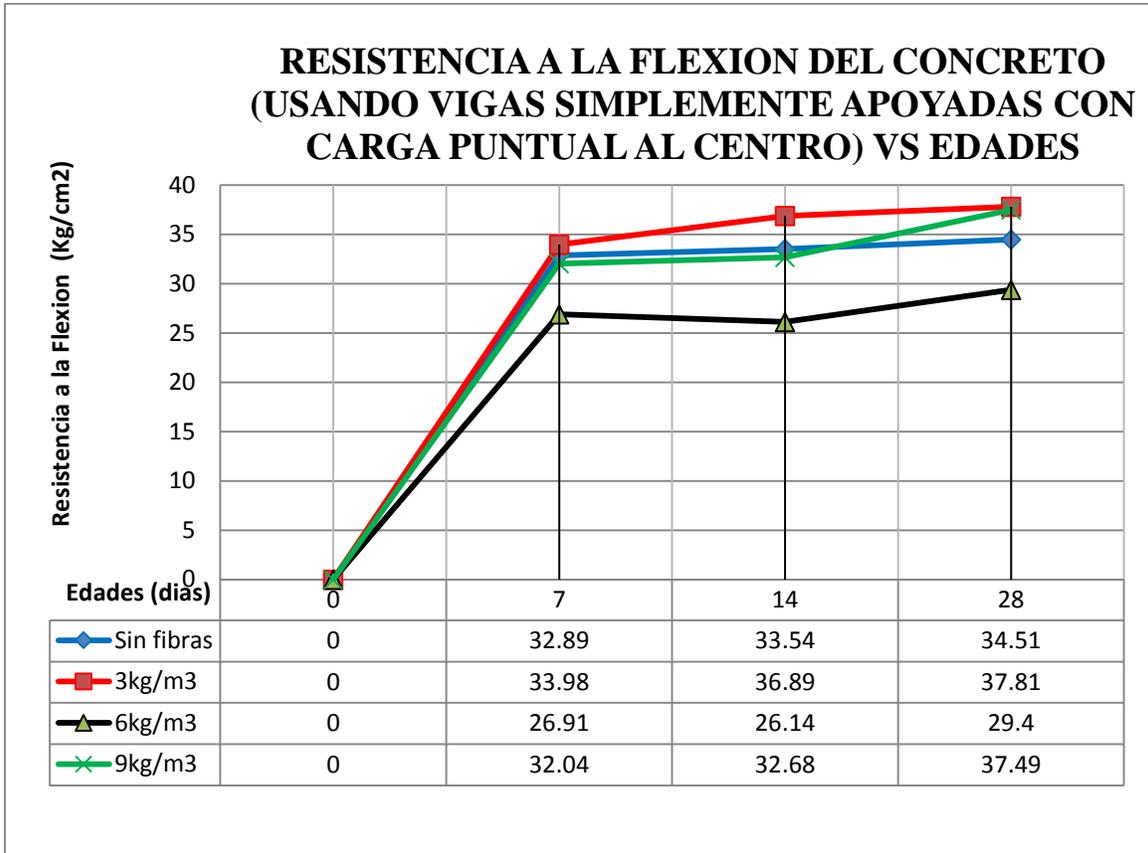
Para efectos de esta investigación, no se evalúan las deformaciones, debido a que no es una variable que tenga injerencia en el cálculo del Mr. del concreto.

Resumen de Resultados de la prueba a la flexión con carga aplicada en puntos medios.

Concreto sin fibras	
Tiempo (días)	Resistencia a la flexión del concreto (Kg/cm ²)
0	0
7	32.89
14	33.54
28	34.51
Concreto con 3kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Resistencia a la flexión del concreto (Kg/cm ²)
0	0
7	33.98
14	36.89
28	37.81
Concreto con 6Kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Resistencia a la flexión del concreto (Kg/cm ²)
0	0
7	26.91
14	26.14
28	29.4
Concreto con 9Kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Tiempo (días)
0	0
7	32.04
14	32.68
28	37.49

Tabla 4.16. Resistencia a la Flexión del Concreto (Usando Viga simplemente Apoyada con Carga Puntual al Claro) a sus Diferentes Edades y Dosificaciones. ASTM C-293.

Fuente: Elaboración Propia.



Grafica 4.2. Variaciones de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Usando Viga simplemente Apoyada con Carga Puntual al Claro) a sus Diferentes Edades y Dosificaciones. ASTM C-293. Fuente: Elaboración Propia.

Para los primeros 7 días, podemos observar que el concreto con 3kg/m³ de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 3.31% con respecto al concreto sin fibra metálica; el concreto con 6kg/m³ de fibra metálica presenta una disminución en el esfuerzo de flexión de 18.18% con respecto al concreto sin fibra metálica y el concreto con 9kg/m³ de fibra metálica presenta una disminución en el esfuerzo de flexión de 2.58% con respecto al concreto sin fibra metálica.

Para los 14 días, podemos observar que el concreto con 3kg/m³ de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 9.98% con respecto al concreto sin fibra metálica; el concreto con 6kg/m³ de fibra metálica presenta una disminución en el esfuerzo de flexión de 22.06% con respecto al concreto sin fibra metálica y el concreto con 9kg/m³ de fibra metálica presenta una disminución en el esfuerzo de flexión de 2.56% con respecto al concreto sin fibra metálica.



Para los 28 días, podemos observar que el concreto con 3kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 9.56% con respecto al concreto sin fibra metálica; el concreto con 6kg/m^3 de fibra metálica presenta una disminución en el esfuerzo de flexión de 14.80% con respecto al concreto sin fibra metálica y el concreto con 9kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 8.63% con respecto al concreto sin fibra metálica.

Se puede notar que el concreto tiene un comportamiento bastante variable y fluctuante, sin embargo, los resultados a los 28 días son favorables en cuanto al concreto sin fibra, el concreto con 3kg/m^3 de fibra y el concreto con 9kg/m^3 , no así para el concreto con 6kg de fibra que no alcanza la resistencia a la flexión esperada para esta prueba. Sin embargo, no se puede asegurar con certeza que la dosis de 6kg/m^3 de fibra metálica no sea favorable, recordemos que la velocidad de ganancia de resistencia del concreto puede variar por diversos factores, pero para esta investigación el punto de interés es a los 28 días,



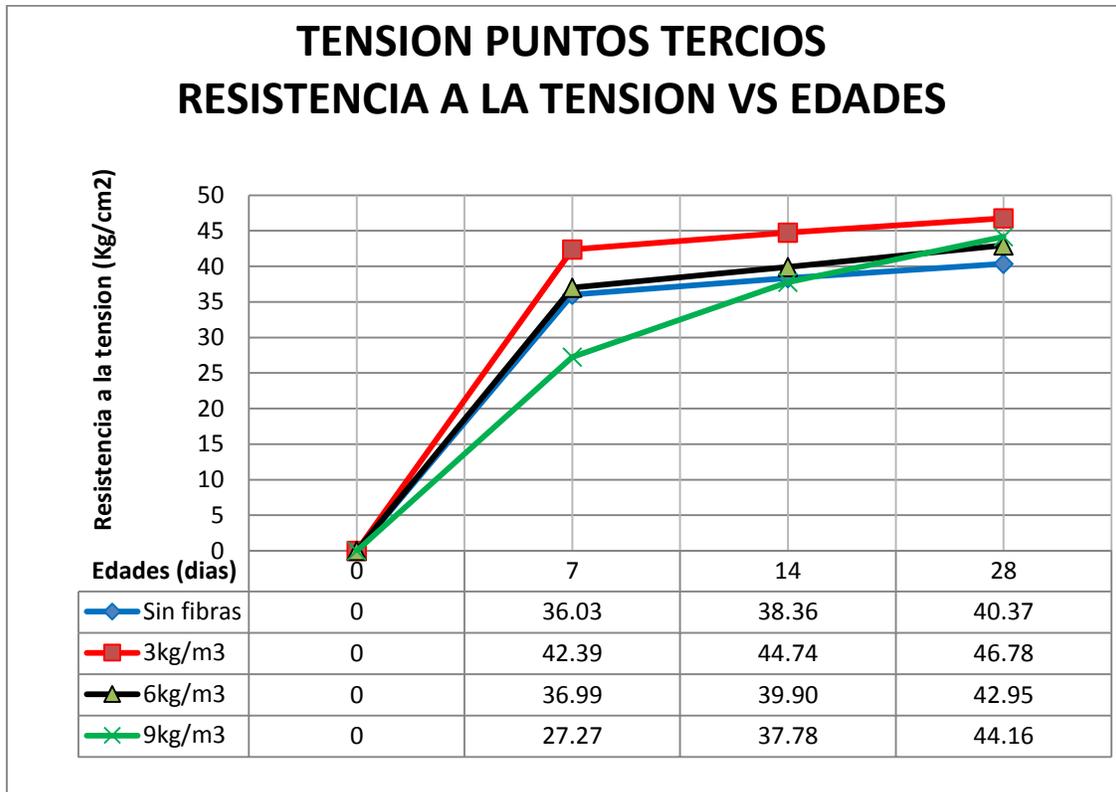
4.1.6. Variación de la Resistencia a la Flexión del concreto (usando viga simple con carga a los tercios del claro). ASTM C-78.

Resumen de resultados de la prueba a la flexión con carga aplicada en puntos tercios.

Concreto sin fibras	
Tiempo (días)	Resistencia a la flexión del concreto (Kg/cm ²)
0	0
7	36.03
14	38.36
28	40.37
Concreto con 3kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Resistencia a la flexión del concreto (Kg/cm ²)
0	0
7	42.39
14	44.74
28	46.78
Concreto con 6Kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Resistencia a la flexión del concreto (Kg/cm ²)
0	0
7	36.99
14	39.9
28	42.95
Concreto con 9Kg/m ³ de fibra metálica	
Tiempo (días)	Resistencia a la flexión del concreto (Kg/cm ²)
0	0
7	27.27
14	37.78
28	44.16

Tabla 4.17. Resistencia a la Flexión del Concreto (usando viga simple con carga a los tercios del claro) a sus Diferentes Edades y Dosificaciones. ASTM C-78

Fuente: Elaboración Propia.



*Grafica 4.3. Variaciones de la Resistencia a la Flexión del Concreto (usando viga simple con carga a los tercios del claro) a sus Diferentes Edades y Dosificaciones. ASTM C-78
Fuente: Elaboración Propia.*

La resistencia a la flexión del concreto es una medida de la capacidad de absorber energía frente a un momento flector, también conocido como ductilidad, esto se obtiene sometiendo la viga a determinadas cargas, que generan tensión en el lecho inferior de la viga y compresión en la parte superior; por consiguiente, las deformaciones también aumentan a medida aumenta la carga hasta que esta falla.

Para efectos de esta investigación, no se evalúan las deformaciones, debido a que no es una variable que tenga injerencia en el cálculo del M_r del concreto.

“La resistencia a la flexión del concreto es muy baja en comparación con su resistencia a la compresión. Este parámetro es aplicado en estructuras tales como pavimentos rígidos; debido a que los esfuerzos de compresión que resultan en la superficie de contacto entre las llantas de un vehículo y el pavimento son aproximadamente iguales a la presión de inflado de las mismas, la cual en el peor de los casos puede llegar a ser 5 o 6 Kg/cm^2 .



Este esfuerzo de compresión sobre el pavimento de concreto hidráulico resulta ser sumamente bajo en relación con la resistencia a la compresión del concreto, la cual varía entre 150 y 350 Kg/cm² en el medio.

Por lo tanto, no es la resistencia a la compresión del concreto un factor determinante para la calidad de los pavimentos de concreto hidráulico, sino la resistencia a la flexión. Por el paso de los vehículos y el cambio de temperatura, un lado de la losa estará sometida a tensión y el otro a compresión, siendo cambiables estos esfuerzos. Los esfuerzos podrían ser atendidos por refuerzo longitudinal, pero sería antieconómico, debido a que se tendría que incorporar refuerzo en dos capas. En la práctica lo que se hace es diseñar el espesor del pavimento en forma tal que los esfuerzos generados por el paso de los vehículos y las variaciones de temperatura sean inferiores a la máxima capacidad de flexión de las capas. Es claro entonces que para el diseño de pavimentos de concreto hidráulico la característica importante es la resistencia a la flexión del concreto, también llamada Modulo de Ruptura (Mr)².

En esta prueba también se analiza la resistencia a la falla por flexión del concreto, con la aplicación de la carga a los tercios del claro de la viga simplemente apoyada, con lo que se somete la viga a un momento flector constante de $PL/3$. Para el caso las fibras también actúan a tensión aumentando la resistencia del concreto a la falla. Los datos obtenidos se analizan a continuación.

Para los primeros 7 días, podemos observar que el concreto con 3kg/m³ de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 17.65% con respecto al concreto sin fibra metálica; el concreto con 6kg/m³ de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 2.66% con respecto al concreto sin fibra metálica y el concreto con 9kg/m³ de fibra metálica presenta una disminución en el esfuerzo de flexión de 24.31% con respecto al concreto sin fibra metálica.

² Ing. Gerardo A. Rivera. Artículo Concreto simple, pag.133



Para los 14 días, podemos observar que el concreto con 3kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 16.63% con respecto al concreto sin fibra metálica; el concreto con 6kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 4.01% con respecto al concreto sin fibra metálica y el concreto con 9kg/m^3 de fibra metálica presenta una disminución en el esfuerzo de flexión de 1.51% con respecto al concreto sin fibra metálica.

Para los 28 días, podemos observar que el concreto con 3kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 15.87% con respecto al concreto sin fibra metálica; el concreto con 6kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 6.39% con respecto al concreto sin fibra metálica y el concreto con 9kg/m^3 de fibra metálica presenta un aumento en el esfuerzo de flexión de 9.38% con respecto al concreto sin fibra metálica.

Se refleja claramente el aporte de las fibras de acero en la disipación de energía, aumentando la resistencia a la flexión de manera considerable. Los datos puntuales de las variaciones en el Mr. del concreto se obtienen en base a la aplicación de las normas correspondientes.

En cuanto a la resistencia a la flexión del concreto, los valores con los que se ha realizado el cálculo de los Mr. son los valores de ruptura iniciales; es decir, que después de haber fallado el concreto, las fibras se mantienen en tensión disipando cargas aún más grandes, hasta que las fibras se desprenden de la matriz de concreto y las vigas fallan en su totalidad. Esto debido a que el concreto en su comportamiento lineal recibe el aporte de las fibras para soportar los esfuerzos de tensión, sin embargo, después de la ruptura inicial el concreto pasa a comportarse plásticamente, es decir, sigue aumentando la carga y también las deformaciones residuales, aspecto que es de mucha utilidad en los pavimentos rígidos ya que las cargas que soportan son de grandes magnitudes pero son cargas dinámicas, así que aunque excedan el valor permisible el concreto con fibras metálicas soportara los esfuerzos transferidos.

Las fibras generan un aporte significativo en la disipación de esfuerzos de tensión del concreto, actuando bajo el mismo principio del adobe de barro con paja.



Retardan la aparición de grietas, sin embargo, una vez que la grieta aparece, le brindan al concreto la capacidad de seguir disipando energía (soportando más carga).

Esto puede apreciarse claramente a continuación.

TIPO	RESISTENCIA A LA FALLA DEL CONCRETO		RESISTENCIA A LA FALLA DE LAS FIBRAS		DIFERENCIA	
	CARGA (LB)	ESFUERZO (PSI)	CARGA (LB)	ESFUERZO (PSI)	CARGA (LB)	ESFUERZO (PSI)
CONCRETO SIN FIBRA	6,900	594.19	6,900	594.19	0	0
CONCRETO CON 3 KG/M3 DE FIBRA METALICA HELIX 5-25	8,100	688.81	14,000	1,190.20	5,900	501.39
CONCRETO CON 6 KG/M3 DE FIBRA METALICA HELIX 5-25	7,200	632.26	13,100	1,150.36	5,900	518.1
CONCRETO CON 9 KG/M3 DE FIBRA METALICA HELIX 5-25	7,500	650.00	13,600	1,178.66	6,100	528.66

Tabla 4.18. Aportes de las fibras metálicas en la absorción de esfuerzos.

Fuente: Elaboración propia.

Analizamos las columnas de Resistencia a la Falla Del Concreto como la falla simple del concreto a flexión y se puede observar claramente que la resistencia a la tensión del concreto aumenta con la adición de fibras metálicas. Es conveniente dejar en claro que las cargas plasmadas en la tabla anterior son las cargas de fractura del concreto, sin embargo, únicamente el concreto sin fibra metálica sufre una falla frágil (se estalla) mientras que el concreto con fibras únicamente se agrieta.

Ahora, analizamos las columnas de Resistencia a la Falla de las Fibras. Esta etapa inicia justo después de que el concreto se haya agrietado, es decir, una vez que se superan las cargas plasmadas en la columna anterior. En esta etapa, las cargas son soportadas únicamente por las fibras, gracias a su distribución aleatoria dentro de la matriz de concreto y esta etapa finaliza cuando los esfuerzos de tensión superan el máximo soportado por las fibras metálicas, provocando el desprendimiento y generando ahora si una falla frágil.

Adherencia Fibra Matriz

La adherencia fibra-matrices el fenómeno que gobierna en el comportamiento del concreto reforzado con fibra después de la fisuración, cuando las fibras cosen la fisura, retrasando y haciendo más dúctil el fenómeno del agotamiento del material compuesto.



Para elevar la absorción de energía se deben propiciar fenómenos de arrancamiento de evitar la rotura de las fibras, hecho que no debe producirse porque daría lugar a una ruptura frágil, en vez de una dúctil.

La adherencia aumenta con la esbeltez de las fibras se ha comprobado que, utilizando fibras de extremos conformados, la resistencia al arrancamiento de tres fibras de esbeltez igual a 100 es un 50% mayor que la obtenida al ensayar una fibra de esbeltez igual a 75 y con el mismo volumen que el conjunto de 3 fibras anteriores³

Se han comparados tres tipos de fibras elaboradas del mismo material y con la misma área, una circular recta otra circular con extremos conformados y una tercera triangular retorcida. Realizando ensayos de tracción a una sola fibra, se encontró que la fibra triangular retorcida dio una resistencia de adherencia de 400 % y 200% mayor que la fibra recta y que los extremos conformados respectivamente. Además, la energía de arrancamiento fue 2.5 veces mayor en el caso de la fibra triangular respecto de la conformada.⁴

Las fibras confinan (resistencia extra diferente a la dilatación y expansión) el concreto aumentando la resistencia al inicio y en la propagación de las fisuras principales y de las microfisuras internas de adherencia con ello se mantiene la integridad del concreto en un entorno próximo de las estructuras después de haberse alcanzado la tensión máxima de adherencia.⁵

Los análisis de variaciones de espesores se realizaron con las cargas iniciales, es decir, con las de falla del concreto, porque en los pavimentos rígidos, las grietas son muy perjudiciales debido a la filtración de agua que genera la saturación de la base, efectos de alabeo, asentamientos, etc. Además, porque el análisis debe orientarse a analizar el concreto antes de que este falle.

³ G.G (1986) "Concrete reinforced with collated Steel fibres, ACI Journal. March-April.

⁴ Naaman, 2000

⁵ S.R (1985). SFRC for bridge Deck and Building floor applications, Steel fibre concrete, U.S. Sweden Joint Seminar.



Para esta investigación en particular el punto de interés son las propiedades mecánicas del concreto a los 28 días por lo que a continuación las variaciones obtenidas en porcentajes.

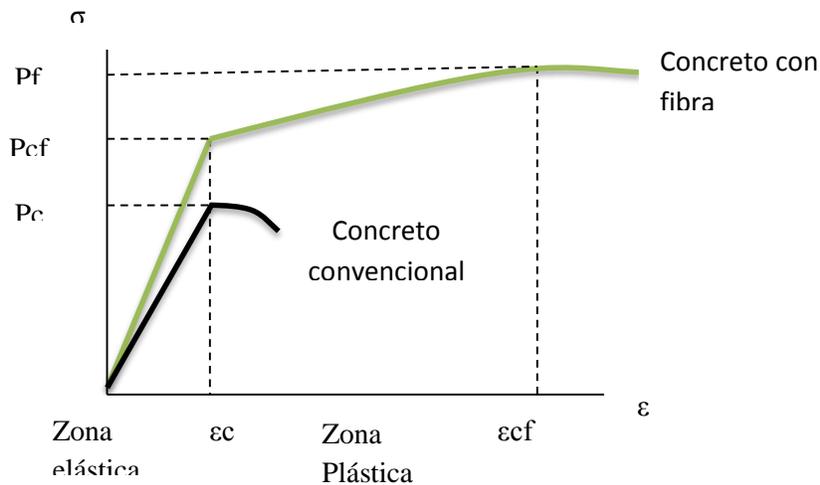
Resumen de variación de resistencia a la compresión y tensión en puntos tercios a los 28 días.

Tipo de concreto	Variación de resistencias a la compresión. (%)	Variación de resistencia a la tensión.(%)
Concreto con 3Kg/m ³ de fibras metálicas	16.67	15.87
Concreto con 6Kg/m ³ de fibras metálicas	7.91	6.39
Concreto con 9Kg/m ³ de fibras metálicas	14.05	9.38

Tabla 4.19 Variaciones porcentuales de Resistencias a la compresión y tensión puntos tercios.

Fuente. Elaboración propia.

Podemos analizar además el comportamiento de la gráfica Esfuerzo deformación del concreto con y sin fibra metálica, que se presenta a continuación en la gráfica 4.4.



Grafica 4.4. Esfuerzo deformación del concreto con fibra metálica y concreto sin fibra metálica.

Fuente: Elaboración propia



Dónde:

P_c = Carga máxima que resiste el concreto antes de agrietarse.

P_{cf} =Carga máxima que resiste el concreto con fibras metálicas antes de agrietarse.

P_f = Carga máxima que resiste el concreto con fibras metálicas antes de que las fibras se separen de la matriz de concreto y se genera la falla.

ϵ_c = Deformación del concreto antes de agrietarse

ϵ_{cf} =Deformación máxima del concreto con fibras metálicas, se genera la fractura.

Puede observarse en la gráfica 4.4 que el concreto convencional trabaja únicamente en el rango elástico es decir donde no existen deformaciones residuales que está comprendido entre “ P_c ” y “ ϵ_c ”. Entonces una vez que la grieta supera la carga de P_c el concreto se estalla.

El concreto con fibra metálica sin embargo presenta un aumento en la carga por ende el rango elástico se amplía, rango que se encuentra entre “ P_{cf} ” y “ ϵ_c ” sin embargo cuando la carga supera el valor de “ P_{cf} ” inicia el rango plástico del concreto aumenta las deformaciones y aumentan las cargas hasta alcanzar el punto de “ P_f ” y deformaciones “ ϵ_{cf} ” donde las fibras metálicas se desprende de la matriz del concreto y esta falla en su totalidad.

En cuando a los procesos constructivos para la hechura del concreto hidráulico con fibras metálicas, no se ha determinado que afecte sustancialmente dichos procesos, debido a que es en esencia el mismo proceso, con la mínima variación de la adición de fibras metálicas.

El tiempo de mezclado de las fibras dentro de la concretera de 1 bolsa de cemento es de 5min de acuerdo a la hoja técnica de las fibras Hélix 5-25. Cuando este sea elaborado en camiones la variación del proceso radica en colocar las fibras dentro de los camiones porque hay que subirse a los andamios y colocar dentro del camión las fibras y dejar mezclar por 5min después de haber colocado la cantidad de fibra necesaria.

Los procesos constructivos para la colocación o colado del concreto con fibras tampoco presentan variación, debido a que las fibras Hélix 5-25 se mezclan perfectamente entre el concreto, por lo que puede colocarse, vibrarse y curarse de manera normal.



Durabilidad del concreto reforzado con fibra metálica

La adición de fibras metálicas en el concreto genera comportamientos mecánicos caracterizados por presentar un mayor número de fisuras con menores valores de abertura, factor importante en los requerimientos de durabilidad.

Uno de los efectos más preocupante es la corrosión, en el concreto sin fisura se ha constatado que la corrosión de las fibras se limita a la superficie del concreto. Una vez que la superficie esta corroída, el efecto de la corrosión no se propaga más de 2mm a partir de la superficie. Las fibras muestran una buena resistencia a la corrosión en elementos no fisurados, aun cuando los elementos se encuentren expuestos al mar.⁶

4.2. Análisis Económico.

El factor económico se ve afectado directamente con la inclusión de fibras metálicas debido a que las fibras se incluyen como un agregado adicional; es decir, no se considera la reducción en los volúmenes individuales de los agregados gruesos y finos, ni tampoco, el cemento.

En el Salvador, no se cuenta con amplia variedad de tipos de fibras y geometrías de las mismas; por otra parte, tampoco se cuenta con una lista extendida de las empresas que las distribuyen.

Para efectos de esta investigación, las fibras fueron suministrados por la empresa Prefacero, distribuidores autorizados de las fibras metálicas Hélix 5-25 (la ficha técnica de estas se detalló anteriormente en la sección 2.1.2).

Los costos del concreto reforzados con fibras se detallan a continuación y se comparan con el costo del concreto convencional para determinar las variaciones que existen entre ellos.

⁶ ACI 544.1 R-96. (2009)



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
SIN IVA					
MUNICIPIO:	SAN MIGUEL	DEPTO:	SAN MIGUEL	FECHA:	OCTUBRE 2017
PROYECTO:	INCLUSION DE FIBRAS METALICAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS				
PARTIDA:	CONCRETO				
		CONCRETO SIN FIBRA METALICA			
				UNIDAD:	M3
A - MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
CEMENTO	BOLSA	10.00	\$ 8.60	\$ 86.00	
ARENA	M3	0.53	\$ 12.00	\$ 6.36	
GRAVA	M3	0.53	\$ 22.00	\$ 11.66	
AGUA	LT	227.00	\$ 0.01	\$ 2.27	
			SUB TOTAL	\$ 106.29	
B - MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	DÍAS	SUB TOTAL
AUXILIAR	\$ 8.43	1.92	\$ 16.19	0.714	\$ 11.56
AUXILIAR	\$ 8.43	1.92	\$ 16.19	0.714	\$ 11.56
OBRAERO	\$ 10.83	1.92	\$ 20.79	0.714	\$ 14.85
			SUB TOTAL		\$ 37.97
C - EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO DÍA	SUB TOTAL	
CONCRETERA	1	UNIDAD	\$ 10.00	\$ 10.00	
CUCHARA	1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
CARRETILLA	1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
PALA	1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
			SUB TOTAL	\$ 10.15	
TOTAL COSTOS DIRECTO = A + B + C + D				\$	154.41
TOTAL COSTO INDIRECTOS				30.00%	\$ 46.32
PRECIO UNITARIO				\$	154.41

Tabla 4.20. Precio unitario de concreto sin fibras metálicas.
Fuente: Elaboración propia.



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
SIN IVA						
MUNICIPIO:	SAN MIGUEL	DEPTO:	SAN MIGUEL	FECHA:	OCTUBRE 2017	
PROYECTO:	INCLUSION DE FIBRAS METALICAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS					
PARTIDA:	CONCRETO					
CONCRETO CON 3 KG/M3 FIBRA METALICA HELIX 5-25						
					UNIDAD:	M3
A - MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL		
CEMENTO	BOLSA	10.00	\$ 8.60	\$ 86.00		
ARENA	M3	0.53	\$ 12.00	\$ 6.36		
GRAVA	M3	0.53	\$ 22.00	\$ 11.66		
AGUA	LT	227.00	\$ 0.01	\$ 2.27		
FIBRA METALICA HELIX 5-2	KG	3.00	\$ 7.00	\$ 21.00		
		SUB TOTAL		\$ 127.29		
B - MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	DÍAS	SUB TOTAL	
AUXILIAR	\$ 8.43	1.92	\$ 16.19	0.714	\$ 11.56	
AUXILIAR	\$ 8.43	1.92	\$ 16.19	0.714	\$ 11.56	
OBrero	\$ 10.83	1.92	\$ 20.79	0.714	\$ 14.85	
		SUB TOTAL			\$ 37.97	
C - EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO DÍA	SUB TOTAL	
CONCRETERA		1	UNIDAD	\$ 10.00	\$ 10.00	
CUCHARA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
CARRETILLA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
PALA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
		SUB TOTAL			\$ 10.15	
TOTAL COSTOS DIRECTO = A + B + C + D					\$ 175.41	
TOTAL COSTO INDIRECTOS				30.00%	\$ 52.62	
PRECIO UNITARIO					\$ 175.41	

Tabla 4.21. Precio unitario de concreto con 3Kg/m³ de fibras metálicas Hélix 5-25

Fuente: Elaboración propia.



