



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS POSTGRADO

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
MODIFICADO CON TEREFTALATO DE POLIETILENO
(CONCREPET) EN TEGUCIGALPA**

SUSTENTADO POR:

**ALEXANDER DAVID FLORES GARCÍA
JOSÉ ARMANDO AGUILAR GARCÍA**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

TEGUCIGALPA M.D.C., F.M., HONDURAS C.A.

JULIO, 2018

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLÓN BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICE RECTOR ACADÉMICO

DESIREE TEJADA CALVO

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
MODIFICADO CON TEREFTALATO DE POLIETILENO
(CONCREPET) EN TEGUCIGALPA**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

ASESOR METODOLÓGICO

CARLOS A. ZELAYA OVIEDO

ASESOR TEMÁTICO

DAVID RODRÍGUEZ LACAYO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN EVALUADORA

Karla Antonia Uclés Breve

Mina Cecilia García Lezcano



FACULTAD DE POSTGRADO

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
MODIFICADO CON TEREFTALATO DE POLIETILENO
(CONCREPET) EN TEGUCIGALPA**

**NOMBRE DE LOS MAESTRANTES:
ALEXANDER DAVID FLORES GARCÍA
JOSÉ ARMANDO AGUILAR GARCÍA**

Resumen

El presente trabajo consiste la investigación del comportamiento mecánico del concreto modificado con fibras PET recicladas (CONCREPET), y el diseño de una guía técnica que facilite el proceso de la fabricación del CONCREPET en la industria de la construcción, con el objetivo principal de investigar que propiedades mecánicas mejoran con la incorporación de la fibra PET y así garantizar un mejor desempeño de las propiedades mecánicas del concreto. En los diferentes capítulos se realizan análisis aplicando diferentes metodologías, conceptualización de las variables que intervienen en la investigación mediante una matriz metodológica y el diseño del proceso investigativo. También se hace mención a los instrumentos, técnicas y análisis de laboratorio utilizados para la recolección de información, así como los resultados esperados y el esquema del contenido de la propuesta. Se finaliza con conclusiones y recomendaciones referentes a la investigación que dan cumplimiento a los objetivos y resultados de la investigación.

Palabras claves: concreto, CONCREPET, guía técnica, PET, reciclado.



POSTGRADUATE FACULTY

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO MODIFICADO CON TEREFTALATO DE POLIETILENO (CONCREPET) EN TEGUCIGALPA

POSTGRADUATE NAME:

ALEXANDER DAVID FLORES GARCÍA

JOSÉ ARMANDO AGUILAR GARCÍA

Abstract

The present work consists in the investigation of the mechanical behavior of modified concrete with recycled PET fibers (CONCREPET), and the design of a technical guide that facilitates the process of manufacturing CONCREPET in the construction industry, with the main objective of investigating that mechanical properties improve with the incorporation of PET fiber and thus guarantee a better performance of the mechanical properties of the concrete. In the different chapters, analyzes are carried out applying different methodologies, conceptualization of the variables that intervene in the research through a methodological matrix and the design of the investigative process. Reference is also made to the instruments, techniques and laboratory analysis used for the collection of information, as well as the expected results and the outline of the content of the proposal. It is finalized with conclusions and recommendations regarding research that comply with the objectives and results of the research.

Keywords: concrete, CONCREPET, PET, recycling, technical guide.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios mi creador, quien ha sido y será siempre mi guía para seguir de pie todos los días que resten de mi vida.

A mi querido hijo, Ian Flores Chirinos, mi gran amor, el motor que me hace seguir todos los días, y por alentarme todos los días con su linda sonrisa.

A mi querida y amada madre, Iris Jaqueline García, por su apoyo incondicional y fiel, y por estar a mi lado en todos los esfuerzos y momentos de mi vida.

A mi querida esposa, Iris Raquel Chirinos por su ilimitado soporte, presencia, cuidado y amor que siempre me ha brindado y en especial el apoyo en este nuevo proyecto de mí vida.

Alexander David Flores García

Esta tesis se la dedico primeramente a Dios que siempre ha sido mi guía en cada uno de los proyectos que me ha dado la oportunidad de realizar.

A mi amada esposa Digna Nazareth Rodríguez Salgado, por darme su apoyo incondicional y animarme a seguir adelante a lo largo de todo nuestro matrimonio.

A mis hijos Emily Nazareth y Armando Emmanuel porque son la inspiración que me motiva a superarme día a día y quienes han dado de su tiempo de sus juegos para poder culminar esta maestría.

A mi madre María de Jesús Aguilar García quien gracias a sus consejos y esfuerzo pude convertirme en el hombre que soy hoy en día.

José Armando Aguilar García

AGRADECIMIENTO

Le damos gracias primeramente a Dios, que nos ha dado la oportunidad de cumplir una meta más en nuestro desarrollo académico y profesional.

A nuestro asesor metodológico Carlos A. Zelaya Oviedo y asesor temático David Rodríguez Lacayo, por sus invaluable consejos y tiempo dedicado a la revisión del trabajo.

A nuestros/as maestros/as del Máster en Estructuras por sus valiosas enseñanzas, lo que han sido una fuente de inspiración en nuestra vida laboral.

A la gerencia y colaboradores de CINSA por permitirnos utilizar sus instalaciones y ofrecernos sus conocimientos, para este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de Honduras por habernos colaborado con el equipo de laboratorio de materiales.

A todos los compañeros que en su momento apoyaron para vencer los retos y desafíos que esta maestría género y a todas las personas que colaboraron de una u otra forma para que esta tesis se llevara a cabo.

ÍNDICE

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes del problema.....	3
1.3. Definición del problema	3
1.3.1 Enunciado	3
1.3.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3.3 Preguntas de investigación.....	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
1.5. Justificación.....	7
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Análisis de la situación actual	8
2.1.1 Análisis del macroentorno	8
2.1.2 Análisis del microentorno.....	15
2.1.3 Análisis Interno.....	20
2.2. Teorías	27
2.2.1 Teoría de sustento	27
2.2.2 Conceptualización.....	28
2.3. Metodologías aplicadas	29
2.3.1 Práctica estándar para dosificación de concreto ACI 211.1-91	29
2.3.2 Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio ASTM C-192/C-192 M-02..	32
2.3.3 Resistencia a la compresión de cilindros de Concreto ASTM C-39/C-39M-01.....	33
2.3.4 Esfuerzo de flexión del concreto ASTM C 78 - 03	35
CAPITULO III. METODOLOGÍA	38
3.1. Congruencia metodológica	38
3.1.1 Matriz metodológica.....	39
3.1.2 Definición operacional de variables	41

3.2. Hipótesis	45
3.3. Enfoque y métodos de la investigación	45
3.3.1 Enfoques	45
3.3.2 Métodos de la investigación	45
3.4. Diseño de la investigación	47
3.4.1 Población	48
3.4.2 Descripción de la muestra.....	48
3.4.3 Unidad de análisis.....	48
3.4.4 Unidad de respuesta.....	48
3.5. Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados.....	49
3.5.1 Instrumentos.....	49
3.5.2 Técnicas	49
3.6. Fuentes de información	50
3.6.1 Fuentes primarias	50
3.6.2 Fuentes secundarias	51
3.7. Limitantes del estudio.....	51
CAPITULO IV. RESULTADOS	53
4.1. Resultados de la encuesta	53
4.2. Resultado de la entrevista	68
4.3. Aplicabilidad	70
4.3.1 Selección y limpieza de las botellas de PET.....	70
4.3.2 Elaboración de equipo artesanal para cortar la fibra PET	72
4.3.3 Cortado artesanal de fibras PET	74
4.3.4 Diseño de la mezcla	78
4.3.5 Dosificación de la fibra PET y agregados	78
4.3.6 Proceso de elaboración de la mezcla	79
4.3.7 Ensayo de la resistencia a la compresión del concreto	81
4.3.8 Ensayo de la resistencia a la flexión del concreto.....	83
4.3.9 Fabricación de placas.....	86
4.4. Ensayos de laboratorio	87
4.4.1 Diseño de mezcla	87

4.4.2 Compresión de cilindros de concreto hidráulico	89
4.4.3 Resistencia a la flexión del concreto hidráulico	94
4.4.4 Verificación de fisuramiento por contracción de fraguado	100
4.5. Diagrama de Ishikawa	107
4.6. Análisis estadístico	109
4.7. Propuesta:	116
GUÍA TÉCNICA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CONCREPET	116
4.7.1 Introducción	117
4.7.2 Usos del CONCREPET	118
4.7.3 Proceso de fabricación del CONCREPET	119
4.8. Costos	128
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
5.1. Conclusiones.....	130
5.2. Recomendaciones	133
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS	145
5.3. Encuesta.....	145
5.4. Entrevista.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las fibras por material.....	17
Tabla 2. Clasificación de las fibras por Funcionalidad.....	17
Tabla 3. Estadísticas de recolección de PET botadero Municipal D.C. en 2017	24
Tabla 4. Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción	30
Tabla 5. Requisitos aproximados de agua de mezclado.....	30
Tabla 6. Correspondencia relación agua/cemento y resistencia a la compresión	31
Tabla 7. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen concreto	31

Tabla 8. Primera estimación para peso de concreto fresco	32
Tabla 9. Número de golpes por capa	33
Tabla 10. corrección por esbeltez del espécimen	35
Tabla 11. Matriz Metodológica	39
Tabla 12. Operacionalización de las variables.....	42
Tabla 13. Distribución de género	54
Tabla 14. Rango de edad.....	55
Tabla 15. Conocimiento del concreto hidráulico modificado con fibras.....	56
Tabla 16. Tipo de fibras conocidas	57
Tabla 17. Tipo de estructuras donde se ha utilizado fibras.....	58
Tabla 18. Modificaciones de la fibra al concreto hidráulico	59
Tabla 19. Beneficios de la fibra en el concreto hidráulico	60
Tabla 20. Uso de las fibras en el concreto hidráulico.....	61
Tabla 21. Equipo para fabricar el concreto con fibras.....	62
Tabla 22. Conocimiento del uso del equipo para fabricar el concreto con fibras	63
Tabla 23. Conocimiento de proceso de fabricación del concreto con fibras	64
Tabla 24. Tiempo de amasado en la fabricación del concreto con fibras	65
Tabla 25. Grado de aceptación de fibras de PET recicladas.....	66
Tabla 26. Grado de conocimiento de situación medio ambiental	67
Tabla 27. Resumen de resultados de clasificación de los agregados.....	87
Tabla 28. Proporciones de los agregados para el diseño de mezcla.....	88
Tabla 29. Resumen de resultados del ensayo de compresión de cilindros	89
Tabla 30. Resumen de resultados de ensayo de flexión de vigas.....	94
Tabla 31. Porcentajes de fibra PET vs. Resistencia a la compresión a los 21 días... 106	

Tabla 32. Porcentajes de fibra PET vs. Módulos de ruptura a los 21 días	106
Tabla 33. Datos estadísticos modificaciones de la fibra al concreto hidráulico.....	110
Tabla 34. Datos estadísticos beneficios al agregar fibra al concreto hidráulico.....	110
Tabla 35. Datos estadísticos equipo para fabricar el concreto con fibras.....	111
Tabla 36. Ficha precio unitario concreto hidráulico de $f'c= 3,000$ PSI (210kg/cm^2)	128
Tabla 37. Ficha de precio unitario CONCREPET de $f'c= 3,000$ PSI (210kg/cm^2) ..	129
Tabla 38. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa efecto negativo	5
Figura 2. Botella de PET en su condición virgen	12
Figura 3. PET convertido en fibras para elaborar cuerdas	13
Figura 4. Hoy el concepto de reciclar forma parte de la cultura de los mexicanos... 	14
Figura 5. Donde actúan las fibras según el estado del concreto.....	18
Figura 6. Diferentes tipos de fibras que se comercializan en Tegucigalpa	19
Figura 7. Tipos y propiedades de fibras sintéticas seleccionadas	19
Figura 8. Graficas esfuerzo - deformación de algunos materiales.....	23
Figura 9. Planta recicladora INVEMA San Pedro Sula.....	24
Figura 10. Centro de recolección Planta INVEMA	25
Figura 11. Zona de Clasificación de botellas de PET, Planta INVEMA.....	26
Figura 12. Diagrama de Fallas de cilindros sometidos a compresión	34
Figura 13. Aparato adecuado para la prueba a flexión del concreto	36
Figura 14. Relación entre f_r y $f'c$ del concreto	37
Figura 15. Esquemas de variables	41

Figura 16. Diseño de investigación (Etapas)	47
Figura 17. Distribución de género	54
Figura 18. Rango de edad	55
Figura 19. Conocimiento del concreto hidráulico modificado con fibras	56
Figura 20. Tipo de fibras conocidas.....	57
Figura 21. Tipo de estructuras donde se ha utilizado fibras	58
Figura 22. Modificaciones de la fibra al concreto hidráulico.....	59
Figura 23. Beneficios de la fibra en el concreto hidráulico	60
Figura 24. Usos de la fibra en el concreto hidráulico.....	61
Figura 25. Equipo para fabricar el concreto con fibras	62
Figura 26. Conocimiento del uso del equipo para fabricar el concreto con fibras ...	63
Figura 27. Conocimiento de proceso de fabricación del concreto con fibras	64
Figura 28. Tiempo de amasado en la fabricación del concreto con fibras	65
Figura 29. Grado de aceptación de fibras de PET recicladas	66
Figura 30. Conocimiento de la situación del medio ambiental en Tegucigalpa.....	67
Figura 31. Botellas con paredes ultradelgadas (Botellas twist).....	70
Figura 32. Botella con irregularidades geométricas y/o paredes gruesas	71
Figura 33. Botellas seleccionadas para fabricar la fibra PET.....	71
Figura 34. Limpieza de botellas de refrescos	72
Figura 35. Equipo artesanal para la fabricación de fibras PET	73
Figura 36. Medición del espesor de PET de las botellas	74
Figura 37. Proceso de corte las botellas de refresco en tiras de PET	75
Figura 38. Tiras de PET recicladas de botellas de refresco	75
Figura 39. Cortado de fibras PET recicladas a la longitud de 2 pulgadas.....	76

Figura 40. Fibras de PET reciclado.....	76
Figura 41. Arreglo de la fibra PET reciclada para ser probada a tensión	77
Figura 42. Ensayos a tensión de la fibra PET reciclada	77
Figura 43. Cantidades de fibra PET utilizada en base a porcentajes seleccionados.	79
Figura 44. Proceso de fabricación del CONCREPET	80
Figura 45. Ensayo de consistencia ASTM C 143.....	81
Figura 46. Proceso de fabricación de cilindros de Concreto Norma ASTM C 192...82	
Figura 47. Proceso de ensayo de compresión de cilindros Norma ASTM C 39	83
Figura 48. Proceso de fabricación de vigas Norma ASTM C 192.....	84
Figura 49. Proceso de ensayo de flexo compresión de vigas Norma ASTM C 78	85
Figura 50. Proceso de Fabricación de losas de concreto.....	86
Figura 51. Comparación de resistencia de los cilindros a 11 días.....	90
Figura 52. Comparación de resistencia de los cilindros a 14 días.....	91
Figura 53. Comparación de resistencia de los cilindros a 21 días.....	92
Figura 54. Comparación de Resistencia a la Compresión vs. tiempo curado.....	93
Figura 55. Comparación de resistencia de las vigas a 11 días.....	96
Figura 56. Comparación de resistencia de las vigas a 14 días.....	97
Figura 57. Comparación de resistencia de las vigas a 21 días.....	98
Figura 58. Comparación de Resistencia a la ruptura vs. tiempo curado.....	99
Figura 59. Losa de concreto con diferentes porcentajes de fibra PET.....	100
Figura 60. Losa de concretó hidráulico, 100% fisurada a los 21 días	101
Figura 61. Losa CONCREPET con 0.10% de fibra, 50% fisurada a 21 días	102
Figura 62. Losa CONCREPET con 0.25% de fibra, 30% fisurada a 21 días	103
Figura 63. Losa CONCREPET con 0.50% de fibra, 20% fisurada a 21 días	104

Figura 64. Losa CONCREPET con 0.75% de fibra, 20% fisurada a 21 días	105
Figura 65. Diagrama de Ishikawa Efecto Positivo	107
Figura 66. Esfuerzo de compresión vs. porcentaje de fibras PET a 11 días.	112
Figura 67. Módulo de ruptura vs. porcentaje de fibras PET a 11 días.	112
Figura 68. Esfuerzo de compresión vs. porcentaje de fibras PET a 14 días.	113
Figura 69. Módulo de ruptura vs. porcentaje de fibras PET a 14 días.	114
Figura 70. Esfuerzo de compresión vs. porcentaje de fibras PET a 21 días.	115
Figura 71. Módulo de ruptura vs. porcentaje de fibras PET a 21 días.	115
Figura 72. Fibras PET recicladas de botellas de refresco	145

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se detallan los motivos que generan la investigación, los cuales surgen del desconocimiento de las propiedades mecánicas del concreto modificado con fibras PET y de un proceso de reciclaje de botellas plásticas en la ciudad de Tegucigalpa, describiendo antecedentes, definición del problema, objetivo de la investigación y justificación del problema, así como un desglose de los objetivos específicos de la investigación.

1.1. Introducción

El presente documento tiene como propósito desarrollar una investigación para analizar y evaluar del desempeño de un nuevo material de construcción, el cual está compuesto por concreto reforzado con fibras obtenidas del reciclado de Tereftalato de Polietileno (PET) en la ciudad de Tegucigalpa, a través de la validación del marco teórico, análisis en normativa y realización de ensayos mecánicos en laboratorio de materiales. Esta evaluación se llevó a cabo mediante la comparación entre las características resistentes del concreto reforzado con fibras PET recicladas denominado (CONCREPET) y el concreto hidráulico tradicional (sin fibras PET).

El PET es usado en la fabricación de botellas en las que se envasa refresco, jugo, agua, recipientes para bebidas alcohólicas, aceites comestibles, entre otros, éste se convierte en un contaminante cuando no se destina un lugar específico para su posterior reciclaje, afectando la flora y fauna de la zona. Cuando el PET se quema, contamina el aire, produciendo gases nocivos para la capa de ozono y este problema crece cada día.

Por ello en esta investigación se reutiliza el PET proveniente de botellas de refresco, para la elaboración de un concreto modificado, dado cumplimiento a la normativa hondureña y modificando las propiedades mecánicas del mismo, garantizando con ello un concreto hidráulico

que cumpla los requerimientos y especificaciones de diseño, en términos de eficiencia y seguridad para incorporarlo a la construcción. De igual manera se determinó que el CONCREPET tiene un costo de elaboración de tres mil ochocientos cincuenta lempiras con 17/100 (L. 3,850.17), donde este costo incluye la elaboración de las fibras PET, lo cual ayudara a dar empleo a muchas familia que se dedican a la recolección de botellas plásticas (PET).

Para obtener los resultados de esta investigación, se elaboró un concreto modificado al que denominamos CONCREPET, compuesto por tiras de PET reciclado de 50.8 milímetros de longitud, 2.5 milímetros de ancho y 0.3 milímetros de grosor; integrándolo a una mezcla de concreto en las siguientes proporciones; 0.10%, 0.25% 0.50% y 0.75% con respecto al volumen total de los especímenes, con el propósito de poder utilizarlo en la industria de la construcción en Tegucigalpa y después lograr implementarlo en todo el territorio hondureño.

Se tomó una muestra de diez empresas de la ciudad de Tegucigalpa, que más obras han realizado en los últimos meses, de las cuales se obtienen datos relacionados con el conocimiento de la utilización de fibras, influencia del concreto reforzado con fibras, métodos de elaboración e identificación de los elementos estructurales en los que se debe utilizar, con el objetivo de identificar aquellas variables que intervienen para mejorar algunas de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico y así poder generar un nuevo tipo de concreto para la construcción. Por lo mencionado anteriormente se realizó una investigación con un enfoque mixto, predominando el enfoque cuantitativo debido al análisis de los resultados de los ensayos realizados para determinar la resistencia del CONCREPET, analizando los resultados por métodos estadísticos.

La idea de incorporar refuerzo adicional dentro del concreto es para desarrollar un concreto más ligero, generando una reducción en el micro fisuramiento al momento del fraguado, aumentando la ductilidad del concreto, modificando la resistencia a la tracción y a la compresión, lo que beneficia al ecosistema ya que se realizó un nuevo proceso de reciclado de botellas de refrescos.

1.2. Antecedentes del problema

Desde el principio de los años 1990 hasta la fecha se ha intensificado la ejecución de obras civiles en la ciudad de Tegucigalpa y a nivel nacional, por lo que también se ha intensificado el uso del concreto hidráulico, en la actualidad existen varios métodos para la fabricación de concretos modificados, que se han ido actualizando para mejorar las propiedades mecánicas, debido a que estamos destruyendo el ecosistema para general materia prima (agregados), por este motivo convenimos de utilizar material reciclable para su elaboración y uno de estos materiales que afecta al ecosistema es el (PET) porque tarda más de 600 años para desintegrarse, y es con el cual se elaboran las botellas plásticas de refrescos que se consumen a diario en el país, por lo que se buscó la incorporación de botellas plásticas (PET) en el concreto, esto para minimizar el impacto negativo ambiental en el planeta. El Gobierno de Honduras y otras instituciones proponen campañas para el correcto proceso de reciclaje, pero esto no resuelve el problema, esto puede ser consecuencia de una falta de conocimiento o por no tener un método correcto para su implementación.

1.3. Definición del problema

1.3.1 Enunciado

Los materiales de la construcción día a día tienen un mayor desarrollo en innovación, lo cual permite crear estructuras más resistentes por medio de materiales alternativos, esta investigación busca promover el uso de materiales reciclados como el PET proveniente de botellas de refresco, utilizado como material de construcción al incorporarlo al concreto hidráulico a lo que denominamos CONCREPET, siendo este producto más amigable con el medio ambiente y generando nuevas alternativas de construcción, modificando el comportamiento a flexión, impacto y fisuramiento del concreto hidráulico.

En el sector de la construcción somos responsables en gran parte por el deterioro ambiental, debido a la obtención de materia prima de bancos de préstamo, los residuos que generan las obras de construcción, la modificación del suelo y la explotación del recurso agua, todas estas son secuelas del desarrollo, esta investigación busca reducir estos efectos al transformar desechos en materia prima y con ello un concreto amigable con el medio ambiente.

1.3.2 Planteamiento del problema

Desconocimiento del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado con fibras recicladas de tereftalato de polietileno (PET).

¿Qué tan factible sería potenciar el conocimiento del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado con fibras recicladas de tereftalato de polietileno (PET)?

1.3.3 Preguntas de investigación

1. ¿Agregar fibras PET al concreto hidráulico es una alternativa viable para mejorar sus propiedades mecánicas?
2. ¿Cuál es la influencia en las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con la incorporación de fibras PET?
3. ¿Cuál es el porcentaje óptimo de fibras PET, con respecto al peso del concreto hidráulico, que se debe utilizar para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, entre los porcentajes de 0.10%, 0.25%, 0.50% y 0.75%?
4. ¿Se puede fabricar el concreto con fibras PET con el mismo equipo utilizado en la elaboración del concreto convencional?

5. ¿Qué efecto positivo tiene en el medio ambiente la fabricación de CONCREPET?
6. ¿Qué estrategia se puede establecer para incorporar el CONCREPET a la industria de la construcción?

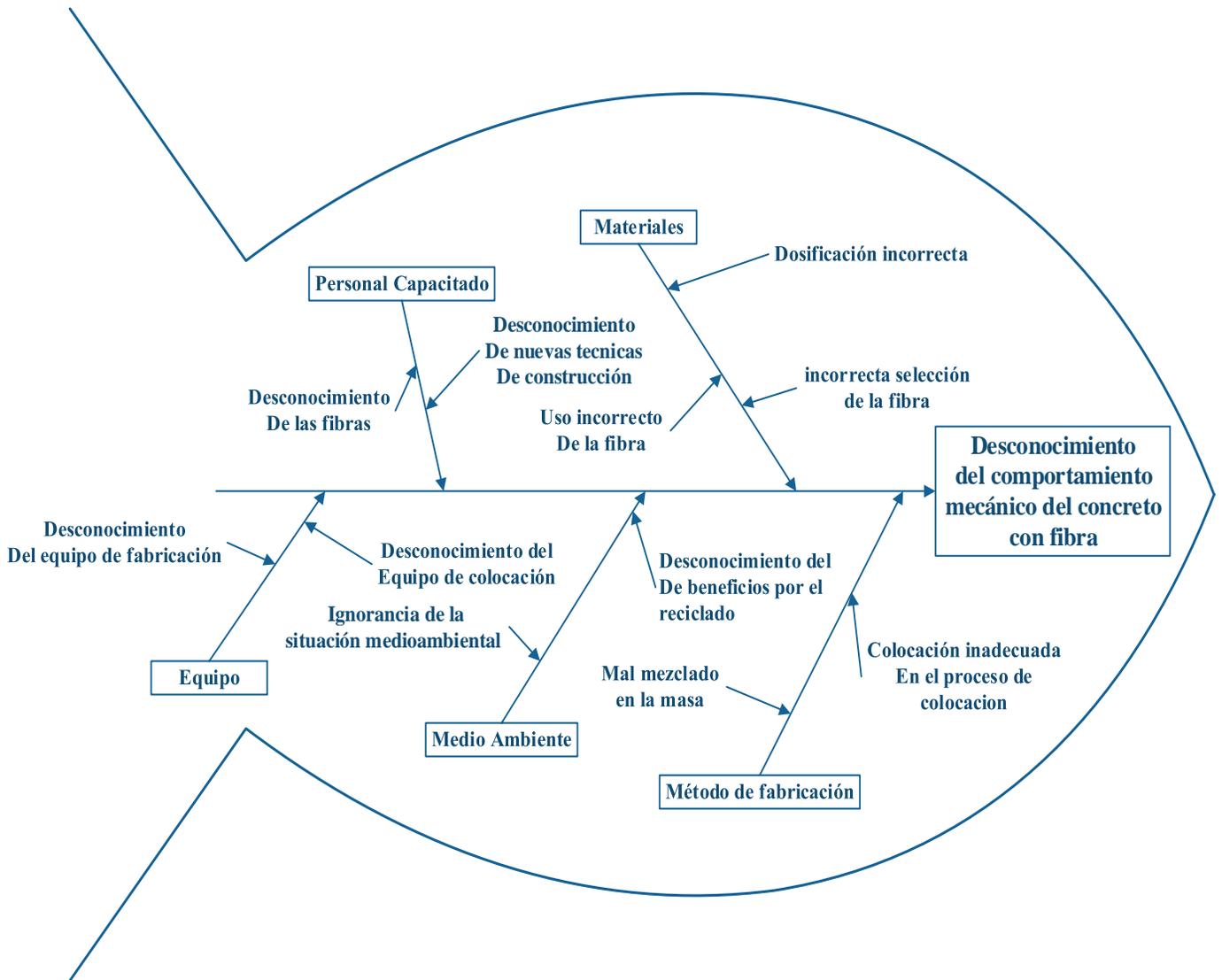


Figura 1. Diagrama de Ishikawa efecto negativo

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Facilitar la información sobre la fabricación y el comportamiento mecánico del concreto hidráulico al incluir fibras de PET recicladas en su elaboración, mediante una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación, para identificar las mejoras en las propiedades mecánicas y usos en la industria de la construcción, generando al mismo tiempo un material amigable con el medio ambiente.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar qué propiedades mecánicas son modificadas con la incorporación de fibras PET recicladas en el concreto hidráulico.
2. Analizar y comparar los parámetros de resistencia a la compresión, flexión y fisuramiento, con la incorporación de diferentes porcentajes de fibras PET recicladas en el concreto.
3. Determinar cuál es el porcentaje óptimo en función del peso de fibras PET recicladas con respecto al peso del concreto hidráulico, entre los porcentajes de 0.10%, 0.25%, 0.50% y 0.75% que se debe utilizar para mejorar algunas de las propiedades mecánicas del concreto.
4. Determinar el equipo para la fabricación del concreto modificado con fibras PET.
5. Identificar los beneficios en el medio ambiente al utilizar fibras de PET reciclado en la elaboración de concreto hidráulico.
6. Proponer una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación y usos del CONCREPET.

1.5. Justificación

La realización de esta investigación nace de la necesidad de conocer las propiedades mecánicas del concreto hidráulico que se ven afectadas al incorporar fibras de PET recicladas, de igual manera, ayudar a reducir la contaminación ambiental con el reciclaje del PET en Tegucigalpa y proporcionar a los ingenieros una guía práctica que ilustre la fabricación y posibles usos del CONCREPET, la cual ayudará a generar un material que sea amigable con el medio ambiente.

La necesidad de innovar en la industria de la construcción mediante la fabricación de un nuevo concreto hidráulico en el cual se utilice PET reciclado, y la necesidad de controlar los desechos sólidos, ha sido un problema no solo a nivel local, en la ciudad de Tegucigalpa, sino a nivel mundial, debido al daño ocasionado al ecosistema, explotando los recursos naturales para generar la materia prima como ser (grava, arena, cemento y agua), y resultando con daños irreversibles o muy costosos para el medio ambiente.

Por lo anterior se justifica la necesidad primordial de estudiar nuevas técnicas de construcción de obras civiles, en este caso, con materiales reciclados, para obtener obras amigables con el ambiente.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico es el respaldo del tema de estudio, se caracteriza por las citas planteadas, incluye análisis de la situación actual, macroentorno y microentorno.