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
SIN IVA					
MUNICIPIO:	SAN MIGUEL	DEPTO:	SAN MIGUEL	FECHA:	OCTUBRE 2017
PROYECTO:	INCLUSION DE FIBRAS METALICAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS				
PARTIDA:	CONCRETO				
CONCRETO CON 6 KG/M3 DE FIBRA METALICA					
UNIDAD:					M3
A - MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
CEMENTO	BOLSA	10.00	\$ 8.60	\$ 86.00	
ARENA	M3	0.53	\$ 12.00	\$ 6.36	
GRAVA	M3	0.53	\$ 22.00	\$ 11.66	
AGUA	LT	227.00	\$ 0.01	\$ 2.27	
FIBRA METALICA HELIX 5-2	KG	6.00	\$ 7.00	\$ 42.00	
			SUB TOTAL	\$ 148.29	
B - MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	DÍAS	SUB TOTAL
AUXILIAR	\$ 8.43	1.92	\$ 16.19	0.714	\$ 11.56
AUXILIAR	\$ 8.43	1.92	\$ 16.19	0.714	\$ 11.56
OBRERO	\$ 10.83	1.92	\$ 20.79	0.714	\$ 14.85
			SUB TOTAL	\$ 37.97	
C - EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO DÍA	SUB TOTAL
CONCRETERA		1	UNIDAD	\$ 10.00	\$ 10.00
CUCHARA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05
CARRETILLA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05
PALA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05
			SUB TOTAL	\$ 10.15	
TOTAL COSTOS DIRECTO = A + B + C + D					\$ 196.41
TOTAL COSTO INDIRECTOS				30.00%	\$ 58.92
PRECIO UNITARIO					\$ 196.41

Tabla 4.22. Precio unitario de concreto con 6Kg/m³ de fibras metálicas Hélix 5-25
Fuente: Elaboración propia



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
SIN IVA						
MUNICIPIO:	SAN MIGUEL	DEPTO:	SAN MIGUEL	FECHA:	OCTUBRE 2017	
PROYECTO:	INCLUSION DE FIBRAS METALICAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS					
PARTIDA:	CONCRETO					
CONCRETO CON 9 KG/M3 DE FIBRA METALICA						
					UNIDAD:	M3
A - MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL		
CEMENTO	BOLSA	10.00	\$ 8.60	\$ 86.00		
ARENA	M3	0.53	\$ 12.00	\$ 6.36		
GRAVA	M3	0.53	\$ 22.00	\$ 11.66		
AGUA	LT	227.00	\$ 0.01	\$ 2.27		
FIBRA METALICA HELIX 5-2	KG	9.00	\$ 7.00	\$ 63.00		
		SUB TOTAL		\$ 169.29		
B - MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	DÍAS	SUB TOTAL	
AUXILIAR	\$ 8.43	1.92	\$ 16.19	0.714	\$ 11.56	
AUXILIAR	\$ 8.43	1.92	\$ 16.19	0.714	\$ 11.56	
OBRAERO	\$ 10.83	1.92	\$ 20.79	0.714	\$ 14.85	
		SUB TOTAL			\$ 37.97	
C - EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO DÍA	SUB TOTAL	
CONCRETERA		1	UNIDAD	\$ 10.00	\$ 10.00	
CUCHARA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
CARRETILLA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
PALA		1	UNIDAD	\$ 0.05	\$ 0.05	
		SUB TOTAL			\$ 10.15	
TOTAL COSTOS DIRECTO = A + B + C + D					\$ 217.41	
TOTAL COSTO INDIRECTOS				30.00%	\$ 65.22	
PRECIO UNITARIO					\$ 217.41	

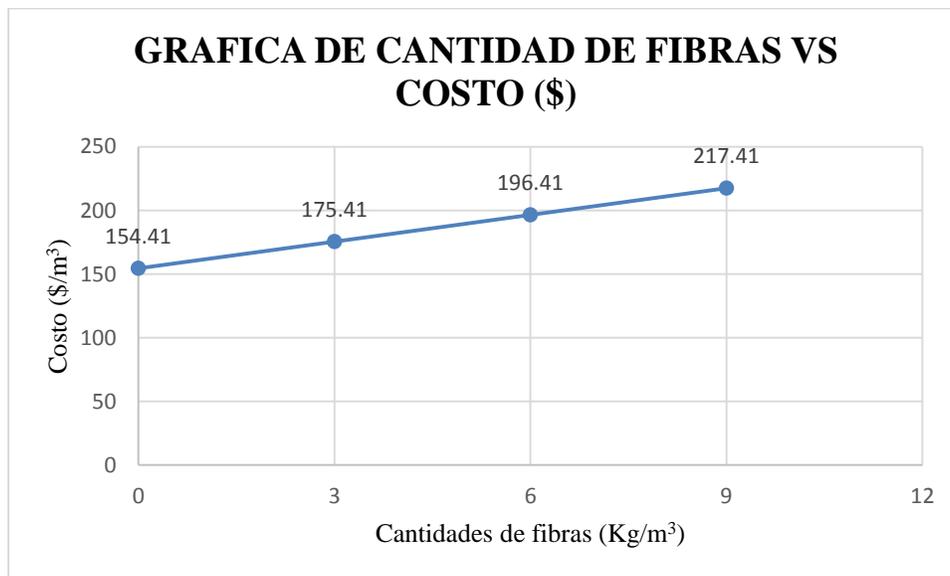
Tabla 4.23. Precio unitario de concreto con 9Kg/m³ de fibras metálicas Hélix 5-25
Fuente: Elaboración propia.



Costos unitarios y variaciones porcentuales.

Cantidad de Fibra metálica Helix 5-25 (kg/m ³)	Costo (\$)/m ³	Porcentaje de variación de costos (%)
0	154.41	0
3	175.41	13.60
6	196.41	27.20
9	217.41	40.80

Tabla 4.24. Resumen de costos unitarios y porcentajes de variación de concreto con y sin fibras metálicas
Fuente: Elaboración propia



Grafica 4.5. Cantidades de fibras vs Costos (\$)
Fuente: Elaboración propia.

Las fibras torsionadas de acero Hélix 5-25 se distribuyen en cajas de 20 kg C/U, con un costo de \$140.00; lo que genera un costo por kilogramo de \$7.00.



Puede observarse que los costos aumentan a razón de \$21.00 cada vez, debido a que las dosificaciones de fibras que se incluyeron en el concreto varían a razón de 3 Kg/m³ cada vez. En otras palabras, por cada 1 Kg/m³ que se incorporó al concreto el costo aumento \$7.00.

A continuación, se determinan los porcentajes de variación de los costos del concreto con fibras metálicas respecto al concreto convencional.

➤ **Variación del costo del concreto con 3 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25 con respecto al concreto convencional**

$$\% \text{ DE VARIACION} = \left[\left(\frac{\text{COSTO DEL CONCRETO CON FIBRA}}{\text{COSTO DE CONCRETO CONVENSIONAL}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE VARIACION} = \left[\left(\frac{\$175.41}{\$154.41} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE VARIACION} = \mathbf{13.60\%}$$

➤ **Variación del costo del concreto con 6 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25 con respecto al concreto convencional**

$$\% \text{ DE VARIACION} = \left[\left(\frac{\text{COSTO DEL CONCRETO CON FIBRA}}{\text{COSTO DE CONCRETO CONVENSIONAL}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE VARIACION} = \left[\left(\frac{\$196.41}{\$154.41} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE VARIACION} = \mathbf{27.20\%}$$

➤ **Variación del costo del concreto con 9 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25 con respecto al concreto convencional**

$$\% \text{ DE VARIACION} = \left[\left(\frac{\text{COSTO DEL CONCRETO CON FIBRA}}{\text{COSTO DE CONCRETO CONVENSIONAL}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE VARIACION} = \left[\left(\frac{\$217.41}{\$154.41} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE VARIACION} = \mathbf{40.80\%}$$



Uno de los propósitos de esta investigación es determinar en qué medida se pueden reducir los espesores de los pavimentos rígidos al aumentar la resistencia a través de las fibras metálicas Hélix 5-25; sin embargo, también se realiza una comparación entre los costos para determinar la factibilidad de emplear este mecanismo; ya se ha analizado técnicamente, pero debe analizarse económica y ambientalmente.

Ejemplo explicativo para la determinación de espesores (utilizando Winpas).

A continuación, se realiza una simulación con el software computarizado **Winpas**, para determinar la variación de los espesores en base a los cambios en el MR del concreto con fibras metálicas y el concreto convencional, para tal caso se tomaran los datos de diseño de la Tesis con el tema: “**Desarrollo de alternativa de diseño de estructura de pavimento de concreto hidráulico mediante el método mecanicista empírico en el salvador**” presentado por: Milagro Beatriz Castañeda Cardoza, Dennis Geovany Gómez Pérez, Michelle Arlene Macías Leiva departe de Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura escuela de Ingeniería Civil presentada en Marzo de 2015.

Debido a que nuestra investigación no está enfocada en realizar estudios de transito ni diseño de espesores, por consiguiente, se tomaron datos del diseño ya elaborados para evitar un diseño de pavimento particular y los datos de diseño se reflejan a continuación:

Diseño por medio del método AASHTO 93 (Según Tesis anteriormente mencionada)

El método de diseño AASHTO 93 es uno de los mejores métodos para diseñar pavimentos y se ha utilizado el software de diseño WinPas, se ha realizado para ver el comportamiento del pavimento según el tipo de material de base, los espesores y su resistencia a flexión.



Datos de entrada generales para WinPass	
Espesor estimado de la base (pulgadas)	8
Serviciabilidad final (m/km)	2.5
Periodo de diseño	20 años
Tasa de crecimiento	3%
Factor de distribución por dirección.	50 %
Factor de distribución por carril.	90 %
Número total de ESAL's	27,608,125
Confiabilidad	90%
• Módulo de ruptura (losa de concreto)	42 kg/cm² (600 psi)
Módulo de elasticidad del concreto	4, 050,000 psi.
• Coefficiente de transferencia de carga	2.7
• Tipo de base	Granular
Módulo de reacción (K) de subrasante (PSI/in)	457.2 pci
Serviciabilidad inicial, Pi	4.5
Serviciabilidad final, Pi	2.5
Calidad de drenaje	Buena
coeficiente de drenaje	1.05

Tabla 4.25. Datos de entrada generales para el diseño

Fuente: Tesis Desarrollo de alternativa de diseño de estructura de pavimento de concreto hidráulico mediante el método mecanicista empírico en el salvador

Estos datos son los que se han utilizado, para realizar la propuesta de diseño por el método AASHTO 93, el cual explicamos más a detalle a continuación.

El programa WinPas ofrece un método sencillo de diseño, y en esta ocasión nos vamos a auxiliar de él. Lo primero que se hace es definir los datos generales de nuestro proyecto como se muestra a continuación.

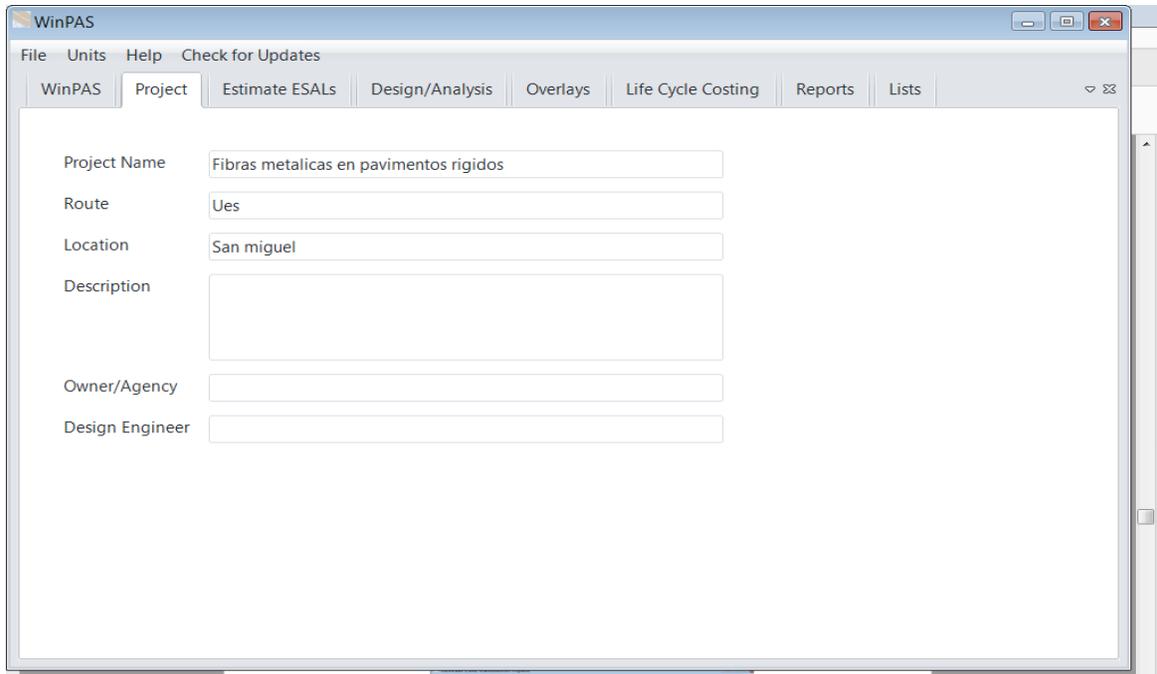


Figura 4.1. Descripción del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Luego se introducen datos para el cálculo de ESAL'S proponiendo un espesor de 8 pulgadas (8in), y los demás datos de diseño que se muestran en el programa.

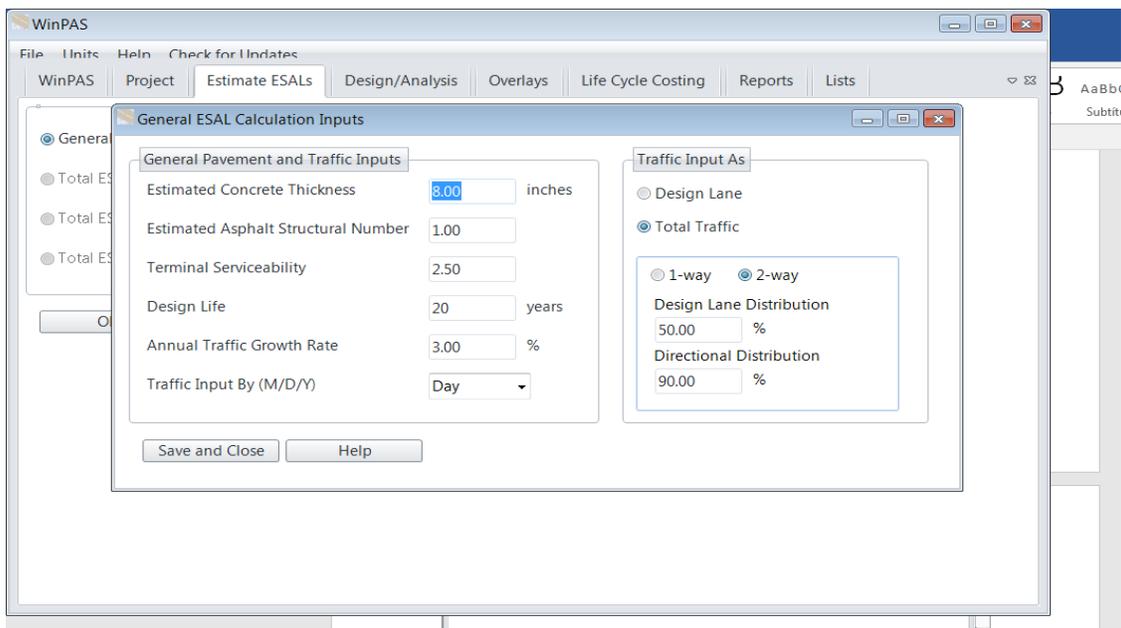


Figura 4.2. Datos generales para el cálculo de Esal's
Fuente: Elaboración propia.



El programa calcula los espesores de la estructura del pavimento en base a la carga que va a soportar y para eso hace un cálculo de ESAL'S introduciendo la cantidad de vehículos por el tipo de eje como lo vemos a continuación.

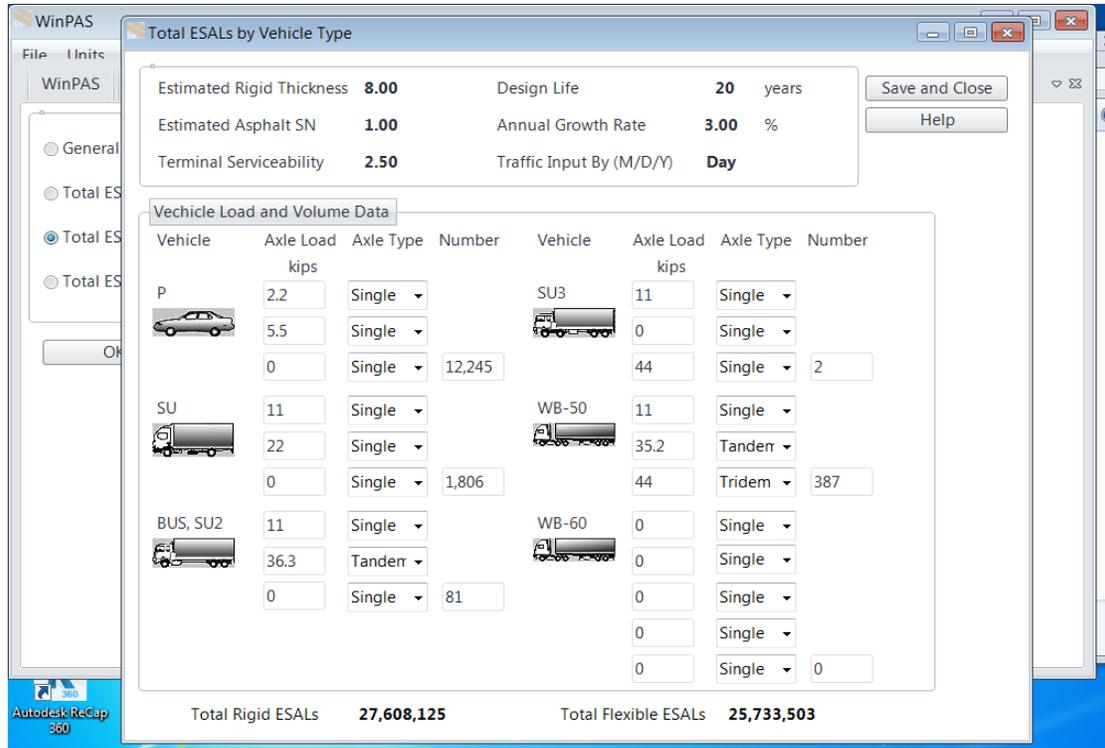


Figura 4.3. Cálculo de Esal's
Fuente: Elaboración propia.

El resultado total de los ESAL'S de diseño nos da de **27, 608,125** y esto se utilizará para el cálculo adecuado de espesores de la estructura de pavimento.

Teniendo todos los datos de entrada se selecciona la opción de análisis de diseño para pavimentos de concreto y se despliega la pantalla que vemos a continuación

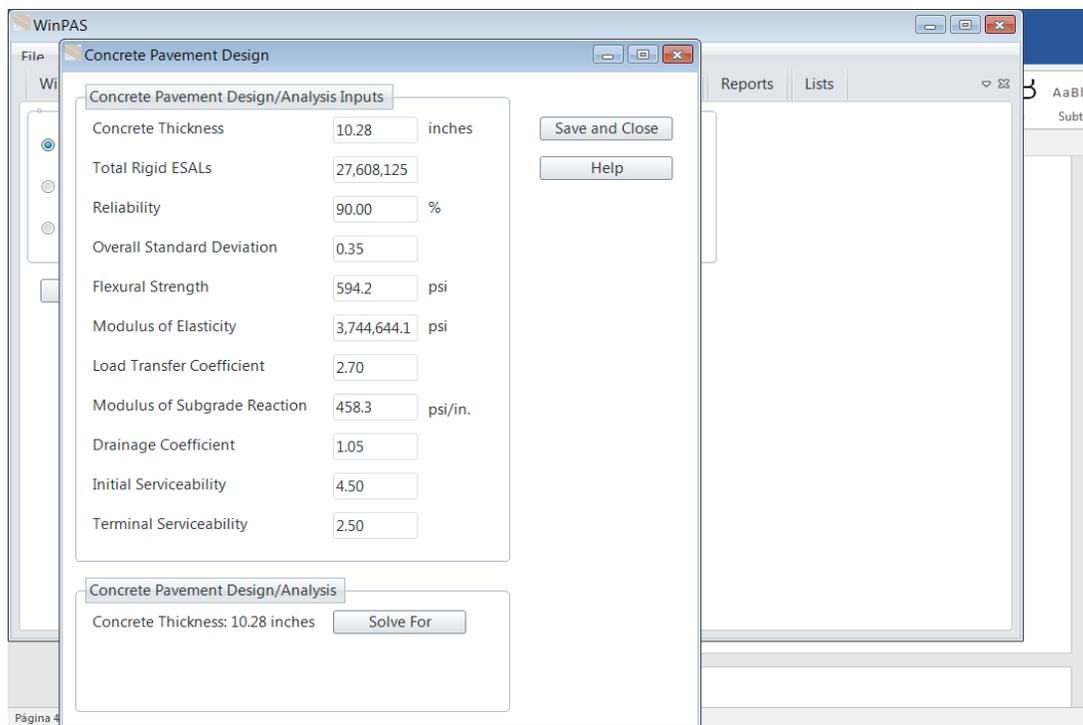


Figura 4.4. Diseño del pavimento de concreto hidráulico
Fuente: Elaboración propia.

Al ingresar todos los datos de diseño obtenemos un espesor de losa de **10.28 pulgadas**, lo que equivale a 26.11 cm, por lo que el diseño se lleva hasta los 27 cm de espesor para la losa. En este diseño cabe mencionar que se está proponiendo una base granular, y por esta razón escogemos un Módulo resiliente de la subbase de **18,000 psi** y el Módulo resiliente de la subrasante es de **9,388.7 psi**, a partir de la correlación utilizada en este programa.

La evaluación de la guía AASHTO encontró una relación no lineal entre el módulo resiliente y el CBR. Aun la guía AASHTO, sugiere una relación de $1.500 \cdot \text{CBR}$. Otros estudios (Indiana, Ohio) han demostrado una correlación tan baja como $800 \cdot \text{CBR}$ y que van desde 750 hasta 3.000 veces el valor de CBR, evaluándolo con un CBR para la subrasante de 10 que es lo que se muestra a continuación.

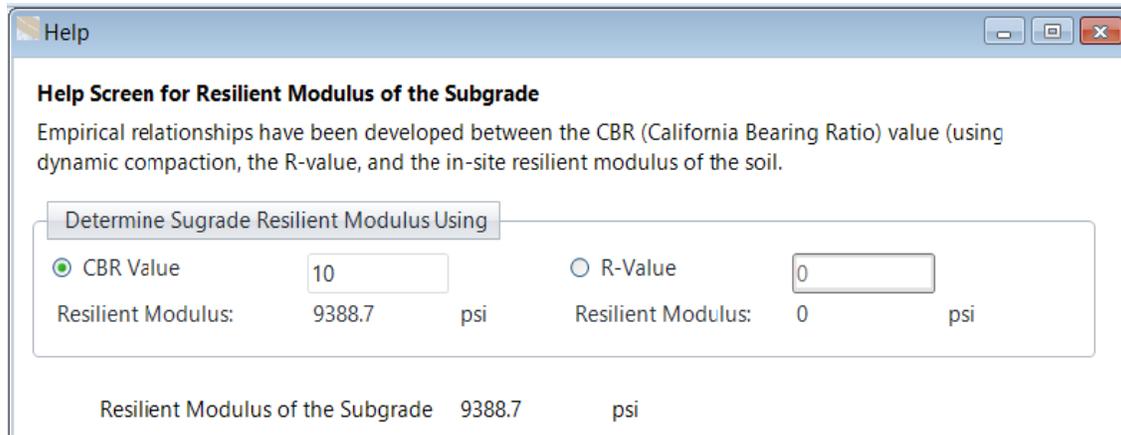


Figura 4.5. Valor del módulo resiliente, a partir del CBR
Fuente: Elaboración propia

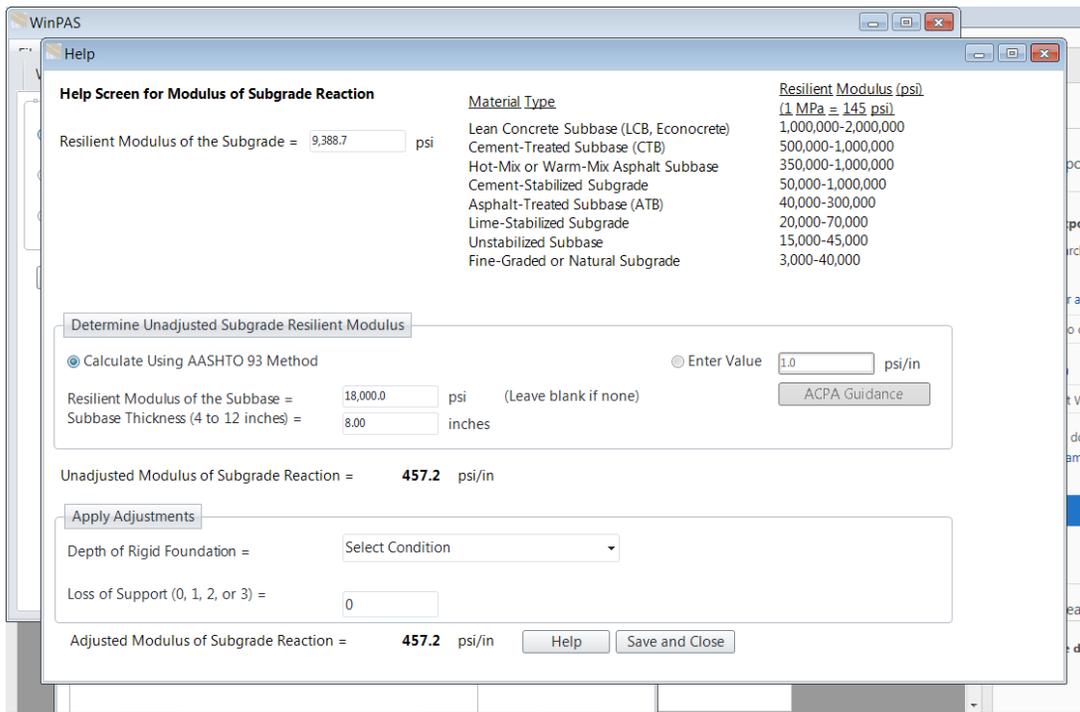


Figura 4.6. Evaluación del módulo de Reacción de la Subrasante
Fuente. Elaboración propia.

Todos estos datos los toma el programa y resolvemos para el espesor de la losa, lo cual nos da un resultado de 10.28 pulgadas \approx 27 cm y es de esta manera como se obtiene el diseño de la estructura de pavimento por el método de AASHTO 93.



Por consiguiente, dicho proceso es repetitivo por lo que se dispone de cambiar únicamente los MR y Modulo de Elasticidad del concreto particular que nos arrojó los ensayos en el laboratorio de suelos y materiales del concreto con y sin fibras metálicas, cabe mencionar que el MR que se tomó en cuenta es cuando el concreto alcanza su resistencia a los 28 días, además se sabe que la práctica o ensayo que determina El MR es el rigido por la norma ASTM C-78 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la Resistencia a la flexión del concreto (Utilizando viga simple con carga en los Tercios del claro).” ya que es el punto de interés para nuestra investigación

Primeramente, se determina el módulo de elasticidad de cada proporción de fibra, así como también el concreto convencional mediante la fórmula:

$$E_c = 57,000\sqrt{F'c} \text{ (Psi)}$$

Donde.

F'c= Resistencia a la compresión a los 28 días para distintas dosificaciones de fibras.

Ec= Modulo de elasticidad del concreto.

Teniendo como resultados lo siguiente:

Cantidad de fibras	Módulo de elasticidad (Psi)	Módulo de Ruptura (Psi)
0Kg/m ³	3,744,644.05	594.19
3Kg/m ³	4,044,831.81	688.61
6Kg/m ³	3,887,797.94	632.26
9Kg/m ³	3,998,951.17	650.00

Tabla 4.26. Módulo de elasticidad para cada dosis de fibra

Fuente: Elaboración propia



- **Espesor de concreto sin fibras metálicas para un MR=594.19 Psi y Modulo de elasticidad= 3,744,644.05 Psi.**

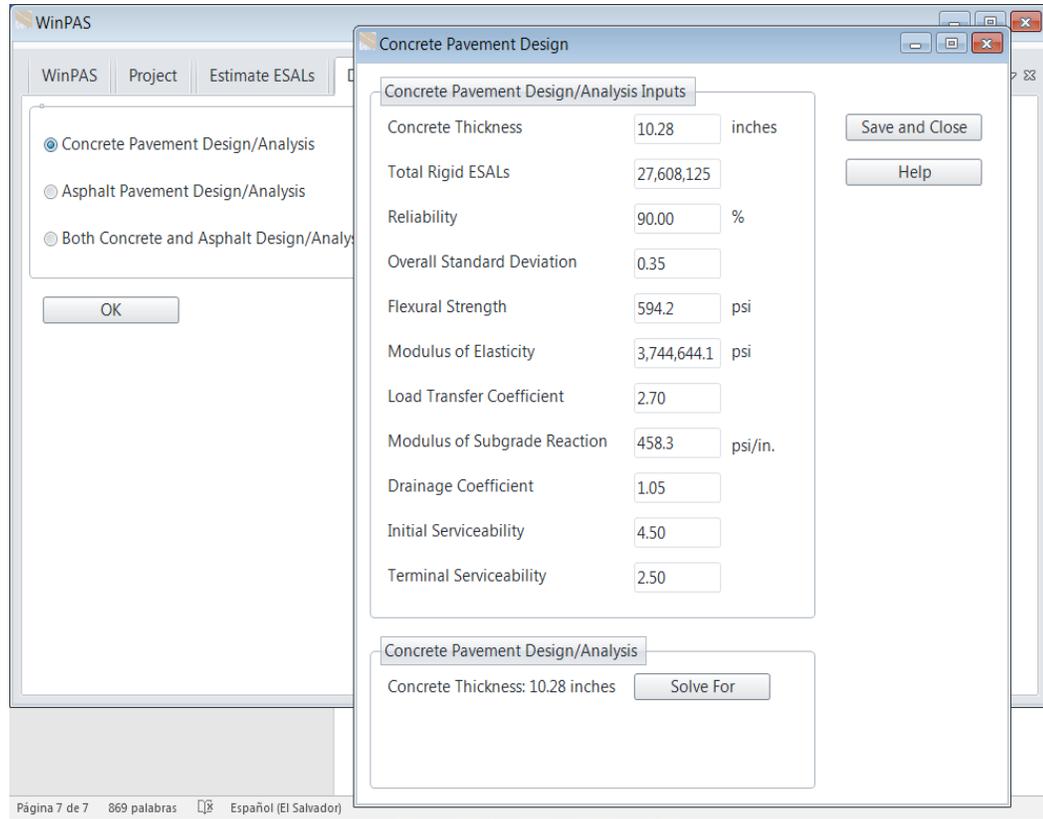


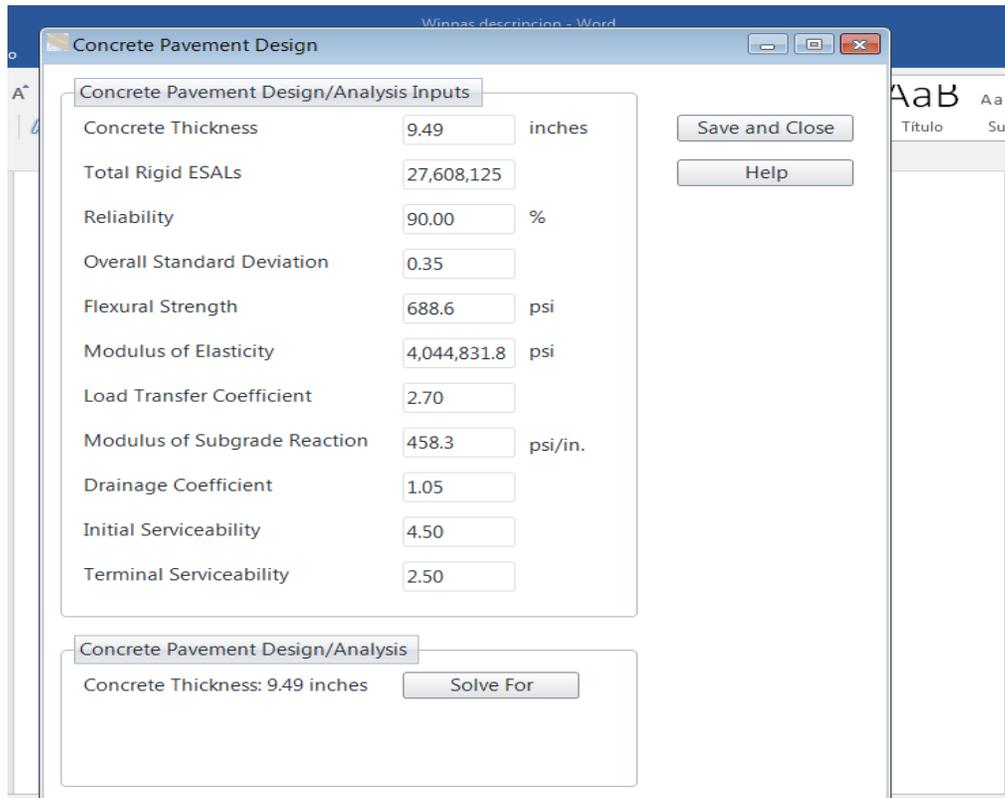
Figura 4.7. Obtención de espesor del pavimento rígido (sin fibra metálica)
 Fuente. Elaboración propia.

Espesor de Pavimento rigido= 10.28 in

Espesor de pavimento rigido= 26.11 cm » **27.00cm**



- **Espesor de concreto con 3Kg/m³ de fibras metálicas para un MR=688.61 Psi y Modulo de elasticidad= 4,044,831.81 Psi.**



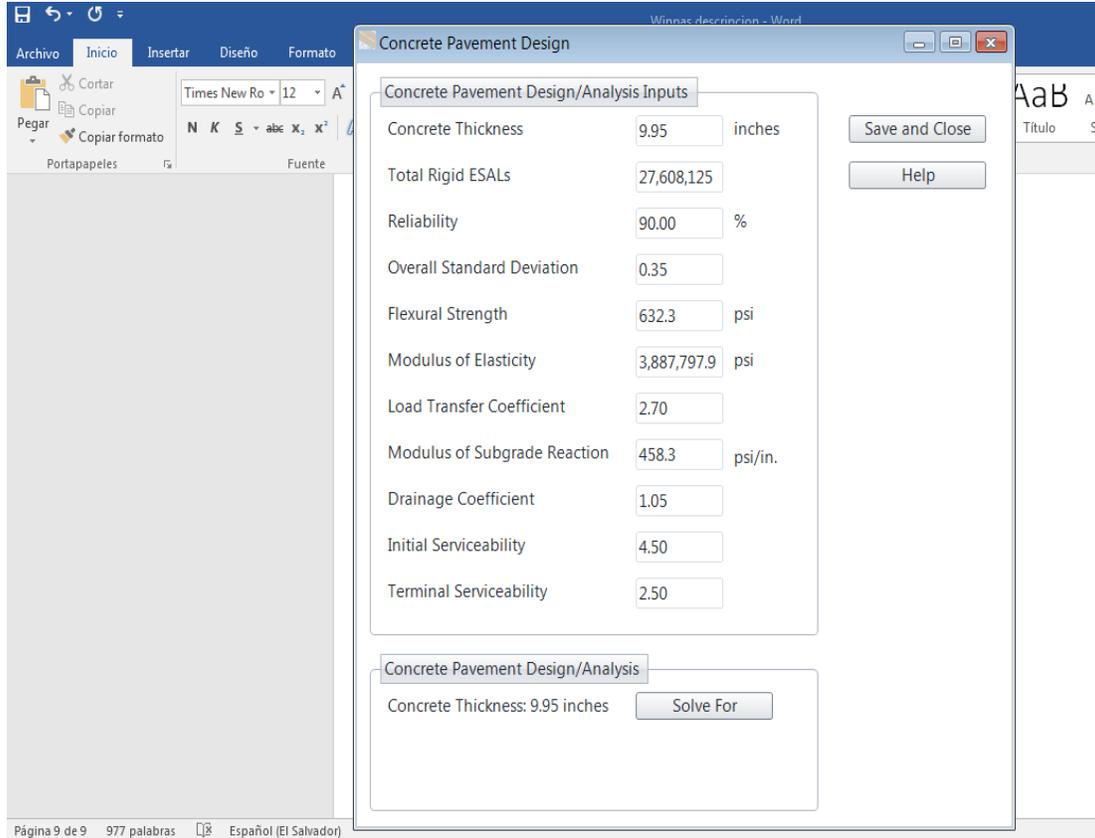
*Figura 4.8. Obtención de espesor del pavimento rígido (con 3Kg/m³ de fibra metálica)
Fuente. Elaboración propia.*

Espesor de Pavimento rígido= 9.49in

Espesor de pavimento rígido= 24.10 cm » **25.00cm**



- **Espesor de concreto con 6Kg/m³ de fibras metálicas para un MR=632.26 Psi y Modulo de elasticidad= 3,887,797.94 Psi.**



*Figura 4.9. Obtención de espesor del pavimento rígido (con 6Kg/m³ de fibra metálica)
Fuente. Elaboración propia.*

Espesor de Pavimento rigido= 9.95in

Espesor de pavimento rigido= 27.27cm » **26.00cm**

- **Espesor de concreto con 9Kg/m³ de fibras metálicas para un MR=650.00 Psi y Modulo de elasticidad= 3,998,951.17 Psi.**

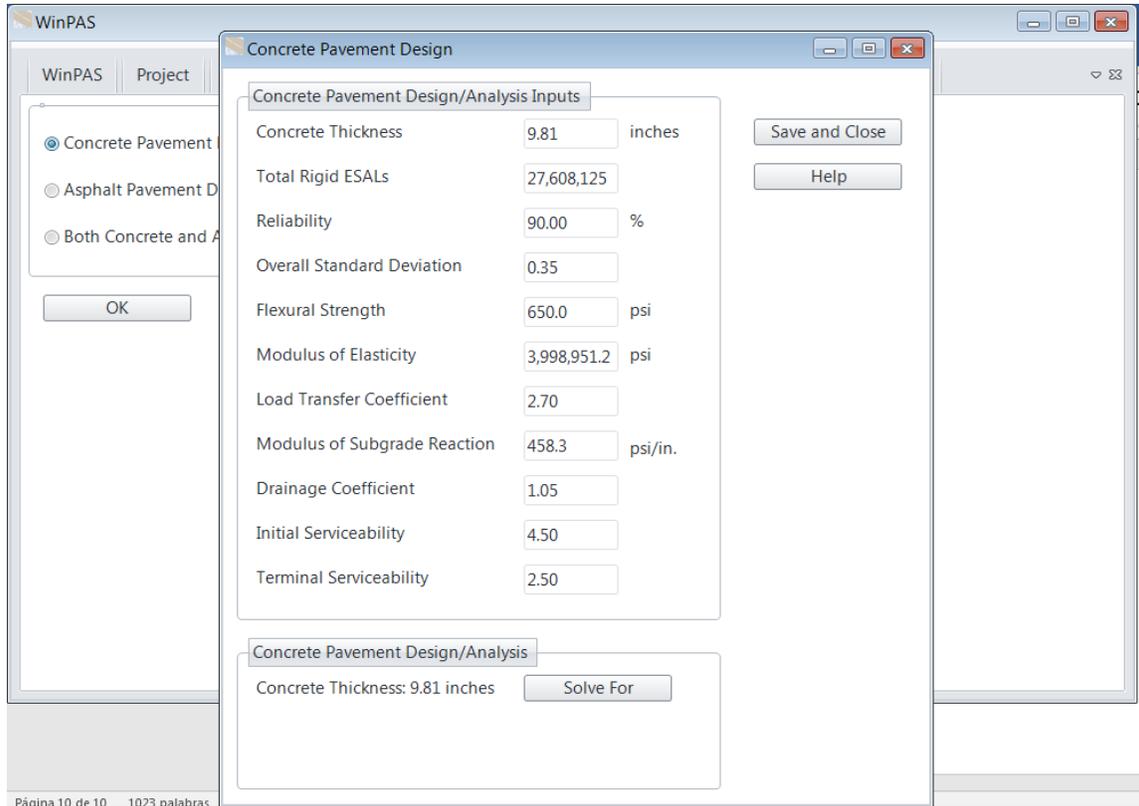


Figura 4.10. Obtención de espesor del pavimento rígido (con 9Kg/m³ de fibra metálica)

Fuente. Elaboración propia.

Espesor de Pavimento rígido= 9.81in

Espesor de pavimento rígido= 24.91cm » **25.00cm**



A continuación se proyecta la tabla de resultados mediante la simulación de Winpas.

Cantidad de fibras	Espesores (in)	Espesores (cm)	Espesores aproximados (cm)
0Kg/m³	10.28in	26.11	27.0
3Kg/m³	9.49in	24.10	25.0
6Kg/m³	9.95in	25.27	26.0
9kg/m³	9.81in	24.91	25.0

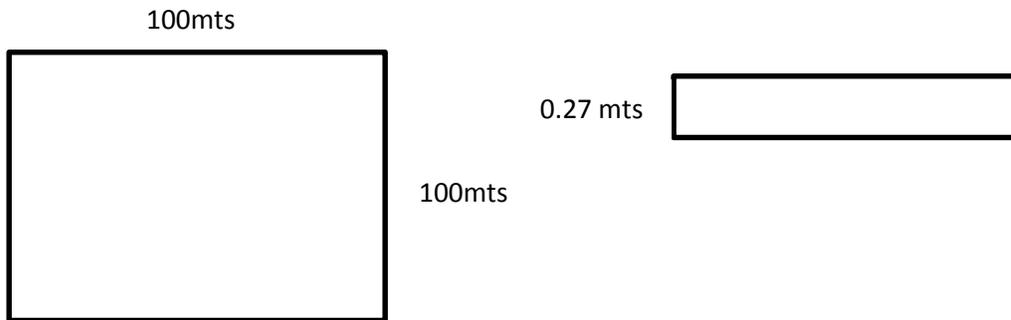
*Tabla 4.27. Resultados de los espesores con las diferentes dosificaciones.
Fuente: Elaboración propia.*

Se puede observar las variaciones en los espesores de los pavimentos rígidos, sin embargo, determinar las variaciones de volúmenes y costos, se realiza un ejemplo, en el que se determinaran los volúmenes y costos para un pavimentado de 100 mts X 100 mts, variando los espesores de cada uno.

Ejemplo Explicativo para determinar los volúmenes de concreto con y sin fibra metálica.

Se analiza un pavimento de 100 mts X 100 mts con diferentes espesores como sigue.

Caso 1- Concreto sin fibra Metálica con MR= 594.20 psi (40.37 Kg/cm²) y Espesor de 27cm.



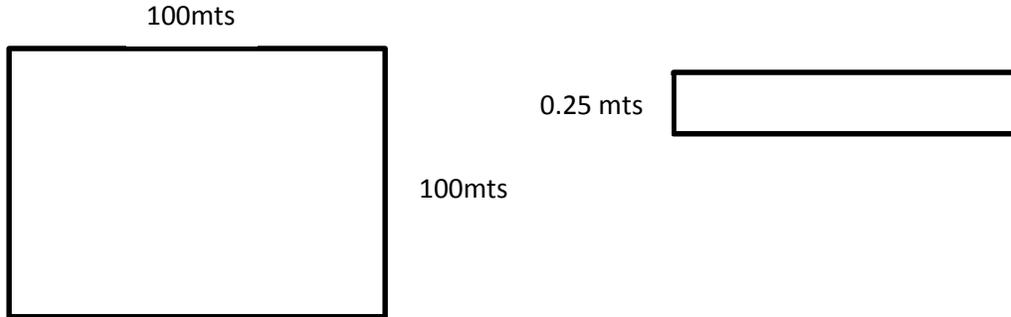
Volumen= 100mtsX100mtsX0.27mts

Volumen= 100mtsX100mtsX0.27mts

Volumen= 2700 m³



Caso 2- Concreto con 3 Kg/m³ de fibra Metálica con MR= 688.61 psi (46.78 Kg/cm²) y Espesor de 25cm.

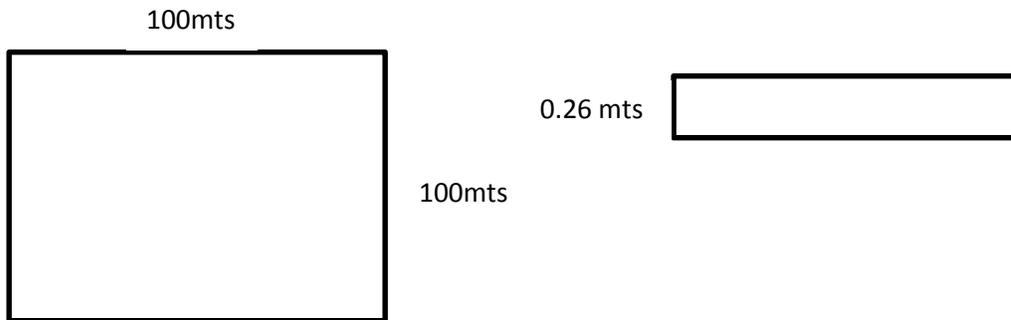


Volumen= 100mtsX100mtsX0.25mts

Volumen= 100mtsX100mtsX0.25mts

Volumen= 2500 m³

Caso 3- Concreto con 6 Kg/m³ de fibra Metálica con MR= 632.26 psi (42.95 Kg/cm²) y Espesor de 26cm.



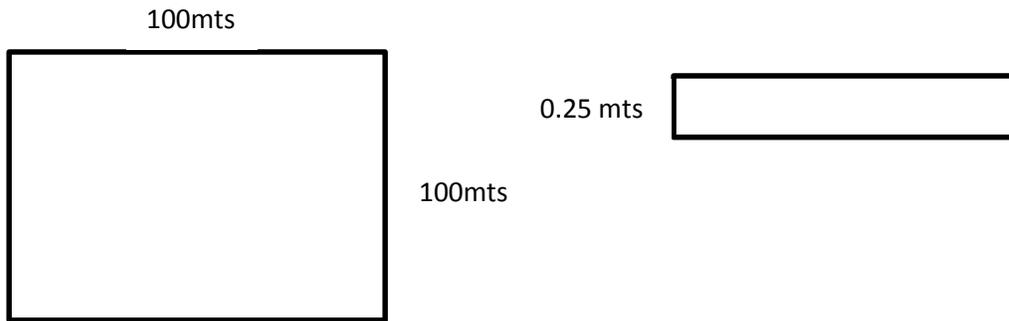
Volumen= 100mtsX100mtsX0.26mts

Volumen= 100mtsX100mtsX0.26mts

Volumen= 2600 m³



Caso 4- Concreto con 9 Kg/m³ de fibra Metálica con MR= 650 psi (44.16 Kg/cm²) y Espesor de 25cm.



$$\text{Volumen} = 100\text{mts} \times 100\text{mts} \times 0.25\text{mts}$$

$$\text{Volumen} = 100\text{mts} \times 100\text{mts} \times 0.25\text{mts}$$

$$\text{Volumen} = 2500 \text{ m}^3$$



Las variaciones en los volúmenes de concreto son bastante considerables para un área de 10,000 m². A continuación se analizan los costos totales de dichos volúmenes en base a los costos unitarios detallados al inicio de la Sección 4.2.

TIPO DE CONCRETO	MODULO DE RUPTURA (PSI)	ESPESOR (CM)	VOLUMEN (M³)	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Concreto sin fibras metálicas	594.20	27	2700	154.41	416,907.00
Concreto con 3Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25	688.61	25	2500	175.41	438,525.00
Concreto con 6Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25	632.26	26	2600	196.41	510,666.66
Concreto con 9Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25	650.00	25	2500	217.41	543,525.00

*Tabla 4.28. Variación de costos para el ejemplo explicativo
Fuente: Elaboración Propia*

Se observa en base a los valores obtenidos, que las variaciones en los costos del concreto con las diferentes dosificaciones de fibras metálicas son considerables respecto al concreto convencional (concreto sin fibra), como se indicó anteriormente al detallar los porcentajes de variación en los costos de los concretos antes mencionados.

Es recomendable que se maneje los términos de variación de los costos del concreto en porcentajes, debido a que dependiendo la magnitud del proyecto particular al cual se puede aplicar el concreto con fibras metálicas, la cantidad de dinero puede variar.

La atención no debe centrarse únicamente en los costos económicos que pueda generar el uso de fibra; otro factor importante es la reducción de volúmenes de concreto al reducir los espesores aumentando la resistencia a la flexión del concreto con la incorporación de fibras, para ello, se determinan las variaciones de concreto con distintas dosificaciones de fibras metálicas respecto al concreto convencional a continuación:



- **Variación del volumen del concreto con 3 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25 con respecto al concreto convencional**

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \left[\left(\frac{\text{VOLUMEN DE CONCRETO CONVENSIONAL}}{\text{VOLUMEN DE CONCRETO CON FIBRAS}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \left[\left(\frac{2700 \text{ M3}}{2500 \text{ M3}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \mathbf{8.00\%}$$

- **Variación del volumen del concreto con 6 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25 con respecto al concreto convencional**

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \left[\left(\frac{\text{VOLUMEN DE CONCRETO CONVENSIONAL}}{\text{VOLUMEN DE CONCRETO CON FIBRAS}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \left[\left(\frac{2700 \text{ M3}}{2600 \text{ M3}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \mathbf{3.85\%}$$

- **Variación del volumen del concreto con 6 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25 con respecto al concreto convencional**

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \left[\left(\frac{\text{VOLUMEN DE CONCRETO CONVENSIONAL}}{\text{VOLUMEN DE CONCRETO CON FIBRAS}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \left[\left(\frac{2700 \text{ M3}}{2500 \text{ M3}} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ DE REDUCCION} = \mathbf{8.00\%}$$



Tipo de concreto	Variación de volumen (%)
Concreto con 3Kg/m ³ con fibra metálica	-8
Concreto con 6 Kg/m ³ con fibra metálica	-3.85
Concreto con 9Kg/m ³ con fibra metálica	-8

Tabla 4.29 Porcentaje de variación de volumen de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Las variaciones en el concreto con relativamente bajas, pero al igual que las variaciones de los costos no deben subestimarse, pues dependen de las magnitudes particulares en las que se planea implementar el concreto con fibras metálicas.

Se observa claramente que el concreto con 3 kg/m³ y 9 kg/m³ presentan mayores reducciones de volumen del concreto, al igual que sucede en el aumento de la resistencia a la flexión del concreto para estas mismas proporciones, por lo que se deduce que la incorporación de Fibras Metálicas y por ende el aumento de la resistencia a la flexión, provoca reducciones en los volúmenes de concreto, sin embargo, aumenta los costos.

Variación en los costos de mano de obra.

COSTOS DE MANO DE OBRA									
Tipo de Concreto	Costo (\$)	Volumen de concreto (m ³)	Costo total (\$)	Tiempo (Días)/m ³	Tiempo Total (Días)	Personal	Tiempo Real	Diferencia	%
Concreto sin fibra metálica	37.97	2700	102,529.03	0.24	639.00	30.00	21.30	0	0
Concreto con 3 Kg/m ³ de fibra metálica	37.97	2500	94,934.29	0.24	591.67	30.00	19.72	7594.74	-8
Concreto con 6 Kg/m ³ de fibra metálica	37.97	2600	98,731.66	0.24	615.33	30.00	20.51	3797.37	-3.85
Concreto con 9 Kg/m ³ de fibra metálica	37.97	2500	94,934.29	0.24	591.67	30.00	19.72	7594.74	-8

Tabla 4.30 Variación de costos de mano de obra.

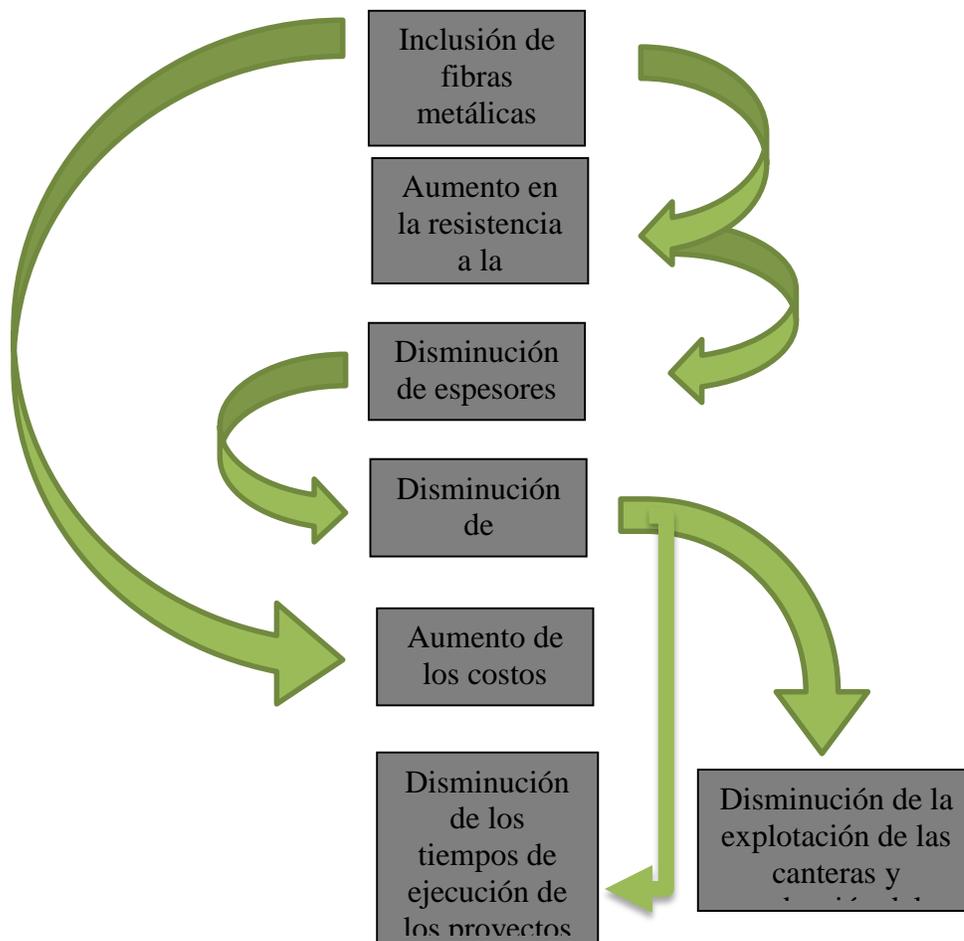
Fuente: Elaboración propia.



Los costos de mano de obra se ven reducidos debido a las variaciones de volumen de concreto a colocar para el área de 10,000 m², equivalentes a 1.34Km de carretera con un ancho de 7.5m.

Para un concreto con 3 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5.-25 el ahorro es de \$7,594.74 con respecto al concreto convencional; para un concreto con 6 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5-25 el ahorro es de \$3,797.37 con respecto al concreto convencional; y para un concreto con 9 Kg/m³ de fibra metálica Hélix 5.-25 el ahorro es de \$7,594.74 con respecto al concreto convencional.

Puede observarse que los tiempos no presentan mayores cambios pues la variación es de 1 a 2 días, por lo que la inclusión de fibra metálica en el concreto no presenta una reducción significativa de los tiempos de ejecución de proyectos.



Esquema 4.1. Efectos de la Inclusión de Fibras Metálicas al Concreto
 Fuente. Elaboración Propia.