2.1. Análisis de la situación actual

2.1.1 Análisis del macroentorno

Historia del cemento

Desde el origen la humanidad el hombre ha buscado Protección, seguridad y comodidad viéndose en la necesidad de construir espacios, utilizando materiales a su alcance:

La historia del cemento es la historia misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posibles. Desde que el ser humano superó la época de las cavernas, ha aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con determinadas características para cubrir requerimientos específicos. Templos, palacios, mausoleos y caminos entre muchos otros tipos de construcción, son resultado de todos esos esfuerzos, que a la vez han construido una de las más sólidas bases sobre las que se finca el progreso de la humanidad, el pueblo egipcio ya utilizaba un mortero mezcla de arena con material cementoso para unir bloques y losas, al erguir sus asombrosas construcciones. (Cemex Concretos, 2012, p. 31)

Desde la civilización romana se tuvo la necesidad de morteros de gran dureza para construir sus edificaciones y en la actualidad tenemos las mismas necesidades, por lo que se está investigando nuevos materiales que sean resistentes pero amigables con el ambiente.

Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena, producían un mortero de gran dureza, capaz de resistir la acción del agua dulce o salada. Un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzoli, de donde se tomó este material el nombre con el que actualmente se le conoce: puzolana. (Cemex Concretos, 2012, p. 31)

Según Campos (2013) en la actualidad, el concreto es el elemento más usado en el mundo para la construcción de obras civiles, por lo que diseñar correctamente con este material es de suma importancia para el desarrollo en la ingeniería civil.

Propiedades del Cemento

Para garantizar la calidad y durabilidad de las obras construidas con cemento, es importante que exista un proceso de supervisión en la línea de fabricación del cemento en todas sus etapas, en el caso particular de Chile, cuenta con una entidad que vela por la calidad en la fabricación del cemento utilizado en la construcción tanto de obras menores, tales como vivienda de un nivel, pavimentos como las de gran envergadura llamense estas obras presas, puentes y edificios de gran altura.

“En Chile existen fabricas que producen cemento de grado corriente y alta resistencia. Estas ejercen un estricto control del proceso de fabricación y además todos los cementos son controlados por un organismo oficial que garantiza la calidad del producto” (ICH, 1997, p. 10).

Las propiedades del concreto (resistencia, durabilidad, fluidez, trabajabilidad, entre otras.) están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas del cemento, agua y agregados, es por ello la importancia de usar un cemento adecuado, agua potable y agregados de calidad. (SENCICO, 2014, p. 12)

Una responsabilidad importante del supervisor de concreto consiste en verificar la calidad de los materiales utilizados en él. A veces se pueden utilizar fuentes de materiales de baja calidad, en especial como agregadas, para producir concreto de calidad satisfactoria, siempre que sean mejorados o adecuadamente procesados. Sin embargo, los componentes finales utilizados en la mezcla de concreto deben ser de la calidad especificada, resulta difícil y rara vez posible producir concreto satisfactorio a partir de materiales inadecuados. (ACI, 1992, p. 1)

Componentes del concreto

Para la fabricación del concreto hidráulico, así como para el cemento, se debe de contar con controles tanto para la calidad como para la cantidad de agregados (grava, arena, cemento y agua) garantizando así, las resistencias de diseño especificadas para cada tipo de obra, procurando no incurrir en mayores costos al adquirir materiales de baja calidad.

Se considera como agua de mezclado, al agua agregada a la revoltura, al hielo añadido, si es el caso, y al agua libre de los agregados y aditivos. El agua agregada debe ser medida por masa o por volumen con una tolerancia determinada del agua de mezclado total requerida. (ICMYC 90, 2015, p. 58)

La importancia de colocar la cantidad optima de agua en mezclado de concreto, es determinante para lograr las resistencias de compresión y flexo-compresión diseñados, así como lo anuncia el Instituto Chileno del Hormigón.

“La cantidad de agua de amasado influye directamente sobre la docilidad, sin embargo, se debe tener en cuenta que un exceso de agua favorece la separación de los componentes y disminuye la resistencia” (ICH, 1997, p. 8).

El utilizar en la mezcla agregados con una mala clasificación y materiales sucios será un costo adicional ya que para lograr las resistencias de diseño específicas se deberá incorporar más cantidad de cemento.

“Agregados de baja calidad, que generalmente se obtienen a un precio menor, significan un aumento en el precio de la mezcla de concreto” (ICCYC, 2006, p.6).

Concreto Reforzado

Según Báez (2015) el concreto reforzado 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 a fin de soportar los esfuerzos de tracción.

Según el Instituto Americano del Concreto (2014) respecto al acero de refuerzo dentro del concreto indica: “Las pruebas de exposición indican que la calidad del concreto, la compactación adecuada y el apropiado recubrimiento de concreto pueden ser más importantes para la protección contra la corrosión que el ancho de fisura en la superficie del concreto” (p.429).

Como lo citan los autores en los párrafos anteriores, el concreto no resiste esfuerzos como la flexión o tracción y por ello se utiliza el acero para mejorar esta debilidad, por tanto, es válido pensar que al agregar fibras de PET recicladas se pueda mejorar alguna de las propiedades mecánicas del concreto y a la vez incentivar el reciclado del PET de las botellas plásticas en el país, las cuales son un problema ya que se depositan en alcantarillas ríos y esto ocasiona inundaciones en los mercados y centro de la capital.

Mucho se habla de la importancia del reciclaje en la ecología. Y es que reciclar nuestras propias basuras es vital para tener un comportamiento ecológico. El ser humano desecha muchísimos residuos al cabo del año, lo que causa una gran contaminación en nuestro planeta, que sufre con ella cada vez más. El reciclaje adecuado y diario ayuda a no ensuciar el planeta a los altísimos niveles que lo hacemos actualmente. (Borras, 2018)

En la figura 2 se ilustra el compuesto PET que se adicionó al concreto hidráulico, se puede observar la forma original y luego el producto final (botella) una vez que ha sido moldeado en caliente.



Figura 2. Botella de PET en su condición virgen

Fuente: (Plástico, 2011)

Debido a que estamos urbanizado en exceso el planeta y las necesidades de consumo cada día son mayores, por lo que los países desarrollados generan más desechos sólidos al planeta esto implicando un impacto negativo al medio ambiente, así como lo determina el analista Borras.

Si medimos la basura que generamos por regiones en el mundo, nos encontramos con que los países que más desechos generamos son los "desarrollados"; es decir, los pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE): los de la Unión Europea, Canadá, Estados Unidos, México, Japón, Australia, Nueva Zelanda... Seguido de la zona de Asia Oriental y Pacífico con un 21%, donde se utilizan a menudo envases ya prohibidos en Europa y se generan un número enorme de desechos; además, la cultura del reciclaje está muy poco implantada allí. El 12% siguiente se lo lleva la zona de América Latina y Caribe y sólo el 5% de basuras se generan en el África Subsahariana. (Borras, 2018)

En Brasil ya se cuenta con empresas de reciclaje que producen productos a base del PET de botellas plásticas, lo que beneficia al medio ambiente ya que retiran mas de 700 toneladas de plástico de los basureros.

Arteplas, una empresa en Brasil, en el estado de Santa Catarina y muy cerca de la ciudad de Florianopolis, está tomando las botellas de plástico fuera de los basureros y fabricando cuerdas de alta calidad. Según la gente de Arteplas, la empresa utiliza 100% polietileno tereftalato (PET) reciclado de botellas de plástico, y cada mes se toman 700 toneladas de este material para convertirlas en 550 toneladas de cuerda. Arteplas es el mayor productor de cuerdas de PET en América Latina. (Polo, 2010)



Figura 3. PET convertido en fibras para elaborar cuerdas

Fuente: (Polo, 2010)

Mas cerca de Centroamérica, en México se reciclaba a principios del 2002 el seis por ciento de PET y en el transcurso de los años ha pasado a casi un cincuenta y siete por ciento de PET, lo que indica que la actividad del reciclado es una empresa creciente que genera beneficios no solo al ambiente sino también a los empresarios.

México hoy recicla más material que cualquier otro país, con lo que se ha convertido en uno de los líderes a nivel mundial al haber recuperado más de tres millones 188 mil toneladas de PET para su reciclaje a lo largo de 15 años. Así lo subrayó el presidente de Ecoce, Jorge Zindel Mundet, al celebrar este jueves el 15 aniversario de la fundación de ese organismo que nació en 2002 ante la necesidad de brindar una solución de fondo al manejo de residuos de envases PET. En el marco de este encuentro, el empresario reveló que, a lo largo de estos tres lustros, México ha logrado pasar de seis por ciento de recuperación de PET a casi 57 por ciento, cifra comparable al consumo promedio de la Unión Europea y superior a Estados Unidos, Brasil y Canadá. (Tribuna, 2017)

En la figura 4 se muestra un joven mexicano que recicla botellas plásticas y latas de refresco, las cuales transporta en una carreta tira a mano durante sus jornadas de recolección, para luego llevarla a los centros de reciclado donde son vendidas por libra.



Figura 4. Hoy el concepto de reciclar forma parte de la cultura de los mexicanos

Fuente: (Tribuna, 2017)

2.1.2 Análisis del microentorno

Cemento

Cuando hablamos de concreto de alto desempeño la selección del tipo de cemento es de suma importancia, y ya que es el principal componente debe de cumplir con todas las normas para asegurar su calidad.

La elección del tipo de cemento Portland a usarse es muy importante para los concretos de alto desempeño, estos deben cumplir con las normas como la ASTM C 150 o C 595, por ser el cemento el componente más activo del concreto, y teniendo en cuenta que todas las propiedades del concreto de la cantidad y tipo de cemento a usarse es que la selección del tipo a usarse y una adecuada dosificación son muy importantes. (Barriga, 2007, p. 25)

Agua de mezclado

Cuando hablamos de concreto generalmente se habla de proporciones de grava, arena y cemento y agua de masado, y este último es un componente que tiene gran incidencia en concreto, tanto en trabajabilidad como en la resistencia

En Centroamérica las normas que generalmente se usan para el control de la producción del concreto ponen especial atención al control del agua de amasado como especifica la Portland Cement Association, (2014): Cuanta menos agua se usa, mejor es la calidad del concreto, si es que la mezcla se puede consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezcla resultan en mezclas más rígidas; pero con vibración, aún las mezclas más rígidas pueden ser fácilmente colocadas. (p.2)

Agregados

Cuando hablamos de agregados para concreto de alto desempeño la calidad de estos esta muy ligada a la calidad del concreto en general ya que al mejorar la pasta los agregados pueden ser la cuasa de falla.

A diferencia del concreto tradicional, en donde la resistencia depende de la calidad de la pasta y su capacidad de adherencia con los agregados, para concretos de alto desempeño, cuanto menor sea el tamaño máximo del agregado grueso, mayor será la resistencia, ya que con la mejora de la pasta los agregados son la causa de falla. (Berrera, 2006, p. 13)

Fibras en el concreto

La incorporación de fibras en el concreto para la construcción de viviendas y/o edificaciones han tenido un impacto positivo, ya que mejora sus propiedades de consistencia, durabilidad, resistencia de flexo-compresión, fisuramiento por contracción y temperatura, así como lo determina SIKA el año 2014.

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 o 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. Las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones hoy en día se emplean principalmente dos tipos de clasificación, la cual se presenta en las tablas 1 y 2. (SIKA, 2014, p. 7)

Por lo anterior se observa que el uso de fibras en el concreto no es algo nuevo, sin embargo, hasta estos días está tomando un uso más generalizado y con mayor confianza.

Tabla 1. Clasificación de las fibras por material

POR MATERIAL			
FIBRAS METÁLICAS	FIBRAS SINTÉTICAS	FIBRAS VIDRIOS	FIBRAS NATURALES
Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón).	Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Polietileno, Nylon, Poliéster etc.	Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.	Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%.

Fuente: (SIKA, 2014)

Tabla 2. Clasificación de las fibras por Funcionalidad

POR FUNCIONALIDAD, GEOMETRÍA Y DOSIFICACIÓN	
MICROFIBRAS	MACROFIBRAS
Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes entre 0.03% a 0.15% del mismo.	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 macrofibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm, la relación de aspecto (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100.

Fuente: (SIKA, 2014)

En la figura 5 se muestra esquemáticamente donde actúan las fibras de acuerdo al estado físico del concreto, considerando una programación sobre la cual se puede tomar decisiones basados en el parámetro de aceptación.

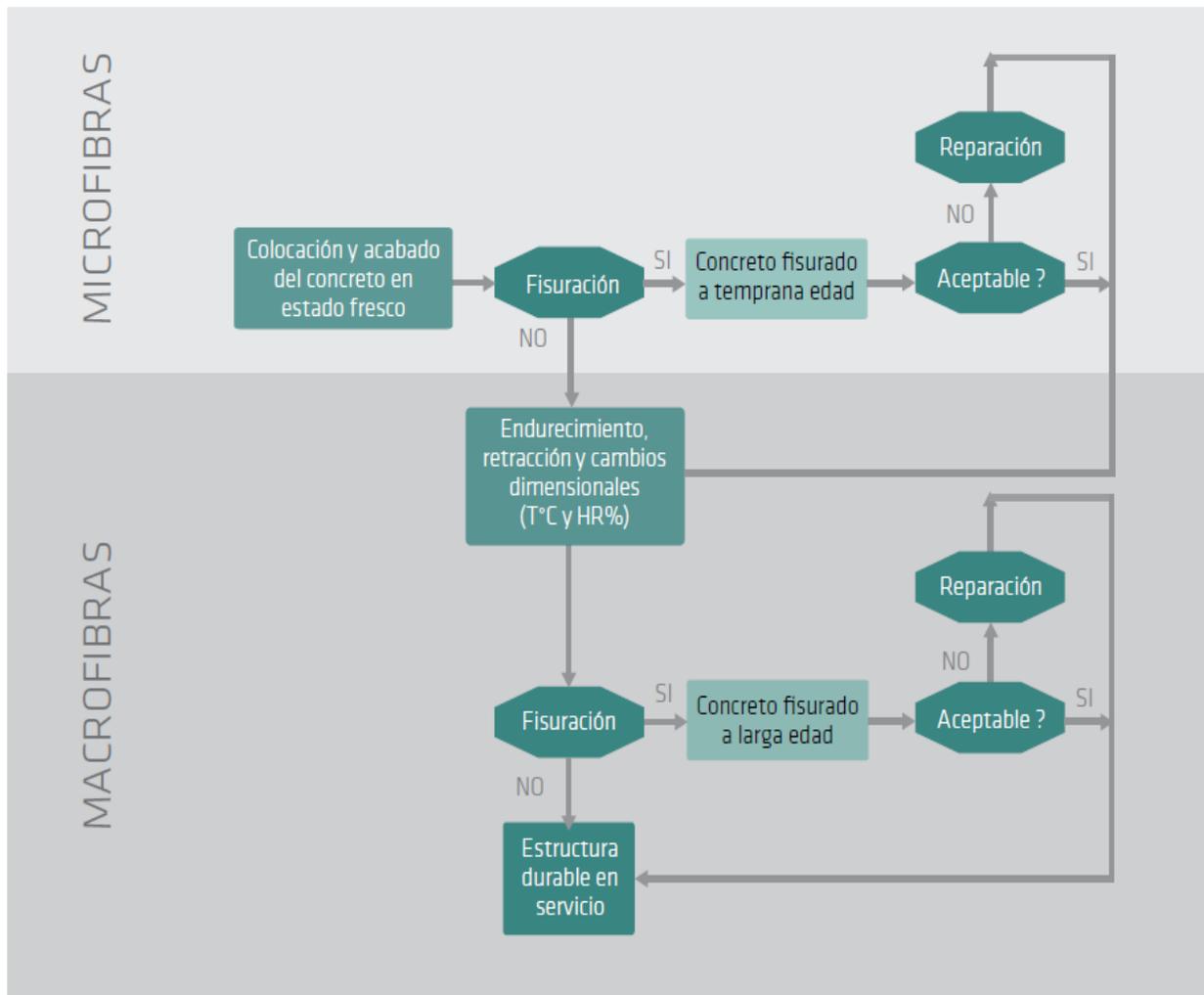


Figura 5. Donde actúan las fibras según el estado del concreto

Fuente: (SIKA, 2014)

En la figura 6 se muestran los diferentes tipos de fibras que se comercializan en Tegucigalapa, los cuales ya son utilizados para el control de fisuras por contracción del fraguado y agrietamiento por temperatura



Figura 6. Diferentes tipos de fibras que se comercializan en Tegucigalpa

Fuente: (SIKA, 2014)

Tipo de fibra	Diámetro equivalente um	Densidad relativa	Resistencia a tensión MPa	Módulo de elasticidad GPa	Alargamiento último %	Temperatura de ignición °C	Temperatura de fusión, oxidación o descomposición, °C	Absorción del agua según ASTM D 570, % por masa
Acrílico	13-104	1.16-1.18	270-1000	14-19	7.5-50.0	-	220-235	1.0-2.5
Aramida I	12	1.44	2900	60	4.4	alta	480	4.3
Aramida II+	10	1.44	2350	115	2.5	alta	480	1.2
Carbón PAN HM •	8	1.6-1.7	2500-3000	380	0.5-0.7	alta	400	nula
Carbón, PAN HT §	9	1.6-1.7	3450-4000	230	1.0-1.5	alta	400	nula
Carbón, brea GP **	10-13	1.6-1.7	480-790	27-35	2.0-2.4	alta	400	3-7
Carbón, brea HP ≈	9-18	1.8-2.15	1500-3100	150-480	0.5-1.1	alta	500	nula
Nylon >	23	1.14	970	5	20	-	200-220	2.8-5.0
Poliéster	20	1.34-1.39	230-1100	17	12-150	600	260	0.4
Poliétileno >	25-1000	0.92-0.96	75-590	5	3-80	-	130	nula
Polipropileno >	-	0.90-0.91	140-700	3.5-4.8	15	600	165	nula

*No todos los tipos de fibras se usan actualmente para producción comercial de FRC + Módulo alto
 • A base de poliacrilonitrilo, módulo alto.
 § A base de poliacrilonitrilo, alta resistencia a tensión
 ** A base de brea isotrópica, para propósitos generales.
 ≈ A base de brea mesofase, alto desempeño
 > Los datos se enlistan sólo para fibras comercialmente disponibles para FRC.

Figura 7. Tipos y propiedades de fibras sintéticas seleccionadas

Fuente: (IMCYC 13, 2007)

2.1.3 Análisis Interno

En Tegucigalpa la industria de la construcción ha tenido un crecimiento importante en los últimos años, tanto con inversión privada como para viviendas del sector social con el aporte del gobierno central, esto debido a la creciente demanda de viviendas y a la poca oferta con que ha sido atendida en los últimos años.

La construcción residencial marca el buen momento de la industria de la construcción con un aumento del 15%. A pesar de la construcción de edificios de apartamentos, es la construcción de viviendas la que gana el pulso con un crecimiento del 31% en relación con el 2016. Los edificios de apartamentos que crecieron más de 100 por ciento en 2016 cerraron el primer trimestre con una caída del 40%. Pero ¿cuáles son las bases del crecimiento de viviendas? Los proyectos de "vivienda social" con aporte estatal están dando frutos en cuatro ciudades del país: San Pedro Sula, Villanueva, Choloma y Tegucigalpa.

Las edificaciones muchas de las cuales se erigen en zonas de alta plusvalía de Tegucigalpa (...). En colonias de clase media como Miraflores, Las Colinas, Alameda y El Trapiche, por ejemplo, se construyen edificios de tres, cuatro y hasta cinco pisos con apartamentos, en este caso para alquiler. El presidente de la Cámara Nacional de Bienes Raíces, Marcos Saavedra, dijo a Dinero & Negocios que la tendencia de las construcciones verticales se está imponiendo por varios factores, entre los que destaca el costo de la tierra, que obliga a un mejor aprovechamiento de esta y la inseguridad. Las edificaciones verticales ofrecen otros factores que les vuelven interesantes, principalmente a las parejas jóvenes, como la modernidad arquitectónica, las zonas de construcción (de alta plusvalía), las áreas sociales y sus zonas de estacionamientos. (Prensa, 2017, p. 12)

La densidad poblacional en Tegucigalpa es sumamente alta, por lo que ya hay invasiones a sus alrededores donde ya se lotifican y construyen viviendas fuera del sector formal que también demandan de concreto para su construcción.

La población del Área Metropolitana de Tegucigalpa era de 990,982 en 2000, y ocupaba una superficie construida de 96.7 kilómetros cuadrados. Por lo tanto, la densidad bruta de la población era 10,250/km², una de las densidades más altas en la región. Según esta densidad cada nueva persona que viene a vivir en la ciudad consume, en promedio, 100 m² de nuevo terreno urbano.

El Volumen, la Estructura y los Costos de Producción de Vivienda: En promedio, 34,000 unidades de vivienda son producidas actualmente en zonas urbanas cada año—9,000 en Tegucigalpa, 10,000 en San Pedro Sula, y 15,000 en otras ciudades. Por ejemplo, la tasa de producción de vivienda en 2001 en Tegucigalpa fue relativamente alta 9.3 unidades de vivienda por 1,000 personas. Alrededor de 65-75% de la producción de vivienda anual ocurre actualmente fuera del sector formal. El costo de construcción directo de una vivienda formal de precio mediano en Tegucigalpa es actualmente del orden de L. 1,800 (\$110) por m². Los costos de construcción en el sector informal parecieran ser semejantes, pero una vivienda básica inicial de 36 m² en una nueva invasión cuesta solamente L. 10,000, o L. 275 (\$17) por m². (Ángel, 2002, p. 5)

Por lo anteriormente citado, podemos decir que la industria de la construcción en Tegucigalpa está teniendo un crecimiento constante, lo que conlleva a un aumento en el uso de concreto hidráulico (hormigón) a ser usado en dichas construcciones.

Limitaciones del Concreto (Hormigón)

El hormigón posee una serie de características que lo mantiene como el material estructural más utilizado en el mundo. Sin embargo, el hormigón tiene una serie de limitaciones, como su comportamiento frágil y la baja capacidad de deformación antes de la rotura. Como consecuencia de su fragilidad, su resistencia a la tracción es muy baja cuando es comparada con su resistencia a la compresión. Una de las alternativas técnicas que podemos utilizar para minimizar esas limitaciones es el uso de fibras. La introducción de fibras en el hormigón tiene como objetivo minimizar el comportamiento frágil característico del mismo, presentando una resistencia residual a los esfuerzos en él aplicados incluso después de la fisuración. La alteración del comportamiento es función de las características de las fibras, de la matriz de hormigón y de su interacción.

Uso de fibras en el concreto

Es importante destacar que con los bajos contenidos de fibras usualmente incorporados a los concretos no representa cambios apreciables en su comportamiento. Bajo cantidades adecuadas, su comportamiento tiende a ser dúctil, debido la redistribución de tensiones propiciada por el elemento fibroso. (Maccaferri, 2006)

Conforme a lo planteado por Maccaferri la adicción de fibras al concreto en cantidades adecuadas modifican algunas características como la fragilidad y presentan resistencia residual aun después de la fisuración.

Basado en las publicaciones de ACI sobre el tema, que ya tenía una comisión de estudios organizada en 1966 (comité 544), un factor muy importante a ser aclarado es que la fibra agregada al hormigón no tiene por finalidad sustituir la armadura convencional, sin embargo, eso es posible en las estructuras donde se puedan garantizar una significativa redistribución de esfuerzos, como por ejemplo pisos apoyados sobre suelo, túneles, dovelas, etc.

Las fibras de acero, así como el acero de construcción común, no reciben ningún tratamiento para evitar la corrosión y su durabilidad está condicionada a su confinamiento en el medio fuertemente alcalino del hormigón donde permanecerá pasiva. Como las fibras restringen la propagación de las fisuras en el hormigón, se tiene un aumento de la resistencia a la entrada de agentes agresivos con el consecuente aumento de la durabilidad de la estructura. (Maccaferri, 2006)

De acuerdo a Maccaferri las fibras de acero y el acero convencional no reciben ningún tratamiento contra la corrosión, por lo que su durabilidad está condicionada al confinamiento, y si tiene presencia de agua este podría corroerse. Maccaferri también manifiesta que según el ACI las fibras en el concreto no reemplazan el acero de refuerzo convencional hablando de columnas, vigas o losas de entrepiso, sin embargo, si podría sustituir el acero de refuerzo en elementos apoyados sobre el suelo como losas de piso, túneles entre otros.

En la figura 8 se puede observar el comportamiento que tienen algunos materiales al comparar el esfuerzo con la deformación unitaria, el vidrio y hormigón presentan un comportamiento elástico, el acero un comportamiento elasto – plástico y concreto reforzado con fibra cambia su comportamiento de elástico a elasto – plástico.



Figura 8. Graficas esfuerzo - deformación de algunos materiales

Fuente: Maccaferri, 2006

Reciclado de PET en Tegucigalpa

Según el Ing. Flores de la Superintendencia de Aseo Municipal de la AMDC , (2018) afirma; que el proceso de reciclaje ha ido disminuyendo con respecto a años anteriores en el botadero municipal del distrito central, debido que hoy en día hay muchas personas que su medio de subsistencia es la recolección de botellas de refresco en las calles como en los basureros comunes, la alcaldía registra cuanto es el peso de PET que sale de su predio en los camiones compradores y registran estas últimas estadísticas. (Flores, 2018)

La tabla 3 muestra las cantidades de PET recolectadas en el botadero municipal en los meses de septiembre a diciembre del 2017 según datos recolectados por la Superintendencia de Aseo Municipal de la AMDC

Tabla 3. Estadísticas de recolección de PET botadero Municipal D.C. en 2017

Mes	Peso (lb)	Toneladas
Septiembre	21,520	9.76
Octubre	14,000	6.35
Noviembre	34,940	15.84
Diciembre	42,270	19.17

Fuente: (Flores, 2018)

A inicios de 2016 comenzó operaciones la planta recicladora y productora de resina y lámina de material PET (polietileno tereftalato). La planta, que es la primera en Centroamérica, se construyó con una inversión de 10 millones de dólares y producirá 650 toneladas de resina al mes, la cual será utilizada por embotelladoras de Honduras, Nicaragua y El Salvador. Esta nueva industria es parte de la planta recicladora Inverna, ubicada en el Zapotal, que empezó a incursionar con la producción de lámina PET, con la cual pretenden aumentar el nivel de recolección de plástico y el precio del material reciclado. (La Prensa, 2017)

En Honduras ya comienza a incentivarse el reciclado, debido a que se cuenta con plantas procesadoras de productos PET que incentivan la recolección del producto por la mejora en los precios de compra.



Figura 9. Planta recicladora INVEMA San Pedro Sula

Fuente: (La Prensa, 2017)

El director general de la recicladora, George Gatlin, explicó a LA PRENSA que con la nueva planta esperan aumentar el nivel de recolección en un 9% para los próximos dos años. "Todas las botellas que se utilizan en el país son hechas con resina exportada. Con este proyecto se garantiza un mayor valor a las botellas que se botan porque ahora se quedan aquí. De esta forma se incentiva más a las personas para que reciclen el material y se mejora el medio ambiente", indicó Gatlin. (...) "En los últimos años, el porcentaje de recolección en el país es de 84%. Para los próximos años esperamos llegar a un 95%", dijo Gatlin. (La Prensa, 2017)

Los propietarios de las empresas recicladoras en el país no solo se preocupan por reducir los niveles de PET que llegan a los botaderos municipales, sino que también ven los beneficios que generan al medio ambiente.



Figura 10. Centro de recolección Planta INVEMA

Fuente: (La Prensa, 2017)

Melvin Álvarez desde hace cuatro años se dedica a reciclar plástico. A sus 50 años espera que los precios del material aumenten para tener más ganancias. Desde 2015, el precio de los materiales reciclados disminuyó debido a la caída del petróleo, no obstante, con la planta se logrará aumentar el precio del plástico. "En 2014, la libra del plástico la comprábamos a 7 lempiras, pero con la caída de precios actualmente cuesta L 3.70, pero con la planta la idea es que el precio de compra al recolector aumente, no podemos decir cuánto, pero estamos seguros de que aumentará".



Figura 11. Zona de Clasificación de botellas de PET, Planta INVEMA

Fuente: (La Prensa, 2017)

El plástico es el material que más volumen genera a la planta Inverna, indicó su gerente Ángela Fajardo. Además, es un derivado del petróleo, lo que lo hace un recurso no renovable. Los aditivos y tratamientos que recibe hacen que no sean digeribles para la naturaleza. Ese material tarda cientos de años en degradarse, por ello produce mucho daño en el suelo. Los desechos plásticos en ríos y lagos llegan a los océanos, en donde se convierten en un contaminante importante, aumentando la mortalidad de animales como aves marinas, tortugas, focas y peces. Es por eso por lo que el reciclaje es una excelente forma para mitigar sus efectos. (La Prensa, 2017)

Debido a que el PET no es un producto biodegradable, es decir que no se descompone naturalmente, debido a que los biológicos no lo afectan lo hacen un material ideal como componente integral del concreto hidráulico, ya que es inerte a las reacciones químicas en presencia del agua y el oxígeno, lo que lo pone en ventaja sobre el refuerzo de acero convencional que es muy susceptible a la oxidación.

2.2. Teorías

2.2.1 Teoría de sustento

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de efecto- causa, diagrama Grandal o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez. Consiste en una representación gráfica y sencilla en la que se puede verse de manera racional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es unas de las diversas herramientas sugeridas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en los servicios, para facilitar el análisis. (Ishikawa, 1986, P. 17)

En la estructura del diagrama de Ishikawa los problemas son clasificados según seis clases de causas cumpliendo las 6 M:

1. Materia prima
2. Método
3. Mano de obra
4. Medición
5. Maquinas
6. Medio ambiente

Componentes del diagrama de Ishikawa

- Cabecera (titulo, fecha, autor)
- Efecto (problema a analizar a la derecha de la hoja)
- Eje central (flecha o línea horizontal en el centro de la hoja dirigida al efecto)
- Categoría (flecha o línea horizontal en el centro de la hoja dirigida al efecto)
- Causa (potenciales causas de cada categoría que se extienden con líneas apuntando a ellas).

“Partiendo de la espina central podemos encontrar cuatro o más líneas que apuntan hacia la línea central, llamadas espinas principales (causas principales), y que estas a su vez cuentan con líneas o espinas inclinadas, llamadas espinas secundarias o sub-causas” (Borrego, D., 2009).

2.2.2 Conceptualización

Material: “Se define como material como compuesto todo sistema o combinación de materiales construido (...) de dos o más componentes, que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas, no siendo estas nuevas propiedades ninguna de las anteriores” (Dietrich, Materiales Compuestos, 2005).

Cemento: es un polvo fino que se obtiene de la calcinación de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el clinker principal ingrediente del cemento que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento. (Bernal, 2018, p. 2)

Concreto: “El concreto es un material compuesto (...) formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos, la mayoría de las ocasiones se utiliza como aglomerante cemento Portland” (Corral, 2018, p.1).

Polietileno-Tereftalato (PET): está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar etilenglicol. El PET se hace combinando el ácido tereftálico y el etilenglicol. (Secretaría del Medio Ambiente de México, 2018)

Consistencia: “Es la movilidad relativa de la mezcla de hormigón. Se mide en términos de caída: cuanto mayor es la caída, más móvil es la mezcla, y afecta la facilidad con la que el concreto fluye durante la colocación” (ACI 211.1, 1991).

Personal Capacitado: “El conocimiento adquirido a través de la experiencia de otros les permitirá desarrollar un trabajo más eficiente, con menos errores que si tuvieran que aprender a base de tanteos” (Abbott, 1987, p. 51).

2.3. Metodologías aplicadas

Las metodologías aplicadas son el sustento de cómo vamos a resolver los problemas planteados y que orden debemos seguir para llegar a los resultados supuestos y poder concluir con los hallazgos encontrados a lo largo de la investigación.

2.3.1 Práctica estándar para dosificación de concreto ACI 211.1-91

Según ACI 211.1-91, (1991) define: Esta metodología se fundamenta en el cálculo de la dosificación basada en la resistencia a la compresión del concreto. Se determina el contenido de agregado grueso, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino y genera una primera aproximación de proporciones destinado a ser verificado por lotes de prueba en el laboratorio o campo y ajustado, según sea necesario, para producir las características deseadas del concreto.

Son nueve pasos los que considera la metodología para el proporcionamiento de mezclas para concreto normal, incluyendo el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba y son los siguientes:

1. Determinar el revenimiento requerido: si el revenimiento no es especificado se puede utilizar los valores de la siguiente tabla, pero se aplican cuando el concreto es vibrado.

Tabla 4. Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción

Types of construction	Slump, in.	
	Maximum+	Minimum
Reinforced foundation walls and footings	3	1
Plain footings, caissons, and substructure walls	3	1
Beams and reinforced walls	4	1
Building columns	4	1
Pavements and slabs	3	1
Mass concrete	2	1

Fuente: (ACI 211.1, 1991)

2. Selección del tamaño máximo de los agregados: grandes tamaños máximos de agregados bien graduados tienen menos huecos, por lo que se necesita menos mortero por unidad de volumen.
3. Estimación de la mezcla de agua y aire incluido: con la siguiente tabla se puede estimar el agua requerida para concreto con varios tamaños máximos de agregado y con o sin aire incluido.

Tabla 5. Requisitos aproximados de agua de mezclado

Water, Kg/m ³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate								
Slump, mm	9.5*	12.5*	19*	25*	37.5*	50†*	75†‡	150†‡
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††
Extreme exposure††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

Fuente: (ACI 211.1, 1991)

4. Selección de relación agua cemento: el requerimiento de agua / cemento esta determinado no solo por los los requerimientos de resistencia sino tambien por factor de durabilidad, se puede determinar por la siguiente tabla.

Tabla 6. Correspondencia relación agua/cemento y resistencia a la compresión

Compressive strength at 28 days, MPa*	Water-cement ratio, by mass	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
40	0.42	—
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

Fuente: (ACI 211.1, 1991)

5. Cálculo del contenido de cemento: la cantidad de cemento por unidad de volumen se fija por los pasos 3 y 4 anteriores.
6. Estimación del contenido de agregado grueso: agregados del mismo tamaño maximo nominal los valores apropiados se presentan acontinuación.

Tabla 7. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen concreto

Nominal maximum size of aggregate, mm	Volume of dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli† of fine aggregate			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (ACI 211.1, 1991)

7. Estimación del contenido de agregado fino: Su cantidad es determinada por la diferencia, de acuerdo al peso o volumen absoluto, y el peso del concreto por unidad de volumen para primera estimación se podría utilizar los valores de la siguiente tabla.

Tabla 8. Primera estimación para peso de concreto fresco

Nominal maximum size of aggregate, mm	First estimate of concrete unit mass, kg/m ³ *	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Fuente: (ACI 211.1, 1991)

8. Ajustes para la humedad del agregado: En general los agregados están húmedos y su peso seco debe aumentarse por el porcentaje de agua absorbido y superficial.
9. Ajuste por lotes de prueba: el cálculo de las proporciones de la mezcla deben verificarse mediante pruebas de lotes preparadas aprobadas de acuerdo a la norma ASTM.

2.3.2 Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio ASTM C-192/C-192 M-02

Según ASTM C192, (2002) define: Esta normativa determina procedimientos estándares para la fabricación, curado y probar especímenes de concreto en el laboratorio siguiendo con precisión el control de materiales y condiciones de prueba, usando concreto que puede consolidarse mediante varillaje o vibración, con la finalidad de proporcionar especímenes para fines de investigación, evaluación de diferentes mezclas y materiales, entre otras, número mínimo de especímenes de prueba será de 2 para cada edad, esto dependerá de la finalidad de la investigación.

Especímenes cilíndricos; se elaboran para las pruebas de compresión, módulo de elasticidad, flujo plástico (...) donde la correlación o comparación con cilindros de campo será las dimensiones serán 6” diámetro y 12” de altura. Especímenes prismáticos; se elaboran para vigas para la prueba a flexión, donde las dimensiones deberán de ser 12” de largo, 6” pulgadas de ancho y 6” de altura.

Los especímenes se elaboran llenando y compactando en capas, si utilizamos varilla debemos de dar el número de golpes de forma que se distribuyan los golpes uniformemente en toda su superficie tal como se especifica en la tabla siguiente. El curado se debe desmoldar los especímenes no antes de 20 horas ni después de 48 horas de su elaboración y luego se deberá sumergir totalmente en agua o por almacenamiento en un cuarto húmedo.

Tabla 9. Número de golpes por capa

Cylinders		
Diameter of Cylinder, in. [mm]	Diameter of Rod in. [mm]	Number of Strokes/Layer
2 [50] to <6 [150]	3/8[10]	25
6 [150]	5/8 [16]	25
8 [200]	5/8 [16]	50
10 [250]	5/8 [16]	75
Beams and Prisms		
Top Surface Area of Specimen, in. ² [cm ²]	Diameter of Rod in. (mm)	Number of Roddings/Layer
25 [160] or less	3/8[10]	25
26 to 49 [165 to 310]	3/8[10]	one for each 1 in. ² [7 cm ²] of surface
50 [320] or more	5/8 [16]	one for each 2 in. ² [14 cm ²] of surface
Horizontal Creep Cylinders		
Diameter of Cylinder in. [mm]	Diameter of Rod in. [mm]	Number of Roddings/Layer
6 [150]	5/8[16]	50 total, 25 along both sides of axis

Fuente: (ASTM C192, 2002)

Prueba al concreto fresco; se debe de realizar el revenimiento para determinar la trabajabilidad y la cantidad de agua que se le agrego a la mezcla, este se debe de realizar con un tronco cónico de 4” diámetro superior, 8” diámetro inferior y 12” de altura y se debe de compactar con una varilla de cabeza redondeada de diámetro de 5/8” en tres capas cada una se le dará 25 golpes, el revenimiento desea para concreto estructural sin aditivos esta entre 2” - 7” medido desde la parte superior del molde hasta la mezcla. (ASTM C143, 2001)

2.3.3 Resistencia a la compresión de cilindros de Concreto ASTM C-39/C-39M-01

Según ASTM C39, (2001) define; una metodología de ensayo usado para determinar la resistencia a compresión de un espécimen cilíndrico preparado de acuerdo con la norma ASTM C-192/C-

192M-02, el ensayo consiste en la aplicación de una carga de compresión uniaxial al cilindro a una velocidad de carga especificada (0.25 ± 0.05 MPa/s), la resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen.

Cabeceo; Antes del ensayo, las bases de los especímenes o caras de aplicación de carga no se deben apartar de la perpendicular al eje en más de $0,5^\circ$, aproximadamente 3 mm en 300 mm, y no se permiten irregularidades respecto de un plano que exceda de 0,05 mm, en caso contrario deben ser cabeceadas con un neopreno de grado 60.

Cuando la altura promedio del espécimen es menor de 1,8 veces el diámetro, el resultado de la resistencia debe corregirse por esbeltez de acuerdo con la Tabla 1. Los valores intermedios que no aparecen en la siguiente Tabla deben calcularse por interpolación, no deberán ensayarse especímenes con relación diámetro a altura menor de 1:1.

En la figura 12 se presentan las siete (7) posibles formas de falla de los cilindros de concreto hidráulico durante el ensayo de compresión, generalmente estas fallas se presentan cuando la resistencia a la compresión del cilindro llega a la resistencia máxima y falla.

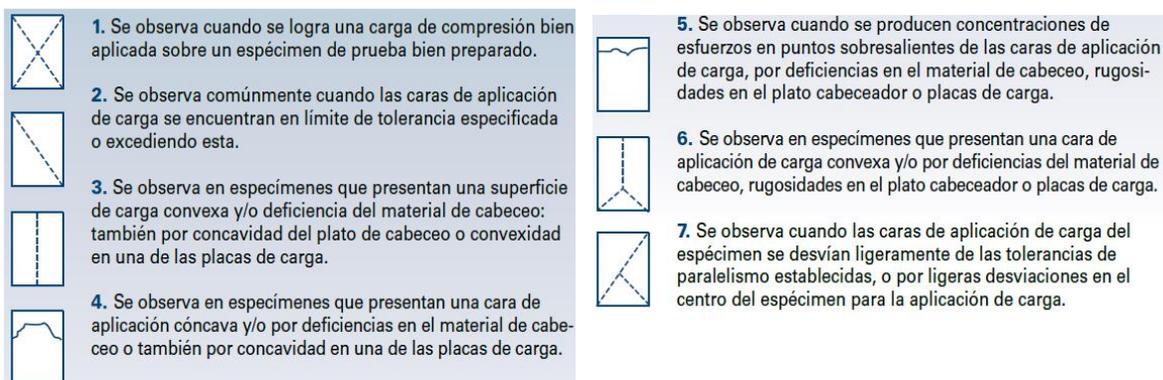


Figura 12. Diagrama de Fallas de cilindros sometidos a compresión

Fuente: (IMCYC 15, 2008)

Tabla 10. corrección por esbeltez del espécimen

L/D	1.75	1.50	1.25	1
Factor	0.98	0.95	0.93	0.87

Fuente: (ASTM C39, 2001)

2.3.4 Esfuerzo de flexión del concreto ASTM C 78 - 03

Según ASTM C78, (2003) define: una metodología de ensayo que se usa para determinar el esfuerzo de flexión de especímenes preparados y curados de acuerdo con el método de ensayo C 42/C 42M o las prácticas C 31/C 31M o C 192/C 192M, utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz. Los resultados se calculan e informan como el módulo de ruptura. El esfuerzo determinado puede variar si existen diferencias en el tamaño del espécimen, preparación, condición de humedad, curado o las condiciones donde la viga haya sido moldeada o aserrada al tamaño requerido.

Los resultados de este método de prueba se pueden usar para determinar el cumplimiento de las especificaciones o como una base para la dosificación, operaciones de mezcla y colocación. Se usa para probar concreto para la construcción de losas y pavimentos.

Calculos: Si la fractura se inicia en la superficie de tensión dentro del tercio medio de la luz o longitud de separación entre apoyos, calcular el módulo de ruptura como sigue:

$$R = PL/bd^2$$

Ecuación 1. Módulo de ruptura dentro del tercio de la luz

Fuente: (ASTM C78, 2003)

Donde:

- R = módulo de ruptura, MPa o psi,
- P = carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo
- L = longitud de la separación de apoyos, mm o pulgadas.
- b = ancho promedio del espécimen, en la fractura, mm o pulgadas.
- d = espesor promedio del espécimen, en la fractura, mm o pulgadas.

Si la fractura ocurre en la sección de tensión fuera del tercio medio de la luz o longitud de separación entre apoyos por no más de 5 % de la luz, calcular el módulo de ruptura como sigue:

$$R = 3PAa/bd^2$$

Ecuación 2. Módulo de ruptura fuera del tercio de la luz

Fuente: (ASTM C78, 2003)

Donde:

a= distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano medido en la superficie de tensión de la viga, mm (o pulgadas).

Si la fractura ocurre en la sección de tensión fuera del tercio medio de la luz o longitud de separación entre apoyos por más de 5 % de la misma, descartar los resultados del ensayo.

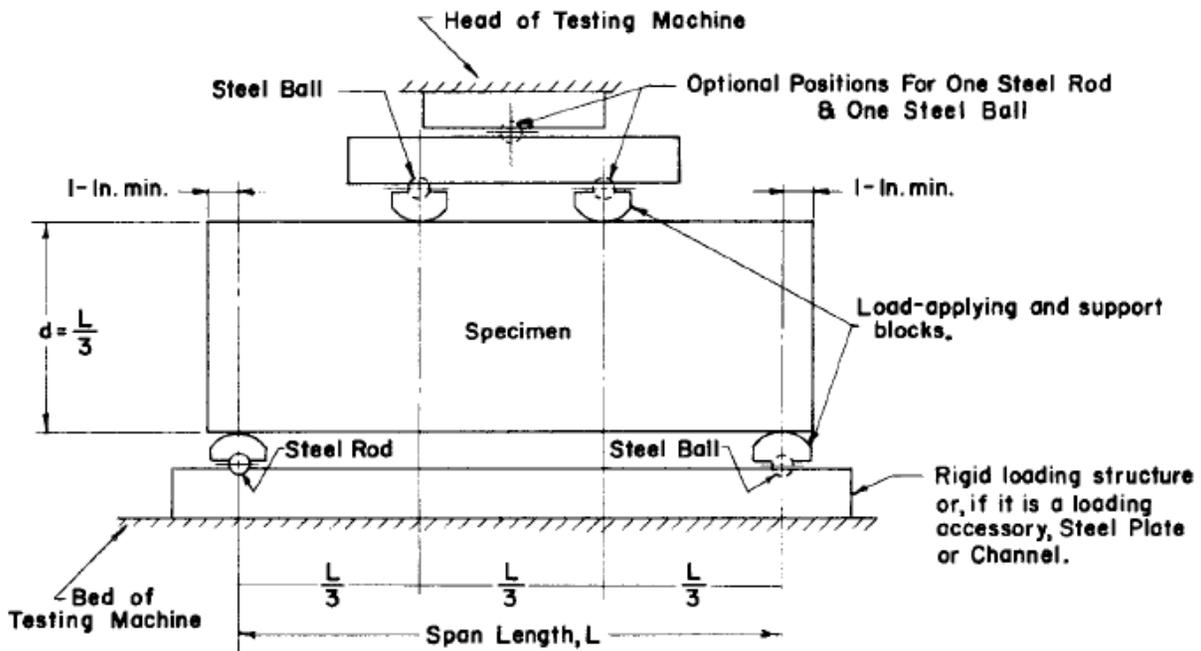


Figura 13. Aparato adecuado para la prueba a flexión del concreto

Fuente: (ASTM C78, 2003)

Según el ACI 363-92 el módulo de ruptura (f_r) del concreto debe estar comprendido entre $7.5\sqrt{f'_c}$ y $12\sqrt{f'_c}$ donde f'_c es el esfuerzo compresivo del concreto y su representación gráfica se muestra en la figura 13.

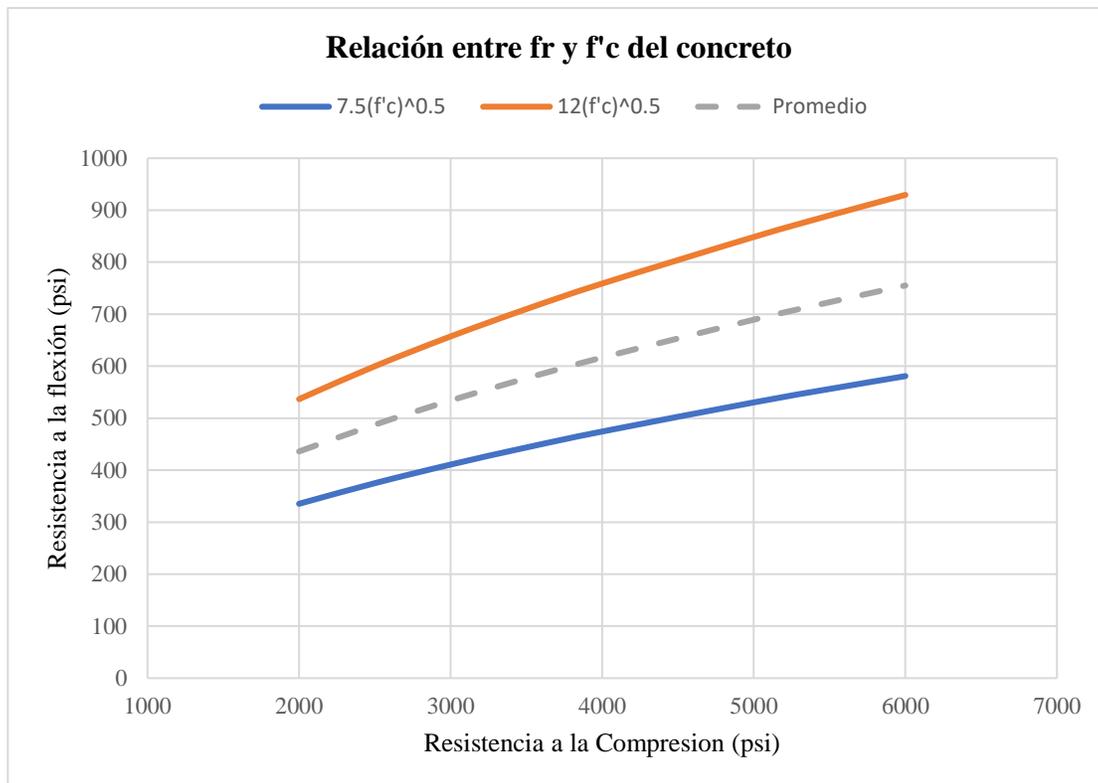


Figura 14. Relación entre f_r y f'_c del concreto

Fuente: ACI 363-92

En la figura 14 podemos apreciar la variabilidad que se tiene en cuanto al valor de resistencia a la flexión (f_r), ya que según esa relación con un concreto con una resistencia a la compresión de 3,000 psi podemos tener resistencias a la flexión o Módulos de Ruptura (f_r) entre 400 y 650 psi.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

Este capítulo consiste en la aplicación de técnicas, procedimientos y la metodología empleada en la investigación, se explica cómo se lleva a la práctica lo investigado, y las técnicas o procedimientos por los cuales se obtuvieron los hallazgos y se pudo concluir como se afecta el comportamiento mecánico del concreto con la incorporación de fibras recicladas de PET.

3.1. Congruencia metodológica

Esta sección ayudó a corroborar la relación entre las partes del planteamiento del problema y la metodología a usar. A continuación, se presenta la tabla 11 que contiene la matriz metodológica para esquematizar la alineación entre el tema de investigación, el problema planteado, los objetivos y las variables de investigación.

3.1.1 Matriz metodológica

Tabla 11. Matriz Metodológica

Titulo	Problema	Preguntas de investigación	Objetivo		Variables	
			General	Especifico	Independientes	Dependientes
Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (CONCREPET) en Tegucigalpa	Falta de conocimiento del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado con fibras de tereftalato recicladas de polietileno (CONCREPET).	¿Agregar fibras al concreto hidráulico es una alternativa viable para mejorar sus propiedades mecánicas?	Facilitar la información sobre el comportamiento mecánico del concreto hidráulico al incluir fibras de PET recicladas en su elaboración, mediante una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación, para identificar las mejoras en las propiedades mecánicas y usos en la industria de la construcción, generando al mismo tiempo un material amigable con el medio ambiente.	Identificar que propiedades mecánicas son modificadas con la incorporación de fibras PET en el concreto hidráulico.	Personal capacitado	Guía técnica
		¿Cuáles es la influencia en las propiedades mecánicas del Concreto hidráulico con la incorporación de fibras PET?		Analizar y comparar los parámetros de resistencia a la compresión, flexión y fisuramiento, con la incorporación de diferentes porcentajes de fibras PET en el concreto hidráulico.		
		¿Cuál es el porcentaje óptimo de fibras PET con respecto al peso del concreto hidráulico, que se debe utilizar para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, entre los porcentajes de 0.10%, 0.25%, 0.50% y 0.75%?		Determinar cuál es el porcentaje óptimo de fibras PET con respecto al peso del concreto hidráulico, entre los porcentajes de 0.10%, 0.25%, 0.50% y 0.75 que se debe utilizar para mejorar las propiedades mecánicas del concreto	Materiales	

Continuación de Tabla 11. Matriz Metodológica

Titulo	Problema	Preguntas de investigación	Objetivo		Variables	
			General	Especifico	Independientes	Dependientes
Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (CONCREPET) en Tegucigalpa	Falta de conocimiento del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado con fibras de tereftalato recicladas de polietileno (CONCREPET).	¿Se puede fabricar el concreto con fibras PET con el mismo equipo utilizado en la elaboración del concreto convencional?	Facilitar la información sobre el comportamiento mecánico del concreto hidráulico al incluir fibras de PET recicladas en su elaboración, mediante una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación, para identificar las mejoras en las propiedades mecánicas y usos en la industria de la construcción, generando al mismo tiempo un material amigable con el medio ambiente.	Determinar el equipo necesario para la fabricación del concreto modificado con fibras PET	Equipo	Guía técnica
		¿Qué efecto tiene en el medio ambiente la fabricación de CONCREPET?		Identificar los beneficios en medio ambientales al utilizar fibras de PET reciclado en la elaboración de concreto hidráulico.	Medio ambiente	
		¿Cuál es una de las estrategias para incorporar el CONCREPET a la industria de la construcción?		Proponer una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación y posibles usos del CONCREPET.	Método de fabricación	

3.1.2 Definición operacional de variables

En esta sección se hace una descripción general de la variable dependiente e independientes, usadas en la investigación. Los tipos de variables son descritos en la figura 7. En este apartado se presenta en forma esquemática, lógica y cronológica, la relación supuesta entre las variables, definiendo las independientes y la dependiente.

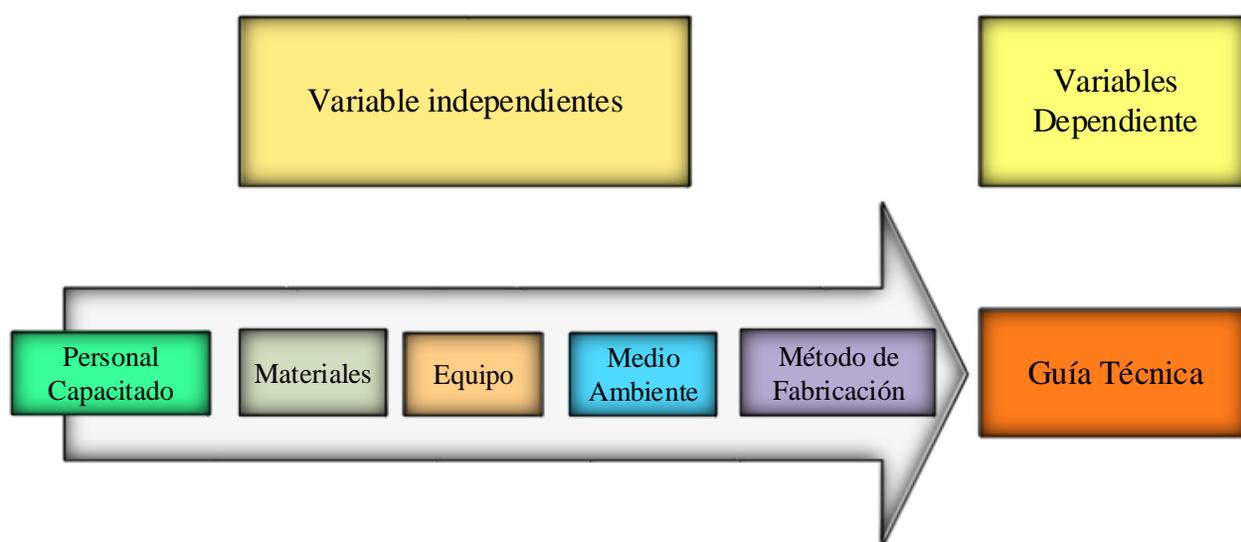


Figura 15. Esquemas de variables

A continuación, se presenta la tabla 12 que contiene la matriz de operacionalización de las variables identificadas en el presente estudio, las cuales serán la base para identificar, analizar, y proponer soluciones al problema planteado.

Tabla 12. Operacionalización de las variables.

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítem	Unidades Categorías	Escala
	Conceptual	Operacional					
Personal capacitado	El conocimiento adquirido a través de la experiencia de otros les permitirá desarrollar un trabajo más eficiente, con menos errores que si tuvieran que aprender a base de tanteos (Abbott, 1987, p.51).	El personal capacitado trabaja con mayor eficiencia y menos errores	Conocimiento de las fibras incorporadas al concreto	Conocimiento de concreto reforzado con fibras	¿Ha trabajado o tiene el conocimiento del concreto hidráulico modificado con fibras?	a. Si b. No	1 0
				Conocimiento de fibras	¿Qué tipo de fibras conoce o ha utilizado	a. Fibras sintéticas b. Fibras de acero c. Fibras de vidrio d. Fibras naturales e. Fibras PET	0 1 2 3 4
				Conocimiento de utilización de fibras	¿Generalmente en qué tipo de estructuras ha utilizado fibras en el concreto?	a. Losas de pisos b. Aceras de calles c. Vigas o Columnas d. Pavimentos	1 2 0 3
Materiales	Se define como material como compuesto todo sistema o combinación de materiales construido a partir de una unión (...)	Son la base de la fabricación del concreto y es importante conocer su calidad para saber que	Conocimiento de la influencia de los materiales en el producto final	Conocimiento de la incidencia de las características de la fibra PET en el producto	¿Cuándo ha fabricado concreto hidráulico con fibras que cambios ha observado en la mezcla?:	a. Baja el revenimiento b. La mezcla es difícil de trabajar c. a y b son correctas d. Ninguna de las anteriores	1 2 3 0

Continuación de Tabla 12. Operacionalización de las variables.

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítem	Unidades Categorías	Escala
	Conceptual	Operacional					
Materiales	de dos o más componentes, que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas, no siendo estas nuevas propiedades ninguna de las anteriores. (Dietrich, Materiales Compuestos, 2005)	Son la base de la fabricación del concreto y es importante conocer su calidad para saber que esperar en el producto final	Conocimiento de la influencia de los materiales en el producto final	Conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales	¿Qué beneficios ha obtenido en el concreto al incorporarle fibras?	a. Se reduce el agrietamiento b. Adquiere un comportamiento dúctil c. a y b son correctas d. Ninguna de las anteriores	2 1 3 0
				Utilidad de las fibras	¿Por qué ha utilizado fibras en el concreto hidráulico?	a. Para evitar fisuramiento por contracción b. Para evitar agrietamiento por Temperatura c. Como refuerzo d. Para aumentar ductilidad	0 1 3 2
Equipo	Cualquier maquinaria, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo. (Romero & Rubio Gámez, 2005)	Equipo utilizado en la fabricación del concreto Hidráulico	Comprensión del uso del equipo	Conocimiento del equipo para la fabricación del concreto	¿Qué equipo utiliza para fabricar concreto con fibras?	a. Concretera de un pie cubico b. Camión mezclador de 7 pies cúbicos c. a y b son correctas d. equipo especializado	1 2 3 0
				Conocimiento del equipo para la colocación de concreto	¿Considera que se puede utilizar el mismo equipo para colocar concreto con fibras que se utiliza para colocar concreto simple?	a. Si b. No	1 0

Continuación de Tabla 12. Operacionalización de las variables.

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítem	Unidades Categorías	Escala
	Conceptual	Operacional					
Medio ambiente	Todo el espacio físico que nos rodea y con el cual el hombre puede interactuar en sus actividades. (Leon, 2001)	La zona que se ve beneficiada por la reutilización de un producto	Conocimiento de la relación del concreto reforzado con fibras PET y el benéfico con el medio ambiente	Conocimiento del beneficio dado al medio ambiente al utilizar fibra PET reciclada	¿Sí las fibras de polietileno (PET) reciclado, provenientes de botellas plásticas de refrescos, mejoran las propiedades mecánicas del concreto usted las utilizaría?	a. Si b. No	1 0
				Conciencia sobre los problemas medio ambientales	¿Cree usted que sería beneficioso al medio ambiente usar fibras PET recicladas en el concreto hidráulico?	a. Si b. Si	1 0
Método de fabricación	Es una serie de procesos bien definidos, utilizados para la elaboración de un producto específico	Proceso por medio del cual se fabrica el concreto hidráulico	Conocimiento del Proceso de fabricación del concreto	Comprensión de la importancia del proceso de fabricación	¿En qué momento agrega usted la fibra al concreto hidráulico?	a. En el proceso de fabricación b. Cuando llega al sitio de la obra c. a y b son correctas d. ninguna de las anteriores	0 1 2 3
				Entendimiento del proceso de fabricación	¿cuándo ha agregado fibras al concreto durante la fabricación ha aumentado el tiempo de amasado?	c. Si d. No	0 1

3.2. Hipótesis

H₁: Hipótesis Alternativa: La adición de PET al concreto hidráulico mejora las propiedades mecánicas de la mezcla.