En la construcción se persigue realizar un trabajo de calidad, en los mejores tiempos posibles y de manera más económica, sin embargo, como hemos podido observar, la inclusión de fibras metálicas al concreto para pavimentos rígidos aumenta los costos de manera considerable, pero no debe descartarse el uso de estas debido a esa razón, ya que también se reducen los volúmenes de concreto a colocar, por lo que dicho aumento en el costo podría compensarse con la reducción de los tiempos de ejecución de los proyectos.

Después de haber analizado todas las dosificaciones de fibra metálicas en el concreto con respecto al concreto convencional, se obtienen mayores resistencias a la flexión con la dosis de 3 Kg/m³, misma que también presenta el menor costos de las 3 analizadas, sin embargo, este costo supera al costo del concreto convencional, pero reduce 200 m³ de concreto.

Se analizará a continuación las 4 alternativas con las que se cuentan para realizar la inversión a través del método VAN (Valor Actual Neto).

Para ello hubo necesidad de tomar los Costos Anuales de mantenimiento determinados en la tesis: “Desarrollo de un modelo de deterioro y mantenimiento del tramo 7-B: Lislique-Anamoros de la Carretera Longitudinal del Norte, Utilizando el Software HDM-4 (2014)”; Además se considera una Área de 10,000m² equivalente a 1.34Km de carretera con un ancho promedio de 7.5m.

Los datos para el análisis de alternativas se contemplan a continuación:

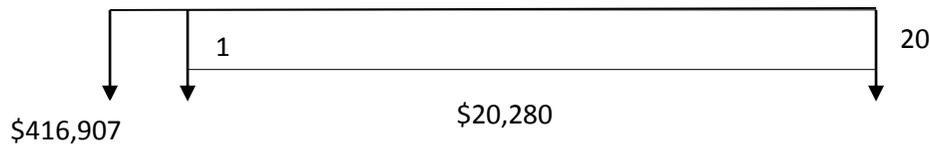
Tipo de concreto	Costo inicial	Costo Anual	i(%)	Periodo de diseño (n)
Concreto sin fibra metálica	\$416,907.0	\$20,280.0	12	20 años
Concreto con 3 Kg/m ³ de fibra metálica	\$438,525.0	\$17,502.3	12	20 años
Concreto con 6 Kg/m ³ de fibra metálica	\$510,666.6	\$19,061.9	12	20 años
Concreto con 9 Kg/m ³ de fibra metálica	\$543,525.0	\$18,540.8	12	20 años

Tabla 4.31 Alternativas de inversión

Fuente. Elaboración propia.



➤ **Determinando VAN para el concreto sin fibra metálica.**



$$VAN = -\$416,907 + \$20,280 (P/A, 12\%, 20)$$

Buscamos el valor en la tabla de flujo de efectivo discreto. Factores de interés compuesto. Sabiendo que tenemos una tasa de interés del 12%, con un factor de Presente dado la Anualidad y una vida útil de 20 años.

$$VAN = \$416,907 + \$20,280 (7.4694)$$

$$VAN = \$568,386.4$$

➤ **Determinando VAN para el concreto con 3Kg/m³ fibra metálica.**



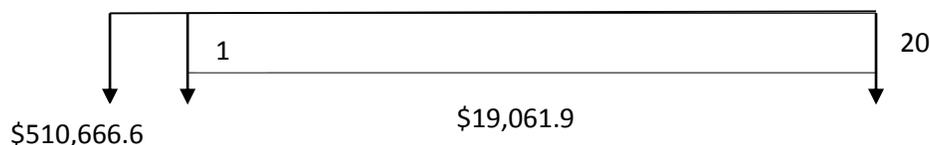
$$VAN = \$438,525 + \$17,502.3 (P/A, 12\%, 20)$$

Buscamos el valor en la tabla de flujo de efectivo discreto. Factores de interés compuesto. Sabiendo que tenemos una tasa de interés del 12%, con un factor de Presente dado la Anualidad y una vida útil de 20 años.

$$VAN = \$438,525 + \$17,502.3 (7.4694)$$

$$VAN = \$569,256.6$$

➤ **Determinando VAN para el concreto con 6Kg/m³ fibra metálica.**





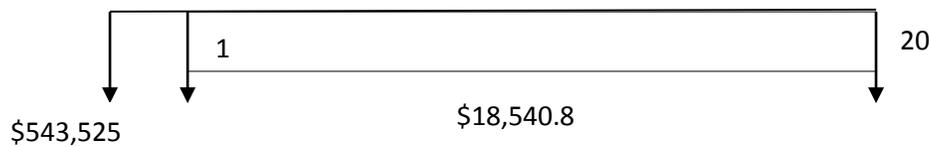
$$VAN = \$510,666.6 + \$19,061.9 (P/A, 12\%, 20)$$

Buscamos el valor en la tabla de flujo de efectivo discreto. Factores de interés compuesto. Sabiendo que tenemos una tasa de interés del 12%, con un factor de Presente dado la Anualidad y una vida útil de 20 años.

$$VAN = \$510,666.6 + \$19,061.9 (7.4694)$$

$$VAN = \$653,047.5$$

➤ **Determinando VAN para el concreto con 9Kg/m³ fibra metálica.**



$$VAN = \$543,525 + \$18,540.8 (P/A, 12\%, 20)$$

Buscamos el valor en la tabla de flujo de efectivo discreto. Factores de interés compuesto. Sabiendo que tenemos una tasa de interés del 12%, con un factor de Presente dado la Anualidad y una vida útil de 20 años.

$$VAN = \$543,525 + \$18,540.8 (7.4694)$$

$$VAN = \$682,013.65$$

Bajo el método del Costo Anual la dosificación de Menor costo con inclusión de fibras metálicas es la de 3Kg/m³ dado que genera menores costos de mantenimiento debido a un aumento de resistencia evaluado en la sección 4.1, ya que se establece que aumenta la resistencia al desgaste lo que genera menores costos de mantenimiento que se permanecen constante en toda la vida útil; por ende en el Valor Actual Neto para el concreto con 3Kg/m³ de fibra metálica se ve reflejado con un costo de \$569,256.620 con respecto al Valor Actual Neto para el concreto sin fibra que tiene un costo de \$568,386.4 dando como resultado una diferencia mínima de: **\$870.2**. Se puede interpretar mejor mediante la siguiente tabla:



Tipo de concreto	VAN	Diferencia VAN
Concreto sin fibra metálica	\$568,386.4	\$0
Concreto con 3 Kg/m ³ de fibra metálica	\$569,256.6	\$870.2
Concreto con 6 Kg/m ³ de fibra metálica	\$653,047.5	\$84,661.1
Concreto con 9 Kg/m ³ de fibra metálica	\$682,013.65	\$113,627.25

Tabla 4.32. Diferencias de costos mediante el VAN.
Fuente. Elaboración propia.

A continuación, se detalla la Relación Costo Beneficio Suponiendo los beneficios anuales en términos de desarrollo de \$20,000 y un ahorro en la inversión inicial equivalente al costo de las variaciones de volúmenes de concreto.

Concreto sin fibra metálica					
Años	0	1-20			
Beneficio		\$ 20,000	Van	\$ 149,388.00	0.26
Costo	\$ 416,907.00	\$ 20,280	Van	\$ 568,386.43	
Concreto con 3kg/m3 de fibra metálica hélix 5-25					
Años	0	1-20			
Beneficio	\$ 35,082.00	\$ 20,000	Van	\$ 184,470.00	0.32
Costo	\$ 438,525.00	\$ 17,502	Van	\$ 569,257.20	
Concreto con 6kg/m3 de fibra metálica hélix 5-25					
Años	0	1-20			
Beneficio	\$ 19,641.00	\$ 20,000	Van	\$ 169,029.00	0.26
Costo	\$ 510,666.66	\$ 19,062	Van	\$ 653,047.91	
Concreto con 9kg/m3 de fibra metálica hélix 5-25					
Años	0	1-20			
Beneficio	\$ 40,482.00	\$ 20,000	Van	\$ 189,870.00	0.28
Costo	\$ 543,525.00	\$ 18,541	Van	\$ 682,014.10	

Tabla 4.33 Relación costo beneficio de las alternativas
Fuente. Elaboración propia.



Puede observarse que todas las alternativas presentan una relación Beneficio/Costo bastante baja, debido a que los ingresos de una carretera no se perciben monetariamente, sino que deben ser medidos en términos de desarrollo social; sin embargo, es la de 3Kg/m³ la opción más viable para la inversión, debido a que presenta una relación mayor.

4.3. Ventajas técnicas y económicas del empleo de fibras metálicas en el concreto.

El uso de fibras metálicas en los pavimentos rígidos presenta ventajas tanto técnicas como económicas entre las que podemos mencionar:

- **Disminuye la propagación de microfisuras:** Ya que funciona como hilos de unión en las masas de concreto y previene las contracciones causadas por las temperaturas.
- **Proporciona una resistencia adicional tanto a compresión como a flexión:** Aporta al concreto la capacidad de seguir soportando cargas aun en la etapa post-agrietamiento.
- **Gran capacidad de deformación:** Después del agrietamiento del concreto, las fibras se encargan de disipar los esfuerzos, generándose deformaciones residuales.
- **Gran uniformidad en cuando a los acabados de las superficies:** Las fibras se distribuyen de tal manera que a simple vista el concreto pareciera concreto convencional, esto se debe a que las fibras no quedan fuera de la matriz de concreto.
- **Disminución en los espesores del pavimento rígido:** Con el aumento a la resistencia a la flexión del concreto, los espesores varían de 1 a 2 cm.
- **Reducción de volúmenes de concreto a colar:** Al reducir los espesores, los volúmenes de concreto a colar disminuyen, como se observa en el ejemplo explicativo visto anteriormente.
- **Reducción de costos de mano de obra:** Se reducen como producto de la reducción de volúmenes de concreto.



4.4. Análisis Ambiental

La explotación de canteras comprende una parte importante de la minería que se realiza a cielo abierto en el mundo con el objetivo de aportar los materiales de construcción que se extraen. Estas canteras abarcan la extracción de áridos de construcción y rocas ornamentales.

Este tipo de minería se caracteriza por la creación de un fuerte impacto al medio debido a que en la mayoría de las empresas no prestan la debida atención a dicha actividad. De aquí la necesidad de conocer los diferentes aspectos necesarios para la correcta explotación de una cantera.

En El Salvador se observan explotaciones de materia primas como arena, grava, piedra y cemento.

La explotación de minerales a cielo abierto conlleva a serias alteraciones medio ambientales. La intensidad de las mismas depende de varios factores entre los que se reconocen la situación y morfología del yacimiento y las características del entorno.

Las influencias medioambientales de las operaciones mineras se relacionan fundamentalmente con la extracción de materiales de la construcción e introducción de desechos mineros, por lo que se originan cambios en la circulación de sustancias y energía en el entorno.

Estas influencias van transformando el paisaje y provocan el empeoramiento cualitativo o cuantitativo de los recursos y el origen o desarrollo de procesos dañinos o degradantes. En general, las mismas, se consideran como impactos ambientales, y su significado y carácter se estudian mediante el esclarecimiento de su origen, temporalidad, dinámica y distribución espacial, de forma que el territorio queda evaluado en función de la concentración de las mismas.

Dentro de los impactos ambientales derivados del desarrollo de la explotación de canteras de materiales de construcción se encuentran:

- Alteraciones del suelo y modificación de sus propiedades.
- Destrucción de la flora y la fauna.



- Pérdida de la biodiversidad
- Alteraciones en las aguas superficiales (alteración de los ríos, drenajes superficiales, contaminación física y química de las aguas superficiales)
- Alteraciones en las aguas subterráneas (depresión del nivel freático, contaminación química del acuífero).
- Impactos sobre los riesgos geológicos (aumento del riesgo de desprendimientos o deslizamientos)
- Cambios geomorfológicos y del paisaje (modificación del relieve, alteración del color, rotura de la cuenca visual, introducción de formas extrañas, focalización de la percepción en la cantera en detrimento de otros puntos)
- Alteraciones en la atmósfera (emisión de polvo, ruido y vibraciones)
- Impactos sobre el medio socioeconómico (limitación en los usos del suelo, destrucción de recursos culturales, impactos sobre las vías de comunicación)

En la industria de la construcción, se generan demandas de concreto similares a la demanda de petróleo en el mercado, debido al desarrollo infraestructural que día con día aumenta de manera exponencial. Hecho que causa grandes daños al medio ambiente a través de la explotación de canteras para la obtención de materias primas para la producción de Cemento, arena y grava, que son los agregados del concreto. Si prefiere verse desde el punto de vista ecológico, que, aunque no es propósito de esta investigación vale la pena mencionar, la inclusión de fibras Metálicas en los Pavimentos Rígidos tiene injerencia indirecta en la reducción de la explotación de canteras, que no son únicamente los daños provocados al medio ambiente, sino también implican otros factores como tala de árboles, contaminación de los ríos, etc. Esta relación no es una relación directa, es decir, influye en la medida que se reducen los volúmenes de concreto necesario, para suplir las necesidades de los proyectos, lo que, por ende, reduce la demanda de volúmenes de concreto como se detalló anteriormente.



Resumen de la factibilidad técnica, económica y ambiental del concreto con y sin fibras metálicas

TIPO DE CONCRETO	ANALISIS TECNICO	ANALISIS ECONOMICO	ANALISIS AMBIENTAL
CONCRETO SIN FIBRAS METALICAS	<ul style="list-style-type: none"> -No contiene refuerzo que ayude a la disipación de esfuerzos, por lo que se generan espesores grandes. -Muy frecuentemente se agrietan. -Después del agrietamiento ya no tiene ductilidad. 	\$154.41	<ul style="list-style-type: none"> -Genera grandes demandas de materias primas, lo que causa un auge en la explotación de canteras para la extracción de estos. -Con la explotación de canteras se genera tala de árboles, alteración del entorno y contaminación de los mantos acuíferos.
CONCRETO CON 3 KG/M³ DE FIBRAS METALICAS	<ul style="list-style-type: none"> -No se afecta la trabajabilidad en proporciones menores a 18 kg/m³. -No se afectan los rendimientos de mano de obra para la elaboración de concreto. -Presenta un aumento de 16.67% en la resistencia a la compresión respecto al concreto convencional. -Aumenta 15.87% la resistencia a la flexión con respecto al concreto convencional. -Reduce en 8% los costos de mano de obra respecto al concreto convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> -Costo=\$175.41 -Presenta un aumento de 13.60% en el costo respecto al concreto convencional -Mediante el método de VAN presenta una diferencia de \$870.2 respecto al concreto convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción del 8% en la demanda de concreto. -Presenta una relación indirecta en el impacto generado al medio ambiente a través de la reducción de volúmenes de concreto en los proyectos, lo que reduce la demanda y por ende la explotación de canteras, deforestación y contaminación de mantos acuíferos con líquidos y residuos de maquinarias.



<p>CONCRETO CON 6 KG/M³ DE FIBRAS METALICAS</p>	<p>-No se afecta la trabajabilidad en proporciones menores a 18 kg/m³.</p> <p>-No se afectan los rendimientos de mano de obra para la elaboración de concreto.</p> <p>-Presenta un aumento de 7.91% en la resistencia a la compresión respecto al concreto convencional.</p> <p>-Aumenta 6.39% la resistencia a la flexión con respecto al concreto convencional.</p> <p>-Reduce en 3.85% los costos de mano de obra respecto al concreto convencional.</p>	<p>-Costo= \$196.41</p> <p>-Presenta un aumento de 27.20% en el costo respecto al concreto convencional</p> <p>- Mediante el método de VAN presenta una diferencia de \$86,661.10 respecto al concreto convencional.</p>	<p>-Reducción del 3.85% en la demanda de concreto.</p> <p>-Presenta una relación indirecta en el impacto generado al medio ambiente a través de la reducción de volúmenes de concreto en los proyectos, lo que reduce la demanda y por ende la explotación de canteras, deforestación y contaminación de mantos acuíferos con líquidos y residuos de maquinarias.</p>
<p>CONCRETO CON 9 KG/M³ DE FIBRAS METALICAS</p>	<p>-No se afecta la trabajabilidad en proporciones menores a 18 kg/m³.</p> <p>-No se afectan los rendimientos de mano de obra para la elaboración de concreto.</p> <p>-Presenta un aumento de 14.05% en la resistencia a la compresión respecto al concreto convencional.</p> <p>-Aumenta 9.38% la resistencia a la flexión con respecto al concreto convencional.</p> <p>-Reduce en 8% los costos de mano de obra respecto al concreto convencional.</p>	<p>-Costo= \$217.41</p> <p>-Presenta un aumento de 40.80% en el costo respecto al concreto convencional</p> <p>- Mediante el método de VAN presenta una diferencia de \$113,627.25 respecto al concreto convencional.</p>	<p>-Reducción del 8% en la demanda de concreto.</p> <p>-Presenta una relación indirecta en el impacto generado al medio ambiente a través de la reducción de volúmenes de concreto en los proyectos, lo que reduce la demanda y por ende la explotación de canteras, deforestación y contaminación de mantos acuíferos con líquidos y residuos de maquinarias.</p>

Tabla 4.34. Cuadro resumen de factibilidades de la incorporación de fibras.

Fuente: Elaboración propia.



4.5. Análisis estadístico

El objetivo de este ejemplo es demostrar cómo correr un análisis predictivo utilizando el programa SPSS. La pregunta de investigación es, que grado de correlación existe en la Compresión cilindros kg/cm² ($f'c$) vs Tensión de viguetas kg/cm² (Mr) para las edades de 7, 14, 28 días con sus respectivas dosificaciones de fibras metálicas 0kg/m³, 3kg/m³, 6Kg/m³, 9Kg/m³. En este estudio se pretende que a medida aumente el $f'c$ aumente el Mr , con los datos obtenidos del laboratorio de suelos y materiales.

Los datos que se consideran únicamente son del Ensayo estándar para esfuerzos a compresión en especímenes cilíndricos de concretos según la norma ASTM C39/C39M y El ensayo normalizado para la determinación de la Resistencia a la flexión del concreto (Utilizando viga simple con carga en los Tercios del claro) Según la norma ASTM C78.

Por consiguiente, se muestra cada uno de los valores estadísticos arrojados por el programa: Se introducen los valores de compresión de cilindros siendo esta la Variable independiente y flexión de viguetas como variable dependiente.

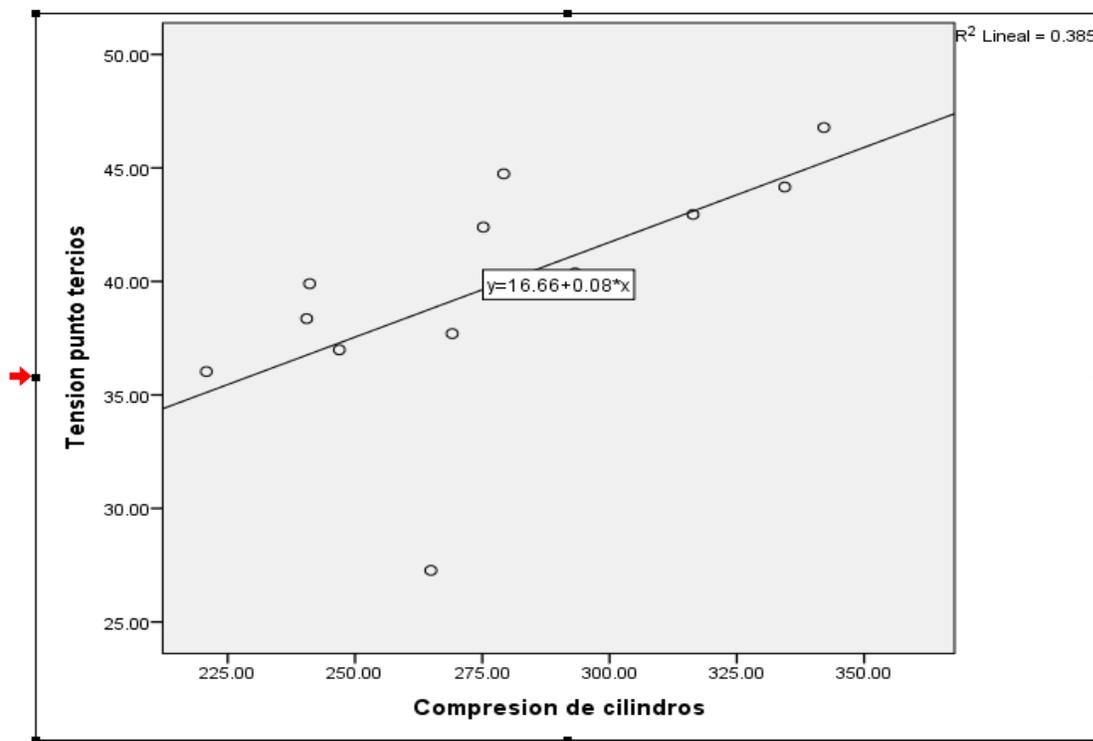
	C	F	var											
1	220.80	36.03												
2	240.50	38.36												
3	293.20	40.37												
4	275.22	42.39												
5	279.20	44.74												
6	342.09	46.78												
7	246.92	36.99												
8	241.13	39.90												
9	316.37	42.95												
10	264.93	27.27												
11	269.05	37.78												
12	334.38	44.16												
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														

Figura 4.11. Vista de datos para el analisis predictivo con los valores de $f'c$ y Mr
Fuente. Elaboracion propia.



El programa SPSS le proporcionara un diagrama de dispersión de puntos con las observaciones de las dos variables para tal caso Compresion de cilindros vs flexion de vigas puntos tercios de tal manera que se observa en forma gráfica cómo se comportan las variables y cómo se representan los coeficientes de la ecuación predictiva. Con la información que le proporciona SPSS es posible determinar diversos índices que le permitirán al investigador tener un conocimiento más específico de los resultados del análisis predictivo, tal como se indica en la grafica 4.5.

Cuando la recta muestra ser ascendente corresponde a una correlacion positiva.



*Grafica 4.6. Diagrama con representación de la ecuación predictiva.
Fuente. Elaboracion propia.*

Conforme a los resultados obtenidos se dice que hay un cierto porcentaje de correlación entre las variables dependiente (Tensión puntos tercios) y la variable independiente (Compresión de cilindros) de: **0.62** y un grado de significancia de **0.031** por lo tanto podemos decir que existe asociación entre las dos variables ya que se encuentra en el rango



de significancia admisible, pues la bibliografía nos dice: “Si el valor de significancia es menor de 0.05 es aceptable, y se rechaza cuando los valores son mayores que 0.05”.

El valor de “N” que es igual a **12** representa el número de pares de muestras que se tomaron para la compresión de cilindro y tensión de viguetas en puntos tercios.

Correlaciones

		Compresion de cilindros	Tension punto tercios
Compresion de cilindros	Correlación de Pearson	1	.620*
	Sig. (bilateral)		.031
	N	12	12
Tension punto tercios	Correlación de Pearson	.620*	1
	Sig. (bilateral)	.031	
	N	12	12

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Tabla 4.35. Reporte de resultados SPSS simplificado.

Fuente: Elaboración propia.

Lo que nos interesa en esta cuadro es la Media y la desviacion estandar ya que se dice que con Tension puntos tercios (Mr) tendremos una media de **39.80Kg/cm²** y una desviacion estandar de **5.17** esto es lo que se aumenta o disminuye con la tension de puntos tercios (Mr)

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Tension punto tercios	39.8033	5.17593	12
Compresion de cilindros	276.9833	38.43528	12

Tabla 4.36. Reporte de resultados SPSS

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de correlación se proporcionará en forma estandarizada, esto significa que su rango va de -1 a +1. Es casi imposible que exista una correlación perfecta entre las variables, así que se podrá interpretar este coeficiente en la medida que se acerca a estos valores. En general, lo más cercano al valor +1 le indica que existe una correlación positiva



entre las variables y lo más cercano al valor -1 le indicara que dicha correlación es negativa. Es muy importante que verifique la dirección de las correlaciones, o sea su signo.

El resumen del modelo genera otros índices, tal como el R o coeficiente de correlación múltiple, que en este caso es igual a la correlación (**0.620**). El modelo también le proporciona el índice R cuadrada (R^2) que es de mucha utilidad, ya que le aporta el grado de varianza en la variable dependiente (flexión puntos tercios) que se debe a su interacción con la variable independiente (compresión de cilindros).

Para tal caso nuestro análisis, el valor de $R^2=0.385$ la relación entre las variables es débil en base a los datos experimentales obtenidos en el laboratorio sin embargo no significa que las variables no estén relacionadas entre sí.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	.620 ^a	.385	.324	4.25713	.385	6.261	1	10	.031

a. Predictores: (Constante), Compresion de cilindros

Tabla 4.37. Reporte de resultados SPSS

Fuente: Elaboración propia.

El reporte de resultados también provee los coeficientes de la ecuación predictiva en función de las variables dependiente e independiente. Para nuestro caso la flexión de puntos tercios que se relaciona con la compresión de cilindros y estos coeficientes estandarizados son: **16.659** y **0.084**.

Lo que significa que las variables de cambio por cada variación en la compresión de cilindros ($f'c$) aumentara de manera uniforme un 0.084 la Resistencia a la Tensión puntos tercios (Mr). En otras palabras, por cada $1Kg/cm^2$ que aumente la compresión de cilindros ($f'c$) aumentar 0.084 la Resistencia a la tensión de puntos tercios (Mr). Por eso la ecuación de la regresión lineal se expresa de la siguiente manera: $y = 16.659 + 0.084(x)$.



Por ejemplo:

Si queremos saber cuánto es la resistencia a la tensión puntos tercios (M_r), teniendo un valor de compresión de cilindros (f'_c) de 250kg/cm^2 , utilizamos la ecuación de la regresión lineal sustituyendo el valor de “x” por el (f'_c) obtendremos un (M_r) sin necesidad de hacer las respectivas pruebas en los laboratorios.

Por lo tanto, podemos irnos a la gráfica de regresión lineal para verificar los valores de las variables dependiente (M_r) e independiente (f'_c), cabe mencionar que los valores no son exactos, ya que son valores predictivos aproximados.

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	16.659	9.331		1.785	.105
Compresion de cilindros	.084	.033	.620	2.502	.031

a. Variable dependiente: Tension punto tercios

Tabla 4.38. Reporte de resultados SPSS
Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

- De acuerdo al análisis técnico se determina que las dosificaciones desde 3 kg/m^3 hasta 9 Kg/m^3 de fibra metálica Hélix 5-25 presentan aumento en la resistencia a la compresión desde 7.91% hasta 16.67% y una resistencia a la flexión (MR) desde 6.39% hasta 15.87%.
- Las fibras metálicas Hélix 5-25 en el concreto no afectan en lo absoluto la trabajabilidad del concreto para ninguna de las dosis puestas a prueba.
- Los concretos con fibras metálicas Hélix 5-25 ante una ruptura a flexión dúctil, aumenta de manera significativa la tenacidad debido a que continúa soportando cargas después del agrietamiento.
- Los pavimentos rígidos con fibras metálicas Hélix 5-25 son viables en proyectos donde se cuente con una alta demanda de cargas, cargas de impacto y altas cargas vehiculares, como estacionamientos para aeronaves, pisos industriales y autopistas respectivamente.
- Los procesos constructivos del concreto con fibras metálicas Hélix 5-25 respecto al concreto convencional no presentan variación alguna, por lo que los rendimientos de mano de obra tampoco se ven afectados. No requieren mano de obra calificada específicamente para ello, ni la utilización de herramientas o equipos complejos para la elaboración de este concreto.