H₀: Hipótesis Nula: La adición de PET al concreto hidráulico no mejora las propiedades mecánicas de la mezcla.

3.3. Enfoque y métodos de la investigación

3.3.1 Enfoques

El enfoque metodológico principal empleado para la realización de esta investigación está basado en el enfoque mixto, predominando el enfoque cuantitativo, porque se implementó la hipótesis y se aplicó la estadística para procesar los hallazgos, y como segundo enfoque, el cualitativo, porque se implementó la entrevista para analizar el interés de los constructores y diseñadores por la fabricación de CONCREPET.

3.3.2 Métodos de la investigación

Según Bernal Torres (2006): Actualmente, sin embargo, dada la diversidad de escuelas y paradigmas investigativos, estos métodos se han complementado y es frecuente reconocer, entre otros, métodos como los siguientes:

Método deductivo: Es un método de razonamiento que consiste en tomar conclusiones generales para explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares.

Método inductivo: Con este método se utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría.

Método analítico: Este método es un proceso cognoscitivo, que consiste en descomponer un objeto de estudio separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual.

Método sintético: El método consiste en integrar los componentes dispersos de un objeto de estudio para estudiarlos en su totalidad.

Método histórico: Es un procedimiento de investigación y esclarecimiento de los fenómenos culturales, que consiste en establecer la semejanza de dichos fenómenos, infiriendo una conclusión acerca de su parentesco genético, es decir, de su origen común.

Según Sampieri Roberto Hernández Sampieri, (2010) define:

Método explicativo: Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.

Método descriptivo: Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

3.4. Diseño de la investigación

Es necesario identificar la manera en la cual se responderán las preguntas de investigación, con el propósito de cumplir los objetivos planteados.

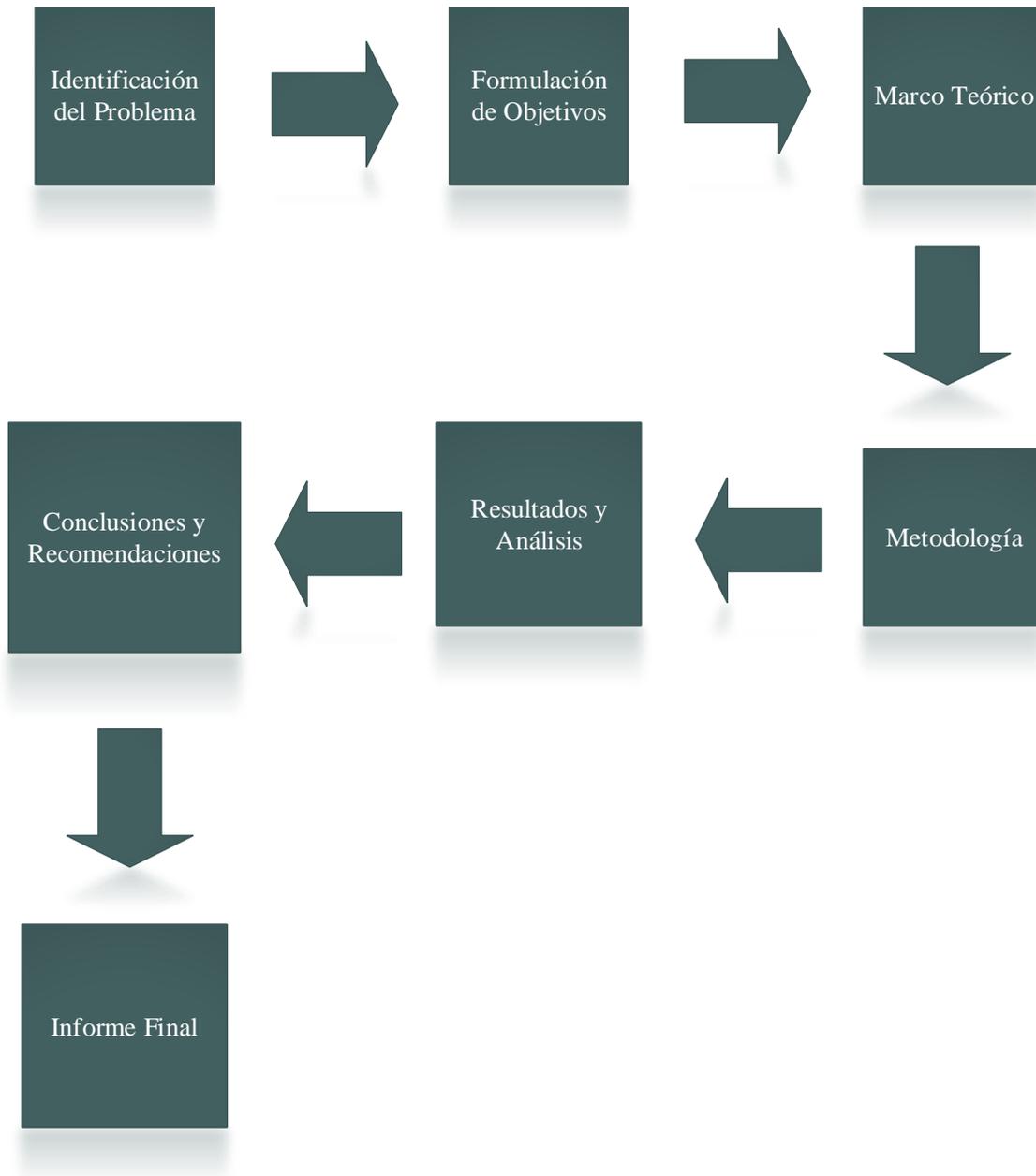


Figura 16. Diseño de investigación (Etapas)

3.4.1 Población

La población a la cual se seleccionó para realizar esta investigación fueron las diez empresas constructoras y/o diseñadoras que más generan obras civiles en la ciudad de Tegucigalpa, ya que se evaluó a los ingenieros colegiados que se ven involucrados directamente en la elaboración de la mezcla de concreto hidráulico, obteniendo como resultado una muestra finita.

3.4.2 Descripción de la muestra

Se utilizó una metodología de muestreo no probabilístico, que fue por conveniencia, conformado por sesenta ingenieros colegidos que laboran en diez empresas constructoras y/o diseñadoras que más generan obras civiles en la ciudad de Tegucigalpa, los cuales se encuestaron seis de cada empresa.

3.4.3 Unidad de análisis

La unidad de análisis de nuestro estudio se basa en los ingenieros civiles colegiados que trabajan en las diez empresas que más generan obras en la ciudad de Tegucigalpa, a quienes se aplicó la encuesta, para la entrevista se consultó a los expertos en el diseño y elaboración del concreto, ya que son ellos los involucrados directos en su fabricación.

3.4.4 Unidad de respuesta

La unidad de respuesta en el análisis estadístico de las encuestas es el porcentaje y para los resultados de laboratorio de los ensayos de compresión y flexo compresión serán PSI o kg/cm^2 .

3.5. Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados

3.5.1 Instrumentos

Se diseñó un cuestionario como instrumento para obtener la información sobre el efecto que produce la implementación de fibras PET recicladas en el concreto hidráulico. También de investigó la aceptación de los ingenieros sobre el uso de fibras PET, ya que el reciclaje ayuda al medio ambiente y reduce el agrietamiento en el concreto hidráulico.

Cuestionario: es un conjunto de preguntas que se presenta a las personas seleccionadas para obtener una respuesta. Como se trata de un instrumento muy flexible, los cuestionarios son, sin duda, el instrumento más común para recopilar información primaria. Es indispensable elaborar, probar y depurar los cuestionarios antes de utilizarlos a gran escala. El investigador debe seleccionar cuidadosamente la pregunta, el modo de plantearla, las palabras y su secuencia. La manera en que se plantea la pregunta puede influir en la respuesta.

Los investigadores de mercados diferencian entre preguntas abiertas y cerradas. Las preguntas cerradas especifican todas las respuestas posibles y, en el momento de analizarlas, son sencillas de interpretar y tabular. Las preguntas abiertas permiten a los entrevistados responder con sus propias palabras y suelen revelar más información sobre lo que piensan los consumidores.

Son especialmente útiles en la etapa exploratoria de la investigación, en la que el investigador busca claves sobre la forma de pensar de los consumidores, en lugar de calcular cuántos consumidores piensan de una forma o de otra. (Kotler & Keller, 2006, p. 104)

3.5.2 Técnicas

Para la obtención de información se aplicó una entrevista, con la información obtenida de recabaron los datos de interés para la presente investigación, así como conocer las actitudes y expectativas que tienen con la adición de fibras PET recicladas al concreto, adicionalmente se

realizó una entrevista a los expertos en el proceso de diseño y elaboración del concreto, para conocer sus experiencias en cuanto a la utilización de fibras.

La Encuesta: Como principal técnica utilizamos la encuesta que es por excelencia la herramienta número uno para obtención de datos del enfoque cuantitativo, en la cual se plantean preguntas cerradas y se obtienen respuestas cerradas, la cual se aplica a toda la muestra y que sirvió para extraer los datos los cuales analizamos por el método estadístico (ver anexos).

La Entrevista: Como segunda técnica utilizamos la entrevista que es por excelencia la herramienta número uno para la obtención de datos del enfoque cualitativo, la cual plantea preguntas abiertas y obtenemos respuestas abiertas, la cual se aplica a un segmento de la muestra y sirvió para la extraer los datos los cuales analizamos por métodos no estadísticos. (ver anexos).

3.6. Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas en la presente investigación fueron fuentes primarias y secundarias, las cuales se describen a continuación:

3.6.1 Fuentes primarias

La investigación está fundamentada por fuentes primarias, porque se realizaron encuestas y ensayos de laboratorio para conocer la influencia que tiene las fibras PET recicladas en las propiedades del concreto hidráulico, dicha información ayudó por medio del análisis estadístico a determinar los hallazgos y las tendencias de la investigación.

3.6.2 Fuentes secundarias

De igual manera la investigación está fundamentada por fuentes secundarias, porque para validarla se tuvo que indagar en literatura, normas de elaboración de concreto, revistas científicas entre otras.

3.7. Limitantes del estudio

Las limitantes encontradas para la realización de este estudio fueron:

a. **Tiempo de ejecución del estudio;**

El tiempo de ejecución de la Tesis de 2.5 meses fue una limitante, ya que para este tipo de estudios es un tiempo corto, debido a que se requiere hacer muchos ensayos para poder contar con una base de datos razonablemente aceptable sobre la cual poder realizar análisis estadísticos y en base a ellos dar recomendaciones más acertadas.

b. **Tiempo de prueba de las probetas;**

Debido a que esta investigación se basó en la incorporación de material reciclado, la recolección, limpieza y clasificación de dicho material, así como la determinación del equipo y metodología de corte, tomó un tiempo mayor del esperado, lo que limitó el tiempo de curado de especímenes ya que estos necesitan por lo menos veintiocho (28) días para comprobar la resistencia alcanzada y compararla con la especificada, por lo que se tuvieron que ensayar a los veintiún (21) días, antes de alcanzar su madurez.

c. **Equipo de laboratorio disponible en el país;** debido a que los ensayos necesarios para verificar los elementos modificados con fibras requieren de equipos especiales como, sensores que registran deformaciones unitarias con gran precisión y estas no están

disponibles en el país debido a su alto costo, se optó realizar ensayos convencionales, con una máquina de compresión y tensión universal que registra gráficamente los esfuerzos de compresión y flexo compresión versus la deformación unitaria con resultados aceptables.

- d. **Tipo de Cemento;** en el mercado nacional existen dos cementeras, ambas comercializan sus productos en Tegucigalpa y tienen varios tipos de cemento, y comunes entre ellos el cemento portland tipo GU ASTM C-1157 y portland tipo HE C-1157. Debido a que el estudio se enmarca en analizar el comportamiento del concreto al incorporar fibras PET y para analizar el desempeño de las dos marcas de cemento se necesitaría el doble del tiempo en recolectar, clasificar y cortar las fibras PET, el doble de probetas de ensayo y debido a que el tiempo de ejecución de la Tesis es sumamente corto, el estudio se limitó a utilizar únicamente el cemento portland Tipo GU de la marca Bijao.

- e. **Resistencia del Concreto para los ensayos;** si bien es cierto que en Tegucigalpa se están utilizando con mayor frecuencia concretos de alta resistencia, en proyectos como torres de edificios y pasos a desnivel, sin embargo, en la generalidad de los proyectos se utiliza concreto de 210 kg/cm^2 (3,000 psi), por esta razón se decidió limitar el estudio a concretos con dicha resistencia.

CAPITULO IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos de la aplicación de los instrumentos de recopilación de información. Un cuestionario aplicado por medio de la encuesta conformado por catorce (14) preguntas realizadas a los 61 ingenieros colegiados responsables de la fabricación del concreto hidráulico y una entrevista de cinco (5) preguntas abiertas, realizadas a los expertos en la elaboración y diseño del concreto y los ensayos de laboratorio de pruebas que registraron la resistencia a la ruptura de la fibra PET, la resistencia a la flexión, compresión y fisuramiento del concreto hidráulico, los resultados se presentan de forma gráfica, junto a un breve análisis y para tal fin se utilizó la estadística descriptiva.

4.1. Resultados de la encuesta

Se presentan los resultados de las encuestas aplicadas que ayudaron a determinar el conocimiento que los ingenieros encuestados tienen sobre la influencia de las fibras en el concreto hidráulico, sirviendo de base para la elaboración de la guía técnica que ayudará a los constructores a elaborar concreto de calidad, cumpliendo lo establecido por las normas, el cual modifica las propiedades mecánicas del concreto, se aplicaron 61 encuestas las que se enviaron a los colaboradores vía online.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

1. Género: 61 respuestas

Tabla 13. Distribución de género

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Masculino	44	72.1 %
Femenino	17	27.9 %
Total	61	100 %

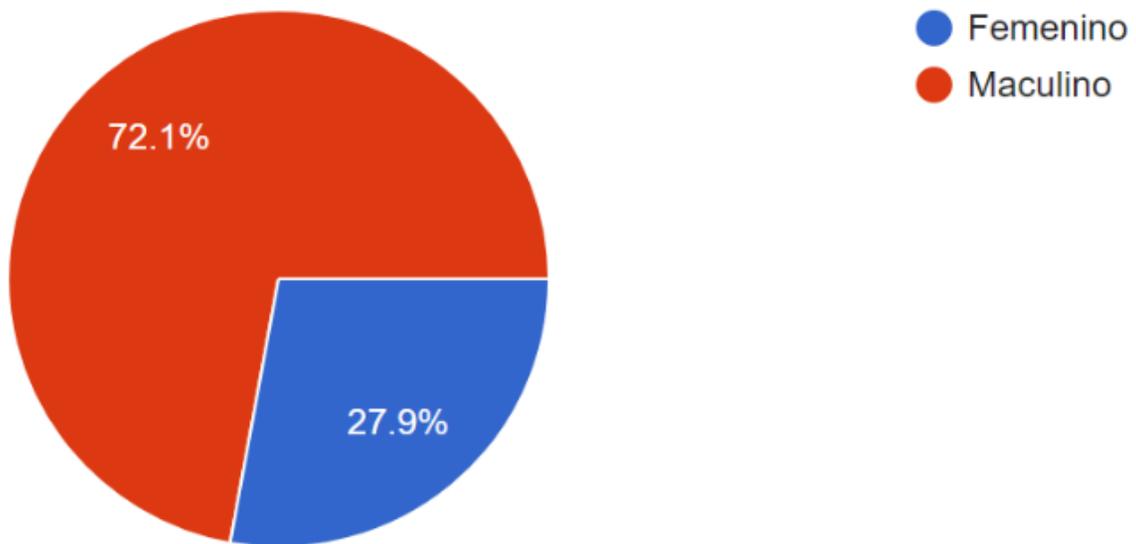


Figura 17. Distribución de género

De las encuestas aplicadas se encontró que la mayoría de los ingenieros que trabajan en empresas constructoras y diseñadoras son hombres con una frecuencia de 44 y generando una tendencia del 72%, con lo que se concluye que las empresas constructoras y diseñadoras de la construcción no cumplen con la equidad de género, porque solo existe una frecuencia del 27.90% hacia el género femenino.

2. Edad: 61 respuestas

Tabla 14. Rango de edad

Descripción	Frecuencia	Tendencia
20 - 30	16	26.2 %
30 – 40	27	44.3 %
Mayor de 40	18	29.5 %
Total	61	100 %

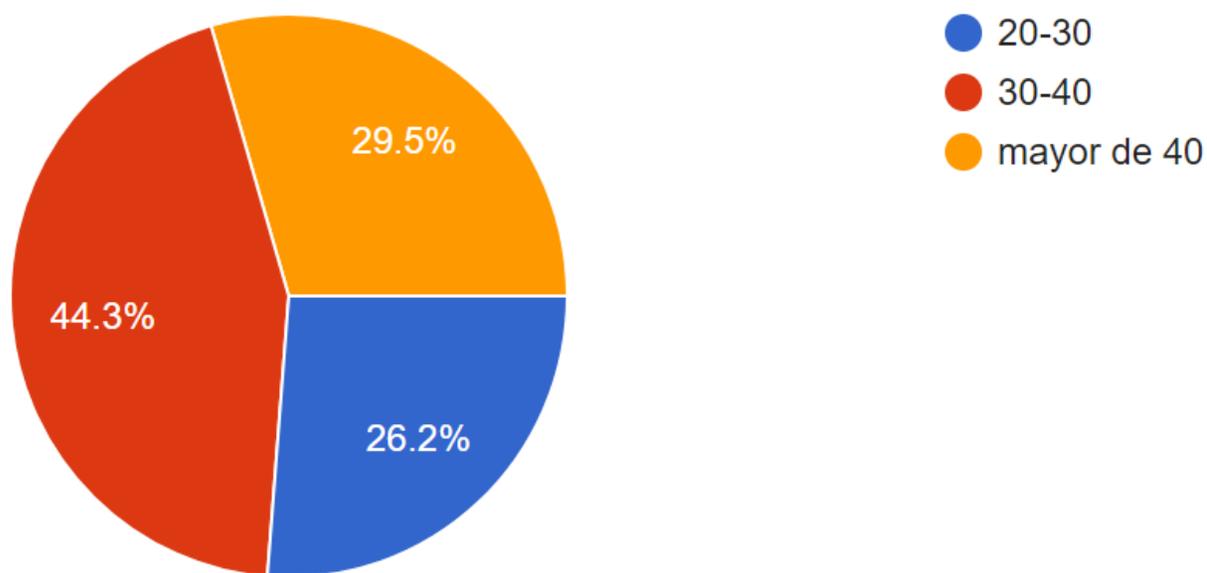


Figura 18. Rango de edad

Se encontró que la mayor parte de ingenieros encuestados y que están en ejercicio de su profesión, están en el rango de 30 a 40 años con una tendencia del 44.30%, por lo que se concluye que las empresas tienen en su plantilla personal calificado, siendo la segunda tendencia los mayores de 40 años de edad.

3. ¿Ha trabajado o tiene el conocimiento del concreto hidráulico modificado con fibras?

sí responde “No” favor entregue su encuesta: 61 respuestas

Tabla 15. Conocimiento del concreto hidráulico modificado con fibras

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Si	45	73.8 %
No	16	26.2 %
Total	61	100 %

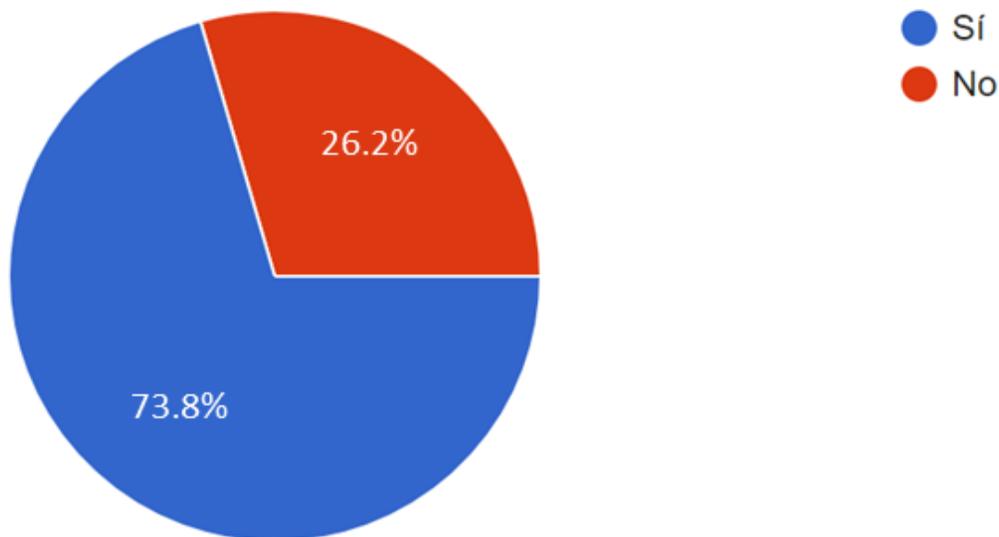


Figura 19. Conocimiento del concreto hidráulico modificado con fibras

Se encontró que la mayor parte de los ingenieros encuestados tienen cierto nivel de conocimiento en cuanto al concreto modificado con fibras, siendo la tendencia el 73.80%, por lo que se concluye que en el ámbito de la construcción ya se están posicionando las fibras como materiales de construcción que modifican las propiedades del concreto.

4. ¿Qué tipo de fibras conoce o ha utilizado? (puede seleccionar más de una): 45 respuestas

Tabla 16. Tipo de fibras conocidas

Descripción	Frecuencia de menciones	Tendencia en base 80 menciones	Tendencia en base 45 respuestas
Fibras sintéticas	31	38.7 %	68.9 %
Fibras de acero	22	27.5 %	48.9 %
Fibras de vidrio	18	22.5 %	40.0 %
Fibras naturales	9	11.3 %	20.0 %
Total	80	100 %	

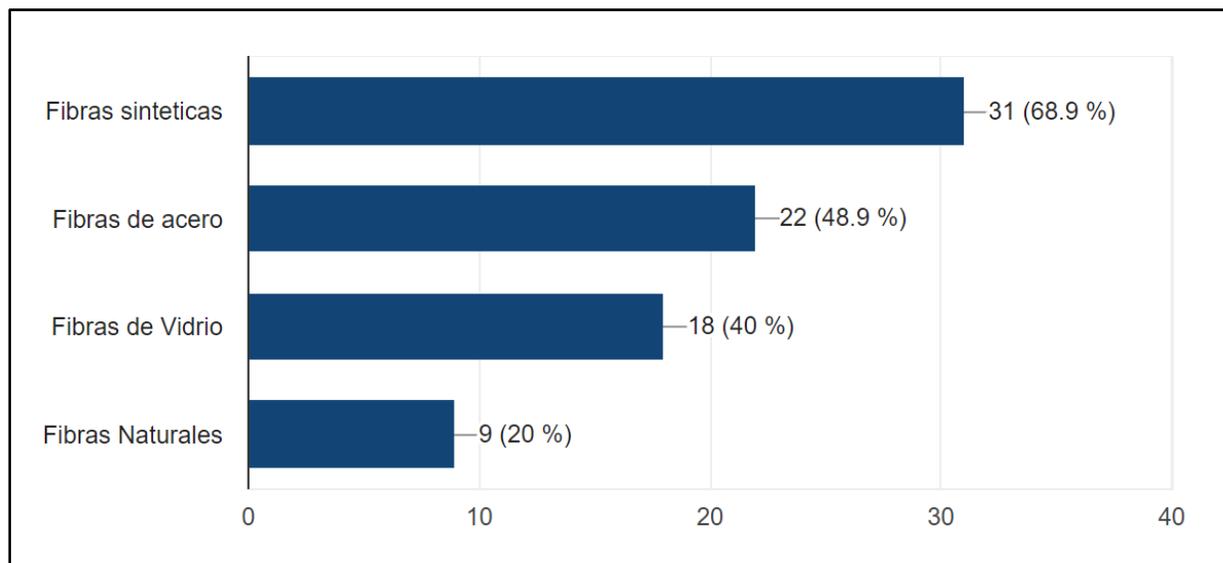


Figura 20. Tipo de fibras conocidas.

De las 80 menciones obtenidas de los 45 ingenieros encuestados, 31 menciones equivalentes a una tendencia del 68.9% mencionan conocer las fibras sintéticas, concluyendo así que dicha fibra es la más utilizada en la industria de la construcción en Tegucigalpa.

5. ¿Generalmente en qué tipo de estructuras ha utilizado fibras en el concreto? (puede seleccionar más de una): 45 respuestas

Tabla 17. Tipo de estructuras donde se ha utilizado fibras

Descripción	Frecuencia de menciones	Tendencia en base 72 menciones	Tendencia en base 45 respuestas
Losas de piso	29	40.3 %	64.40
Aceras de calles	7	9.7 %	15.6
Vigas o columnas	5	6.9 %	11.1
Pavimentos	31	43.1 %	68.9
Total	72	100 %	

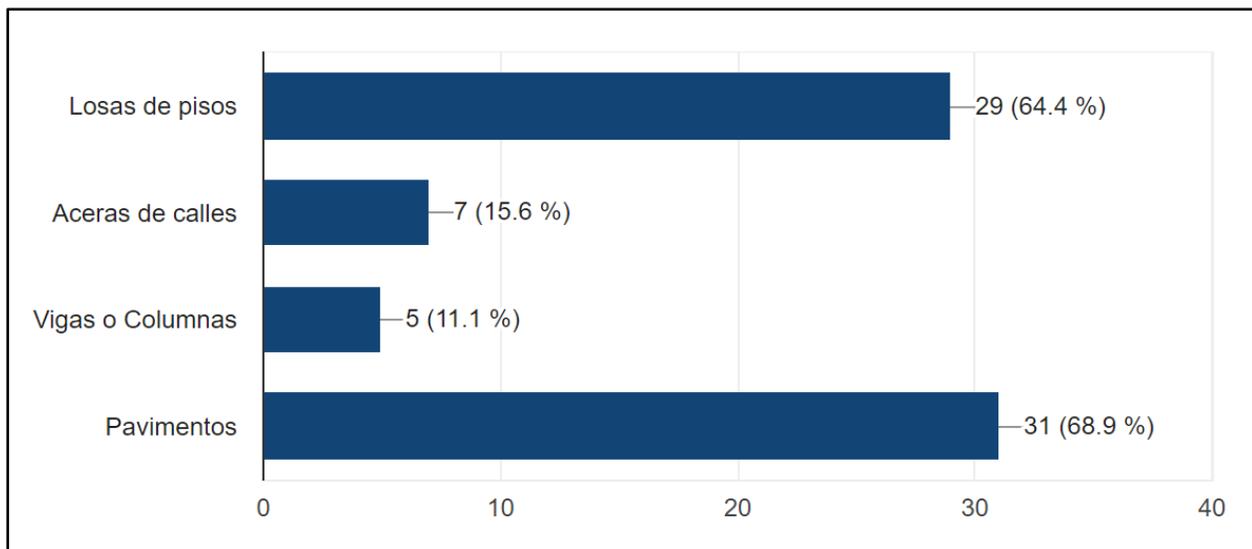


Figura 21. Tipo de estructuras donde se ha utilizado fibras

De las 72 menciones obtenidas de los 45 ingenieros encuestados, 31 y 29 mencionan que las principales estructuras donde actualmente se utilizan fibras son los pavimentos y las losas de pisos, tendiendo una tendencia del 68.9% y 64.4% respectivamente, por lo que se concluye que existe mayor conocimiento del comportamiento del concreto con fibras en estas estructuras.

6. ¿Cuándo ha fabricado concreto hidráulico con fibras que cambios ha observado en la mezcla?: 45 respuestas

Tabla 18. Modificaciones de la fibra al concreto hidráulico

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Baja el revenimiento	16	35.6 %
La mezcla es difícil de trabajar	6	13.3 %
a y b son correctas	14	31.1 %
No ha observado cambios	9	20.0 %
Total	45	100 %



Figura 22. Modificaciones de la fibra al concreto hidráulico

Se encontró que el principal cambio observado en la fabricación del concreto con fibras es revenimiento bajo, teniendo una tendencia del 35.6 %, por lo que se concluye que deberá utilizarse algún tipo de aditivo plastificante para mejorar la situación de trabajabilidad de la mezcla de concreto hidráulico con fibras.

7. ¿Qué beneficios ha obtenido en el concreto al incorporarle fibras?: 45 respuestas

Tabla 19. Beneficios de la fibra en el concreto hidráulico

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Se reduce el agrietamiento	33	73.3%
Adquiere un comportamiento dúctil	1	2.2%
a y b son correctas	10	22.2%
No ha tenido ningún beneficio	1	2.2%
Total	45	100%

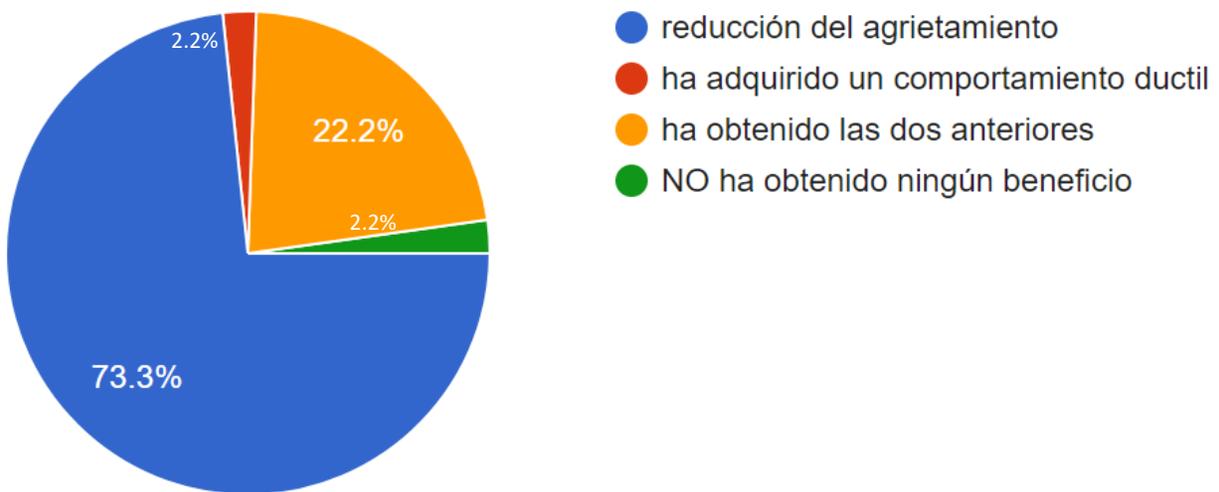


Figura 23. Beneficios de la fibra en el concreto hidráulico

Se encontró que de los dos beneficios más representativos que brindan las fibras entre que el concreto adquiere un comportamiento dúctil y que reduce el agrietamiento, los ingenieros han obtenido un gran beneficio en la reducción del agrietamiento con una tendencia del 73.3%, por lo que se concluye que la mayoría de ingenieros confía en la fibra para reducir el fisuramiento.

8. ¿Por qué ha utilizado fibras en el concreto hidráulico? (puede seleccionar más de una):

45 respuestas

Tabla 20. Uso de las fibras en el concreto hidráulico

Descripción	Frecuencia de menciones	Tendencia en base 72 menciones	Tendencia en base 45 respuestas
Para evitar fisuramiento por contracción	36	46.2 %	81.8%
Para evitar agrietamiento por Temperatura	31	39.7 %	68.2%
Como refuerzo	7	9.0 %	15.9%
Para aumentar ductilidad	4	5.1 %	9.1%
Total	78	100 %	

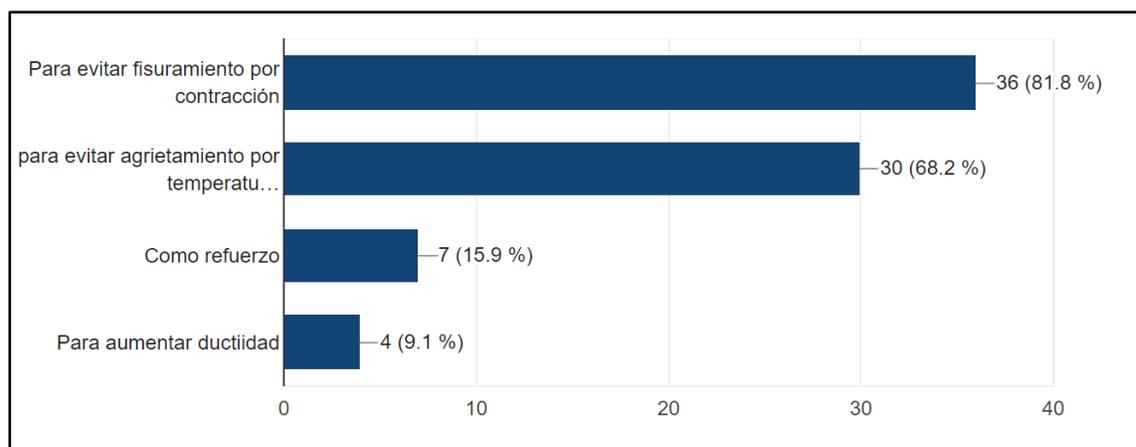


Figura 24. Usos de la fibra en el concreto hidráulico

De los ingenieros encuestados mencionaron que el uso más recomendado de las fibras con un 81.8% es para evitar fisuramiento por contracción y 68.2% para evitar el agrietamiento por temperatura, por lo que se concluye que no se conocen todos los beneficios que brindan las fibras.

9. ¿Qué equipo utiliza para fabricar concreto con fibras?: 45 respuestas

Tabla 21. Equipo para fabricar el concreto con fibras

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Concretera de un pie cubico	5	11.4 %
Camión mezclador de siete pies cúbicos	15	34.1 %
a y b son correctas	24	54.5 %
Equipo especializado	0	0 %
Total	45	100 %

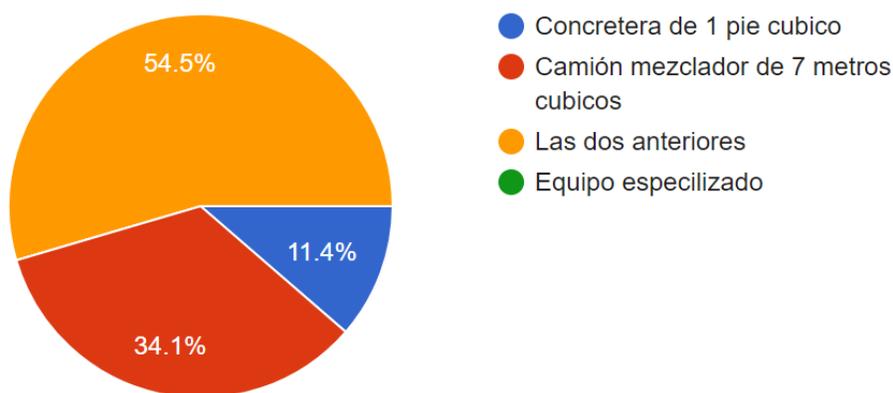


Figura 25. Equipo para fabricar el concreto con fibras

Se encontró que la mayor parte de los ingenieros encuestados utilizan tanto concreteteras como camión mezclador, siendo la tendencia el 55%, por lo que se concluye que las fibras se pueden utilizar tanto en pequeñas construcciones como a gran escala y de igual manera se pueden observar que todos los colaboradores tienen el mismo pensamiento, de que para fabricar concreto con fibra no es necesario utilizar equipo especializado, con una tendencia del 0%, con el que podemos concluir que no es un costo adicional en su fabricación comparado con la elaboración del concreto simple.

10. ¿Considera que se puede utilizar el mismo equipo para colocar concreto con fibras que se utiliza para colocar concreto simple?: 45 respuestas

Tabla 22. Conocimiento del uso del equipo para fabricar el concreto con fibras

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Si	42	93.3%
No	3	6.7%
Total	45	100%

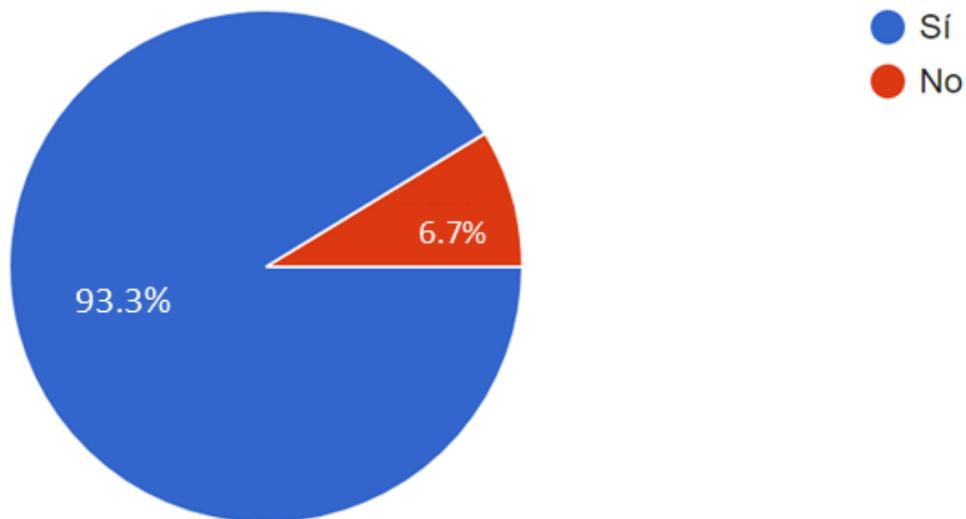


Figura 26. Conocimiento del uso del equipo para fabricar el concreto con fibras

Se encontró que la mayoría de los ingenieros coincide en que, si se puede utilizar el equipo existente para fabricar concreto modificado con fibras y la tendencia es del 91%, por lo que se concluye que el equipo no sería una limitante al momento de promover el concreto modificado con fibras

11. ¿En qué momento agrega usted la fibra al concreto hidráulico?: 45 respuestas

Tabla 23. Conocimiento de proceso de fabricación del concreto con fibras

Descripción	Frecuencia	Tendencia
En el proceso de fabricación	25	55.6 %
Cuando llega al sitio de la obra	10	22.2 %
En cualquiera de las anteriores	10	22.2 %
Total	45	100 %



Figura 27. Conocimiento de proceso de fabricación del concreto con fibras

Se encontró que mayor parte de los encuestados ha tenido mejores resultados agregando la fibra durante la fabricación del concreto, la tendencia es del 66%, por lo que se concluye que se tiene experiencia en el proceso de fabricación del concreto modificado con fibras.

12. ¿Cuándo ha agregado fibras al concreto durante la fabricación ha aumentado el tiempo de amasado?: 45 respuestas

Tabla 24. Tiempo de amasado en la fabricación del concreto con fibras

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Si	34	75.6 %
No	11	24.4 %
Total	45	100%

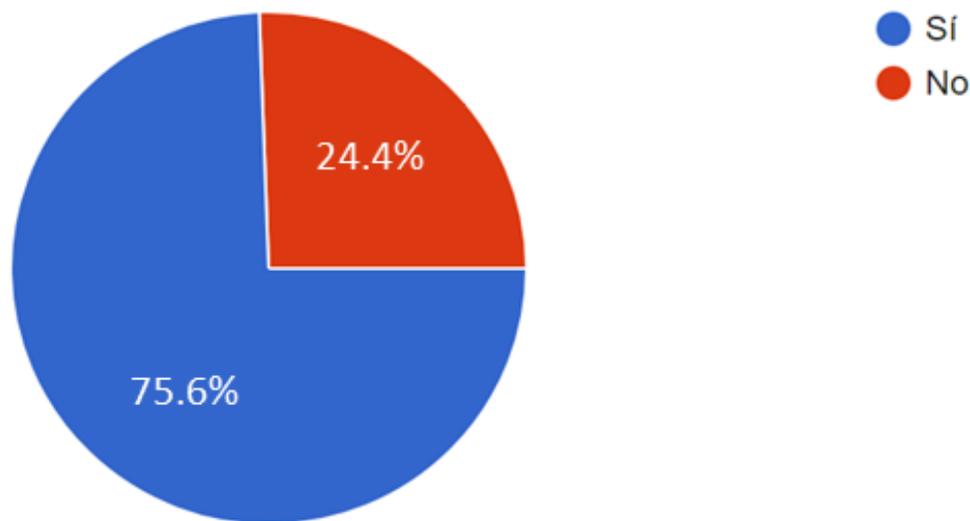


Figura 28. Tiempo de amasado en la fabricación del concreto con fibras

Se encontró que la mayor parte de los ingenieros que han trabajado con fibras coinciden en que se aumenta el tiempo de mezclado para lograr una mezcla más homogénea, la tendencia es del 74%, por lo que se concluye que existe conocimiento tanto del proceso de fabricación como de las mejores prácticas en la fabricación del concreto modificado con fibras.

13. ¿Sí las fibras de polietileno (PET) reciclado, provenientes de botellas plásticas de refrescos, mejora algunas propiedades mecánicas del concreto usted las utilizaría?: 45 respuestas

Tabla 25. Grado de aceptación de fibras de PET recicladas

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Si	38	84.4 %
No	7	15.6 %
Total	45	100 %

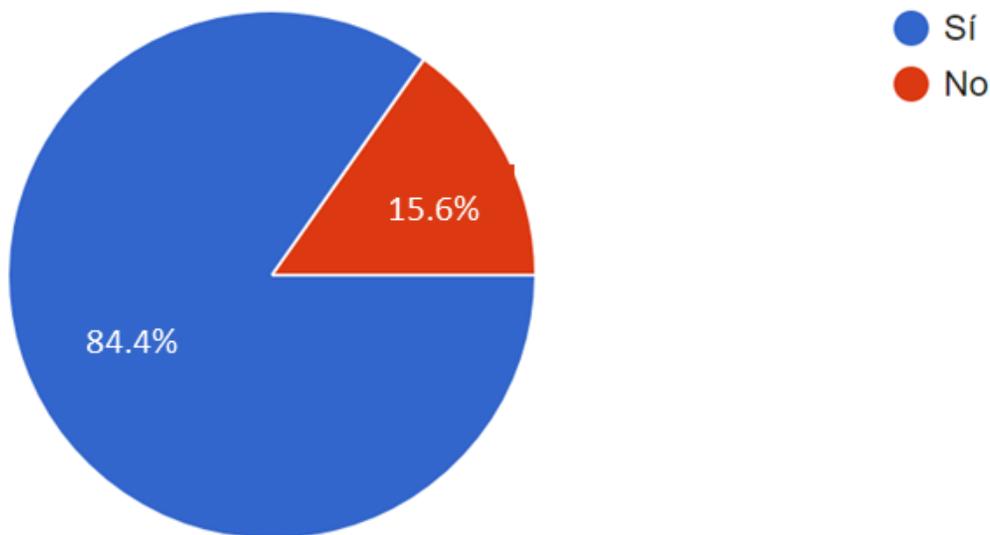


Figura 29. Grado de aceptación de fibras de PET recicladas

Se encontró que la mayor parte de los ingenieros encuestados utilizarían las fibras PET de plásticos de refrescos reciclados, si estas mejoran algunas de las propiedades mecánicas del concreto, con una tendencia del 84.4 %, por lo que se concluye que dichas fibras podrían ser utilizadas en la industria de la construcción en Tegucigalpa.

14. ¿Cree usted que sería beneficioso al medio ambiente usar fibras PET recicladas en el concreto hidráulico?: 45 respuestas

Tabla 26. Grado de conocimiento de situación medio ambiental

Descripción	Frecuencia	Tendencia
Si	44	97.8%
No	1	2.2%
Total	45	100%

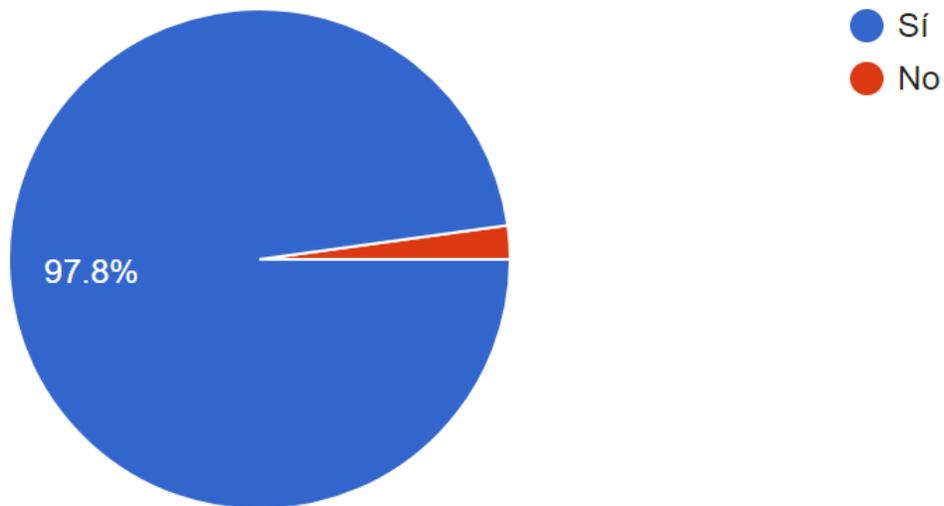


Figura 30. Conocimiento de la situación del medio ambiental en Tegucigalpa

Se encontró que la gran mayoría de los encuestados piensan que sería muy beneficioso para el medio ambiente el reciclaje de las fibras PET de botellas plásticas en Tegucigalpa, y así poder incorporarlas al concreto hidráulico, con una tendencia del 97.8 %, por lo que se concluye que los ingenieros sí tienen conciencia del problema que significa al medio ambiente el no tener un proceso correcto para él reciclaje.

4.2. Resultado de la entrevista

Se presentan los resultados más comunes que nos brindaron los especialistas, para aportar sus conocimientos sobre los beneficios que pueden tener las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con la incorporación de fibras recicladas de PET, los cuales se evaluaron a diez expertos en la materia de la ciudad de Tegucigalpa, M.D.C. y logramos los siguientes resultados.

- 1) Si hablamos de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico ¿Cuáles serían sus principales problemas?
 - a. Cuando ocurre la falla, el concreto es frágil.
 - b. El concreto se agrieta por temperatura, al momento de la colocación y curado.
 - c. El concreto se agrieta por, contracción y dilatación.
 - d. La mezcla contiene materiales que no son homogéneos.
 - e. Su resistencia varia debido a su proceso de fabricación.

- 2) ¿Cómo se puede mejorar las deficiencias de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico?
 - a. Colocado refuerzo en el concreto.
 - b. Agregándole fibras para evitar el agrietamiento por temperatura y contracción.
 - c. Usando aditivos reductores de agua.

- 3) ¿Qué influencia cree usted que tendría en el concreto la incorporación de fibras PET recicladas?

Con experiencia en la utilización de fibra como ser sintéticas, de acero y de vidrio, concluyeron que la incorporación de fibras PET al concreto podría tener las siguientes influencias:

- a. Controlar los agrietamientos debido a la contracción por temperatura.
 - b. Presentar problemas de adherencia entre la fibra y el concreto.
 - c. Tendrían un concreto aligerado (bajar su peso).
 - d. Mejoraría su tipo de falla, podría ser una falla dúctil.
 - e. Reducción en la resistencia a la compresión y flexión del concreto.
- 4) ¿Cuál sería el mejor proceso para la fabricación de concreto modificado con fibras PET recicladas?

El proceso de fabricación del concreto reforzado con fibras PET recicladas es el mismo que el de concreto simple (sin fibras), con los mismos cuidados y recomendaciones como ser:

- a. Agregados limpios y granulometría variable.
 - b. Control del agua de amasado.
 - c. Relación óptima de agua – cemento.
 - d. Tiempos óptimos de mezclado.
- 5) ¿En qué tipo de estructuras utilizaría el concreto modificado con fibras PET recicladas?
- Pavimentos en calle secundarias.
- Losas cortas de piso.
- Aceras.
- Barrera New Jersey.

Con las opiniones de los especialistas encontramos el siguiente hallazgo: que ellos sí utilizarían las fibras PET recicladas en el concreto hidráulico y que la tendencia es que algunas de las propiedades mecánicas del concreto se modifican, pero hay que evaluar las resistencias tanto a compresión como a tensión del concreto, por lo que concluimos que lo investigado en el capítulo de marco teórico y la practica tendremos los mismos resultados.

4.3. Aplicabilidad

Para realizar la investigación utilizamos una serie de pasos de orden longitudinal y secuencial que ayudó de modo cronológico a llegar hasta los hallazgos de la investigación.

4.3.1 Selección y limpieza de las botellas de PET

Para iniciar el proceso de fabricación de las fibras de PET fue necesario la recolección de botellas de refresco de todos los tipos y marcas, así como de jugos y agua embotellada. El reciclado de las botellas comenzó en casa, luego en UNITEC y finalmente en zonas de trabajo.

Una vez recolectadas las botellas, se procedió a clasificarlas ya que algunas de las botellas tenían espesores extremadamente delgados como las botellas de torcido fácil (twist), extremadamente gruesas como las botellas de té y jugos, y otras que, por su geometría irregular como las botellas de Gatorade no se pudieron cortar.



Figura 31. Botellas con paredes ultradelgadas (Botellas twist)

Fuente: (Food News Latam, 2015)



Figura 32. Botella con irregularidades geométricas y/o paredes gruesas

Fuente: (Imágenes de Google, 2018)

Luego de la selección de las botellas se determinó que utilizaría las botellas de la línea de Coca Cola®, y de la línea de la Pepsi Cola® de tres, dos, medio litros y de 355 mililitros, que no presentaran irregularidades en su geometría y espesor.



Figura 33. Botellas seleccionadas para fabricar la fibra PET

Fuente: (Imágenes de Google, 2018)

Con las botellas definidas se procedió a la limpieza de las mismas siguiendo los siguientes pasos:

- a. Las botellas recolectadas se lavaron con agua y jabón para eliminar los residuos de su contenido y se eliminaron todas las etiquetas y resto de pegamentos.
- b. Luego se procedió a separar por tamaños las botellas
- c. Por último, se cortó el fondo de las botellas y se secaron eliminando toda la humedad para evitar que las cuchillas con que serían cortas se oxidaran.



Figura 34. Limpieza de botellas de refrescos

4.3.2 Elaboración de equipo artesanal para cortar la fibra PET

En esta investigación se fabricó un equipo artesanal para el corte de botellas de 0.355 a 0.500 litros y de 2.0 a 3.0 litros, tomando como referencia los equipos de fabricantes artesanales de Brasil, ya que es un país que fabrica muchos utensilios con materia reciclada.

El equipo consta;

- a. Un taco de madera de 4" x 8" x 2", cortar en la parte central superior una ranura de 2.5 mm de espesor para poder desplazar la fibra.
- b. Una hoja cortadora de estilete, Tenaza puntuda, Tijeras, Cuatro arandelas y dos tornillos
- c. Para las botellas de 0.355 a 0.50 litros se deberá colocar un clavo de 6" a dos centímetros del estilete con un ángulo de 60° con respecto a taco de madera
- d. Para las botellas de 2.0 a 3.0 litros se deberá de colocar una varilla lisa de 1/2" a dos centímetros del estilete con un ángulo de 65° con respecto al taco de madera.
- e. Colocar el equipo en una superficie sólida y sujetarla con dos prensas sargento para evitar movimiento.

En la figura 35 se muestra tres equipos de corte para botellas de 0.5 litros y un equipo de corte para botellas de 2.0 a 3.0 litros, colocadas para que trabajen cuatro personas simultáneamente.



Figura 35. Equipo artesanal para la fabricación de fibras PET

4.3.3 Cortado artesanal de fibras PET

Se cortó la fibra PET con las dimensiones de 50.8 mm de longitud (2”) por 3 mm (0.118”) de ancho y un espesor de 0.28 mm (0.011”), con el equipo artesanal mostrado anteriormente. Esta longitud fue establecida tomando como punto de partida las longitudes de las fibras sintéticas y metálicas que se comercializan en Tegucigalpa. En la figura 18. Se observa a tres personas trabajando simultáneamente en el corte de las botellas plásticas para fabricar las tiras de fibra PET, posteriormente se procedió al corte de las fibras PET de 2 pulgadas de longitud.



Figura 36. Medición del espesor de PET de las botellas

En la figura 36 se muestra el procedimiento utilizado para la medición del grosor de las botellas de refresco, utilizando un micrómetro y luego de varias verificaciones se estableció que el grosor es de 0.28 mm.



Figura 37. Proceso de corte las botellas de refresco en tiras de PET

En la figura 38 se observa el producto del corte de las botellas de refresco. De las botellas 0.5 litros se obtenían 10 gramos de tiras para fibra PET, lo que significó el 80% de aprovechamiento de material, ya que el fondo como la zona de la rosca al ser más gruesos que el resto del cuerpo no se pudo cortar.



Figura 38. Tiras de PET recicladas de botellas de refresco



Figura 39. Cortado de fibras PET recicladas a la longitud de 2 pulgadas

En la figura 25 se muestra que el corte de las fibras a la longitud especificada de 2 pulgadas fue efectuado con tijeras tanto de uso cotidiano como con tijera de uso industrial y en ambos casos fue posible cortar la fibra sin ningún problema.



Figura 40. Fibras de PET reciclado.

Con las fibras ya definidas se procedió a determinar la resistencia a la tensión de la fibra, razón por la cual se llevaron a cabo dos ensayos, uno empírico y otro en la máquina de tensión, dando en ambos resultados muy similares por lo que se adoptó como carga de ruptura promedio del PET reciclado 50 lb (22.73 kg) con lo que su esfuerzo a la tensión resultó de 3,8487.65 PSI (2,705.95 kg/cm²).



Figura 41. Arreglo de la fibra PET reciclada para ser probada a tensión



Figura 42. Ensayos a tensión de la fibra PET reciclada

En la figura 41 se presentan el arreglo de la fibra PET reciclada que se utilizó para ensayar la fibra a tensión y en la figura 42 se presenta el ensayo empírico de tensión utilizando una báscula con una capacidad de 200 libras (izquierda) y el arreglo colocado en la máquina de tensión (derecha), en ambos casos se tuvieron valores muy similares, sin embargo, al ser valores bajos la máquina de tensión no pudo registrarlos y por ende no pudo generar la gráfica de esfuerzo deformación.

4.3.4 Diseño de la mezcla

En la investigación se decidió trabajar con la resistencia de 3,000 PSI (210 kg/cm²), que es la resistencia que generalmente se utiliza en las construcciones, y para ello se realizó un diseño de mezcla el cual se basó en la metodología descrita en la sección 2.3.1 con lo que obtuvimos una dosificación por volumen de 1:2:3, lo que significa 1 pie cubico de cemento, 2 pie cubico de arena y 3 pie cúbicos de grava, utilizando los agregados de rio hondo (ver tabla 28 de la sección 4.3.1).

4.3.5 Dosificación de la fibra PET y agregados

Una vez cortada la fibra PET se eligieron los porcentajes de PET, tomando como referencia algunos rangos de porcentaje recomendados por los fabricantes para las fibras sintéticas y metálicas. La fibra fue dosificada por peso y sus porcentajes fueron 0.10%, 0.25%, 0.50% y 0.75% con respecto a la cantidad final de concreto que requería para elaborar los especímenes de prueba.

La dosificación de los agregados se realizó por volumen, de acuerdo al diseño de mezcla basado en la metodología descrita en la sección 2.3.1 y la dosificación de cemento y fibra PET se realizó por peso y después de medido se colocó en recipientes (pailas plásticas) para luego incorporarlos en el proceso de elaboración de la mezcla.



Figura 43. Cantidades de fibra PET utilizada en base a porcentajes seleccionados.

4.3.6 Proceso de elaboración de la mezcla

La mezcla de concreto fue realizada en el laboratorio de suelos y materiales de la Empresa Consultora CINSA, con una concretera de medio pie cubico, previo al proceso de elaboración del concreto la grava fue lavada para eliminar todas las impurezas que pudieran afectar la resistencia del concreto, el procedimiento utilizado para la elaboración del concreto se lista a continuación:

1. Se agregó la mitad del árido grueso (grava),
2. Se agregó la mitad de las fibras PET recicladas
3. Se agregó la mitad del árido fino (arena) y se agregó la mitad del agua de amasado
4. Se agregó el resto de grava, arena y fibra PET reciclada
5. Se agregó el 100% del cemento
6. Se agregó el resto del agua y se mezcló por 5 minutos más, resultando en un tiempo de mezclado total de 10 minutos, medidos hasta asegurar que la distribución de las fibras PET fuera homogénea en la mezcla.



Lavado de la grava a utilizar



Grava saturada con superficie seca



Materiales medidos para la mezcla colocados en recipientes (pailas) para facilitar su manipulación



Incorporación de la grava



Incorporación de las fibras PET



Incorporación de la arena



Incorporación de cemento y agua de mezclado



Luego de 10 minutos tenemos el CONCREPET

Figura 44. Proceso de fabricación del CONCREPET

4.3.7 Ensayo de la resistencia a la compresión del concreto

Se realizo como mínimo dos cilindros de concreto de la mezcla virgen como testigos que cumplan con las normas ASTM-192 y ASTM-C 39, y dos testigos para cada mezcla que elaboramos con los diferentes porcentajes de fibra PET reciclada, con la finalidad de realizar ensayos de compresión a los 11, 14 y 21 días, para comparar las resistencias a compresión con los cilindros de concreto de la mezcla virgen con los de la mezcla que adicionamos fibras PET recicladas. Previo a la fabricación de los cilindros de concreto se verificó la consistencia del concreto (revenimiento) para cada mezcla elaborada mediante el ensayo de consistencia bajo la Norma ASTM C 143, luego de procedió a llenar los moldes de los cilindros para el ensayo de compresión axial.



Ensayo de revenimiento con el cono de Abrams, se llena el cono en tres capas dando 25 golpes por capa



Una vez lleno el molde se retira y se mide cuanto baja con respecto a la altura original.

Figura 45. Ensayo de consistencia ASTM C 143

Luego de la fabricación de los testigos bajo la norma ASTM C 192, luego de 24 horas se desmoldaron y se procedió al curado por inmersión en las pilas de curado del laboratorio de materiales de CINSA



El llenado de los moldes se realiza en tres capas, dando 25 golpes por capa



Una vez lleno el molde se retira y el cilindro se cura totalmente sumergido en una pila llena de agua

Figura 46. Proceso de fabricación de cilindros de Concreto Norma ASTM C 192

Posteriormente que transcurrió el tiempo de curado, los cilindros fueron sacados del agua y se dejaron secar a temperatura ambiente y finalmente son ensayados en la máquina de compresión mediante la norma ASTM C 39



Se verifica la horizontalidad y verticalidad del cilindro de prueba



Se colocan los cabezales de neopreno y se realiza el ensayo, finalmente se verifica el tipo de falla según la figura 11 de la sección 2.3.3

Figura 47. Proceso de ensayo de compresión de cilindros Norma ASTM C 39

4.3.8 Ensayo de la resistencia a la flexión del concreto

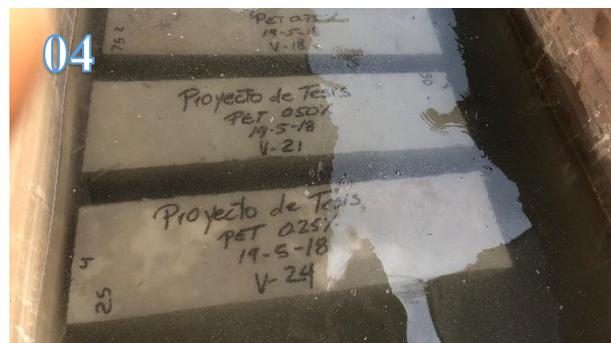
Se fabricaron dos vigas de concreto de la mezcla virgen como testigos, que cumplieron los requerimientos de las normas ASTM C 192 y ASTM C 78 y dos testigos para cada mezcla con los diferentes porcentajes de fibra PET reciclada para cada porcentaje de fibra, con la finalidad de realizar ensayos a la flexión a los 11, 14 y 21 días, para comparar las resistencias a flexión con las vigas de concreto sin fibra.