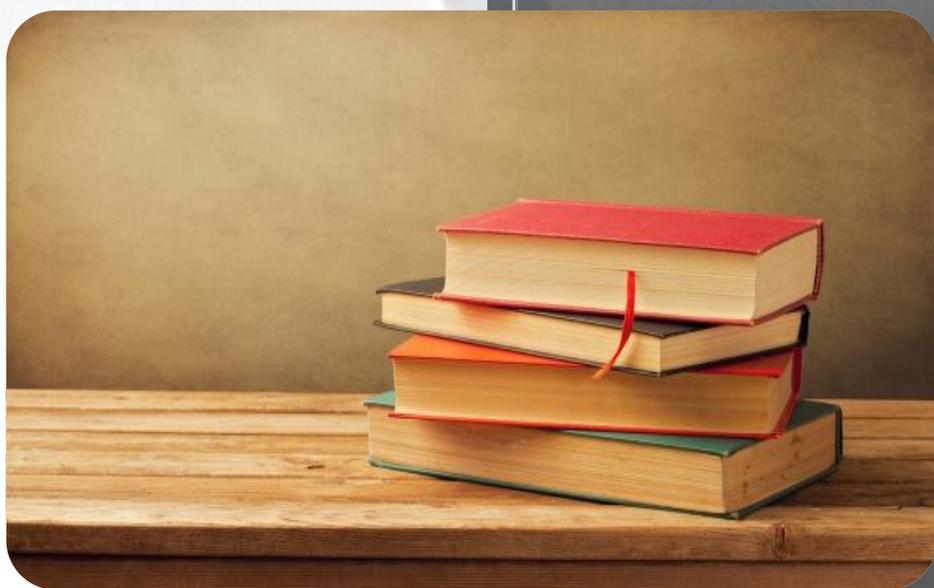
- La carbonatación, característica que influye en la durabilidad del concreto no se ve afectada por las fibras de acero.
- La falla a la tensión la genera cuando las fibras se desprenden de la matriz de concreto puesto que las fibras no se rompen.
- De acuerdo al análisis económico se determina que las dosificaciones desde 3 Kg/m³ hasta 9Kg/m³ presentan aumento de 13.60% hasta 40.80% en los costos unitarios.
- En los proyectos de gran envergadura, el aumento de los costos que representa el hecho de incluir fibras Hélix 5-25 pueden compensarse a través del ahorro en los volúmenes de materiales, reducción de costos de mano de obra, herramienta y equipo.
- La inclusión de fibras metálicas en el concreto presenta un gran aporte cuando se elaboran volúmenes masivos puesto que la masa de concreto es directamente proporcional al calor de hidratación generado y por ende el concreto está más expuesto a las fisuraciones por contracción plásticas después del colado.
- La incorporación de fibras metálicas en el concreto genera ventajas colaterales de carácter ambiental debido a la reducción de la demanda de volúmenes de concreto lo que radica en la disminución de explotación de canteras.
- Este tipo de fibras genera aporte a la durabilidad de concreto, evita la fisuración plástica cuando el concreto se encuentra en estado fresco, así como la resistencia al desgaste.
- La prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto usando vigas simplemente apoyada con carga puntal al centro ASTM 293 no se toman en cuenta para el análisis de resultados debido a que es una norma desfasada.



5.2. Recomendaciones.

- Las variaciones de volúmenes y costos deben manejarse en términos porcentuales (%) que resulta mucho más práctico puesto que es un dato general sin importar la magnitud del proyecto; en cambio, si se maneja en términos de dinero, puede parecer exagerado o insignificante.
- Cuando se utilicen dosificaciones de fibra superiores a 18 kg/m³ deben realizarse modificaciones en la relación agua-cemento para mantener la trabajabilidad del concreto.
- En caso de utilizar otro tipo de fibras metálicas, que tengan mayor longitud y diámetro, deben cerciorarse de que se cumpla con la norma ASTM C-1609 en cuanto a los tamaños máximos permitidos para la realización de estudios.
- Podría realizarse estudios enfocados a disminuir los volúmenes de agregados del concreto para ser sustituidos parcialmente por volúmenes de fibra y obtener una resistencia especificada.
- Para la fabricación del concreto se debe de lanzar las fibras metálicas en forma de lluvia, después de haber colocado el agregado Grueso y fino esto evitara que se formen nidos de fibras dentro de la masa de concreto.
- Una vez abierto el campo de las fibras en pavimentos rígidos podrían realizarse investigaciones más amplias evaluando más proporciones de fibras metálicas con mayor número de muestras.

FUENTES DE CONSULTA





➤ **Tesis:**

- ✓ Lao Odicio, Jaqueline Wendy (2007) Utilización de fibras Metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa. Tesis para optar por el título de ingeniero civil Lima, Perú.

- ✓ García, Wilber; Hernández, Juan; Menéndez, Marjory (2011). Estudio técnico de la goma triturada como agregado en el Diseño de mezclas de concreto y mortero tipo M y S para obras civiles. Tesis para optar a título de Ingeniero Civil, Universidad de El salvador.

- ✓ Aparicio Villacorta, Alberto; Rivera, Gilberto; Rodríguez, Magdiel (2009). Estudio exploratorio de diseño de mezclas de concreto de peso normal y mortero tipo M y S usando vidrio reciclado como agregado. Tesis para optar a título de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador.

- ✓ Alvarado Arévalo, José Nelson; Andrade Portillo, Juan Antonio; Hernández Zelaya, Herson Noé (2016). Estudio del empleo de Cenizas producidas en Ingenios azucareros como sustituto parcial del Cemento Portland en el Diseño de mezclas de concreto. Tesis para optar a título de Ingeniero Civil, Universidad de El salvador.

- ✓ Castillo Amaya, Juan de la Paz; Guevara Guevara, Herberth Luis; López Cáceres, Ericsson Ernesto (2017). Análisis comparativo entre el módulo de resiliencia (Mr) y la relación de soporte de california (CBR) para suelos finos destinados a subrasante. Tesis para optar a título de Ingeniero Civil, Universidad de El salvador.



➤ **Reglamentos:**

- ✓ ACI 318 (2014). Requisitos de reglamento para Concreto Estructural.
- ✓ Normas ASTM.

➤ **Entrevistas:**

- ✓ Ing. Homero Hidalgo (Gerente General de Prefacero).
- ✓ Ing. Laura Landa verde (Jefe de planta HOLCIM San Miguel).
- ✓ Ing. Wilfredo Henríquez Canales (Gerente General/ Jefe de laboratorio Soil Tester Dealer).
- ✓ Tec. Rene Humberto Díaz (Técnico Laboratorista)
- ✓ Ing. Dilber Sánchez (Catedrático de Universidad de El Salvador)

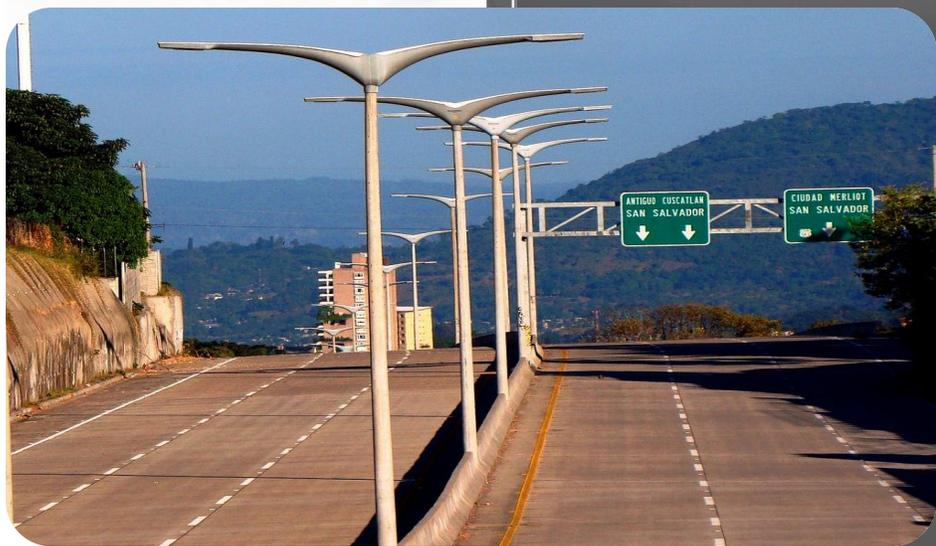
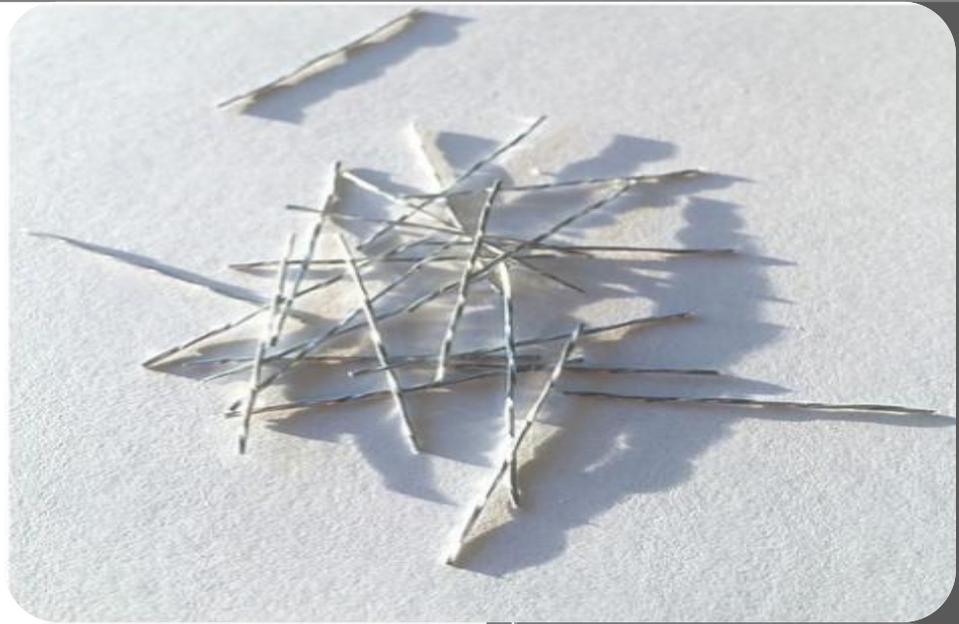
➤ **Libros:**

- ✓ Bonilla, Gidaberto. (2,000). Como hacer una tesis de graduación con técnicas estadísticas. San Salvador, El Salvador C.A: UCA editores.
- ✓ Guerrero, Fernando. (2009). Fundamento de los métodos de investigación Social. El Salvador, Santa Tecla: Asociación Institución Salesiana Imprenta y OFFSET Ricaldone.

➤ **Información Virtual.**

- ✓ Fuente: American Concrete Pavement Association (ACPA).
- ✓ Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/fibras-metalicas-concreto.html>.
- ✓ Fuente: <http://blog.360gradosenconcreto.com/carbonatacion-del-concreto-como-detectarla>.

ANEXO A: DISEÑO DE MEZCLA.





**DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE
CONCRETO HIDRÁULICO ACI-211.1-81
MÉTODO DE LOS VOLÚMENES
ABSOLUTOS
(CONCRETO 210 KG/CM2)**

PROYECTO:

**"INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS
PAVIMENTOS RÍGIDOS"**

SOLICITANTE:

**GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI
ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO
VILLATORO**

PRESENTA:

SOIL TESTER DEALER S.A DE C.V



CONVENIO
OSA MOPTVDJ

Laboratorios Autorizados



MAYO DEL 2017





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO, CONSULTORIA, FORMULACION,
CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE OBRAS
CIVILES

PROPORCIONES DE LABORATORIO



Col. Jucuapa No. 1, Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco
Barraza, San Miguel, El Salvador, TEL/FAX: 26944379, email: soiltesterdealer@gmail.com



S.T.D.
SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO,
CONSULTORIA, FORMULACIÓN, SUPERVISIÓN Y
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, DISEÑO,
CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES**

COL. JUCUAPA No. 1 CALLE SAN JUAN No. 10, FINAL 4TA. CALLE ORIENTE, FRENTE A ESTADIO BARRAZA,
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL

DISEÑO No. 20
may 17

**DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO
ACI - 211.1-81 METODO DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS**

"DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO f'c= 210 Kg/Cm2"

PROYECTO : "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"

Resistencia a la compresión requerida : 210 kg/cm2 Concreto : Con aire incluido Sin aire incluido ✓

Solicitantes: GUSTAVO ALBERY CACERES Tamaño máximo del agregado : 25 mm
YONI ANTONIO MEMBREÑO
JOSÉ ROBERTO VILLATORO

Procedencia de la grava : PEDRERA DE LA HUILERA; USULUTÁN Cemento : HOLCIM FUERTE TIPO I
Procedencia de la arena : ARENA DE MINA EL SINAI, SAN MIGUEL Fecha : 18 DE MAYO DEL 2017

Datos de los agregados pétreos

	Contenido de		Absorción (%)	Peso específico	Peso volumétrico		Peso volumétrico Máximo (%)
	Humedad (%)				Suelto (kg/m3)	Variado (kg/m3)	
Grava	No 1	2	1.20	2.605	1362.03	1548.59	100
Arena	No 2	3	3.80	2.457	1562.64	1745.47	100

Contenido de agua y cemento
Asentamiento (T 5.3.1) (pulgadas) : 4 ± 1 Relación agua / cemento (T 5.3.4. a) : 0.48
Agua de mezclado(T 5.3.3)(kg/m3) : 180 Contenido de cemento (kg/m3): 375.00
% de aire : 0

Contenido de agregado grueso
(T 5.3.1) M3 / M3

	Peso volumétrico variado grava (kg/m3)	Kg / m3	Peso volumétrico máximo	Kg / m3
Grava	1548.59	780.29	100	780.29
MF	3.57	---	---	---

Contenido de arena y dosificación final

Kg/m3 preliminar	Peso específico	Vol. neto(litros)	Peso ajustado por		Litros / bolsa	Dosificación FINAL PARA 1 BOLSA DE CEMENTO
			Humedad	Kg/m3		
Cemento	3.11	120.58	378.43	479.42	11.28	20.40 L.TS.
Agua	1	180	181.65	230.12	20.40	
Aditivo No 1	0	0	---	---	---	
Aditivo No 2	0	0	---	---	---	
Aire	0	0	---	---	---	
Grava No 1	2.61	299.54	795.90	776.72	68.86	2.50 CUBETAS
Grava No 2	---	---	---	---	---	
Arena	2.47	399.88	1015.90	903.00	80.05	2.50 CUBETAS
SUMAS		1000.00				

Observaciones: Dosificación de campo para 1 bolsa de cemento

Agua:	20.40 Lts.
Agregado grueso:	2.50 CUBETAS
Agregado fino:	2.50 CUBETAS

Revisó y VoBo: Ing. Wilfredo Alexander Henríquez Canales
GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORATORIO
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, CONSULTORIA, FORMULACION, CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES

ENSAYOS A LOS AGREGADOS



Col. Jucuapa No. 1, Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel, El Salvador, TEL/FAX: 26944379, email: soiltesterdealer@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO, CONSULTORIA, FORMULACION,
CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE OBRAS
CIVILES

AGREGADO FINO



Col. Jucuapa No. 1, Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco
Barraza, San Miguel, El Salvador, TEL/FAX: 26944379, email: soiltesterdealer@gmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO (AASHTO M45)

DISEÑO CONCRETO-GRAN-020-05-2017

SOLICITANTE GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO

"INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"

PROYECTO:

PROCEDENCIA: ARENERA EL SINAI, ARAMUACA

FECHA DE MUESTREO 2 DE MAYO DEL 2017

FECHA DE ENSAYO:

17 DE MAYO DEL 2017

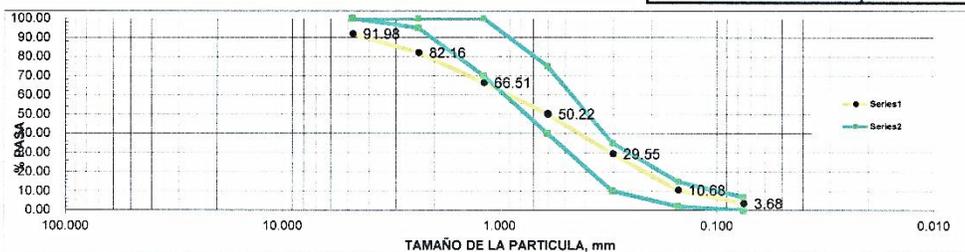
TIPO DE AGREGADO O MATERIAL: ARENA DE RIO

AASHTO M-45	
PESO BRUTO:	1723.4
TARA (g):	166.6
PESO NETO (g):	1556.8
HUMEDAD (%):	0
PESO SECO (g):	1556.80

PESO BRUTO:	
TARA (g):	
PESO NETO (g):	
HUMEDAD (%):	
PESO SECO (g):	

MALLA		Peso R.P (g)	Porc. R.P. (%)	Porc. R.A. (%)	Porc. Pasa (%)	VALORES TABLA T-1 ESPECIFICACIONES	
Pul	mm					Min	Max
No. 4	4.750	124.8	8.02	8.02	91.98	100.0	100.0
No. 8	2.36000	153.0	9.83	17.84	82.16	95.0	100.0
No. 16	1.18000	243.5	15.64	33.49	66.51	70.0	100.0
No. 30	0.60000	253.7	16.30	49.78	50.22	40.0	75.0
No. 50	0.30000	321.8	20.67	70.45	29.55	10.0	35.0
No. 100	0.15000	293.8	18.87	89.32	10.68	2.0	15.0
No. 200	0.07500	108.9	7.00	96.32	3.68	0.0	7.0
FONDO		57.3	3.68	100.00			
TOTALES		1556.80	100.0				

GRAVAS (%)	8.0	ARENAS (%)	88.3	FINOS (%)	3.7	M.E.	3.57
RANGO						2.3 - 3.1	



CLASIFICACION:

MODULO DE FINURA: 3.02

CLASIFICACION ASTM
CLASIFICACION AASHTO

REALIZO Y CALCULO: OMAR ARGUETA
LABORATORISTA
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



REV. Y VOB: ING. WILFREDO ALEXANDER HENRIQUEZ C.
GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

 <p>S. T. D. SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, CONSULTORIA, FORMULACION, SUPERVISION Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES</p>	<p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, DISEÑO, CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES</p>	 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS AUTORIZADO POR: CSA ORGANISMO SALVADOREÑO DE ACREDITACION</p>									
<p>METODO DE PRUEBA ESTANDAR DENSIDAD APARENTE, PESO UNITARIO Y VACIOS EN LOS AGREGADOS ASTM C-29/29M-07, AASHTO T-19/T 19M</p>											
<p>DISEÑO CONCRETO-P.V.-020-05-2017</p>											
MATERIAL:	ARENA DE MINA										
PROCEDENCIA:	ARENERA EL SINAI, ARAMUACA										
PROYECTO:	"INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"										
SOLICITANTE:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO										
FECHA DE MUESTREO:	2 DE MAYO DEL 2017	FECHA DE ENSAYO: 17 DE MAYO DEL 2017									
METODO SUELTO											
Muestra No	1	2	3								
P de Muestra + Medidor (g)	8706	8782	8844								
Peso del Medidor (g)	5343	5343	5343								
Peso de la Muestra	3363	3439	3501								
Volumen del Medidor (m3)	2.170	2.170	2.170								
Peso Suelto (Kg/m3)	1549.77	1584.79	1613.36								
PROMEDIO PESO SUELTO (Kg/m3)	1582.64										
METODO VARILLADO											
Muestra No	1	2	3								
Peso de Muestra + Medidor (g)	9106	9152	9134								
Peso del Medidor (g)	5343	5343	5343								
Peso de la Muestra	3763	3809	3791								
Volumen del Medidor (m3)	2.170	2.170	2.170								
Peso Suelto (Kg/m3)	1734	1755	1747								
PROMEDIO PESO SUELTO (Kg/m3)	1745.47										
% DE VACIOS EN LOS AGREGADOS:	46.08%	METODO VARILLADO									
TIPO DE AGREGADO:											
TMN DEL AGREGADO (")											
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">CLASIFICACIÓN</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SUCS</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AASHTO</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VISUAL</td> <td style="text-align: center;">ARENA DE RIO</td> </tr> </table>		CLASIFICACIÓN		SUCS		AASHTO		VISUAL	ARENA DE RIO
CLASIFICACIÓN											
SUCS											
AASHTO											
VISUAL	ARENA DE RIO										
 RENE DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.		 ING. WILFREDO ALEXANDER HENRIQUEZ CANALES GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.									
OBSERVACIONES:											

 <p>S. T. D. SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, CONSULTORIA, FORMULACION, SUPERVISION Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES</p>		<p align="center">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</p>		<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS AUTORIZADO POR:  ORGANISMO SALVADOREÑO DE ACREDITACION</p>	
<p align="center">METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCION DE ARIDOS FINOS ASTM C-128/04 - AASTHO T-84</p>					
<p align="right">DISEÑO CONCRETO-GRAV-020-05-2017</p>					
<p>PROYECTO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"</p>					
<p>PROCEDENCIA: ARENERA EL SINAI, ARAMUACA</p>					
<p>SOLICITANTE: GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO</p>					
<p>FECHA DE MUESTREO: 2 DE MAYO DEL 2017 FECHA DE ENSAYO: 17 DE MAYO DEL 2017</p>					
Muestra No	FORMULAS	ENSAYO No. 1	ENSAYO No. 2	ENSAYO No. 3	
A- Peso en el Aire de la Muestra Secada al Horno (g)	$PESP. = A/(B + 500 - C)$	495.8	500	452.3	
B- Peso saturado sumergido en agua (PSS), (g)		687.5	694.6	727.6	
C- Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua (PSA), (g)	$PESP. BULK SSS = 500/(B + 500 - C)$	988.5	992.4	998.4	
Peso Específico Aparente		2485.46	2466.80	1967.39	
		PROMEDIO		2306.5	
Peso Específico SSS	$PESP. BULK = A/(B + A - C)$	2506.3	2466.6	2175.3	
		2538.4	2466.3	2485.5	
Peso Específico BULK		PROMEDIO		2496.7	
Porcentaje de Absorción	$ABS. = ((500 - A)/A) * 100$	0.85	0.00	10.55	
		PROMEDIO		3.80	
TIPO DE AGREGADO:	ARENA				
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:					
MUESTRA MINIMA:					
TEMPERATURA DEL AGUA	23 °C	DENSIDAD DEL AGUA A 23°:		997.5 Kg/m ³	
<p>REALIZÓ Y CALCULO: OMAR ARGÜETA LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.</p>			<p>REVISÓ Y VoBo: ING. WILFREDO A. HENRIQUEZ GERENTE GENERAL/ JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.</p>		



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



GRUPOS DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS ASTM C 142

DISEÑO CONCRETO-GRUPOS-020-005-2017

SOLICITANTE: GUSTAVO ALBERY CACERES SALAMANCA, YONI ANTONIO MEMBREÑO CASTILLO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO BOLAINEZ

PROYECTO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"

PROCEDENCIA: ARENERA DE ARAMUACA, SAN MIGUEL

FECHA DE MUESTREO: 2 DE MAYO DEL 2017 **FECHA DE ENSAYO:** 14 DE MAYO DEL 2017

TIPO DE AGREGADO O MATERIAL: ARENA DE MINA

TAMAÑO DE LAS MALLAS		PESO INICIAL POR MALLA EN (g)	% RETENIDO GRANULOMETRÍA	PESO FINAL POR MALLA EN (g)	% DE PARTÍCULAS DE CADA FRACCIÓN	% PORDERADO DE PARTICULAS DESMENUZABLES
Pasa	Retenido					
# 4	# 16	521.30	33.49%	506.00	2.93%	0.98
Pasa						
TOLERANCIA AASHTO M-45 (1%)						0.98%

CLASIFICACION: ARENA DE MINA

OBSERVACIONES: _____


 TEC. OMAR ARGÜELLO
 LABORATORISTA
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.




 ING. WILFREDO ALEXANDER HENRIQUEZ C
 GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

S. T. D.
SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO,
 CONSULTORIA, FORMULACION, SUPERVISION Y
 CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES

**LABORATORIO DE SUELOS,
 CONCRETO Y ASFALTO**

LABORATORIO DE ENSAYOS
 AUTORIZADO POR:

 ORGANISMO SALVADOREÑO DE ACREDITACION

**EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO
 ASTM D-2419**

DISEÑO CONCRETO/EQ-AREN. - 020-STD-05-2017

SOLICITANTE: GUSTAVO ALBERY CACERES SALAMANCA, YONI ANTONIO MEMBREÑO CASTILLO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO BOLAINÉZ
 PROYECTO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"
 MATERIAL: ARENA DE MINA
 ESTACIONAMIENTO: 0 LATERAL: 0
 FECHA DE MUESTREO: 2 DE MAYO DEL 2017 FECHA DE ENSAYO: 15 DE MAYO DEL 2017
 PROCEDENCIA: ARENERA DE ARAMUACA, SAN MIGUEL

IDENTIFICACIÓN:	MÉTODO	LECTURA DE ARENA	LECTURA DE ARCILLA	(EQUIVALENTE DE ARENA) (EA)
ARENA DE MINA, PROCEDENTE DE LA ARENERA ARAMUACA, SAN MIGUEL	B	6.1	9.1	67.03%
	B	6.5	10.4	62.50%
SEGÚN LA NORMA DE ENSAYO MUESTRAS CON PORCENTAJES ARRIBA DEL 50% SE CONSIDERAN ACEPTABLES			PROMEDIO	64.77%

Realizó y Calculó: OMAR ARGUETA
 LABORATORISTA
 SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.


 S. T. D.
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.
 EL SALVADOR, C.A.

VoBo: ING. WILFREDO ALEXANDER HENRIQUEZ
 GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORATORIO
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



MÉTODO ESTANDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS POR EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO; ASTM C-88

DISEÑO DE CONCRETO-SANIDAD-020-005-2017

SOLICITANTE: GUSTAVO ALBERY CACERES SALAMANCA, YONI ANTONIO MEMBREÑO CASTILLO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO BOLAINEZ
PROYECTO: "INCLUSION DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS"
PROCEDENCIA: ARENERA DE ARAMUACA, SAN MIGUEL
FECHA DE MUESTREO: 2 DE MAYO DE 2017 **FECHA DE ENSAYO:** 16 DE MYO DE 2017
TIPO DE AGREGADO O MATERIAL: ARENA DE MINA
TIPO DE REACTIVO UTILIZADO: SULFATO DE MAGNESIO
NÚMERO DE CICLOS: 5 CICLOS

MALLAS		MUESTRA A ENSAYAR					% DE MATERIAL DEGRADADO (CON RESPECTO A LA GRANULOMETRÍA ORIGINAL)
PASA	RETENIDO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	PESO INICIAL (GRS)	PESO FINAL (GRS)	% DE MATERIAL DEGRADADO	
1/2"	3/8"	0.00	0.00%	N/A	N/A	N/A	N/A
3/8"	# 4	124.80	8.02%	N/A	N/A	N/A	N/A
# 4	# 8	153.00	9.83%	0.00	N/A	N/A	N/A
# 8	# 16	243.50	15.64%	185.00	165.00	20.00	12.12%
# 16	# 30	253.70	16.30%	210.00	186.00	24.00	12.90%
# 30	# 50	321.80	20.67%	280.00	252.00	28.00	11.11%
# 50	# 100	293.80	18.87%	N/A	N/A	N/A	N/A
# 100	# 200	108.90	7.00%	N/A	N/A	N/A	N/A
# 200	Fondo	57.30	3.68%	N/A	N/A	N/A	N/A
SUMAS		1556.80	100.00%	TOTAL:			12.05%

RANGOS: SEGÚN AASHTO M-45
 CON SULFATO DE SODIO DE: 10 %
 CON SULFATO DE MAGNESIO: 15 %

CLASIFICACION: _____ **CLASIFICACION ASTM**
OBSERVACIONES: ARENA DE MINA **CLASIFICACION AASHTO**

REALIZO Y CALCULO: BENITO MISERTO DIAZ
 LABORATORISTA
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



REV. Y Verbo: DR. WILFREDO ALEXANDER DESRIEQUEZ
 GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

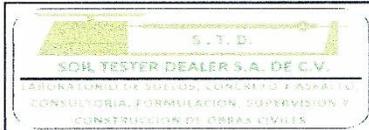


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO, CONSULTORIA, FORMULACION,
CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE OBRAS
CIVILES

AGREGADO GRUESO



Col. Jucuapa No. 1, Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco
Barraza, San Miguel, El Salvador, TEL/FAX: 26944379, email: soiltesterdealer@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO (AASHTO M-80)

DISEÑO CONCRETO-GRAN-020-05-2017

SOLICITANTE: GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO

"INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"

PROYECTO:

PROCEDENCIA: PEDRERA LA HULERA, USULUTAN

FECHA DE MUESTREO: 2 DE MAYO DEL 2017

FECHA DE ENSAYO:

13 DE MAYO DEL 2017

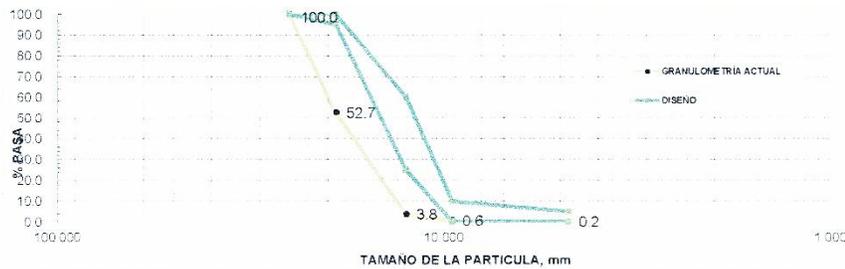
TIPO DE AGREGADO O MATERIAL: GRAVA TRITURADA COLOR GRIS OSCURO

AASHTO M-80	
PESO BRUTO:	5281
TARA (g):	16
PESO NETO (g):	5265
HUMEDAD (%):	0
PESO SECO (g):	5265

PESO BRUTO:	
TARA (g):	
PESO NETO (g):	
HUMEDAD (%):	
PESO SECO (g):	

MALLA		VALORES TABLA T-1M-4				EESPECIFICACIONES	
Pul.	mm	Peso R.P. (g)	Porc. R.P. (%)	Porc. R.A. (%)	Porc. Pasa (%)	Min	Max
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00000	2488.0	47.3	47.3	52.7	95.0	100.0
1/2"	12.50000	2578.0	49.0	96.2	3.8	25.0	60.0
3/8"	9.50000	166.0	3.2	99.4	0.6	0.0	10.0
No. 4	4.75000	22.0	0.4	99.8	0.2	0.0	5.0
FONDO		11.0	0.2	100.0			
TOTALES		5265.0					

GRAVAS (%)	99.8	ARENAS (%)	0.0	FINOS (%)	0.0
------------	------	------------	-----	-----------	-----



CLASIFICACION:

GRAVA TRITURADA
GRAVA 1

CLASIFICACION ASTM
CLASIFICACION AASHTO

OBSERVACIONES:

La norma AASHTO M80 apartado 2.1 Documentos de Referencia y el Apartado 5. Gradaciones no se refieren a la Norma M-43 Tabla 1, donde estan los distintos porcentajes de gradacion para los distintos tamanos nominales de las gravas.
LA GRAVA SE SALE TOTALMENTE DE LA BANDA DE TRABAJO EN LA ZONA DE LOS ARENAS.

REALIZO Y CALCULO: ROBERTO DIAZ
LABORATORISTA
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



REALIZO Y CALCULO: ALEXANDER HENRÍQUEZ
GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

 <p>S. T. D. SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO CONSULTORIA, FORMULACION, SUPERVISION Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES</p>	<p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, DISEÑO, CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES</p>	 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS AUTORIZADO POR: OSA ORGANISMO SALVADOREÑO DE ACREDITACION</p>
<p>METODO DE PRUEBA ESTANDAR DENSIDAD APARENTE, PESO UNITARIO Y VACIOS EN LOS AGREGADOS ASTM C-29/29M-07, AASHTO T-19/T 19M</p>		
<p>DISEÑO CONCRETO-P.V.-020-05-2017</p>		

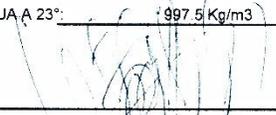
MATERIAL:	GRAVA TRITURADA COLOR GRIS OSCURO
PROCEDENCIA:	PEDRERA LA HULERA, USULUTAN
PROYECTO:	"INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"
SOLICITANTE:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO
FECHA DE MUESTREO:	2 DE MAYO DEL 2017 FECHA DE ENSAYO: 13 DE MAYO DEL 2017

METODO SUELTO			
Muestra No	1	2	3
P de Muestra + Medidor (g)	17374	17454	17373
Peso del Medidor (g)	5300	5300	5300
Peso de la Muestra	12074	12154	12073
Volumen del Medidor (m3)	8.884	8.884	8.884
Peso Suelto (Kg/m3)	1359.13	1368.03	1358.92
PROMEDIO PESO SUELTO (Kg/m3)	1362.03		

METODO VARILLADO			
Muestra No	1	2	3
Peso de Muestra + Medidor (g)	18929	19028	19216
Peso del Medidor (g)	5300	5300	5300
Peso de la Muestra	13629	13728	13916
Volumen del Medidor (m3)	8.884	8.884	8.884
Peso Suelto (Kg/m3)	1534.19	1545.20	1566.36
PROMEDIO PESO SUELTO (Kg/m3)	1548.59		

<p>% DE VACIOS EN LOS AGREGADOS: 11.26% METODO VARILLADO</p> <p>TIPO DE AGREGADO: GRAVA TRITURADA</p> <p>TMN DEL AGREGADO (")</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">CLASIFICACIÓN</th> </tr> <tr> <td style="width:30%;">SUCS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VISUAL</td> <td>GRAVA TRITURADA</td> </tr> </table>	CLASIFICACIÓN		SUCS		AASHTO		VISUAL	GRAVA TRITURADA
CLASIFICACIÓN									
SUCS									
AASHTO									
VISUAL	GRAVA TRITURADA								

 FRANKLIN CASTILLO LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.		 ING. WILFREDO ALEXANDER HENRIQUEZ CANALES GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.
OBSERVACIONES:		

 <p>S. T. D. SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, CONSULTORIA, FORMULACIÓN, SUPERVISIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES</p>	<p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</p>	 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS AUTORIZADO POR: CSA ORGANISMO SALVADOREÑO DE ACREDITACIÓN</p>			
METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCION DE ARIDOS FINOS ASTM C-128/04 - AASTHO T-84					
DISEÑO CONCRETO-GRAV-020-05-2017					
PROYECTO:	"INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS"				
PROCEDENCIA:	PEDRERA LA HULERA, USULUTAN				
SOLICITANTE:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO				
FECHA DE MUESTREO:	3 DE MAYO DEL 2017	FECHA DE ENSAYO: 5 DE MAYO DEL 2017			
Muestra No	FORMULAS	ENSAYO No. 1	ENSAYO No. 2	ENSAYO No. 3	
A- Peso en el Aire de la Muestra Secada al Horno (g)	$PESP. = A/(A - C)$	3775	3469		
B- Peso saturado sumergido en agua (PSS), (g)		3819	3512.4		
C- Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua (PSA), (g)	$PESP. BULK SSS = B/(B - C)$	2435.6	2210.1		
Peso Específico Aparente		2811.7	2749.0		
		PROMEDIO		2780.3	
Peso Específico SSS	$PESP. BULK = A/(B - C)$	2754.0	2690.6		
		2722.3	2657.3		
Peso Específico BULK		PROMEDIO		2722.4	
Porcentaje de Absorción	$ABS. = ((A - B)/A) * 100$	1.17	1.3		
		PROMEDIO		2689.8	
		PROMEDIO		1.20	
TIPO DE AGREGADO:	GRAVA TRITURADA COLOR GRIS OSCURO				
TAMANO MAXIMO NOMINAL:	1" - 3/4"				
MUESTRA MINIMA:					
TEMPERATURA DEL AGUA	23 °C	DENSIDAD DEL AGUA A 23°:		997.5 Kg/m ³	
 REALIZÓ Y CALCULO: RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.				 REVISÓ Y VoBo: ING. WILFREDO A. HENRIQUEZ GERENTE GENERAL/ JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.	

S. T. D.
SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO,
 CONSULTORIA, FORMULACION, SUPERVISION Y
 CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES

**LABORATORIO DE SUELOS,
 CONCRETO Y ASFALTO**

LABORATORIO DE ENSAYOS
 AUTORIZADO POR:

 ORGANISMO SALVADOREÑO DE ACREDITACION

**RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR ABRASIÓN
 E IMPACTO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES NORMA ASTM C 131/AASTHO T 96**

DISEÑO CONC/DESG.- 020-STD-05-2015

SOLICITANTE: **GUSTAVO ALBERY CACERES SALAMANCA, YONI ANTONIO MEMBREÑO CASTILLO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO BOLAINEZ**
 PROYECTO: **"INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"**
 MATERIAL: **GRAVA TRITURADA**
 ESTACIONAMIENTO: **0** LATERAL: _____
 FECHA DE MUESTREO: **2 DE MAYO DEL 2017** FECHA DE ENSAYO: **14 DE MAYO DEL 2017**
 PROCEDENCIA: **GRAVA DE PEDRERA LA HULERA, USULUTAN**

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA					
MASA DE LA MUESTRA PARA ENSAYO (G)					
Pasa Tamiz		METODO			
		Retenido en Tamiz			
Pul.	mm	A (g)	B (g)	C (g)	D (g)
1 1/2"	37.500	0.0			
1"	25.000	1921.0			
3/4"	19.000	1791.0			
1/2"	12.500	732.0			
3/8"	9.500	560.0			
1/4"	6.300				
No. 4	4.760				
TOTALES		5004.0			

MUESTRA	PESO INICIAL EN (GR.)	PESO FINAL EN (GR.)	PERDIDA EN (GR.)	PERDIDA EN % EN MASA
1.0	5004.0	3795	1209.0	24.16%

OBSERVACIONES:
METODO DE ENSAYO: "A" 12 ESFERAS, 500 REVOLUCIONES
GRAVA TMN 1"


 Realizó y Caluló: **RENE HUMBERTO DIAZ**
LABORATORISTA
SOIL TESTER DEALER S.A. DE C.V.

S. T. D.
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.
EL SALVADOR, C.A.


 VoBo: **ING. WILFREDO ALEXANDER HENRIQUEZ**
GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORATORIO
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro) ASTM C78/C78M-02

Solicitante:	GUSTAVO ALBERY GACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO	STD-VIGAS CONC-No.-002-05-2017
Proyecto:	TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"	
Estructura:	DISEÑO CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$: equivalente a MR 36	
Ubicación:	Est. Y Lateral: _____	
Fecha Mues.	20 05 2017	Fecha de Ensayo: 27 05 2017
MR de Diseño:	36 KG/CM2	

Cilindro No.	VD-001		
Fecha de Elaboración	20-5-17		
Fecha de Ensayo	27-5-17		
Edad de Cilindro en Dias	7		
MR de Diseño	36.00		
Ancho en (cm)	15.10		
Altura en (cm)	14.80		
Longitud (cm)	45.00		
Peso en (gr)	22,945.00		
Carga en (Lbs.)	4,800.00		
Carga en (Kg.)	2,181.82		
Area (cm ²)	223.48		
volumen (cm ³)	10,056.60		
Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20		
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	29.68		
% de Ganancia según diseño	82.5		

UBICACIÓN DE LA FALLA	AL CENTRO		
-----------------------	-----------	--	--

Esquema de la fractura en el cilindro			
---------------------------------------	--	--	--

ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA	
VIGA No. 001	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -
	DISEÑO DE MR 36

Realizó y Calificó
HUMBERTO DÍAZ
 LABORATORISTA
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

PROMEDIO	29.68	Kg/cm ²
GANANCIA	82.46%	



Revisó y VoBo
WILFREDO ALEXANDER HENRÍQUEZ
 GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORATORIO
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro) ASTM C78/C78M-02

Solicitante:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO	STD-VIGAS CONG-No.-003-06-2017
Proyecto:	TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS"	
Estructura:	DISEÑO CONCRETO f'c= 210 Kg/Cm2; equivalente a MR 36	
Ubicación:	Est. Y Lateral:	
Fecha Mues.	20 05 2017	Fecha de Ensayo: 17 06 2017
MR de Diseño:	36 KG/CM2	

Cilindro No.	VD-002	VD-003	
Fecha de Elaboración	20-5-17	20-5-17	
Fecha de Ensayo	17-6-17	17-6-17	
Edad de Cilindro en Dias	28	28	
MR de Diseño:	36.00	36.00	
Ancho en (cm)	15.10	15.00	
Altura en (cm)	14.80	15.00	
Longitud (cm)	45.00	60.00	
Peso en (gr)	22,807.00	30,216.00	
Carga en (Lbs.)	8,200.00	9,800.00	
Carga en (Kg.)	3,727.27	2,200.00	
Area (cm2)	223.48	225.00	
volumen (cm3)	10,056.60	13,500.00	
Peso Volumetrico en (kg/cm3)	2.20	2.20	
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm2)	50.71	39.11	
% de Ganancia según diseño	140.9	108.6	

UBICACIÓN DE LA FALLA	AL CENTRO	AL CENTRO	
Esquema de la fractura en el cilindro			

ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA	
V.DISEÑO No. 002	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -
V.DISEÑO No. 003	DISEÑO DE MR 36

PROMEDIO	44.91	Kg/cm2
GANANCIA	124.76%	

René Roberto Díaz
 LABORATORISTA
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



Wilfredo Alexander Henríquez C.
 GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ESFUERZO DE COMPRESION EN LOS ESPECIMENES CILINDRICOS DE MORTERO Y CONCRETO
ASTM C-39/ C -39M 07

DISEÑO CONCRETO/020-CILINDROS-001-05-2017

Solicitante: GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"
 Estructura: DISEÑO DE CONCRETO
 Ubicación: _____ ESTACION: _____
 Fecha Mues. 20 05 2017 Fecha de Ensayo: 27 05 2017
 f'c de Diseño: 210 KG/CM2

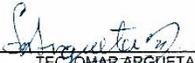
Cilindro No.	DCC-001					
Fecha de Elaboración	20-5-17					
Fecha de Ensayo	27-5-17					
Edad de Cilindro en Dias	7					
f'c de Diseño:	210.00					
Diametro en (cm)	15.10					
Antura en (cm)	30.20					
Peso en (gr)	12,185.00					
Carga en (Lbs.)	64,500.00					
Carga en (Kgs.)	29,318.18					
Area (cm2)	179.08					
volumen (cm3)	5,408.19					
Peso Volumetrico en (kg/m3)	2.20					
Esfuerzo de Ruptura en (kg/m2)	163.7					
% de Ganancia según diseño	77.96%					

Tipo de Falla	COLUMNA					
Esquema de la fractura en el cilindro						

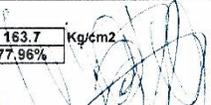
ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:
DCC-001	DISEÑO DE CONCRETO f'c= 210 Kg/Cm2

PROMEDIO 163.7 Kg/cm2
GANANCIA 77.96%

REALIZO:


TEC. OMAR ARGUETA
LABORATORISTA
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.




ING. WILFREDO A. HENRIQUEZ
GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORAT.
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN LOS ESPECIMENES CILINDRICOS DE MORTERO Y CONCRETO
ASTM C-39/ C -39M 07

DISEÑO CONCRETO/020-CILINDROS-002-06-2017

Solicitante: GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"
 Estructura: DISEÑO DE CONCRETO
 Ubicación: _____ ESTACION: _____
 Fecha Mues: 20 05 2017 Fecha de Ensayo: 3 06 2017
 f'c de Diseño: 210 KG/CM2

Cilindro No.	DCC-002					
Fecha de Elaboración	20-5-17					
Fecha de Ensayo	3-6-17					
Edad de Cilindro en Dias	14					
f'c de Diseño:	210.00					
Diametro en (cm)	15.20					
Antura en (cm)	30.20					
Peso en (gr)	12,194.00					
Carga en (Lbs.)	79,800.00					
Carga en (Kgs.)	36,272.73					
Area (cm2)	181.46					
volumen (cm3)	5,480.06					
Peso Volumetrico en (kg/m3)	2.20					
Esfuerzo de Ruptura en (kg/m2)	199.9					
% de Ganancia según diseño	95.19%					

Tipo de Falla	COLUMNA					
---------------	---------	--	--	--	--	--

Esquema de la fractura en el cilindro						
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--

ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:
DCC-002	DISEÑO DE CONCRETO f'c= 210 Kg/Cm2

PROMEDIO	199.9	Kg/cm2
GANANCIA	95.19%	

REALIZO: IEC OMAR ARGUETA
LABORATORISTA
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



ING. WILFREDO A. HENRIQUEZ
GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORAT.
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ESFUERZO DE COMPRESION EN LOS ESPECIMENES CILINDRICOS DE MORTERO Y CONCRETO
ASTM C-39/ C -39M 07

DISEÑO CONCRETO/020-CILINDROS-003-06-2017

Solicitante: GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"
 Estructura: DISEÑO DE CONCRETO
 Ubicación: _____ ESTACION: _____
 Fecha Mues: 20 05 2017 Fecha de Ensayo: 17 06 2017
 f'c de Diseño: 210 KG/CM2

Cilindro No.	DCC-003					
Fecha de Elaboración	20-5-17					
Fecha de Ensayo	17-6-17					
Edad de Cilindro en Dias	28					
f'c de Diseño:	210.00					
Diametro en (cm)	15.10					
Antura en (cm)	30.30					
Peso en (gr)	12,200.00					
Carga en (Lbs.)	91,500.00					
Carga en (Kgs.)	41,590.91					
Area (cm2)	179.08					
volumen (cm3)	5,426.10					
Peso Volumetrico en (kg/m3)	2.20					
Esfuerzo de Ruptura en (kg/m2)	232.2					
% de Ganancia según diseño	110.59%					

Tipo de Falla	COLUMNA					
---------------	---------	--	--	--	--	--

Esquema de la fractura en el cilindro						
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--

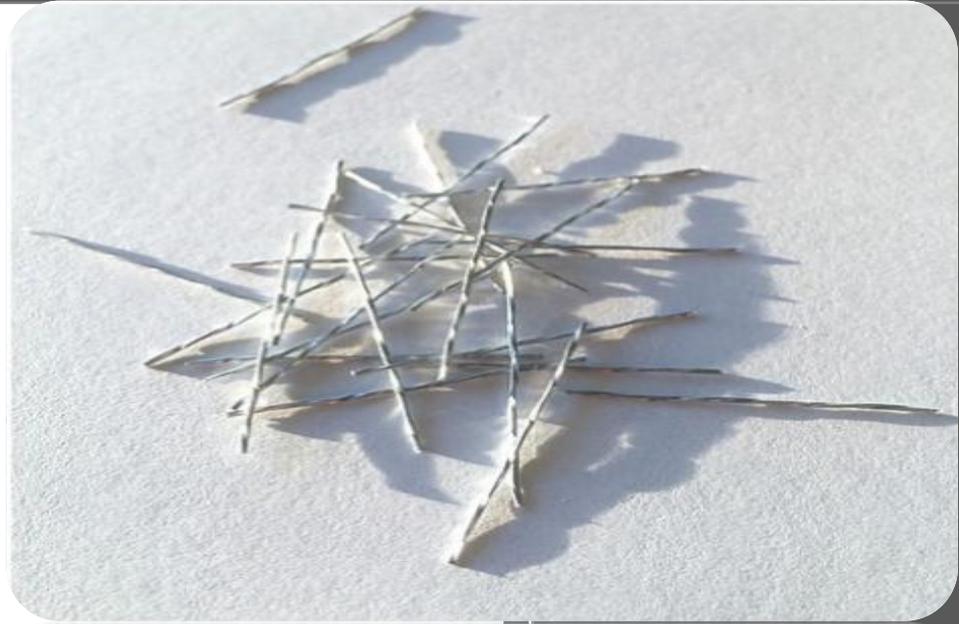
ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:
DCC-003	DISEÑO DE CONCRETO f _c = 210 Kg/Cm ²

PROMEDIO **232.2** Kg/cm²
 GANANCIA **110.59%**

REALIZO:
 TEC. OMAR ARGUETA
 LABORATORISTA
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

REVISO:
 S.T.D. ING. WILFREDO A. HENRÍQUEZ
 GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORAT.
 SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.
 EL SALVADOR, C.A.

ANEXO B: RESULTADOS DE LABORATORIO.





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Colonia Jucuapa No.1 Calle San Juan, Casa No.10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com

STD-C.C-103-07 2017
 Versión: 1.0
 F.E.: 01/01/2017
 F.R.: 01/01/2017
 Páginas: 1.0

ESFUERZO DE COMPRESION EN LOS ESPECIMENES CILINDRICOS DE MORTERO Y CONCRETO ASTM C-39/ C-39M 07

Solicitante: **GUSTAVO CACERES, YONI MEMBREÑO Y ROBERTO VILLATORO**
 Proyecto: **TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: INCLUSION DE FIBRAS METALICAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS**
 Estructura: **MEZCLA DE PRUEBA DE CONCRETO**
 Ubicación: _____ ESTACION: _____
 Fecha Mues. **28 06 2017** Fecha de Ensayo: **5 07 2017**
 f'c de Diseño: **210 KG/CM2**

Cilindro No.	CC-001	CC-002	CC-003			
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17			
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17			
Edad de Cilindro en Días	7	14	28			
f'c de Diseño:	210.00	210.00	210.00			
Diametro en (cm)	15.10	15.20	15.00			
Antura en (cm)	30.00	30.10	30.00			
Peso en (gr)	12,177.00	12,162.00	12,249.00			
Carga en (Lbs.)	87,000.00	96,000.00	114,000.00			
Carga en (Kgs.)	39,545.45	43,636.36	51,818.18			
Area (cm ²)	179.08	181.46	176.72			
volumen (cm ³)	5,372.37	5,461.91	5,301.45			
Peso Volumetrico en (kg/m ³)	2.10	2.10	2.10			
Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm ²)	220.8	240.5	293.2			
% de Ganancia según diseño	105.16%	114.51%	139.63%			

Tipo de Falla	CONO FISURA	CONO	CONO		
Esquema de la fractura en el cilindro					

ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:
CC-001	CILINDRO SIN FIBRA METALICA
CC-002	
CC-003	

PROMEDIO _____ kg/cm²
 GANANCIA _____

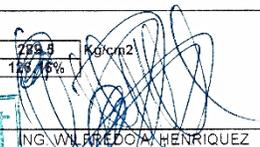
REALIZO: 
TEC. RENE HUMBERTO DIAZ
LABORATORISTA
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

S.T.D.
REVISO
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.
EL SALVADOR, C.A.


ING. WILFREDO A. HENRIQUEZ
GERENTE GENERAL JEFE DE LABORAT.
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

	<h2 style="margin:0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="margin:0;">Colonia Jucuapa No.1 Calle San Juan, Casa No.10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	STD-C.C-104-07-2017 Versión: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Páginas: 1.0																																																																																																									
ESFUERZO DE COMPRESION EN LOS ESPECIMENES CILINDRICOS DE MORTERO Y CONCRETO ASTM C-39/ C-39M 07																																																																																																											
Solicitante:	GUSTAVO CACERES, YONI MEMBREÑO Y ROBERTO VILLATORO																																																																																																										
Proyecto:	TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: INCLUSION DE FIBRAS METALICAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS																																																																																																										
Estructura:	MEZCLA DE PRUEBA DE CONCRETO																																																																																																										
Ubicación:	ESTACION:																																																																																																										
Fecha Mues.	28 06 2017	Fecha de Ensayo: 5 07 2017																																																																																																									
f'c de Diseño:	210 KG/CM2																																																																																																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>Cilindro No.</td> <td>CC-004</td> <td>CC-005</td> <td>CC-006</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha de Elaboración</td> <td>28-6-17</td> <td>28-6-17</td> <td>28-6-17</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha de Ensayo</td> <td>5-7-17</td> <td>12-7-17</td> <td>26-7-17</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Edad de Cilindro en Dias</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>28</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>f'c de Diseño:</td> <td>210.00</td> <td>210.00</td> <td>210.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diametro en (cm)</td> <td>15.00</td> <td>15.10</td> <td>15.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Antura en (cm)</td> <td>30.00</td> <td>30.00</td> <td>30.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso en (gr)</td> <td>12,256.00</td> <td>12,290.00</td> <td>12,239.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga en (Lbs.)</td> <td>107,000.00</td> <td>110,000.00</td> <td>133,000.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga en (Kgs.)</td> <td>48,636.36</td> <td>50,000.00</td> <td>60,454.55</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (cm2)</td> <td>176.72</td> <td>179.08</td> <td>176.72</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>volumen (cm3)</td> <td>5,301.45</td> <td>5,372.37</td> <td>5,301.45</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Volumetrico en (kg/m3)</td> <td>2.10</td> <td>2.10</td> <td>2.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm2)</td> <td>275.2</td> <td>279.2</td> <td>342.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% de Ganancia según diseño</td> <td>131.06%</td> <td>132.96%</td> <td>162.91%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Cilindro No.	CC-004	CC-005	CC-006				Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17				Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17				Edad de Cilindro en Dias	7	14	28				f'c de Diseño:	210.00	210.00	210.00				Diametro en (cm)	15.00	15.10	15.00				Antura en (cm)	30.00	30.00	30.00				Peso en (gr)	12,256.00	12,290.00	12,239.00				Carga en (Lbs.)	107,000.00	110,000.00	133,000.00				Carga en (Kgs.)	48,636.36	50,000.00	60,454.55				Area (cm2)	176.72	179.08	176.72				volumen (cm3)	5,301.45	5,372.37	5,301.45				Peso Volumetrico en (kg/m3)	2.10	2.10	2.10				Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm2)	275.2	279.2	342.1				% de Ganancia según diseño	131.06%	132.96%	162.91%			
Cilindro No.	CC-004	CC-005	CC-006																																																																																																								
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																																																																								
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17																																																																																																								
Edad de Cilindro en Dias	7	14	28																																																																																																								
f'c de Diseño:	210.00	210.00	210.00																																																																																																								
Diametro en (cm)	15.00	15.10	15.00																																																																																																								
Antura en (cm)	30.00	30.00	30.00																																																																																																								
Peso en (gr)	12,256.00	12,290.00	12,239.00																																																																																																								
Carga en (Lbs.)	107,000.00	110,000.00	133,000.00																																																																																																								
Carga en (Kgs.)	48,636.36	50,000.00	60,454.55																																																																																																								
Area (cm2)	176.72	179.08	176.72																																																																																																								
volumen (cm3)	5,301.45	5,372.37	5,301.45																																																																																																								
Peso Volumetrico en (kg/m3)	2.10	2.10	2.10																																																																																																								
Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm2)	275.2	279.2	342.1																																																																																																								
% de Ganancia según diseño	131.06%	132.96%	162.91%																																																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>Tipo de Falla</td> <td>COLUMNA</td> <td>CONO FISURA</td> <td>CONO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esquema de la fractura en el cilindro</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Tipo de Falla	COLUMNA	CONO FISURA	CONO				Esquema de la fractura en el cilindro																																																																																																	
Tipo de Falla	COLUMNA	CONO FISURA	CONO																																																																																																								
Esquema de la fractura en el cilindro																																																																																																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>ESPECIMEN</td> <td>ESTRUCTURA U OBRA COLADA:</td> </tr> <tr> <td>CC-004</td> <td>CILINDRO CON 3 KG/M3 DE FIBRA METALICA</td> </tr> <tr> <td>CC-005</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CC-006</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>			ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:	CC-004	CILINDRO CON 3 KG/M3 DE FIBRA METALICA	CC-005		CC-006																																																																																																		
ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:																																																																																																										
CC-004	CILINDRO CON 3 KG/M3 DE FIBRA METALICA																																																																																																										
CC-005																																																																																																											
CC-006																																																																																																											
<table border="1" style="margin-left: auto; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>298.8</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA</td> <td>131.06%</td> <td></td> </tr> </table>			PROMEDIO	298.8	Kg/cm2	GANANCIA	131.06%																																																																																																				
PROMEDIO	298.8	Kg/cm2																																																																																																									
GANANCIA	131.06%																																																																																																										
REALIZO:  TEC. RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.		 ING. WILFREDO A. HENRIQUEZ GERENTE GENERAL JEFE DE LABORAT. SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.																																																																																																									