Previo a la fabricación de las vigas de concreto se verificó la consistencia del concreto (revenimiento) para cada mezcla elaborada, mediante el ensayo de consistencia bajo la Norma ASTM C 143 -01, luego se procedió a llenar los moldes de los cilindros para el ensayo de compresión axial, según se muestra en la figura 45 de la sección 4.3.7.

Después de la fabricación de las vigas de concreto bajo la norma ASTM C 192, 24 horas se desmoldaron y se procedió al curado por inmersión en las pilas de curado del laboratorio de materiales de CINSA.



El llenado de los moldes se realiza en dos capas con 75 golpes en cada capa



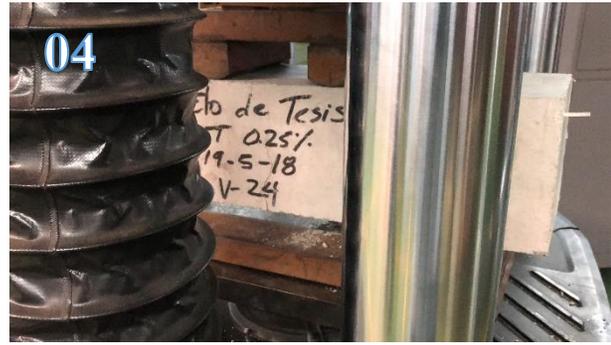
Una vez lleno el molde se retira y la viga se cura totalmente sumergido en una pila llena de agua

Figura 48. Proceso de fabricación de vigas Norma ASTM C 192

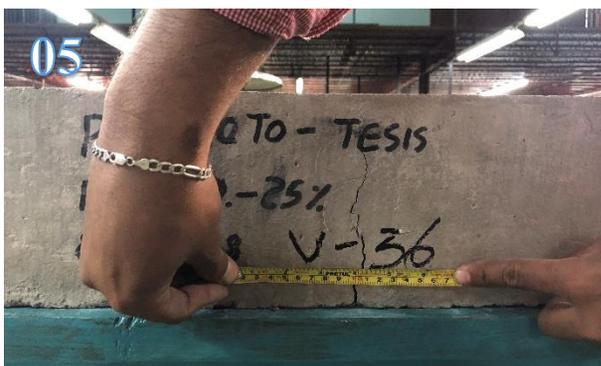
Posterior al tiempo de curado, las vigas fueron sacadas del agua y se dejaron secar a temperatura ambiente y finalmente se ensayaron en la máquina de compresión, mediante la norma ASTM C 78.



Se marcan los tercios medios de la viga y se verifica la horizontalidad de la superficie



Una vez que la maquina detiene el ensayo se verifica si la falla estuvo en el tercio medio de la viga



La viga con PET no se fractura completamente



Vista de las fibras PET en las vigas de Concreto

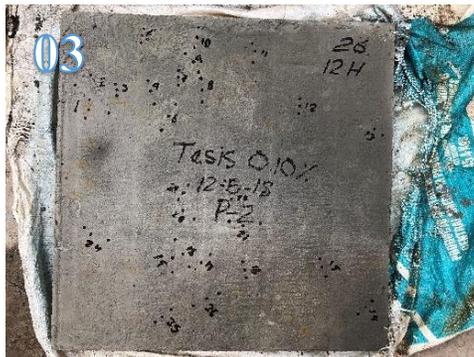
Figura 49. Proceso de ensayo de flexo compresión de vigas Norma ASTM C 78

4.3.9 Fabricación de placas

Se realizó una (1) placa de 0.50 x 0.50 x 0.05 metros por cada mezcla elaborada y por cada porcentaje de fibra PET con la finalidad de realizar ensayos de observación, para determinar si las fibras aportan a reducir el fisuramiento por contracción o por temperatura, por lo se dejaron las placas a la intemperie, sin utilizar ningún curador.



El molde se llenó en una capa y se dieron 200 golpes de acuerdo con la tabla 9 de la sección 2.3.2



Luego de 12 horas se desmoldó la losa y se verificaron el número de grietas por contracción del fraguado

Figura 50. Proceso de Fabricación de losas de concreto

4.4. Ensayos de laboratorio

A continuación, se presenta los resultados obtenido de las pruebas de laboratorio realizadas como ser; granulometría, diseño de mezcla, ensayo de la compresión de cilindros, ensayo a la resistencia a la flexión de vigas de concreto hidráulico y ensayo a la tensión de la fibra PET.

4.4.1 Diseño de mezcla

Tabla 27. Resumen de resultados de clasificación de los agregados

	Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Materiales Resumen de Agregados para Concreto Hidráulico	Código RO-RAC-24	Fecha 20 de mayo 2018
		Proyecto de Tesis	

Proyecto: Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (PET) en Tegucigalpa
Localización: Tegucigalpa M.D.C. departamento de Francisco Morazán
Origen del agregado fino: Agregado fino de río Hondo
Origen del agregado grueso: Agregado grueso triturado de río Hondo

No	Descripción	Muestras				Especificación
		No 1	No 2			
1	Porcentaje que pasa tamiz #:	GRAVA	ARENA			
2	2 1/2"					
3	2"					
4	1 1/2"					
5	1"	100.0				AASHTO T 27-06
6	3/4"	88.5				AASHTO T 27-06
7	1/2"	48.2				AASHTO T 27-06
8	3/8"	28.6				AASHTO T 27-06
9	No 4	9.0	100.0			AASHTO T 27-06
10	No 8	6.4	79.2			AASHTO T 27-06
11	No 10					
12	No 16		58.3			AASHTO T 27-06
13	No 30		40.6			AASHTO T 27-06
14	No 40					
15	No 50		19.8			AASHTO T 27-06
16	No 100		5.9			AASHTO T 27-06
17	Pase Malla No 200					
18	Módulo de finura		3.42			AASHTO T 27-06
19	Peso específico	2.47	2.50			AASHTO T 84-00 / T 85-91
20	Absorción (%)	3.5	6.0			AASHTO T 84-00 / T 85-91
21	Peso lbs / pié ³ Compactado	94.5	96.2			AASHTO T 19-00
22	Peso lbs / pié ³ Suelto	83.6	85.5			AASHTO T 19-00

Observaciones: Las muestras de los agregados fueron recolectadas según las especificaciones ASTM.

Responsable: Alexander Flores y Armando Aguilar

Tabla 28. Proporciones de los agregados para el diseño de mezcla

	Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Materiales Diseño de Mezcla de Concreto Hidráulico ACI 211.1-91 (2002)	Fecha de última versión: 21-may-18
		Proyecto de tesis

Proyecto: Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (PET) en Tegucigalpa	
Localización: Tegucigalpa M.D.C. departamento de Francisco Morazan	
Diseño solicitado por: Alexander Flores y Armando Aguilar	Fecha: 21/ mayo /2018
Método: "Práctica Estándar para Seleccionar Proporciones para Concreto Normal, de Alta Densidad y Masivo" (ACI 211.1-91)	

Origen de Agregados		GS	PV Compactado (Kg/m ³)	Características	
Cemento:	BIJAO ASTM C- 1157, TIPO GU	2.85	-		
Grava:	Tritura Río hondo	2.47	1,514	TM: 19mm (3/4")	% Abs: 3.5
Arena:	Arena de río hondo	2.50	1,541	MF: 3.42	% Abs: 6.0
Agua:	Potable	1.00	-	PV: 1,000	Kg/m ³

Condiciones a Cumplir	(psi)	(psi)	(Tabla A1.5.3.1)
Resistencia a los 28 días f'c, Compresión:	3,000	Flexión: -	Revenimiento: 75-100 mm

Estimación del Agua de Mezclado y Contenido de Aire (Tabla A1.5.3.3)	Cantidad de Agua [a]	205 Kg/m ³	Contenido de Cemento [CC]= a / [a/c] =	366.1 Kg/m ³
	Aire Contenido	2.0 %	Volumen de Grava [VG] (Tabla A1.5.3.6) =	0.65 m ³
Relación Agua - Material Cementante [a/c] (Tabla 6.3.4 (a))		0.56	Contenido de Grava [CAG] = PVC x VG =	984 Kg/m ³

Volumenes Absolutos	
Volumen de Agua [W V]	[a] / [PV] = 0.209 m ³
Volumen de Cemento [CV]	[CC] / [GSc][PV] = 0.128 m ³
Volumen de Grava [CAV]	[CAG] / [GSg][PV] = 0.398 m ³
Volumen de Aire Contenido [VØ]	%Aire x 1.00m ³ = 0.005 m ³
	Σ Total = 0.741 m ³
Volumen de Arena [FAV]	1.00m ³ - Σ Total = 0.259 m ³

Contenido de Arena en Peso [CAF]
[FAV] x [GSa] x [PV] = 648 Kg/m ³

Dosificación por Peso		Proporción Cemento : Arena : Grava				
Cemento	366 Kg/m ³	Por Peso	1 : 1.77 : 2.69	Prop Cemento	Arena	Grava
Agua	205 Kg/m ³			Vol: 1:	2.02	3.10
Arena	648 Kg/m ³	Cantidad de Agua				
Grava	984 Kg/m ³			6.29 US Gal / Bolsa de Cemento		
Densidad de Concreto Fresco=	2,203 Kg/m ³	8.61 Bolsas x metro cubico				

Observaciones: PARA DOSIFICAR, LOS AGREGADOS Y EL AGUA DEBEN ESTAR COMPLETAMENTE LIMPIOS;
PARA DOSIFICAR POR PESO SE DEBEN HACER CORRECCIONES POR HUMEDAD.

Responsable: Alexander Flores y Armando Aguilar

4.4.2 Compresión de cilindros de concreto hidráulico

Tabla 29. Resumen de resultados del ensayo de compresión de cilindros

 <p style="text-align: center;">Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Materiales</p> <p style="text-align: center;">Compresión de Cilindros de Concreto Hidráulico</p>											Fecha de Última versión: 11 de julio de 2018	
											Proyecto de Tesis	
											Versión: 1	
Proyecto: Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (PET) en Tegucigalpa										Hoja: 1		
Localización: Tegucigalpa M.D.C. departamento de Francisco Morazán												
Especímenes ensayados por: Alexander Flores y Armando Aguilar										Fecha: 11/06/2018		
No.	Fecha de la mezcla	Fecha de ruptura	Días	Revenimiento Plg	Mezcla utilizada con volumen:	Carga Lbs	Area Plg ²	Esfuerzo Lbs/Pulg ²	Esfuerzo Kg/cm ²	Densidad Kg/cm ³	Especificación Lbs/Pulg ²	
1	12/5/2018	2/6/2018	21	2	Fibras PET 0.75%	77,763	28.27	2,750	193	2,302	3,000	
2	12/5/2018	2/6/2018	21	3 1/2	Fibras PET 0.10%	104,457	28.27	3,694	260	2,320	3,000	
3	12/5/2018	2/6/2018	21	2	Fibras PET 0.25%	125,633	28.27	4,443	312	2,293	3,000	
4	13/5/2018	3/6/2018	21	1	Fibras PET 0.50%	101,519	28.27	3,591	252	2,366	3,000	
5	13/5/2018	3/6/2018	21	1	Fibras PET 0.50%	100,067	28.27	3,539	249	2,320	3,000	
6	13/5/2018	3/6/2018	21	1 1/2	Fibras PET 0.00%	109,512	28.27	3,873	272	2,350	3,000	
7	13/5/2018	3/6/2018	21	3	Fibras PET 0.25%	86,492	28.27	3,059	215	2,234	3,000	
8	13/5/2018	3/6/2018	21	3	Fibras PET 0.25%	92,192	28.27	3,261	229	2,296	3,000	
9	19/5/2018	30/5/2018	11	2	Fibras PET 0.10%	75,679	28.27	2,677	188	2,365	3,000	
10	19/5/2018	30/5/2018	11	1/2	Fibras PET 0.75%	60,981	28.27	2,157	152	2,328	3,000	
11	19/5/2018	30/5/2018	11	1 1/2	Fibras PET 0.50%	70,717	28.27	2,501	176	2,327	3,000	
12	19/5/2018	30/5/2018	11	2 1/2	Fibras PET 0.25%	83,539	28.27	2,955	208	2,312	3,000	
13	20/5/2018	3/6/2018	14	2 1/2	Fibras PET 0.10%	79,090	28.27	2,797	197	2,374	3,000	
14	20/5/2018	3/6/2018	14	2 1/2	Fibras PET 0.75%	59,681	28.27	2,111	148	2,304	3,000	
15	20/5/2018	3/6/2018	14	1/2	Fibras PET 0.50%	76,272	28.27	2,698	190	2,342	3,000	
16	20/5/2018	31/5/2018	11	4	Fibras PET 0.00%	89,684	28.27	3,172	223	2,351	3,000	
17	20/5/2018	3/6/2018	14	3	Fibras PET 0.00%	103,298	28.27	3,653	257	2,347	3,000	
18	20/5/2018	3/6/2018	14	3	Fibras PET 0.25%	92,612	28.27	3,275	230	2,312	3,000	

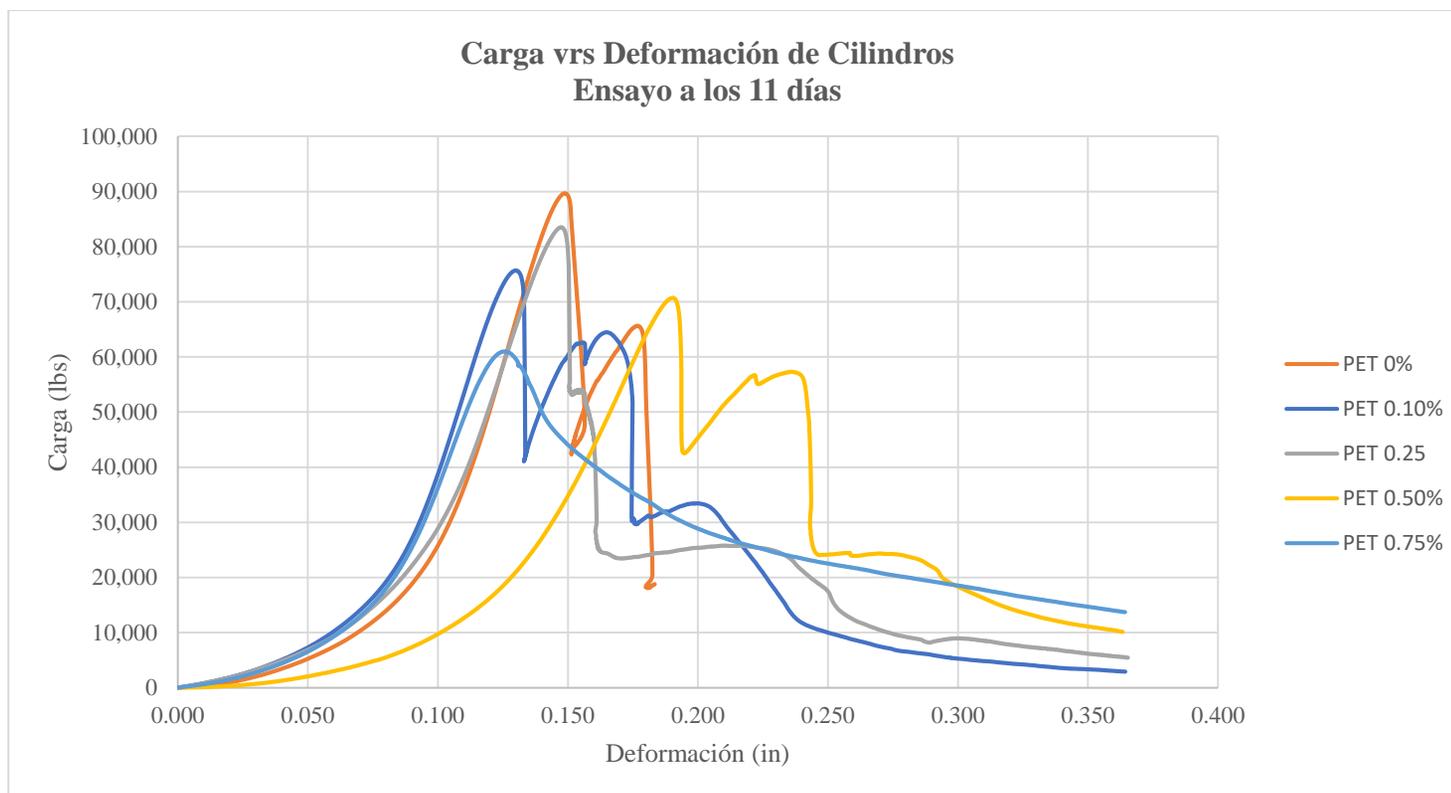


Figura 51. Comparación de resistencia de los cilindros a 11 días.

De la figura 51 se observa que la resistencia a la compresión del concreto a los once días de curado, disminuye al aumentar fibras, con una tendencia decreciente, pero concluimos que el porcentaje óptimo PET 0.50% ya que resiste una carga de ruptura del 79% con respecto a la del concreto base y tienen un aporte de esfuerzo residual después de la falla del 29%, con una deformación unitaria de 0.30 pulgadas, lo que transforma la falla frágil del concreto sin fibra a una falla dúctil y el espécimen mantienen su integridad estructural.

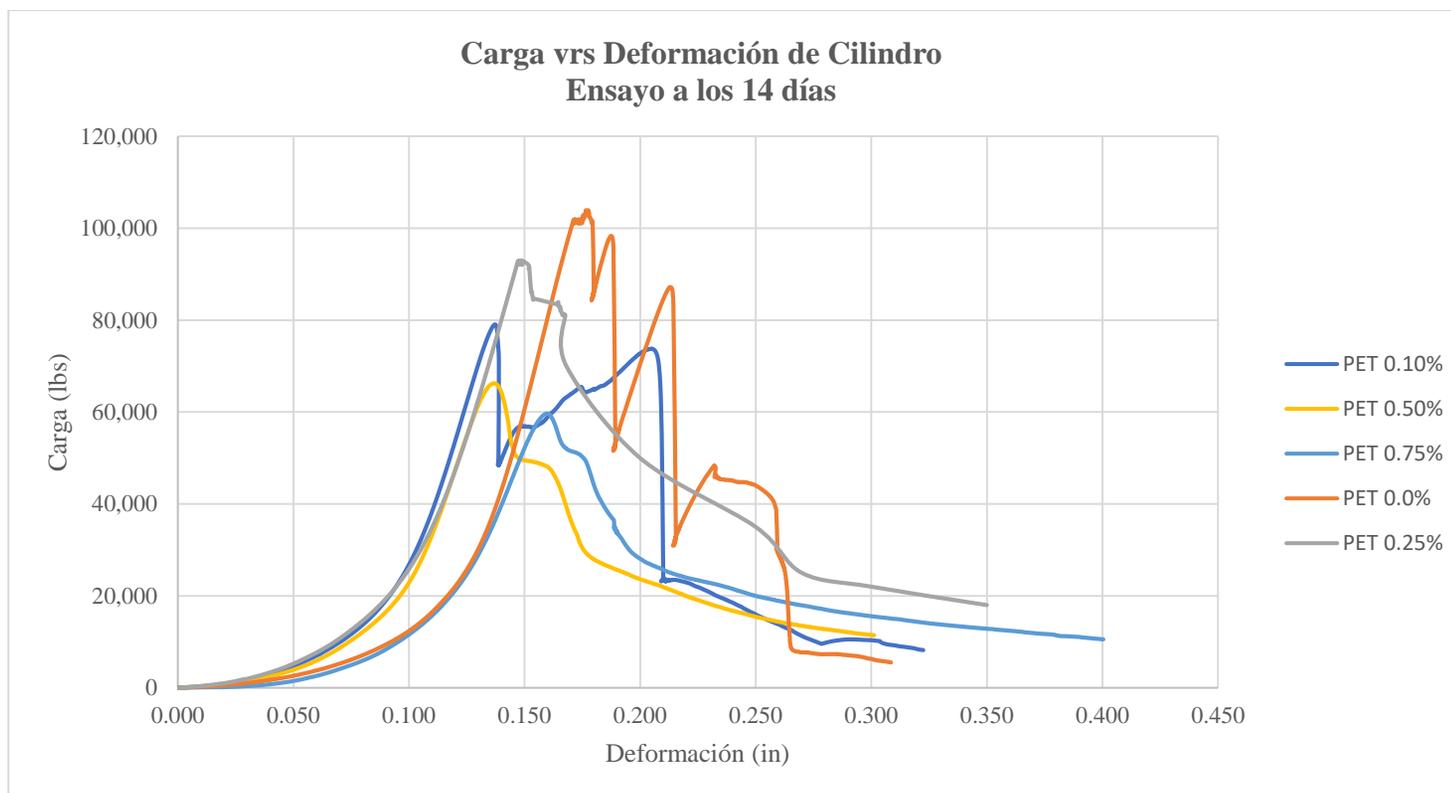


Figura 52. Comparación de resistencia de los cilindros a 14 días.

De la figura 52 se observa que la resistencia a la compresión del concreto a los catorce días de curado, disminuye al aumentar fibras, con una tendencia decreciente, pero concluimos que el porcentaje óptimo PET 0.25% ya que resiste una carga de ruptura del 89% con respecto a la del concreto base y tienen un aporte de esfuerzo residual después de la falla del 21%, con una deformación unitaria de 0.35 pulgadas, lo que transforma la falla frágil del concreto sin fibra a una falla dúctil y el espécimen mantienen su integridad estructural.

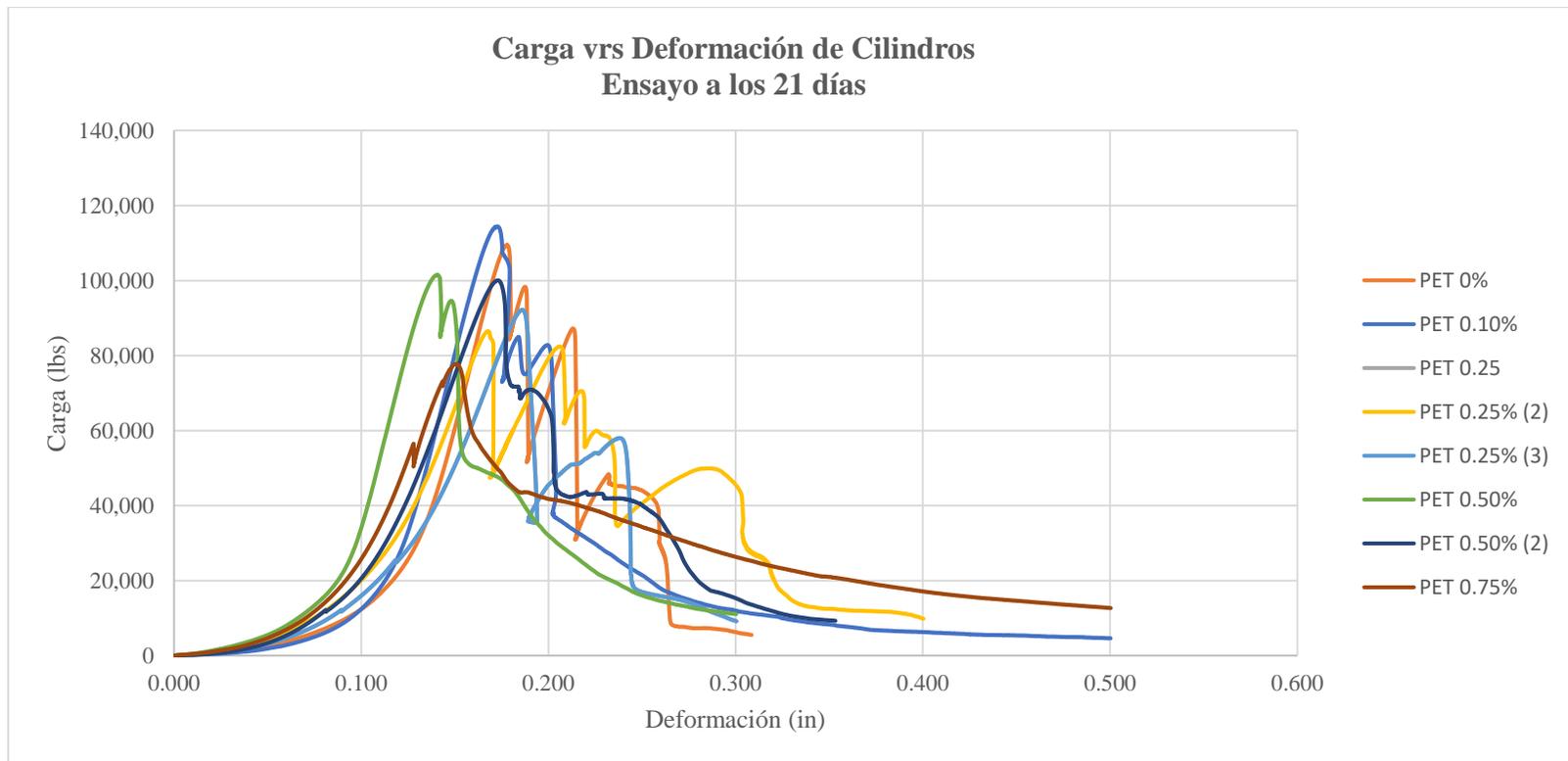


Figura 53. Comparación de resistencia de los cilindros a 21 días.

De la figura 53 se observa que la resistencia a la compresión del concreto a los veintidós días de curado, disminuye al aumentar fibras, con una tendencia decreciente, pero concluimos que el porcentaje óptimo PET 0.50% ya que resiste una carga de ruptura del 92% con respecto a la del concreto base y tienen un aporte de esfuerzo residual después de la falla del 15%, con una deformación unitaria de 0.40 pulgadas, lo que transforma la falla frágil del concreto sin fibra a una falla dúctil y el espécimen mantienen su integridad estructural.

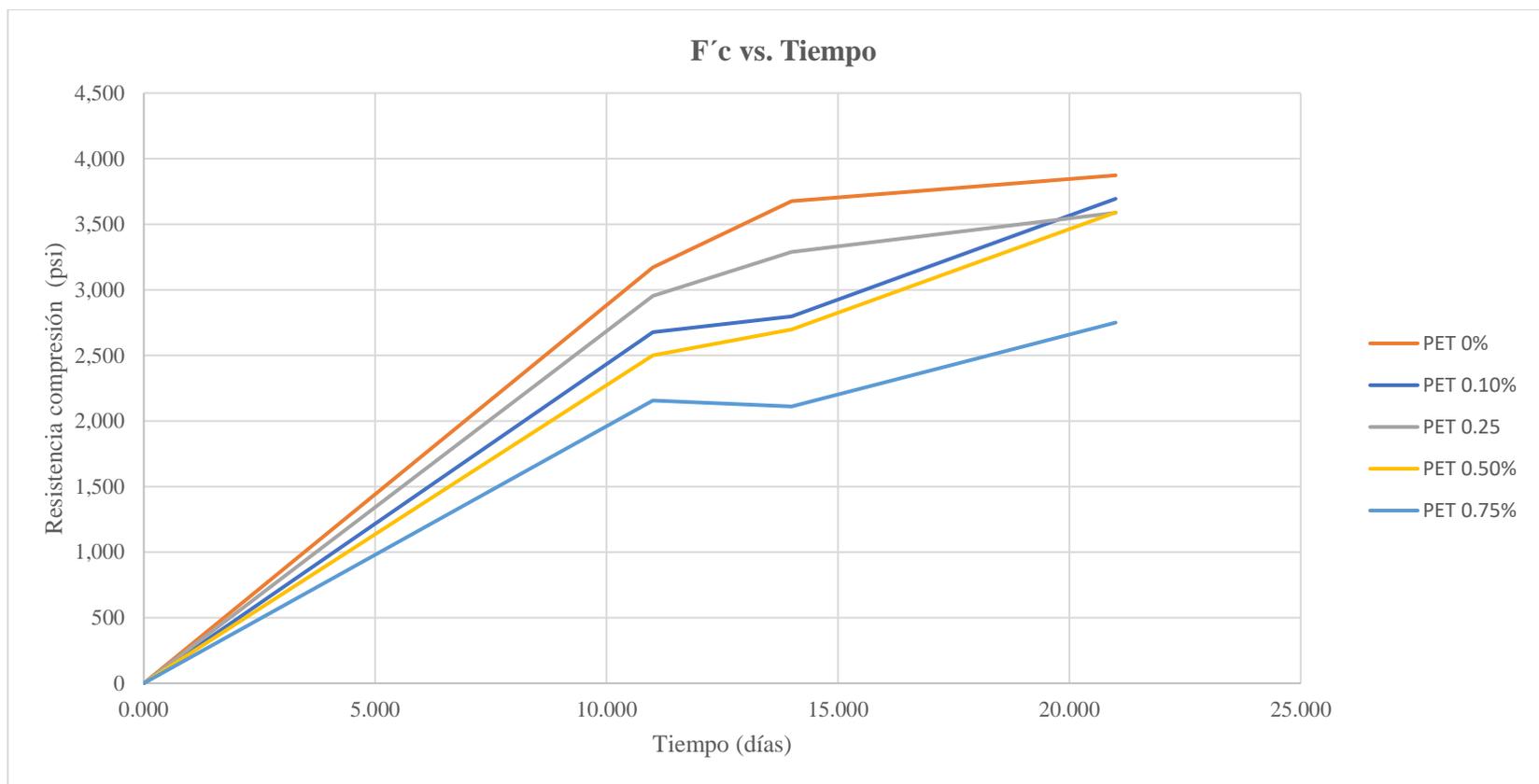


Figura 54. Comparación de Resistencia a la Compresión vs. tiempo curado.