	<h2 style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="margin: 0;">Colonia Jucuapa No.1 Calle San Juan, Casa No.10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	STD C.C-105-07-2017 Versión: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Páginas: 1.0																																																																																																									
ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN LOS ESPECIMENES CILINDRICOS DE MORTERO Y CONCRETO ASTM C-39/ C-39M 07																																																																																																											
Solicitante: <u>GUSTAVO CACERES, YONI MEMBREÑO Y ROBERTO VILLATORO</u>																																																																																																											
Proyecto: <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: INCLUSION DE FIBRAS METALICAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS</u>																																																																																																											
Estructura: <u>MEZCLA DE PRUEBA DE CONCRETO</u>																																																																																																											
Ubicación: _____ ESTACION: _____																																																																																																											
Fecha Mues: <u>28 06 2017</u> Fecha de Ensayo: <u>5 07 2017</u>																																																																																																											
f c de Diseño: <u>210 KG/CM2</u>																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>Cilindro No.</td> <td>CC-007</td> <td>CC-008</td> <td>CC-009</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha de Elaboración</td> <td>28-6-17</td> <td>28-6-17</td> <td>28-6-17</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha de Ensayo</td> <td>5-7-17</td> <td>12-7-17</td> <td>26-7-17</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Edad de Cilindro en Dias</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>28</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>f c de Diseño:</td> <td>210.00</td> <td>210.00</td> <td>210.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diametro en (cm)</td> <td>15.00</td> <td>15.10</td> <td>15.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Antura en (cm)</td> <td>30.00</td> <td>30.10</td> <td>30.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso en (gr)</td> <td>12,330.00</td> <td>12,144.00</td> <td>12,238.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga en (Lbs.)</td> <td>96,000.00</td> <td>95,000.00</td> <td>123,000.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga en (Kgs.)</td> <td>43,636.36</td> <td>43,181.82</td> <td>55,909.09</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (cm2)</td> <td>176.72</td> <td>179.08</td> <td>176.72</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>volumen (cm3)</td> <td>5,301.45</td> <td>5,390.28</td> <td>5,301.45</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Volumetrico en (kg/m3)</td> <td>2.10</td> <td>2.10</td> <td>2.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm2)</td> <td>246.9</td> <td>241.1</td> <td>316.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% de Ganancia según diseño</td> <td>117.59%</td> <td>114.83%</td> <td>150.66%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Cilindro No.	CC-007	CC-008	CC-009				Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17				Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17				Edad de Cilindro en Dias	7	14	28				f c de Diseño:	210.00	210.00	210.00				Diametro en (cm)	15.00	15.10	15.00				Antura en (cm)	30.00	30.10	30.00				Peso en (gr)	12,330.00	12,144.00	12,238.00				Carga en (Lbs.)	96,000.00	95,000.00	123,000.00				Carga en (Kgs.)	43,636.36	43,181.82	55,909.09				Area (cm2)	176.72	179.08	176.72				volumen (cm3)	5,301.45	5,390.28	5,301.45				Peso Volumetrico en (kg/m3)	2.10	2.10	2.10				Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm2)	246.9	241.1	316.4				% de Ganancia según diseño	117.59%	114.83%	150.66%			
Cilindro No.	CC-007	CC-008	CC-009																																																																																																								
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																																																																								
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17																																																																																																								
Edad de Cilindro en Dias	7	14	28																																																																																																								
f c de Diseño:	210.00	210.00	210.00																																																																																																								
Diametro en (cm)	15.00	15.10	15.00																																																																																																								
Antura en (cm)	30.00	30.10	30.00																																																																																																								
Peso en (gr)	12,330.00	12,144.00	12,238.00																																																																																																								
Carga en (Lbs.)	96,000.00	95,000.00	123,000.00																																																																																																								
Carga en (Kgs.)	43,636.36	43,181.82	55,909.09																																																																																																								
Area (cm2)	176.72	179.08	176.72																																																																																																								
volumen (cm3)	5,301.45	5,390.28	5,301.45																																																																																																								
Peso Volumetrico en (kg/m3)	2.10	2.10	2.10																																																																																																								
Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm2)	246.9	241.1	316.4																																																																																																								
% de Ganancia según diseño	117.59%	114.83%	150.66%																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>Tipo de Falla</td> <td>FISURA</td> <td>FISURA</td> <td>CONO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Tipo de Falla	FISURA	FISURA	CONO																																																																																																					
Tipo de Falla	FISURA	FISURA	CONO																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>Esquema de la fractura en el cilindro</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Esquema de la fractura en el cilindro																																																																																																								
Esquema de la fractura en el cilindro																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>ESPECIMEN</td> <td>ESTRUCTURA U OBRA COLADA:</td> </tr> <tr> <td>CC-007</td> <td>CILINDRO CON 6 KG/M3 DE FIBRA METALICA</td> </tr> <tr> <td>CC-008</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CC-009</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>			ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:	CC-007	CILINDRO CON 6 KG/M3 DE FIBRA METALICA	CC-008		CC-009																																																																																																		
ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:																																																																																																										
CC-007	CILINDRO CON 6 KG/M3 DE FIBRA METALICA																																																																																																										
CC-008																																																																																																											
CC-009																																																																																																											
<table style="margin: auto;"> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td><u>298.1</u></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA</td> <td><u>117.59%</u></td> <td></td> </tr> </table>			PROMEDIO	<u>298.1</u>	Kg/cm2	GANANCIA	<u>117.59%</u>																																																																																																				
PROMEDIO	<u>298.1</u>	Kg/cm2																																																																																																									
GANANCIA	<u>117.59%</u>																																																																																																										
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: bottom;"> REALIZO:  TEC. RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. </td> <td style="width: 50%; vertical-align: bottom;">  REVISO: ING. WILFREDO S.A. HENRIQUEZ SOIL TESTER DEALER, S.A. GERENTE GENERAL JEFE DE LABORAT. EL SALVADOR, C.A. SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. </td> </tr> </table>			REALIZO:  TEC. RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.	 REVISO: ING. WILFREDO S.A. HENRIQUEZ SOIL TESTER DEALER, S.A. GERENTE GENERAL JEFE DE LABORAT. EL SALVADOR, C.A. SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.																																																																																																							
REALIZO:  TEC. RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.	 REVISO: ING. WILFREDO S.A. HENRIQUEZ SOIL TESTER DEALER, S.A. GERENTE GENERAL JEFE DE LABORAT. EL SALVADOR, C.A. SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.																																																																																																										

	<h2 style="margin:0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="margin:0;">Colonia Jucuapa No.1 Calle San Juan, Casa No.10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	<small>STD-CC-106-07-2017</small> <small>Versión: 1.0</small> <small>F.E.: 01/01/2017</small> <small>F.R.: 01/01/2017</small> <small>Páginas: 1.0</small>																																																																																																									
ESFUERZO DE COMPRESION EN LOS ESPECIMENES CILINDRICOS DE MORTERO Y CONCRETO <small>ASTM C-39/ C-39M 07</small>																																																																																																											
Solicitante:	GUSTAVO CACERES, YONI MEMBREÑO Y ROBERTO VILLATORO																																																																																																										
Proyecto:	TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: INCLUSIÓN DE FIBRAS METALICAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS																																																																																																										
Estructura:	MEZCLA DE PRUEBA DE CONCRETO																																																																																																										
Ubicación:	ESTACION: _____																																																																																																										
Fecha Mues:	28 06 2017	Fecha de Ensayo: 5 07 2017																																																																																																									
f'c de Diseño:	210 KG/CM2																																																																																																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Cilindro No</th> <th>CC-010</th> <th>CC-011</th> <th>CC-012</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fecha de Elaboración</td> <td>28-6-17</td> <td>28-6-17</td> <td>28-6-17</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha de Ensayo</td> <td>5-7-17</td> <td>12-7-17</td> <td>26-7-17</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Edad de Cilindro en Días</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>28</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>f'c de Diseño:</td> <td>210.00</td> <td>210.00</td> <td>210.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diametro en (cm)</td> <td>15.00</td> <td>15.10</td> <td>15.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Antura en (cm)</td> <td>30.00</td> <td>30.00</td> <td>30.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso en (gr)</td> <td>12,293.00</td> <td>12,218.00</td> <td>12,255.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga en (Lbs.)</td> <td>103,000.00</td> <td>106,000.00</td> <td>130,000.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga en (Kgs.)</td> <td>46,818.18</td> <td>48,181.82</td> <td>59,090.91</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (cm²)</td> <td>176.72</td> <td>179.08</td> <td>176.72</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>volumen (cm³)</td> <td>5,301.45</td> <td>5,372.37</td> <td>5,301.45</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Volumetrico en (kg/m³)</td> <td>2.10</td> <td>2.10</td> <td>2.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm²)</td> <td>264.9</td> <td>269.1</td> <td>334.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% de Ganancia según diseño</td> <td>126.16%</td> <td>128.12%</td> <td>159.23%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Cilindro No	CC-010	CC-011	CC-012				Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17				Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17				Edad de Cilindro en Días	7	14	28				f'c de Diseño:	210.00	210.00	210.00				Diametro en (cm)	15.00	15.10	15.00				Antura en (cm)	30.00	30.00	30.00				Peso en (gr)	12,293.00	12,218.00	12,255.00				Carga en (Lbs.)	103,000.00	106,000.00	130,000.00				Carga en (Kgs.)	46,818.18	48,181.82	59,090.91				Area (cm ²)	176.72	179.08	176.72				volumen (cm ³)	5,301.45	5,372.37	5,301.45				Peso Volumetrico en (kg/m ³)	2.10	2.10	2.10				Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm ²)	264.9	269.1	334.4				% de Ganancia según diseño	126.16%	128.12%	159.23%			
Cilindro No	CC-010	CC-011	CC-012																																																																																																								
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																																																																								
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17																																																																																																								
Edad de Cilindro en Días	7	14	28																																																																																																								
f'c de Diseño:	210.00	210.00	210.00																																																																																																								
Diametro en (cm)	15.00	15.10	15.00																																																																																																								
Antura en (cm)	30.00	30.00	30.00																																																																																																								
Peso en (gr)	12,293.00	12,218.00	12,255.00																																																																																																								
Carga en (Lbs.)	103,000.00	106,000.00	130,000.00																																																																																																								
Carga en (Kgs.)	46,818.18	48,181.82	59,090.91																																																																																																								
Area (cm ²)	176.72	179.08	176.72																																																																																																								
volumen (cm ³)	5,301.45	5,372.37	5,301.45																																																																																																								
Peso Volumetrico en (kg/m ³)	2.10	2.10	2.10																																																																																																								
Esfuerzo de Ruptura en (kg/cm ²)	264.9	269.1	334.4																																																																																																								
% de Ganancia según diseño	126.16%	128.12%	159.23%																																																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tipo de Falla</th> <th>FISURA</th> <th>FISURAJA</th> <th>CONO</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esquema de la fractura en el cilindro</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Tipo de Falla	FISURA	FISURAJA	CONO				Esquema de la fractura en el cilindro																																																																																																	
Tipo de Falla	FISURA	FISURAJA	CONO																																																																																																								
Esquema de la fractura en el cilindro																																																																																																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ESPECIMEN</th> <th>ESTRUCTURA U OBRA COLADA:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CC-010</td> <td>CILINDRO CON 9 KG/M3 DE FIBRA METALICA</td> </tr> <tr> <td>CC-011</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:	CC-010	CILINDRO CON 9 KG/M3 DE FIBRA METALICA	CC-011																																																																																																				
ESPECIMEN	ESTRUCTURA U OBRA COLADA:																																																																																																										
CC-010	CILINDRO CON 9 KG/M3 DE FIBRA METALICA																																																																																																										
CC-011																																																																																																											
<table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%;"></td> <td style="width:50%; text-align: right;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>269.9</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA</td> <td>128.16%</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> </table>				<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>269.9</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA</td> <td>128.16%</td> <td></td> </tr> </table>	PROMEDIO	269.9	kg/cm ²	GANANCIA	128.16%																																																																																																		
	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>269.9</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA</td> <td>128.16%</td> <td></td> </tr> </table>	PROMEDIO	269.9	kg/cm ²	GANANCIA	128.16%																																																																																																					
PROMEDIO	269.9	kg/cm ²																																																																																																									
GANANCIA	128.16%																																																																																																										
REALIZO:  TEC. RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.		 ING. WILFREDO A. HENRIQUEZ GERENTE GENERAL JEFE DE LABORAT. SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.																																																																																																									

	<h2 style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="margin: 0;">Colonia Jucuapa No. 1 Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	<p style="font-size: small;">STD-VIGA.C.-002-07-2017</p> <p style="font-size: x-small;">Version: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Paginas: 1.0</p>																																																																
Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en el Centro del Claro) ASTM C293/C293-02																																																																		
<p>Solicitante: _____</p> <p>Proyecto: _____</p> <p>Estructura: _____</p> <p>Ubicación: _____ Est. Y Lateral: _____</p> <p>Fecha Mucs. <u>28/06/2017</u> Fecha de Ensayo: <u>05/07/2017</u></p> <p>MR de Diseño: <u>36 KG/CM2</u></p>	<p>GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO</p> <p>TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"</p> <p>MEZCLA DE PRUEBA; ENSAYADA AL PUNTO MEDIO</p>																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><td>Cilindro No.</td><td>VG-001</td><td>VG-002</td><td>VG-003</td></tr> <tr><td>Fecha de Elaboración</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td></tr> <tr><td>Fecha de Ensayo</td><td>5-7-17</td><td>12-7-17</td><td>28-7-17</td></tr> <tr><td>Edad de Cilindro en Días</td><td>7</td><td>14</td><td>28</td></tr> <tr><td>MR de Diseño:</td><td>36.00</td><td>36.00</td><td>36.00</td></tr> <tr><td>Ancho en (cm)</td><td>15.10</td><td>15.40</td><td>15.30</td></tr> <tr><td>Altura en (cm)</td><td>15.50</td><td>15.50</td><td>15.60</td></tr> <tr><td>Longitud (cm)</td><td>35.00</td><td>35.00</td><td>35.00</td></tr> <tr><td>Peso en (gr)</td><td>33,512.00</td><td>33,532.00</td><td>33,381.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Lbs.)</td><td>5,000.00</td><td>5,200.00</td><td>5,400.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Kg.)</td><td>2,272.73</td><td>2,363.64</td><td>2,454.55</td></tr> <tr><td>Área (cm²)</td><td>234.05</td><td>238.70</td><td>238.68</td></tr> <tr><td>volumen (cm³)</td><td>8,191.75</td><td>8,354.50</td><td>8,353.80</td></tr> <tr><td>Peso Volumetrico en (kg/cm³)</td><td>2.20</td><td>2.20</td><td>2.20</td></tr> <tr><td>Esfuerzo de Flexión en (kg/cm²)</td><td>32.89</td><td>33.54</td><td>34.61</td></tr> <tr><td>% de Ganancia según diseño</td><td>91.4</td><td>93.2</td><td>96.1</td></tr> </table>			Cilindro No.	VG-001	VG-002	VG-003	Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17	Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	28-7-17	Edad de Cilindro en Días	7	14	28	MR de Diseño:	36.00	36.00	36.00	Ancho en (cm)	15.10	15.40	15.30	Altura en (cm)	15.50	15.50	15.60	Longitud (cm)	35.00	35.00	35.00	Peso en (gr)	33,512.00	33,532.00	33,381.00	Carga en (Lbs.)	5,000.00	5,200.00	5,400.00	Carga en (Kg.)	2,272.73	2,363.64	2,454.55	Área (cm ²)	234.05	238.70	238.68	volumen (cm ³)	8,191.75	8,354.50	8,353.80	Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20	Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	32.89	33.54	34.61	% de Ganancia según diseño	91.4	93.2	96.1
Cilindro No.	VG-001	VG-002	VG-003																																																															
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																															
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	28-7-17																																																															
Edad de Cilindro en Días	7	14	28																																																															
MR de Diseño:	36.00	36.00	36.00																																																															
Ancho en (cm)	15.10	15.40	15.30																																																															
Altura en (cm)	15.50	15.50	15.60																																																															
Longitud (cm)	35.00	35.00	35.00																																																															
Peso en (gr)	33,512.00	33,532.00	33,381.00																																																															
Carga en (Lbs.)	5,000.00	5,200.00	5,400.00																																																															
Carga en (Kg.)	2,272.73	2,363.64	2,454.55																																																															
Área (cm ²)	234.05	238.70	238.68																																																															
volumen (cm ³)	8,191.75	8,354.50	8,353.80																																																															
Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20																																																															
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	32.89	33.54	34.61																																																															
% de Ganancia según diseño	91.4	93.2	96.1																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 40%;">UBICACIÓN DE LA FALLA</td> <td style="width: 20%;">AL PUNTO MEDIO</td> <td style="width: 20%;">AL PUNTO MEDIO</td> <td style="width: 20%;">AL PUNTO MEDIO</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;">Esquema de la fractura en el viga</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> </table>			UBICACIÓN DE LA FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	Esquema de la fractura en el viga	x	x	x																																																								
UBICACIÓN DE LA FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO																																																															
Esquema de la fractura en el viga	x	x	x																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA</td></tr> <tr><td style="width: 20%;">VG-001</td><td>RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2.-</td></tr> <tr><td>VG-002</td><td>SIN INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS</td></tr> </table>			ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA		VG-001	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2.-	VG-002	SIN INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS																																																										
ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA																																																																		
VG-001	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2.-																																																																	
VG-002	SIN INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS																																																																	
<p style="font-size: x-small;">Realizó y Calculó RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.</p>		<table border="1" style="width: 50%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><td>PROMEDIO</td><td>33.21</td><td>kg/cm²</td></tr> <tr><td>GANANCIA</td><td>92.86%</td><td></td></tr> </table> <p style="font-size: x-small;">Revisó y Validó ING. WILFREDO ALEXANDER HENRIQUEZ C GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.</p>	PROMEDIO	33.21	kg/cm ²	GANANCIA	92.86%																																																											
PROMEDIO	33.21	kg/cm ²																																																																
GANANCIA	92.86%																																																																	
																																																																		



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Colonia Jucuapa No. 1 Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com

STD-VISA.C.-003-07-2017

Versión: 1.0

F.E.: 01/01/2017

F.R.: 01/01/2017

Paginas: 1.0

Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en el Centro del Claro) ASTM C293/C293-02

Solicitante: GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO

Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS"

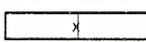
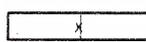
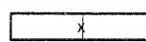
Estructura: MEZCLA DE PRUEBA: ENSAYADA AL PUNTO MEDIO

Ubicación: _____ Est. Y Lateral: _____

Fecha Mues. 28/06/2017 Fecha de Ensayo: 05/07/2017

MR de Diseño: 36 KG/CM2

Cilindro No.	VG-004	VG-005	VG-006
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17
Edad de Cilindro en Días	7	14	28
MR de Diseño:	36.00	36.00	36.00
Ancho en (cm)	15.40	15.20	15.50
Altura en (cm)	15.40	15.30	15.50
Longitud (cm)	35.00	35.00	35.00
Peso en (gr)	33,467.00	33,210.00	34,153.00
Carga en (Lbs.)	5,200.00	5,500.00	5,900.00
Carga en (Kg.)	2,363.64	2,500.00	2,681.82
Área (cm ²)	237.16	232.56	240.25
volumen (cm ³)	8,300.60	8,139.60	8,408.75
Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	33.98	36.89	37.81
% de Ganancia según diseño	94.4	102.5	105.0

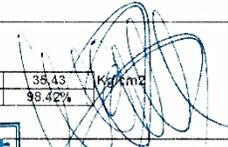
UBICACIÓN DE LA FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO
Esquema de la fractura en el viga			

ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA	
VG-004	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -
VG-005	CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS (3 KG POR M3)



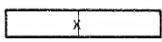
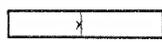
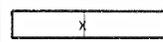
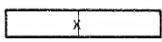
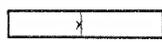
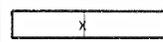
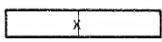
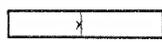
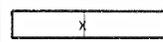
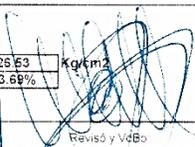
Realizó y Calculó
RENE HUMBERTO DIAZ
LABORATORISTA
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

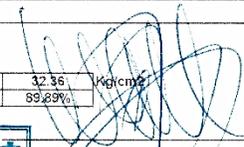


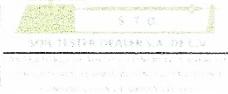
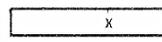
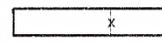
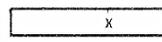
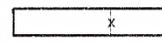
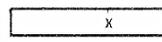
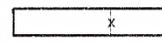
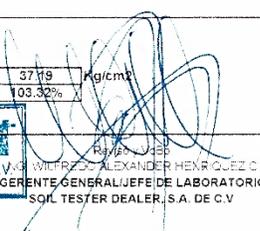


Revisó y VcBo
ING. WILFREDO ALEXANDER HENRÍQUEZ C
GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORATORIO
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.

PROMEDIO	38.43	Kg/cm ²
GANANCIA	98.42%	

	<h2 style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="margin: 0;">Colonia Jucuapa No. 1 Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel, Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	STD-VIGA.C.-004-07-2017 Version: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Paginas: 1.0																																																																
Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en el Centro del Claro) ASTM C293/C293-02																																																																		
Solicitante: Proyecto: Estructura: Ubicación: Fecha Mues.: MR de Diseño:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS" MEZCLA DE PRUEBA: ENSAYADA AL PUNTO MEDIO Est. Y Lateral: 28/06/2017 Fecha de Ensayo: 06/07/2017 36 KG/CM2																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>Cilindro No</th> <th>VG-007</th> <th>VG-008</th> <th>VG-009</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fecha de Elaboración</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td></tr> <tr><td>Fecha de Ensayo</td><td>5-7-17</td><td>12-7-17</td><td>26-7-17</td></tr> <tr><td>Edad de Cilindro en Días</td><td>7</td><td>14</td><td>28</td></tr> <tr><td>MR de Diseño</td><td>36.00</td><td>36.00</td><td>36.00</td></tr> <tr><td>Ancho en (cm)</td><td>15.50</td><td>15.20</td><td>15.40</td></tr> <tr><td>Altura en (cm)</td><td>15.50</td><td>15.50</td><td>15.40</td></tr> <tr><td>Longitud (cm)</td><td>35.00</td><td>35.00</td><td>35.00</td></tr> <tr><td>Peso en (gr)</td><td>32,794.00</td><td>32,800.00</td><td>33,526.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Lbs.)</td><td>4,200.00</td><td>4,000.00</td><td>4,500.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Kg.)</td><td>1,909.09</td><td>1,818.18</td><td>2,045.45</td></tr> <tr><td>Area (cm2)</td><td>240.25</td><td>235.60</td><td>237.16</td></tr> <tr><td>volumen (cm3)</td><td>8,408.75</td><td>8,246.00</td><td>8,300.60</td></tr> <tr><td>Peso Volumetrico en (kg/cm3)</td><td>2.20</td><td>2.20</td><td>2.20</td></tr> <tr><td>Esfuerzo de Flexión en (kg/cm2)</td><td>26.91</td><td>26.14</td><td>29.40</td></tr> <tr><td>% de Ganancia según diseño</td><td>74.8</td><td>72.6</td><td>81.7</td></tr> </tbody> </table>			Cilindro No	VG-007	VG-008	VG-009	Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17	Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17	Edad de Cilindro en Días	7	14	28	MR de Diseño	36.00	36.00	36.00	Ancho en (cm)	15.50	15.20	15.40	Altura en (cm)	15.50	15.50	15.40	Longitud (cm)	35.00	35.00	35.00	Peso en (gr)	32,794.00	32,800.00	33,526.00	Carga en (Lbs.)	4,200.00	4,000.00	4,500.00	Carga en (Kg.)	1,909.09	1,818.18	2,045.45	Area (cm2)	240.25	235.60	237.16	volumen (cm3)	8,408.75	8,246.00	8,300.60	Peso Volumetrico en (kg/cm3)	2.20	2.20	2.20	Esfuerzo de Flexión en (kg/cm2)	26.91	26.14	29.40	% de Ganancia según diseño	74.8	72.6	81.7
Cilindro No	VG-007	VG-008	VG-009																																																															
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																															
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17																																																															
Edad de Cilindro en Días	7	14	28																																																															
MR de Diseño	36.00	36.00	36.00																																																															
Ancho en (cm)	15.50	15.20	15.40																																																															
Altura en (cm)	15.50	15.50	15.40																																																															
Longitud (cm)	35.00	35.00	35.00																																																															
Peso en (gr)	32,794.00	32,800.00	33,526.00																																																															
Carga en (Lbs.)	4,200.00	4,000.00	4,500.00																																																															
Carga en (Kg.)	1,909.09	1,818.18	2,045.45																																																															
Area (cm2)	240.25	235.60	237.16																																																															
volumen (cm3)	8,408.75	8,246.00	8,300.60																																																															
Peso Volumetrico en (kg/cm3)	2.20	2.20	2.20																																																															
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm2)	26.91	26.14	29.40																																																															
% de Ganancia según diseño	74.8	72.6	81.7																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>UBICACIÓN DE LA FALLA</th> <th>AL PUNTO MEDIO</th> <th>AL PUNTO MEDIO</th> <th>AL PUNTO MEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esquema de la fractura en el viga</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </tbody> </table>			UBICACIÓN DE LA FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	Esquema de la fractura en el viga																																																											
UBICACIÓN DE LA FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO																																																															
Esquema de la fractura en el viga																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">VG-007</td> <td>RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -</td> </tr> <tr> <td>VG-008</td> <td>CON INCORPORACION DE FIBRAS METÁLICAS (6 KG POR M3)</td> </tr> </tbody> </table>			ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA		VG-007	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -	VG-008	CON INCORPORACION DE FIBRAS METÁLICAS (6 KG POR M3)																																																										
ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA																																																																		
VG-007	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -																																																																	
VG-008	CON INCORPORACION DE FIBRAS METÁLICAS (6 KG POR M3)																																																																	
 Realizó y Cálculo RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.	<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td style="text-align: center;">26.63</td> <td>kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA</td> <td style="text-align: center;">73.68%</td> <td></td> </tr> </table> 	PROMEDIO	26.63	kg/cm2	GANANCIA	73.68%		 Revisó y VtBo WILFREDO ALEXANDER HENRÍQUEZ GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.																																																										
PROMEDIO	26.63	kg/cm2																																																																
GANANCIA	73.68%																																																																	

	<h2 style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="margin: 0;">Colonia Jucuapa No. 1 Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	STD-VISA.C.-065-07-2017 Version: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Paginas: 1.0																																																																
Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en el Centro del Claro) ASTM C293/C293-02																																																																		
Solicitante: Proyecto: Estructura: Ubicación: Fecha Mues. MR de Diseño:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBRENO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS" MEZCLA DE PRUEBA: ENSAYADA AL PUNTO MEDIO Est. Y Lateral: _____ 28/06/2017 Fecha de Ensayo: 05/07/2017 36 KG/CM2																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>Cilindro No</th> <th>VG-010</th> <th>VG-011</th> <th>VG-012</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fecha de Elaboración</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td></tr> <tr><td>Fecha de Ensayo</td><td>5-7-17</td><td>12-7-17</td><td>26-7-17</td></tr> <tr><td>Edad de Cilindro en Dias</td><td>7</td><td>14</td><td>28</td></tr> <tr><td>MR de Diseño:</td><td>36.00</td><td>36.00</td><td>36.00</td></tr> <tr><td>Ancho en (cm)</td><td>15.50</td><td>15.50</td><td>15.30</td></tr> <tr><td>Altura en (cm)</td><td>15.50</td><td>15.50</td><td>15.80</td></tr> <tr><td>Longitud (cm)</td><td>35.00</td><td>35.00</td><td>35.00</td></tr> <tr><td>Peso en (gr)</td><td>33,775.00</td><td>33,663.00</td><td>33,237.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Lbs.)</td><td>5,000.00</td><td>5,100.00</td><td>6,000.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Kg.)</td><td>2,272.73</td><td>2,318.18</td><td>2,727.27</td></tr> <tr><td>Área (cm²)</td><td>240.25</td><td>240.25</td><td>241.74</td></tr> <tr><td>volumen (cm³)</td><td>8,408.75</td><td>8,408.75</td><td>8,460.90</td></tr> <tr><td>Peso Volumetrico en (kg/cm³)</td><td>2.20</td><td>2.20</td><td>2.20</td></tr> <tr><td>Esfuerzo de Flexión en (kg/cm²)</td><td>32.04</td><td>32.68</td><td>37.49</td></tr> <tr><td>% de Ganancia según diseño</td><td>89.0</td><td>90.8</td><td>104.1</td></tr> </tbody> </table>			Cilindro No	VG-010	VG-011	VG-012	Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17	Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17	Edad de Cilindro en Dias	7	14	28	MR de Diseño:	36.00	36.00	36.00	Ancho en (cm)	15.50	15.50	15.30	Altura en (cm)	15.50	15.50	15.80	Longitud (cm)	35.00	35.00	35.00	Peso en (gr)	33,775.00	33,663.00	33,237.00	Carga en (Lbs.)	5,000.00	5,100.00	6,000.00	Carga en (Kg.)	2,272.73	2,318.18	2,727.27	Área (cm ²)	240.25	240.25	241.74	volumen (cm ³)	8,408.75	8,408.75	8,460.90	Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20	Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	32.04	32.68	37.49	% de Ganancia según diseño	89.0	90.8	104.1
Cilindro No	VG-010	VG-011	VG-012																																																															
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																															
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17																																																															
Edad de Cilindro en Dias	7	14	28																																																															
MR de Diseño:	36.00	36.00	36.00																																																															
Ancho en (cm)	15.50	15.50	15.30																																																															
Altura en (cm)	15.50	15.50	15.80																																																															
Longitud (cm)	35.00	35.00	35.00																																																															
Peso en (gr)	33,775.00	33,663.00	33,237.00																																																															
Carga en (Lbs.)	5,000.00	5,100.00	6,000.00																																																															
Carga en (Kg.)	2,272.73	2,318.18	2,727.27																																																															
Área (cm ²)	240.25	240.25	241.74																																																															
volumen (cm ³)	8,408.75	8,408.75	8,460.90																																																															
Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20																																																															
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	32.04	32.68	37.49																																																															
% de Ganancia según diseño	89.0	90.8	104.1																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>UBICACION DE LA FALLA</th> <th>AL PUNTO MEDIO</th> <th>AL PUNTO MEDIO</th> <th>AL PUNTO MEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;">Esquema de la fractura en el viga</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </tbody> </table>			UBICACION DE LA FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	Esquema de la fractura en el viga	X	X	X																																																								
UBICACION DE LA FALLA	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO	AL PUNTO MEDIO																																																															
Esquema de la fractura en el viga	X	X	X																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">VG-010</td> <td>RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -</td> </tr> <tr> <td>VG-011</td> <td>CON INCORPORACION DE FIBRAS METÁLICAS (9 KG POR M3)</td> </tr> </tbody> </table>			ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA		VG-010	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -	VG-011	CON INCORPORACION DE FIBRAS METÁLICAS (9 KG POR M3)																																																										
ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA																																																																		
VG-010	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -																																																																	
VG-011	CON INCORPORACION DE FIBRAS METÁLICAS (9 KG POR M3)																																																																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  Realizó y Calificó RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. </div> <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><td>PROMEDIO</td><td>32.36</td><td>Kg/cm²</td></tr> <tr><td>GANANCIA</td><td>89.89%</td><td></td></tr> </table> </div> <div style="text-align: center;">  Revisó y Voó ALFREDO ALEXANDER HENRÍQUEZ GERENTE GENERAL/JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. </div> </div>		PROMEDIO	32.36	Kg/cm ²	GANANCIA	89.89%		<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;"> S. T. D. SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. EL SALVADOR, C.A. </div>																																																										
PROMEDIO	32.36	Kg/cm ²																																																																
GANANCIA	89.89%																																																																	

	<h2 style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="font-size: small; margin: 0;">Colonia Jucuapa No. 1 Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	STD-VIGA.C.-006-07-2017 Versión: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Páginas: 1.0																																																																
Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro) ASTM C78/C78M-02																																																																		
Solicitante: Proyecto: Estructura: Ubicación: Fecha Mues.: MR de Diseño:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBRENO Y JOSE ROBERTO VILLATORO TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS" MEZCLA DE PRUEBA: ENSAYADA AL TERCIO MEDIO Est. Y Lateral: 28/06/2017 Fecha de Ensayo: 05/07/2017 36 KG/CM2																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Cilindro No.</th> <th>VG-013</th> <th>VG-014</th> <th>VG-015</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fecha de Elaboración</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td></tr> <tr><td>Fecha de Ensayo</td><td>5-7-17</td><td>12-7-17</td><td>28-7-17</td></tr> <tr><td>Edad de Cilindro en Días</td><td>7</td><td>14</td><td>28</td></tr> <tr><td>MR de Diseño</td><td>36.00</td><td>36.00</td><td>36.00</td></tr> <tr><td>Ancho en (cm)</td><td>15.50</td><td>15.50</td><td>15.20</td></tr> <tr><td>Altura en (cm)</td><td>15.40</td><td>15.40</td><td>15.50</td></tr> <tr><td>Longitud (cm)</td><td>47.00</td><td>47.00</td><td>47.00</td></tr> <tr><td>Peso en (gr)</td><td>33,609.00</td><td>33,284.00</td><td>33,530.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Lbs.)</td><td>6,200.00</td><td>5,600.00</td><td>6,900.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Kg.)</td><td>2,818.18</td><td>3,000.00</td><td>3,136.36</td></tr> <tr><td>Area (cm²)</td><td>238.70</td><td>238.70</td><td>235.60</td></tr> <tr><td>volumen (cm³)</td><td>11,218.90</td><td>11,218.90</td><td>11,073.20</td></tr> <tr><td>Peso Volumetrico en (kg/cm³)</td><td>2.20</td><td>2.20</td><td>2.20</td></tr> <tr><td>Esfuerzo de Flexión en (kg/cm²)</td><td>36.03</td><td>38.36</td><td>40.37</td></tr> <tr><td>% de Ganancia según diseño</td><td>100.1</td><td>106.5</td><td>112.1</td></tr> </tbody> </table>			Cilindro No.	VG-013	VG-014	VG-015	Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17	Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	28-7-17	Edad de Cilindro en Días	7	14	28	MR de Diseño	36.00	36.00	36.00	Ancho en (cm)	15.50	15.50	15.20	Altura en (cm)	15.40	15.40	15.50	Longitud (cm)	47.00	47.00	47.00	Peso en (gr)	33,609.00	33,284.00	33,530.00	Carga en (Lbs.)	6,200.00	5,600.00	6,900.00	Carga en (Kg.)	2,818.18	3,000.00	3,136.36	Area (cm ²)	238.70	238.70	235.60	volumen (cm ³)	11,218.90	11,218.90	11,073.20	Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20	Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	36.03	38.36	40.37	% de Ganancia según diseño	100.1	106.5	112.1
Cilindro No.	VG-013	VG-014	VG-015																																																															
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																															
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	28-7-17																																																															
Edad de Cilindro en Días	7	14	28																																																															
MR de Diseño	36.00	36.00	36.00																																																															
Ancho en (cm)	15.50	15.50	15.20																																																															
Altura en (cm)	15.40	15.40	15.50																																																															
Longitud (cm)	47.00	47.00	47.00																																																															
Peso en (gr)	33,609.00	33,284.00	33,530.00																																																															
Carga en (Lbs.)	6,200.00	5,600.00	6,900.00																																																															
Carga en (Kg.)	2,818.18	3,000.00	3,136.36																																																															
Area (cm ²)	238.70	238.70	235.60																																																															
volumen (cm ³)	11,218.90	11,218.90	11,073.20																																																															
Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20																																																															
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	36.03	38.36	40.37																																																															
% de Ganancia según diseño	100.1	106.5	112.1																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>UBICACIÓN DE LA FALLA</th> <th>AL TERCIO MEDIO</th> <th>AL TERCIO MEDIO</th> <th>AL TERCIO MEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">Esquema de la fractura en el viga</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </tbody> </table>			UBICACIÓN DE LA FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	Esquema de la fractura en el viga																																																											
UBICACIÓN DE LA FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO																																																															
Esquema de la fractura en el viga																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">VG-013</td> <td>SIN INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS</td> </tr> <tr> <td>VG-014</td> <td>CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS. TERCIO MEDIO</td> </tr> </tbody> </table>			ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA		VG-013	SIN INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS	VG-014	CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS. TERCIO MEDIO																																																										
ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA																																																																		
VG-013	SIN INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS																																																																	
VG-014	CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS. TERCIO MEDIO																																																																	
 Realizó y Caluló RENE HUBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.		<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>PROMEDIO</td><td>37.19</td><td>kg/cm²</td></tr> <tr><td>GANANCIA</td><td>103.32%</td><td></td></tr> </table>  <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">S. T. D.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. EL SALVADOR, C.A.</td></tr> </table> GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.	PROMEDIO	37.19	kg/cm ²	GANANCIA	103.32%		S. T. D.	SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. EL SALVADOR, C.A.																																																								
PROMEDIO	37.19	kg/cm ²																																																																
GANANCIA	103.32%																																																																	
S. T. D.																																																																		
SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. EL SALVADOR, C.A.																																																																		

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	STD-VISA.C.-007-07-2017 Versión: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Páginas: 1.0
	Colonia Jucuapa No. 1 Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com	

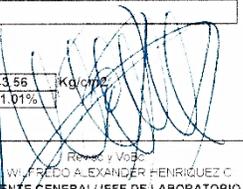
Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro) ASTM C78/C78M-02

Solicitante: Proyecto: Estructura: Ubicación: Fecha Mue. MR de Diseño:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIC MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS" MEZCLA DE PRUEBA: ENSAYADA AL TERCIO MEDIO Est. Y Lateral: 28/06/2017 Fecha de Ensayo: 05/07/2017 36 KG/CM2
---	---

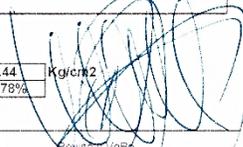
Cilindro No.	VG-016	VG-017	VG-018
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	28-7-17
Edad de Cilindro en Días	7	14	28
MR de Diseño:	36.00	36.00	36.00
Ancho en (cm)	15.30	15.30	15.20
Altura en (cm)	15.40	15.30	15.60
Longitud (cm)	47.00	47.00	47.00
Peso en (gr)	33.592.00	33.385.00	33.611.00
Carga en (Lbs.)	7,200.00	7,500.00	8,100.00
Carga en (Kg.)	3,272.73	3,409.09	3,681.82
Area (cm2)	235.62	234.09	237.12
volumen (cm3)	11,074.14	11,002.23	11,144.64
Peso Volumetrico en (kg/cm3)	2.20	2.20	2.20
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm2)	42.39	44.74	46.78
% de Ganancia según diseño	117.6	124.3	129.9

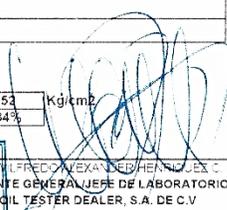
UBICACIÓN DE LA FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO
Esquema de la fractura en el viga	x	x	x

ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA	
VG-016	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2.
VG-017	CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS (3 KG POR M3)

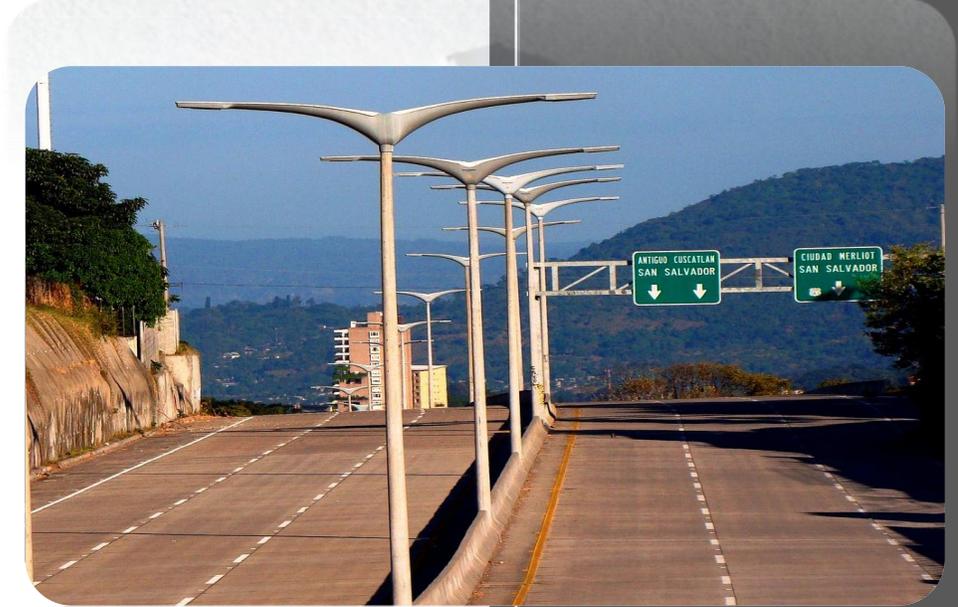
 Realizó y Calculó RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.	 S. T. D. SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V. EL SALVADOR, C.A.	 Realizó y Verificó WILFREDO ALEXANDER HENRIQUEZ C. GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.
--	--	--

PROMEDIO	43.56	Kg/cm2
GANANCIA	121.01%	

	<h2 style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="font-size: small; margin: 0;">Colonia Jucuapa No. 1 Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel, Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	ST0-VGA.C.-008-07-2017 Version: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Paginas: 1.0																																																																
Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro) ASTM C78/C78M-02																																																																		
Solicitante: Proyecto: Estructura: Ubicación: Fecha Mues.: MR de Diseño:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSÉ ROBERTO VILLATORO TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS" MEZCLA DE PRUEBA; ENSAYADA AL TERCIO MEDIO Est. Y Lateral: 28/06/2017 Fecha de Ensayo: 05/07/2017 36 KG/CM2																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><td>Cilindro No</td><td>VG-019</td><td>VG-020</td><td>VG-021</td></tr> <tr><td>Fecha de Elaboración</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td><td>28-6-17</td></tr> <tr><td>Fecha de Ensayo</td><td>5-7-17</td><td>12-7-17</td><td>26-7-17</td></tr> <tr><td>Edad de Cilindro en Días</td><td>7</td><td>14</td><td>28</td></tr> <tr><td>MR de Diseño:</td><td>36.00</td><td>36.00</td><td>36.00</td></tr> <tr><td>Ancho en (cm)</td><td>15.50</td><td>15.50</td><td>15.50</td></tr> <tr><td>Altura en (cm)</td><td>15.20</td><td>15.10</td><td>15.20</td></tr> <tr><td>Longitud (cm)</td><td>47.00</td><td>47.00</td><td>47.00</td></tr> <tr><td>Peso en (gr)</td><td>33,331.00</td><td>33,353.00</td><td>33,873.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Lbs.)</td><td>6,200.00</td><td>6,600.00</td><td>7,200.00</td></tr> <tr><td>Carga en (Kg.)</td><td>2,818.18</td><td>3,000.00</td><td>3,272.73</td></tr> <tr><td>Area (cm2)</td><td>235.60</td><td>234.05</td><td>235.60</td></tr> <tr><td>volumen (cm3)</td><td>11,073.20</td><td>11,000.35</td><td>11,073.20</td></tr> <tr><td>Peso Volumetrico en (kg/cm3)</td><td>2.20</td><td>2.20</td><td>2.20</td></tr> <tr><td>Esfuerzo de Flexión en (kg/cm2)</td><td>36.99</td><td>39.90</td><td>42.95</td></tr> <tr><td>% de Ganancia según diseño</td><td>102.7</td><td>110.8</td><td>119.3</td></tr> </table>			Cilindro No	VG-019	VG-020	VG-021	Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17	Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17	Edad de Cilindro en Días	7	14	28	MR de Diseño:	36.00	36.00	36.00	Ancho en (cm)	15.50	15.50	15.50	Altura en (cm)	15.20	15.10	15.20	Longitud (cm)	47.00	47.00	47.00	Peso en (gr)	33,331.00	33,353.00	33,873.00	Carga en (Lbs.)	6,200.00	6,600.00	7,200.00	Carga en (Kg.)	2,818.18	3,000.00	3,272.73	Area (cm2)	235.60	234.05	235.60	volumen (cm3)	11,073.20	11,000.35	11,073.20	Peso Volumetrico en (kg/cm3)	2.20	2.20	2.20	Esfuerzo de Flexión en (kg/cm2)	36.99	39.90	42.95	% de Ganancia según diseño	102.7	110.8	119.3
Cilindro No	VG-019	VG-020	VG-021																																																															
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																															
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17																																																															
Edad de Cilindro en Días	7	14	28																																																															
MR de Diseño:	36.00	36.00	36.00																																																															
Ancho en (cm)	15.50	15.50	15.50																																																															
Altura en (cm)	15.20	15.10	15.20																																																															
Longitud (cm)	47.00	47.00	47.00																																																															
Peso en (gr)	33,331.00	33,353.00	33,873.00																																																															
Carga en (Lbs.)	6,200.00	6,600.00	7,200.00																																																															
Carga en (Kg.)	2,818.18	3,000.00	3,272.73																																																															
Area (cm2)	235.60	234.05	235.60																																																															
volumen (cm3)	11,073.20	11,000.35	11,073.20																																																															
Peso Volumetrico en (kg/cm3)	2.20	2.20	2.20																																																															
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm2)	36.99	39.90	42.95																																																															
% de Ganancia según diseño	102.7	110.8	119.3																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 33%;">UBICACIÓN DE LA FALLA</td> <td style="width: 33%;">AL TERCIO MEDIO</td> <td style="width: 33%;">AL TERCIO MEDIO</td> <td style="width: 33%;">AL TERCIO MEDIO</td> </tr> <tr> <td>Esquema de la fractura en el viga</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>			UBICACIÓN DE LA FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	Esquema de la fractura en el viga	X	X	X																																																								
UBICACIÓN DE LA FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO																																																															
Esquema de la fractura en el viga	X	X	X																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA</th> </tr> <tr> <td style="width: 20%;">VG-019</td> <td>RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -</td> </tr> <tr> <td>VG-020</td> <td>CON INCORPORACION DE FIBRAS METALICAS (6 KG POR M3)</td> </tr> </table>			ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA		VG-019	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -	VG-020	CON INCORPORACION DE FIBRAS METALICAS (6 KG POR M3)																																																										
ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA																																																																		
VG-019	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2 -																																																																	
VG-020	CON INCORPORACION DE FIBRAS METALICAS (6 KG POR M3)																																																																	
 Realizó y Calcularo RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><td>PROMEDIO</td><td>36.44</td><td>Kg/cm2</td></tr> <tr><td>GANANCIA</td><td>106.78%</td><td></td></tr> </table>  GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.	PROMEDIO	36.44	Kg/cm2	GANANCIA	106.78%																																																											
PROMEDIO	36.44	Kg/cm2																																																																
GANANCIA	106.78%																																																																	
																																																																		

	<h2 style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</h2> <p style="font-size: small; margin: 0;">Colonia Jucuapa No. 1 Calle San Juan, Casa No. 10, Costado Norte de Estadio Juan Francisco Barraza, San Miguel. Tel.: 2694-4379, E-mail: soiltesterdealer@gmail.com</p>	STD-VIGA-009-07-2017 Version: 1.0 F.E.: 01/01/2017 F.R.: 01/01/2017 Páginas: 1.0																																																																	
Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro) ASTM C78/C78M-02																																																																			
Solicitante: Proyecto: Estructura: Ubicación: Fecha Mues. MR de Diseño:	GUSTAVO ALBERY CACERES, YONI ANTONIO MEMBREÑO Y JOSE ROBERTO VILLATORO TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO: "INCLUSIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS" MEZCLA DE PRUEBA; ENSAYADA AL TERCIO MEDIO Est. Y Lateral: Fecha de Ensayo: 05/07/2017 36 KG/CM2																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 30%;">Cilindro No.</td> <td style="width: 20%;">VG-022</td> <td style="width: 20%;">VG-023</td> <td style="width: 30%;">VG-024</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Elaboración</td> <td>28-6-17</td> <td>28-6-17</td> <td>28-6-17</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Ensayo</td> <td>5-7-17</td> <td>12-7-17</td> <td>26-7-17</td> </tr> <tr> <td>Edad de Cilindro en Días</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>MR de Diseño</td> <td>36.00</td> <td>36.00</td> <td>36.00</td> </tr> <tr> <td>Ancho en (cm)</td> <td>15.00</td> <td>15.50</td> <td>15.30</td> </tr> <tr> <td>Altura en (cm)</td> <td>15.50</td> <td>15.40</td> <td>15.40</td> </tr> <tr> <td>Longitud (cm)</td> <td>47.00</td> <td>47.00</td> <td>47.00</td> </tr> <tr> <td>Peso en (gr)</td> <td>33,585.00</td> <td>33,250.00</td> <td>33,291.00</td> </tr> <tr> <td>Carga en (Lbs.)</td> <td>4,600.00</td> <td>6,500.00</td> <td>7,500.00</td> </tr> <tr> <td>Carga en (Kg.)</td> <td>2,090.91</td> <td>2,954.55</td> <td>3,409.09</td> </tr> <tr> <td>Area (cm²)</td> <td>232.50</td> <td>238.70</td> <td>235.62</td> </tr> <tr> <td>volumen (cm³)</td> <td>10,927.50</td> <td>11,218.90</td> <td>11,074.14</td> </tr> <tr> <td>Peso Volumetrico en (kg/cm³)</td> <td>2.20</td> <td>2.20</td> <td>2.20</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo de Flexión en (kg/cm²)</td> <td>27.27</td> <td>37.78</td> <td>44.16</td> </tr> <tr> <td>% de Ganancia según diseño</td> <td>75.7</td> <td>104.9</td> <td>122.7</td> </tr> </table>				Cilindro No.	VG-022	VG-023	VG-024	Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17	Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17	Edad de Cilindro en Días	7	14	28	MR de Diseño	36.00	36.00	36.00	Ancho en (cm)	15.00	15.50	15.30	Altura en (cm)	15.50	15.40	15.40	Longitud (cm)	47.00	47.00	47.00	Peso en (gr)	33,585.00	33,250.00	33,291.00	Carga en (Lbs.)	4,600.00	6,500.00	7,500.00	Carga en (Kg.)	2,090.91	2,954.55	3,409.09	Area (cm ²)	232.50	238.70	235.62	volumen (cm ³)	10,927.50	11,218.90	11,074.14	Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20	Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	27.27	37.78	44.16	% de Ganancia según diseño	75.7	104.9	122.7
Cilindro No.	VG-022	VG-023	VG-024																																																																
Fecha de Elaboración	28-6-17	28-6-17	28-6-17																																																																
Fecha de Ensayo	5-7-17	12-7-17	26-7-17																																																																
Edad de Cilindro en Días	7	14	28																																																																
MR de Diseño	36.00	36.00	36.00																																																																
Ancho en (cm)	15.00	15.50	15.30																																																																
Altura en (cm)	15.50	15.40	15.40																																																																
Longitud (cm)	47.00	47.00	47.00																																																																
Peso en (gr)	33,585.00	33,250.00	33,291.00																																																																
Carga en (Lbs.)	4,600.00	6,500.00	7,500.00																																																																
Carga en (Kg.)	2,090.91	2,954.55	3,409.09																																																																
Area (cm ²)	232.50	238.70	235.62																																																																
volumen (cm ³)	10,927.50	11,218.90	11,074.14																																																																
Peso Volumetrico en (kg/cm ³)	2.20	2.20	2.20																																																																
Esfuerzo de Flexión en (kg/cm ²)	27.27	37.78	44.16																																																																
% de Ganancia según diseño	75.7	104.9	122.7																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 40%;">UBICACIÓN DE LA FALLA</td> <td style="width: 20%;">AL TERCIO MEDIO</td> <td style="width: 20%;">AL TERCIO MEDIO</td> <td style="width: 20%;">AL TERCIO MEDIO</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px; vertical-align: middle;">Esquema de la fractura en el viga</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>				UBICACIÓN DE LA FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	Esquema de la fractura en el viga	X	X	X																																																								
UBICACIÓN DE LA FALLA	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO	AL TERCIO MEDIO																																																																
Esquema de la fractura en el viga	X	X	X																																																																
ESTRUCTURA U OBRA COLADA POR VIGA																																																																			
VG-022	RESISTENCIA A LA FLEXION MR 36 KG/CM2.																																																																		
VG-023	CON INCORPORACION DE FIBRAS METÁLICAS (9 KG POR M3)																																																																		
<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50px;">PROMEDIO</td> <td style="width: 50px;">32.53</td> <td style="width: 50px;">Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA</td> <td>90.34%</td> <td></td> </tr> </table>				PROMEDIO	32.53	Kg/cm ²	GANANCIA	90.34%																																																											
PROMEDIO	32.53	Kg/cm ²																																																																	
GANANCIA	90.34%																																																																		
 RENE HUMBERTO DIAZ LABORATORISTA SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.	 WILFREDO ALEXANDER HERNANDEZ GERENTE GENERAL JEFE DE LABORATORIO SOIL TESTER DEALER, S.A. DE C.V.																																																																		
																																																																			

ANEXO C: ANTECEDENTES DEL USO DE LAS FIBRAS METALICAS.





FECHA DEL PRIMER REPORTE: MEXICO, D.F. 23
DE MAYO 2013

FECHA SEGUNDA VISITA : MEXICO, D.F. 18 DE
JUNIO 2014.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA FIBRA TECNOR 05-25 COMO REFUERZO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCION Y CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO EN AUTOPISTAS.

UBICACIÓN:

CARRETERA VENTA DE CARPIO – TULANCINGO KM. 48+000 AL 50+000 CUERPO
B

ANTECEDENTES:

Se elaboró un diseño estructural por parte de Alto Desempeño en Estructuras de Concreto, S.A. de C.V. para la Dirección de Conservación y Mantenimiento de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes considerando el uso de la fibra TECNOR 05-25 como refuerzo del concreto en la sustitución de pavimentos dañados.

Tomando en cuenta el espesor de 28 cms. Y el concreto MR=45 kg/cm² especificados en el catálogo del concurso se recomendó una dosificación de 3 kg. de fibra TECNOR 05-25 por m³. de concreto.

Los trabajos se realizaron en diciembre del 2012 y por instrucciones de la supervisión, en el carril de alta velocidad y en el de acotamiento se utilizó concreto MR= 45 kg/cm² y canastillas de amarre.

En el carril de baja velocidad se utilizó concreto MR= 45 kg/cm², canastillas de amarre y fibra de acero TECNOR 05-25 como refuerzo con una dosificación de 3 kg/m³. para probar su comportamiento con el paso constante de vehículos de carga y pasajeros.

Las fotografías que se incluyen en este reporte comprueban que el carril de baja velocidad, después de cinco meses de uso, ha tenido un mejor comportamiento comparado con el carril de alta velocidad y el carril de acotamiento en los cuales existen grietas y áreas con desprendimiento de concreto.



Fotografía 01

Grieta en carril de alta velocidad colado sin Fibra TECNOR 05-25. Se observa el carril de baja velocidad colado con Fibra TECNOR 05-25 sin problemas de agrietamiento.



Fotografía 02

El carril de acotamiento colado sin Fibra TECNOR 05-25 presenta agrietamientos y desprendimiento del concreto. Nuevamente se observa que el carril de baja velocidad colado con Fibra TECNOR 05-25 no presenta problemas.



Fotografía 03

El carril de alta velocidad presenta problemas severos de agrietamiento y desprendimiento del concreto en la junta de construcción mientras el carril de baja velocidad reforzado con Fibra TECNOR 05-25 tiene un comportamiento adecuado a pesar de la circulación de vehículos de mayor peso.



Fotografía 04

Desprendimiento de concreto en junta de construcción del carril de acotamiento. Se observa que el carril de baja velocidad reforzado con Fibra TECNOR 05-25 no presenta el mismo problema.



Fotografía 05

Se observa el carril de acotamiento y el carril de alta velocidad con problemas de agrietamiento mientras el carril de baja velocidad reforzado con FIBRA TECNOR 05-25 presenta un comportamiento satisfactorio.

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta el comportamiento de los carriles con y sin fibra, la fibra TECNOR 05-25 ofrece un mejor comportamiento estructural requerido. se comprueba que el uso de que soporta las condiciones.

Se hace la observación de que Alto Desempeño en Estructuras de Concreto, S.A. de C.V. puede ofrecer un diseño que permita disminuir el espesor de los pavimentos utilizando un concreto $MR=35 \text{ kg/cm}^2$ y un incremento en la cantidad de fibra TECNOR, lo cual se refleja en un mejor comportamiento estructural, menor agrietamiento y un ahorro considerable en los costos.