En la figura 54 se observa que la resistencia a la compresión tiene cierta disminución al aumentarle fibras PET, con una tendencia decreciente, pero podemos concluir que el CONCREPET tiene el mismo comportamiento que el concreto sin fibra, siendo el PET 0.50% el porcentaje óptimo ya que resiste una carga de ruptura a los 21 días de curado del 92% con respecto al concreto base (sin fibra).

4.4.3 Resistencia a la flexión del concreto hidráulico

Tabla 30. Resumen de resultados de ensayo de flexión de vigas

 <p style="text-align: center;">Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Materiales</p> <h3 style="text-align: center;">Resistencia a la Flexión de Concreto Hidráulico</h3> <th colspan="2">Fecha de Última versión:</th>												Fecha de Última versión:	
												11 de julio de 2018	
												Proyecto de Tesis	
												Versión: 1	
Proyecto: Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (PET) en Tegucigalpa										Hoja: 1			
Localización: Tegucigalpa M.D.C. departamento de Francisco Morazan													
Especímenes ensayados por: Alexander Flores y Armando Aguilar										Fecha: 11/06/2018			
No.	Fecha de la mezcla	Fecha de ruptura	Días	Revenimiento Plg	Mezcla utilizada con volumen:	Carga Lbs	Area Plg ²	Esfuerzo Lbs/Pulg ²	Esfuerzo Kg/cm ²	Densidad Kg/cm ³	Especificación Lbs/Pulg ²		
1	12/5/2018	2/6/2018	21	1/2	Fibras PET 0.75%	5,124	144	427	30	2,309	650		
2	12/5/2018	2/6/2018	21	2	Fibras PET 0.75%	5,725	144	477	34	2,242	650		
3	12/5/2018	2/6/2018	21	2 3/4	Fibras PET 0.10%	5,577	144	465	33	2,287	650		
4	12/5/2018	2/6/2018	21	2 3/4	Fibras PET 0.10%	6,319	144	527	37	2,304	650		
5	12/5/2018	2/6/2018	21	5	Fibras PET 0.25%	5,430	144	452	32	2,210	650		
6	12/5/2018	2/6/2018	21	2	Fibras PET 0.25%	7,153	144	596	42	2,297	650		
7	13/5/2018	3/6/2018	21	1	Fibras PET 0.50%	7,192	144	599	42	2,341	650		
8	13/5/2018	3/6/2018	21	1	Fibras PET 0.50%	7,395	144	616	43	2,286	650		
9	13/5/2018	3/6/2018	21	1 1/2	Fibras PET 0.00%	8,301	144	692	49	2,376	650		
10	13/5/2018	3/6/2018	21	1 1/2	Fibras PET 0.00%	7,811	144	651	46	2,292	650		
11	13/5/2018	3/6/2018	21	3	Fibras PET 0.25%	6,818	144	568	40	2,317	650		
12	13/5/2018	3/6/2018	21	3	Fibras PET 0.25%	6,137	144	511	36	2,268	650		
13	19/5/2018	2/6/2018	14	2	Fibras PET 0.10%	5,229	144	436	31	2,284	650		
14	19/5/2018	2/6/2018	14	2	Fibras PET 0.10%	5,679	144	473	33	2,354	650		
15	19/5/2018	30/5/2018	11	2	Fibras PET 0.10%	4,764	144	397	28	2,319	650		
16	19/5/2018	2/6/2018	14	1/2	Fibras PET 0.75%	5,825	144	485	34	2,336	650		
17	19/5/2018	2/6/2018	14	1/2	Fibras PET 0.75%	4,718	144	393	28	2,263	650		
18	19/5/2018	30/5/2018	11	0.5	Fibras PET 0.75%	4,593	144	383	27	923	650		

Continuación de tabla 30 resumen de resultados de ensayo de flexión de vigas

No.		Fecha de la mezcla	Fecha de ruptura	Días	Revenimiento Plg	Mezcla utilizada con volumen:	Carga Lbs	Area Plg ²	Esfuerzo Lbs/Pulg ²	Esfuerzo Kg/cm ²	Densidad Kg/cm ³	Especificación Lbs/Pulg ²
19	19/5/2018	2/6/2018	14	1 1/2	Fibras PET 0.50%	4,945	144	412	29	2,263	650	
20	19/5/2018	2/6/2018	14	1 1/2	Fibras PET 0.50%	5,356	144	446	31	2,303	650	
21	19/5/2018	30/5/2018	11	1 1/2	Fibras PET 0.50%	4,736	144	395	28	2,324	650	
22	19/5/2018	2/6/2018	14	2 1/2	Fibras PET 0.25%	5,943	144	495	35	2,304	650	
23	19/5/2018	2/6/2018	14	2 1/2	Fibras PET 0.25%	5,135	144	428	30	2,297	650	
24	19/5/2018	30/5/2018	11	2 1/2	Fibras PET 0.25%	3,606	144	300	21	2,281	650	
25	20/5/2018	31/5/2018	11	2 1/2	Fibras PET 0.10%	5,364	144	447	31	2,352	650	
26	20/5/2018	3/6/2018	14	2 1/2	Fibras PET 0.10%	5,517	144	460	32	2,309	650	
27	20/5/2018	3/6/2018	14	2 1/2	Fibras PET 0.10%	5,329	144	444	31	2,369	650	
28	20/5/2018	31/5/2018	11	2 1/2	Fibras PET 0.75%	4,435	144	370	26	2,241	650	
29	20/5/2018	3/6/2018	14	2 1/2	Fibras PET 0.75%	3,564	144	297	21	2,254	650	
30	20/5/2018	3/6/2018	14	2 1/2	Fibras PET 0.75%	6,137	144	511	36	2,274	650	
31	20/5/2018	31/5/2018	11	1 1/2	Fibras PET 0.50%	5,356	144	446	31	2,288	650	
32	20/5/2018	3/6/2018	14	1 1/2	Fibras PET 0.50%	5,679	144	473	33	2,280	650	
33	20/5/2018	3/6/2018	14	1 1/2	Fibras PET 0.50%	4,748	144	396	28	2,298	650	
34	20/5/2018	31/5/2018	11	4	Fibras PET 0.00%	5,385	144	449	32	2,334	650	
35	20/5/2018	3/6/2018	14	4	Fibras PET 0.00%	6,247	144	521	37	2,336	650	
36	20/5/2018	31/5/2018	11	4	Fibras PET 0.25%	5,367	144	447	31	2,343	650	

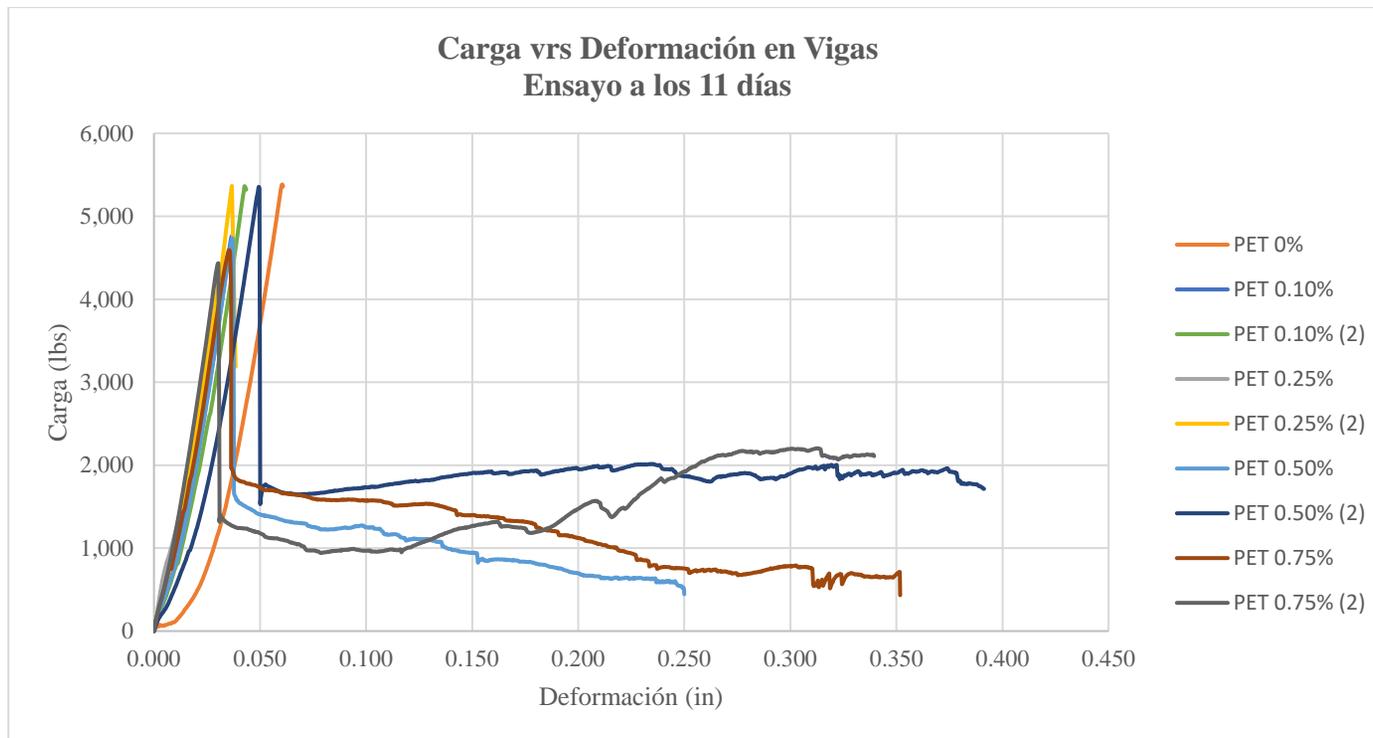


Figura 55. Comparación de resistencia de las vigas a 11 días.

De la figura 55 se observa que la resistencia a la flexión del concreto a los once días de curado, disminuye al aumentar fibras, con una tendencia decreciente, pero concluimos que el porcentaje óptimo es PET 0.50% ya que resiste una carga de ruptura del 93% con respecto a la del concreto base y tienen un aporte de esfuerzo residual después de la falla del 45%, con una deformación unitaria de 0.39 pulgadas, lo que transforma la falla frágil del concreto sin fibra a una falla dúctil y el espécimen mantienen su integridad estructural.

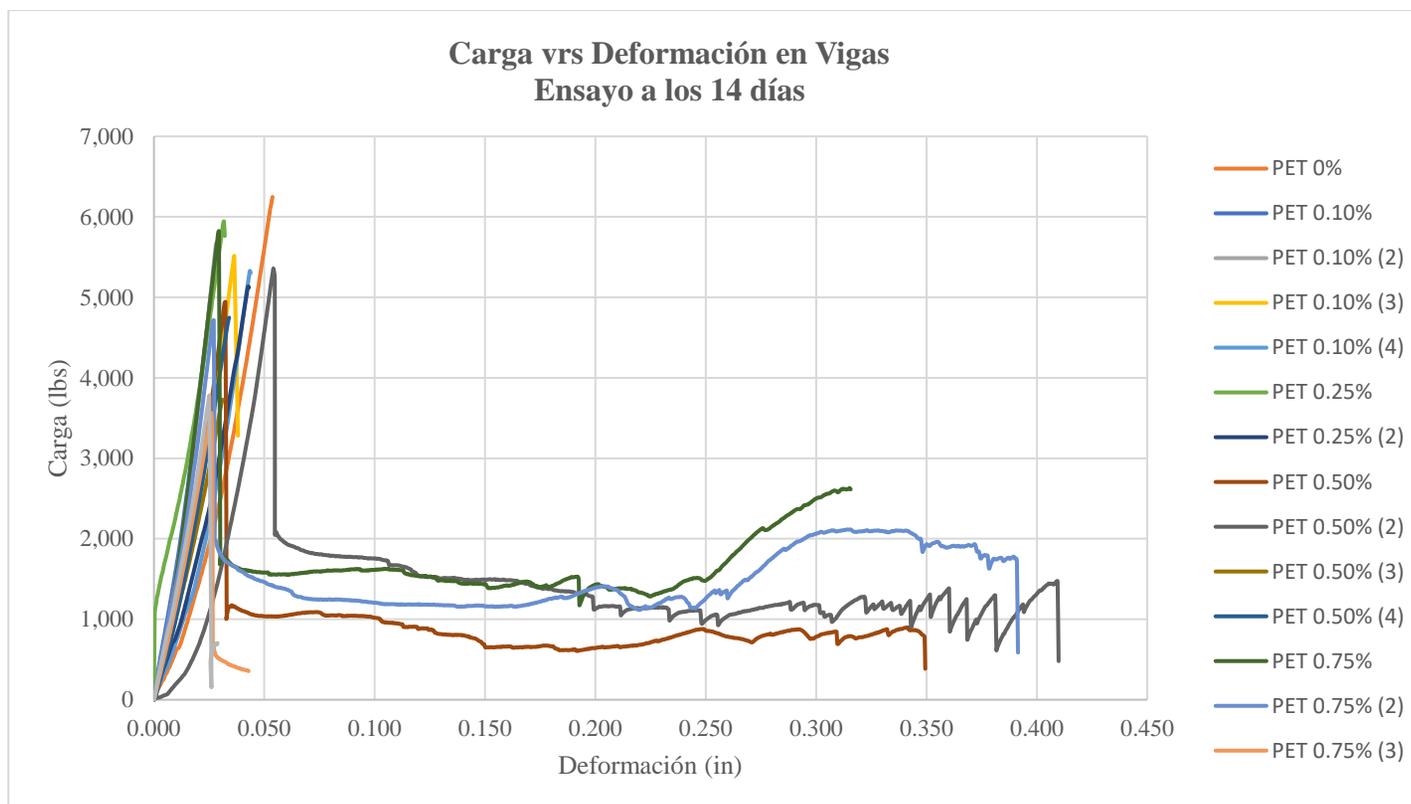


Figura 56. Comparación de resistencia de las vigas a 14 días.

En la figura 56 se observa que la resistencia a la flexión del concreto a los catorce días de curado disminuye al aumentar fibras, con una tendencia decreciente, pero concluimos que los porcentajes optimo es PET 0.50% ya que resiste una carga de ruptura del 75% con respecto a la del concreto base y tienen un aporte de esfuerzo residual después de la falla del 30%, con una deformación unitaria de 0.40 pulgadas, lo que transforma la falla frágil del concreto sin fibra a una falla dúctil y el espécimen mantienen su integridad estructural.

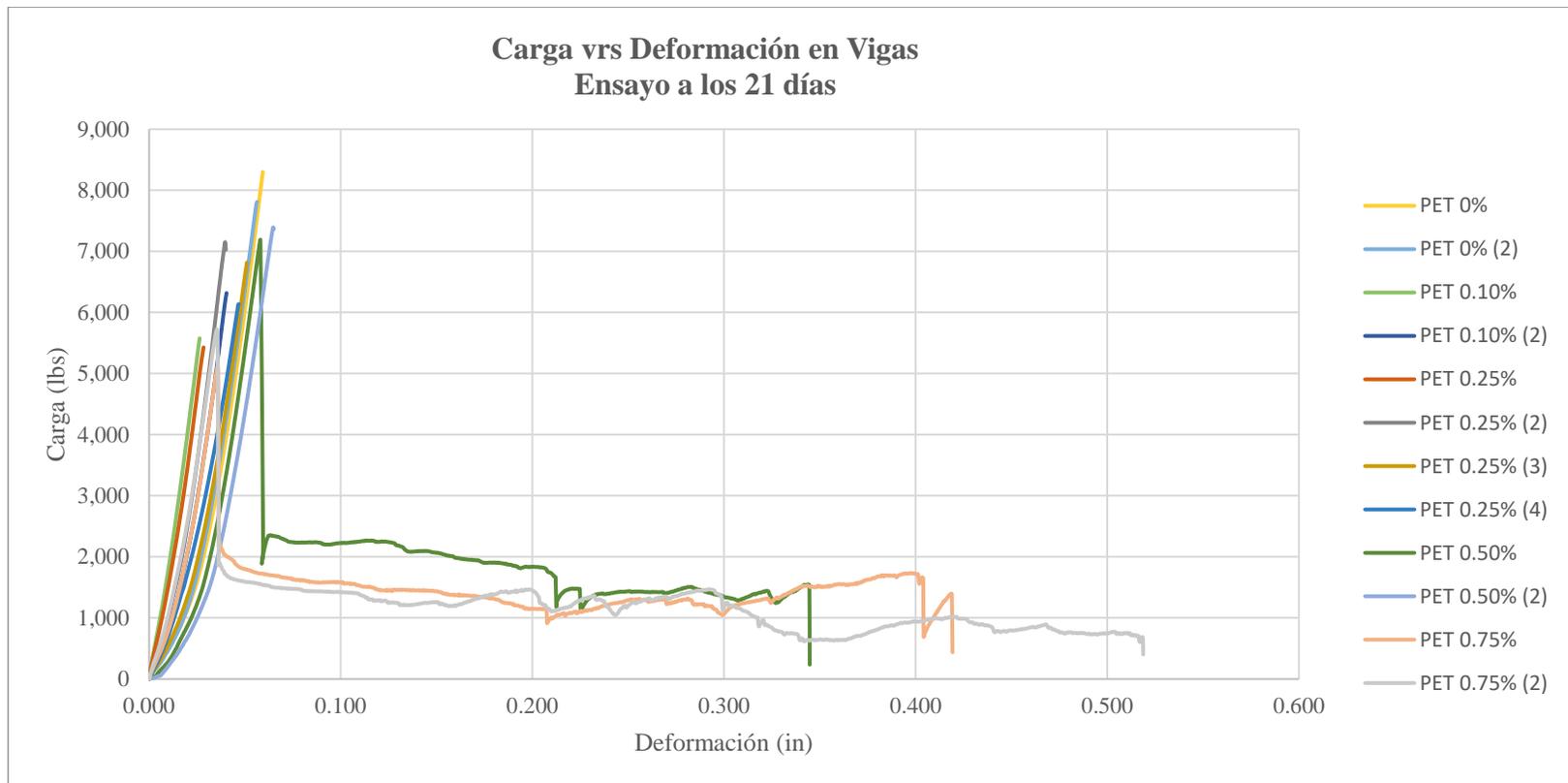


Figura 57. Comparación de resistencia de las vigas a 21 días.

En la figura 56 se observa que la resistencia a la flexión del concreto a los veintiún días de curado disminuye al aumentar fibras, con una tendencia decreciente, pero concluimos que los porcentajes optimo es PET 0.50% ya que resiste una carga de ruptura del 90% con respecto a la del concreto base y tienen un aporte de esfuerzo residual después de la falla del 25%, con una deformación unitaria de 0.34 pulgadas, lo que transforma la falla frágil del concreto sin fibra a una falla dúctil y el espécimen mantienen su integridad estructural.

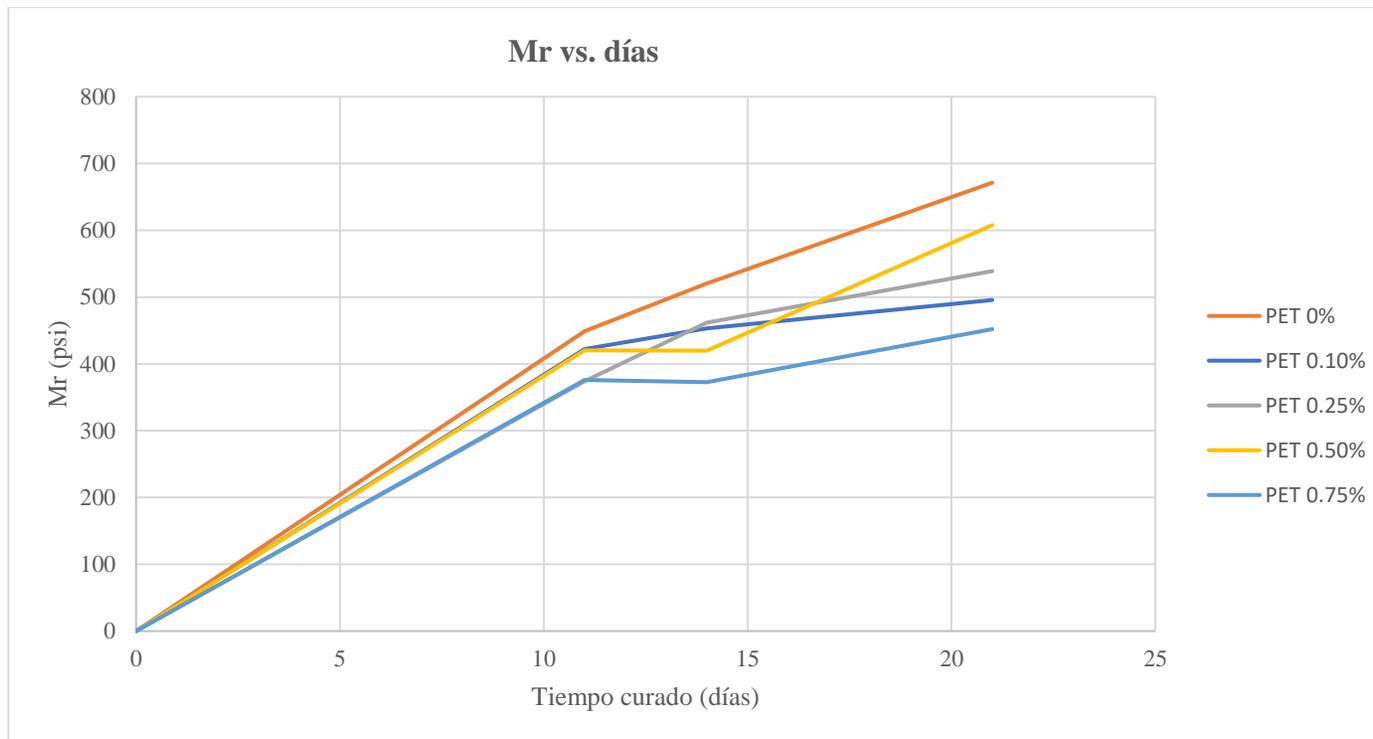


Figura 58. Comparación de Resistencia a la ruptura vs. tiempo curado.

En la figura 58 se observa que la resistencia a la flexión tiene cierta disminución al aumentarle fibras PET, con una tendencia decreciente, pero podemos concluir que el CONCREPET tiene el mismo comportamiento que el concreto sin fibra, siendo el PET 0.50% el porcentaje óptimo ya que resiste una carga de ruptura a los 21 días de curado del 90% con respecto al concreto base (sin fibra).

4.4.4 Verificación de fisuramiento por contracción de fraguado

A continuación, se presentan los resultados del fisuramiento observado en las losas de concreto a los 21 días, con diferentes porcentajes de fibra PET reciclada:



Figura 59. Losa de concreto con diferentes porcentajes de fibra PET

Con el propósito de verificar el grado de agrietamiento de las losas de concreto durante el fraguado, se construyeron losas de concreto de 50 x 50 x 5 centímetros, las cuales una vez coladas se dejaron a la intemperie son utilizar ningún tipo de aditivo para curarlas, con la finalidad de acelerar el proceso de fraguado. Los resultados observados en cada una de las losas se presentan más adelante con su respectiva interpretación.

En la figura 59 se presenta un ejemplo de las losas fabricadas para verificar el agrietamiento por contracción de fraguado, se tiene una losa de concreto sin fibra y cuatro de CONCREPET con porcentajes de 0.10, 0.25, 0.50 y 0.75%

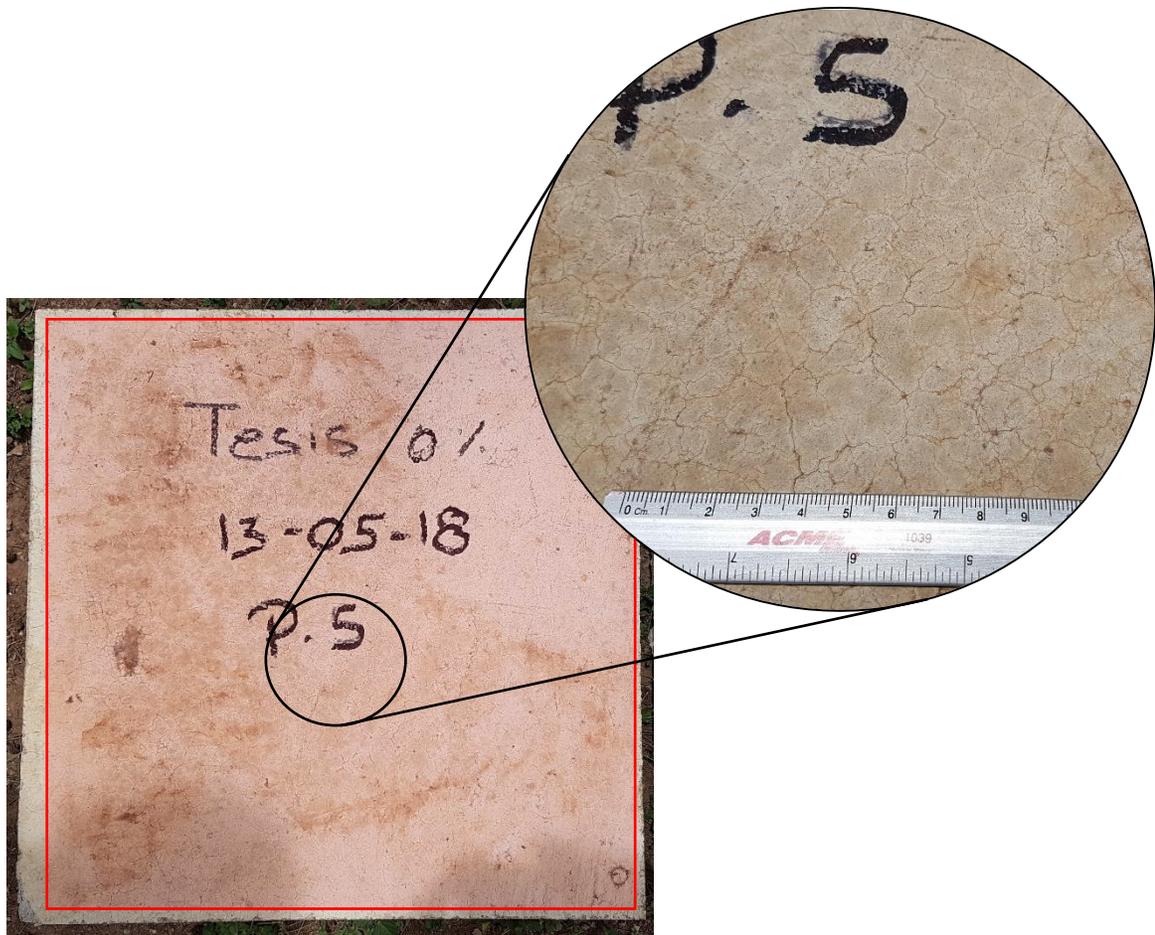


Figura 60. Losa de concretó hidráulico, 100% fisurada a los 21 días

En la figura 60 se observa marcado en color rojo que el 100% de la superficie de la losa esta fisurada debido a la contracción del fraguado, toda la superficie presenta un patrón de fisuramiento similar al cuero de lagarto con bloques de 5 milímetros hasta 20 milímetros, con un espesor inferior a 0.5 milímetros y muy marcadas en la superficie.

En general se puede concluir que la losa fabricada con concreto simple fue muy susceptible al agrietamiento, ya que el 100% de su superficie presento fisuramiento debido a la contracción de fraguado.

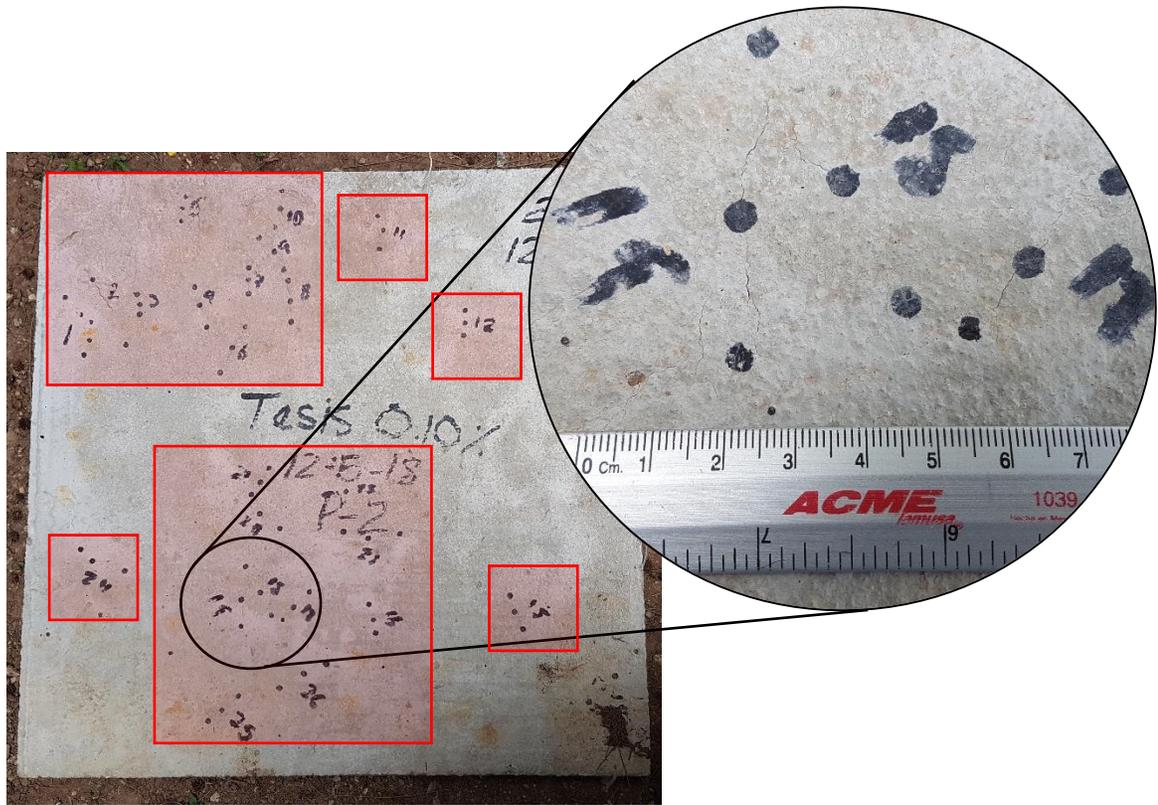


Figura 61. Losa CONCREPET con 0.10% de fibra, 50% fisurada a 21 días

En la figura 61 se observa marcado en color rojo que el 50% de la superficie de la losa esta fisurada debido a la contracción del fraguado, es importante recalcar que estas fisuras se generaron a las 12 horas de colada la losa, además las fisuras se presentaron de manera aislada sin formar un patrón en específico.

Por lo anterior se puede concluir que con solo un 0.10% de fibras PET mejoró notablemente el control del fisuramiento, ya que solo el 50% de la superficie presentó fisuramiento por contracción de fraguado, además que las fisuras se presentaron en forma aislada sin un patrón definido, lo que supone que las fibras PET resistieron los esfuerzos producidos por la contracción, lo que evitó el fisuramiento masivo.

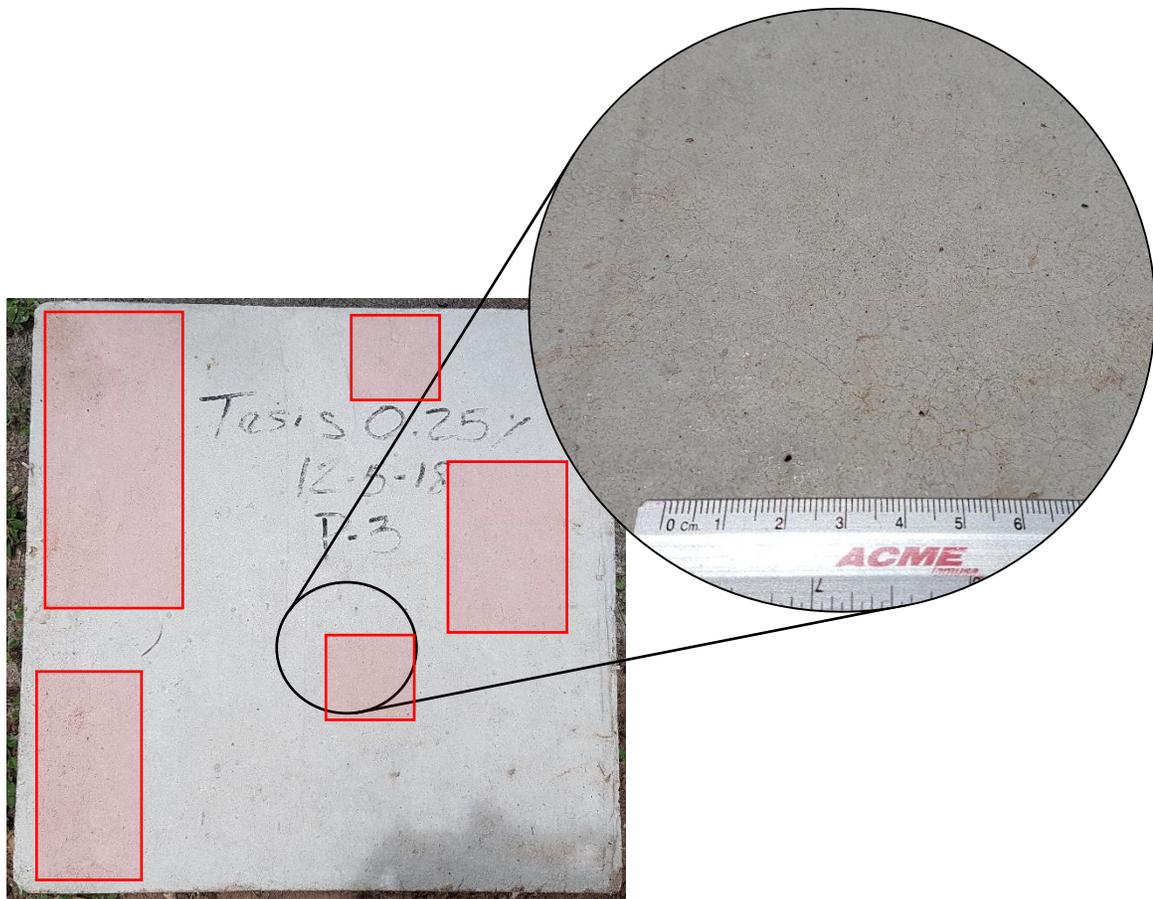


Figura 62. Losa CONCREPET con 0.25% de fibra, 30% fisurada a 21 días

En la figura 62 se observa marcado en color rojo que el 30% de la superficie de la losa esta fisurada debido a la contracción por fraguado, con fisuras sumamente finas a tal punto que a primera vista no tan perceptibles.

Basados en las observaciones se puede concluir que con el 0.25% de fibras PET mejoró significativamente el control del fisuramiento, ya que solo el 30% de la superficie presentó fisuramiento por contracción de fraguado con fisuras muy finas y aisladas, entrelazadas entre sí, pero muy difíciles de visualizar a simple vista.

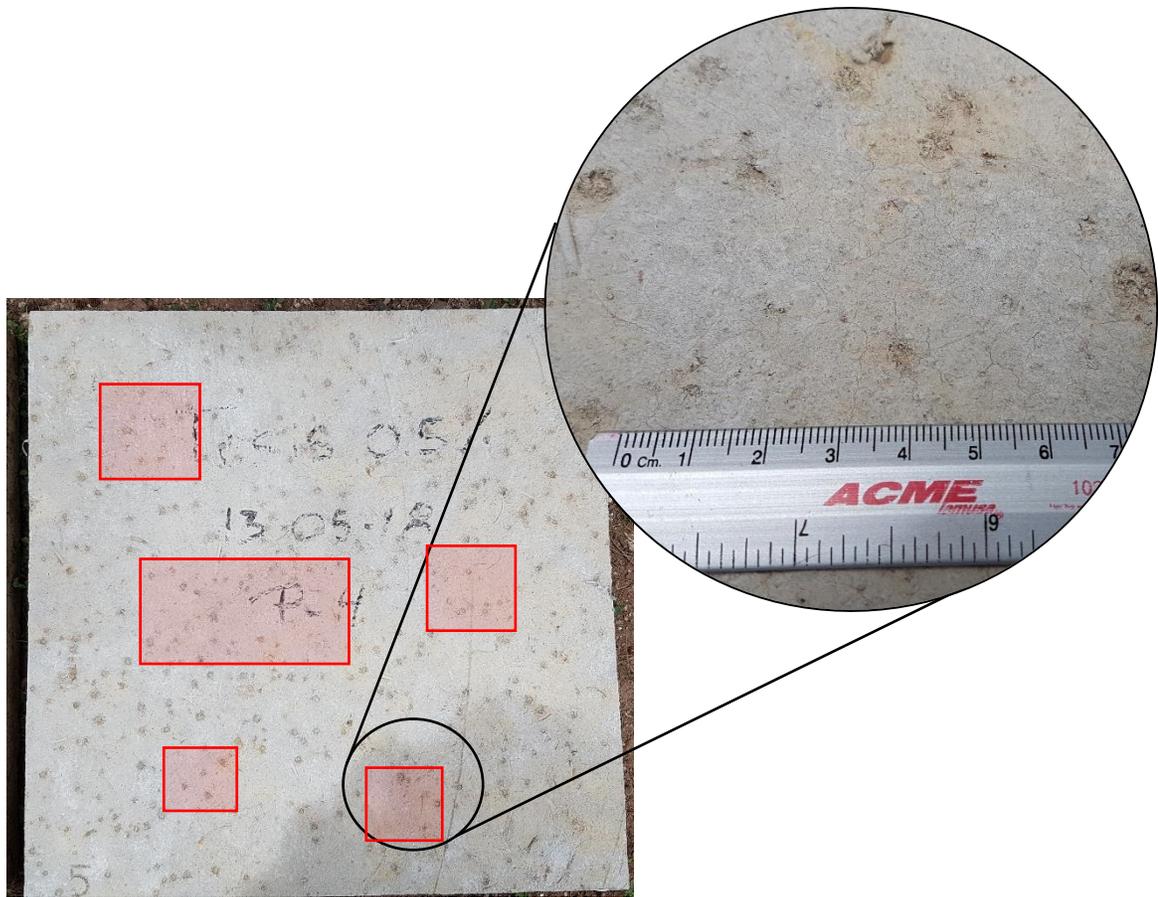


Figura 63. Losa CONCREPET con 0.50% de fibra, 20% fisurada a 21 días

En la figura 63 se observa marcado en color rojo solo que el 20% de la superficie de la losa esta fisurada debido a la contracción por fraguado, con fisuras sumamente finas a tal punto que a primera vista no tan perceptibles.

Basados en las observaciones se puede concluir que con el 0.50% de fibras PET mejoró significativamente el control del fisuramiento, ya que solo el 20% de la superficie presento fisuramiento por contracción de fraguado con fisuras muy finas, aisladas y muy superficiales, entrelazadas entre sí, pero muy difíciles de visualizar a simple vista

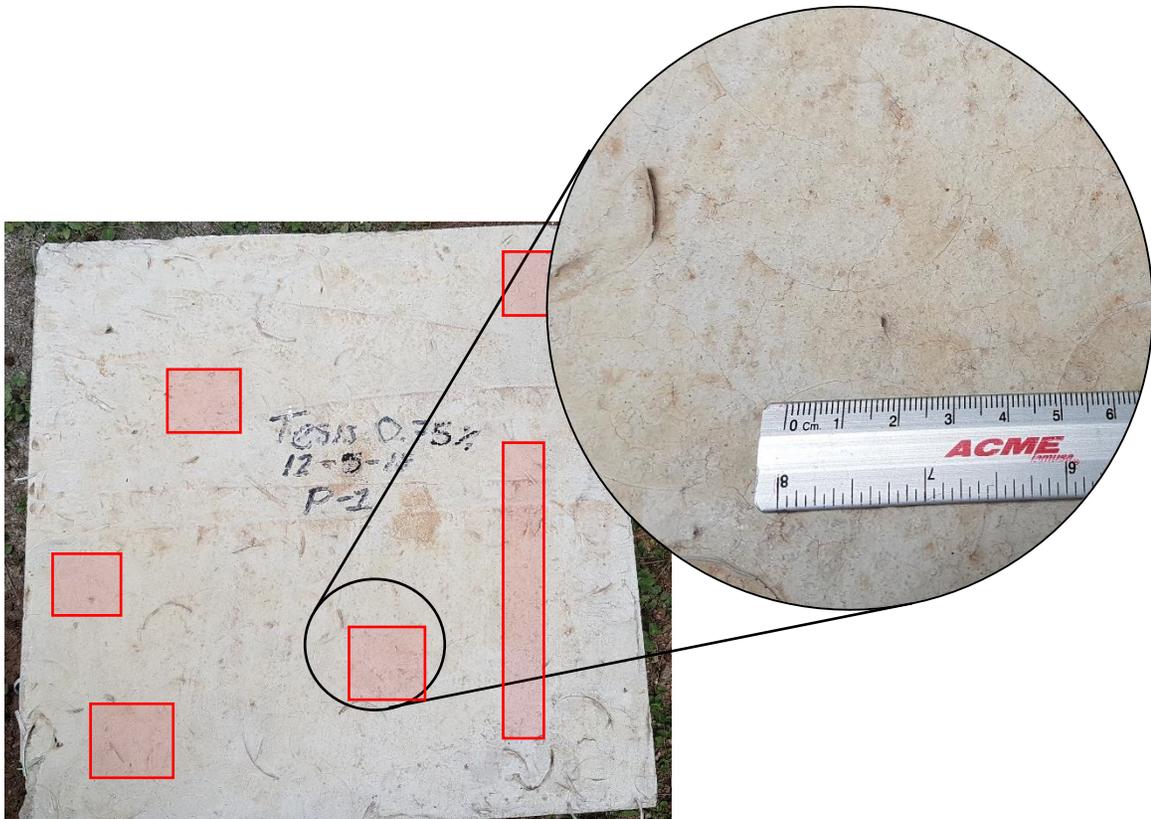


Figura 64. Losa CONCREPET con 0.75% de fibra, 20% fisurada a 21 días

En la figura 64 se observa marcado en color rojo que solo el 20% de la superficie de la losa esta fisurada debido a la contracción por fraguado, con fisuras sumamente finas a tal punto que a primera vista no tan perceptibles.

Basados en las observaciones se puede concluir que con el 0.75% de fibras PET mejoró el control del fisuramiento, ya que solo el 20% de la superficie presentó fisuramiento por contracción de fraguado, con fisuras muy finas, aisladas y muy superficiales, entrelazadas entre sí, pero muy difíciles de visualizar a simple vista, sin embargo, debido al alto porcentaje de fibra en la mezcla el acabado de la superficie se dificultó ya que la fibra sobresalía y no permitió una textura lisa en la losa.

A continuación, se presentan las tablas resumen con los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio para los diferentes porcentajes de fibras PET adicionados a la mezcla de concreto.

Tabla 31. Porcentajes de fibra PET vs. Resistencia a la compresión a los 21 días

Porcentaje fibras PET (%)	Resistencia promedio a la compresión PSI (Kg/cm ²)
0	3,873 (272.30)
0.10	3,694 (259.74)
0.25	3,588 (252.26)
0.50	3,591 (252.47)
0.75	2,750 (193.34)

Tabla 32. Porcentajes de fibra PET vs. Módulos de ruptura a los 21 días

Porcentaje fibras PET (%)	Resistencia promedio de los módulos de ruptura PSI (Kg/cm ²)
0	671 (47.17)
0.10	496 (34.87)
0.25	539 (37.90)
0.50	608 (42.75)
0.75	452 (31.77)

4.5. Diagrama de Ishikawa

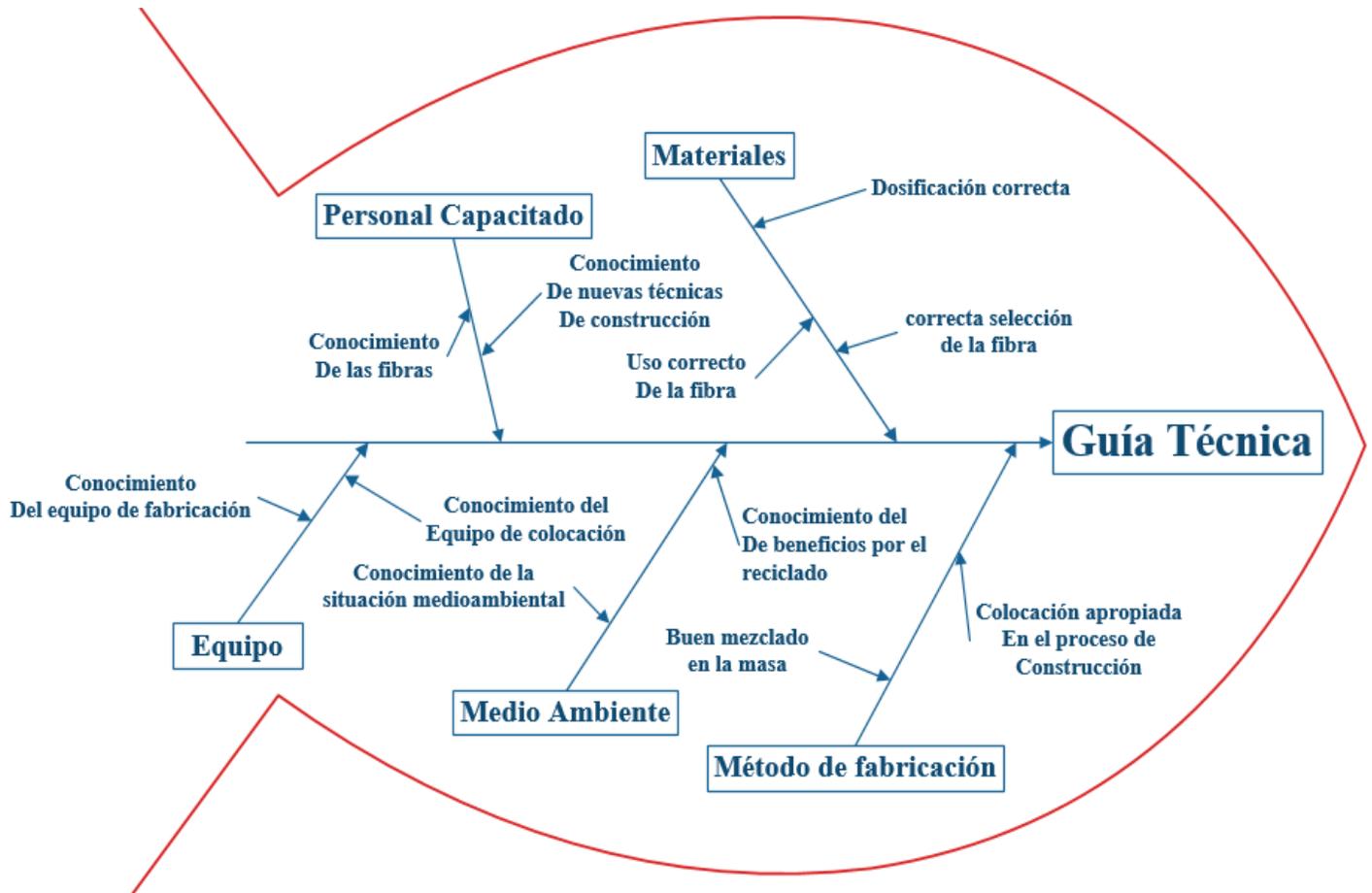


Figura 65. Diagrama de Ishikawa Efecto Positivo

a. Personal capacitado

Conocimiento de las fibras; Analizar el conocimiento de los ingenieros en la utilización de fibras.

Conocimiento de nuevas técnicas de construcción; analizar el conocimiento con respecto a la utilización de técnicas que nos ayuden a mejorar las propiedades del concreto y en qué tipo de estructuras se podrá utilizar.

b. Materiales

Correcta selección de fibra; obtener las dimensiones geométricas para las fibras que se usaron en el CONCREPET.

Dosificación correcta; de acuerdo con los porcentajes propuestos de PET que se le deben agregar al concreto, y analizados por medio de los resultados de laboratorio proponer el porcentaje óptimo para su utilización.

Uso correcto de fibras; mediante los resultados de laboratorio, se determinó la mejor utilidad que se le puede dar en obra al concreto reforzado con la fibra recicladas de PET.

c. Equipo

Conocimiento del equipo de fabricación; se determinó que si se puede utilizar el mismo equipo para la elaboración del concreto simple (sin fibra).

Conocimiento del equipo de colocación; Establecer que no requiere equipos especializados para la colocación del concreto reforzado con fibras PET.

d. Medio ambiente

Conocimiento de la situación del medio ambiente; inculcar a los fabricantes de concreto como estamos deteriorando el ecosistema y proponiendo un proceso de reciclaje para disminuir los daños.

Conocimiento de los beneficios del reciclaje; Fomentar los beneficios de reciclaje que debemos realizar todos los ingenieros al momento de realizar sus obras civiles.

e. Método de fabricación

Buen mezclado en la masa; dar a conocer que tanto el tiempo de amasado como el porcentaje de A/C influyen notablemente en los resultados de resistencia a la compresión y flexión del concreto.

Colocación apropiada en el proceso de la construcción; dar a conocer la importancia en la incorporación de los agregados y la fibra PET en el momento de la elaboración del concreto.

4.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico de datos ayudo con el análisis de los datos extraídos de nuestra investigación, buscando las características típicas de dicho conjunto de datos y así poder encontrar los hallazgos de la investigación para poder emplear la mejor solución al problema planteado. Para ello utilizamos parámetros como la media, la moda y la mediana que son medidas de tendencia central, la desviación estándar y la varianza que son medidas de dispersión, y finalmente con la asimetría y curtosis que son una medida de forma de una distribución que permite identificar y describir la manera como los datos tienden a reunirse de acuerdo con la frecuencia con que se hallen dentro de la distribución.

A continuación, se presenta el análisis estadístico de las variables con más relevancia en la encuesta aplicada a 61 ingenieros que se dedican a la construcción o diseño de obras civiles en Tegucigalpa.

Tabla 33. Datos estadísticos modificaciones de la fibra al concreto hidráulico

Descripción	Valor
Media	2.36
Mediana	3.00
Moda	1.00
Desviación estándar	1.17
Varianza	1.37
Asimetría	0.54
Curtosis	-1.52

En la tabla 33 se observa en base a la moda que la respuesta más frecuente es que baja el revenimiento del concreto al agregar fibras, situación que indica que se deben tomar previsiones en cuanto a agua de amasado que se debe considerar al momento de la fabricación del concreto.

Tabla 34. Datos estadísticos beneficios al agregar fibra al concreto hidráulico

Descripción	Valor
Media	1.53
Mediana	1.00
Moda	1.00
Desviación estándar	0.92
Varianza	0.85
Asimetría	0.05
Curtosis	-0.081

Como se puede observar en la tabla 34 en base a la moda que la respuesta más común es que la fibra reduce el agrietamiento, por lo que nos confirma el hecho que las fibras pueden mejorar el control de fisuras en el concreto hidráulico.

Tabla 35. Datos estadísticos equipo para fabricar el concreto con fibras

Descripción	Valor
Media	2.43
Mediana	3.00
Moda	3.00
Desviación estándar	0.695
Varianza	0.484
Asimetría	-0.832
Curtosis	0.357

Como se observa en la tabla 35 en base a la moda la respuesta que más se repite es que se puede utilizar tanto mezcladoras de un pie cúbico como camión concretero de siete metros cúbicos para la fabricación de concreto modificado con fibras, lo anterior responde a la pregunta de investigación ¿Se puede fabricar concreto con fibras PET con el mismo equipo utilizado para la elaboración de concreto convencional? Y al objetivo específico “Determinar el equipo necesario para la fabricación del concreto modificado con fibras PET”.

Para el análisis de los resultados obtenidos de los especímenes ensayos, se procedió a realizar una regresión lineal simple la cual examina la relación lineal entre dos variables continuas: una respuesta (Y) y un predictor (X). Cuando las dos variables están relacionadas, es posible predecir un valor de respuesta a partir de un valor predictor con una exactitud mayor que la asociada únicamente a las probabilidades.

A continuación, se presentan las gráficas de las regresiones lineales llevadas a cabo, para los resultados tanto del ensayo de compresión axial como para el ensayo de flexión de vigas.

Esfuerzo de Compresión Vs. Porcentaje de Fibra PET
(Ensayo a los 11 días)

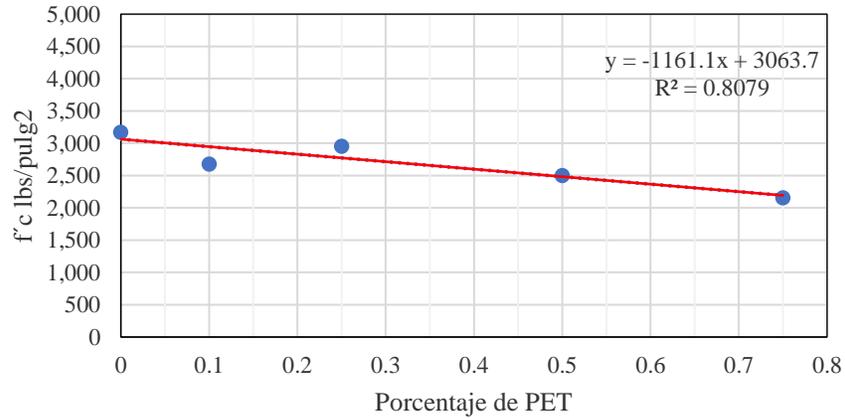


Figura 66. Esfuerzo de compresión vs. porcentaje de fibras PET a 11 días.

En la figura 66 se observa que la regresión lineal para los valores de esfuerzos de compresión a diferentes porcentajes de fibra PET ensayados a los 11 días, tienen una fuerte dependencia lineal con pendiente decreciente y el coeficiente de correlación es alto.

Módulo de Ruptura Vs. Porcentaje de Fibra PET
(Ensayo a los 11 días)

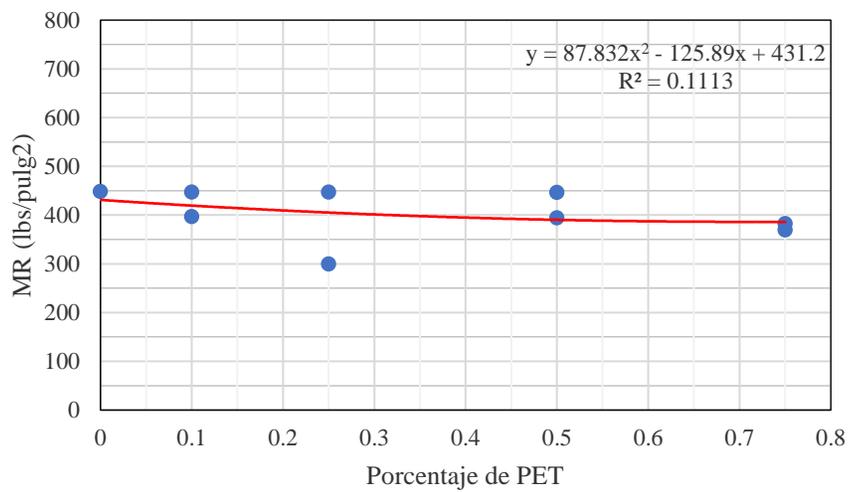


Figura 67. Módulo de ruptura vs. porcentaje de fibras PET a 11 días.

En la figura 67 se observa que la regresión lineal para los valores de módulos de ruptura a diferentes porcentajes de fibra PET ensayados a los 11 días, tienen una relación entre variables muy pequeña y no parece que exista otro tipo de relación entre ellas, la nube de puntos indica que las variables son casi independientes, con un coeficiente de correlación bajo, esto debido probablemente a la cantidad de muestras ensayadas.

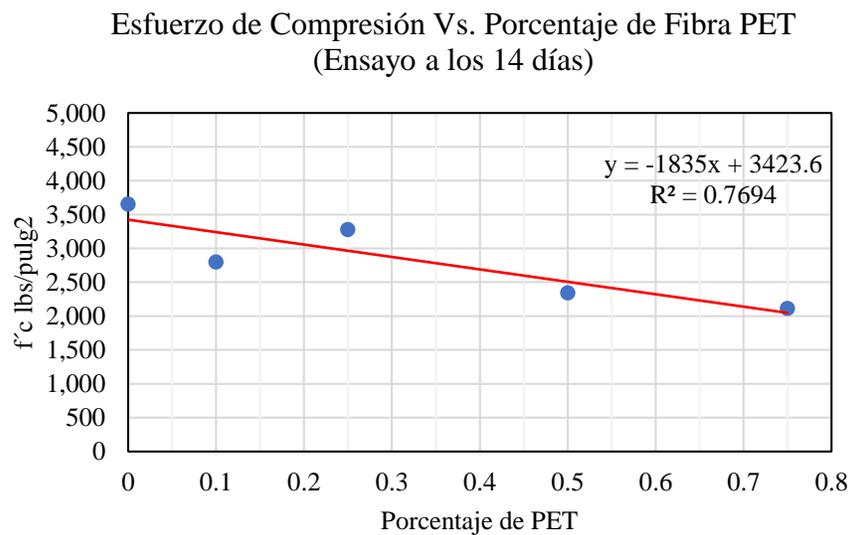


Figura 68. Esfuerzo de compresión vs. porcentaje de fibras PET a 14 días.

En la figura 68 se observa que la regresión lineal para los valores de esfuerzos de compresión a diferentes porcentajes de fibra PET ensayados a los 14 días, tienen una fuerte dependencia lineal con pendiente decreciente y el coeficiente de correlación es alto.

Módulo de Ruptura Vs. Porcentaje de Fibra PET
(Ensayo a los 14 días)

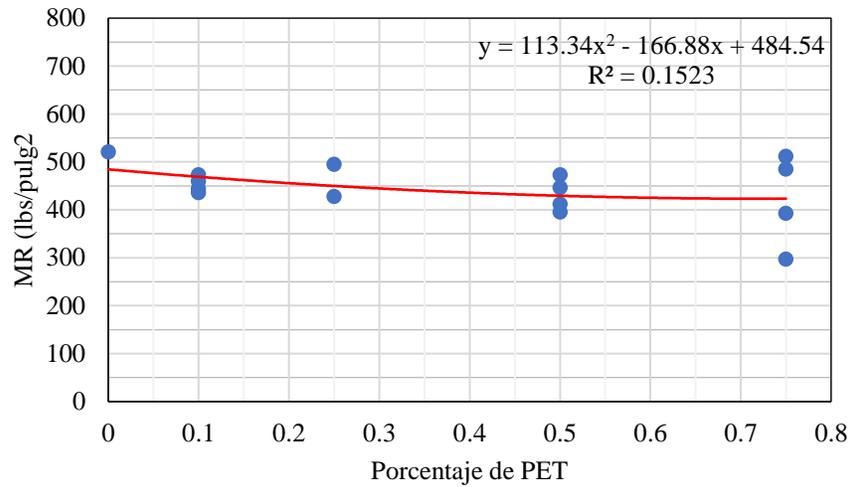


Figura 69. Módulo de ruptura vs. porcentaje de fibras PET a 14 días.

En la figura 69 se observa que la regresión lineal para los valores de módulos de ruptura a diferentes porcentajes de fibra PET ensayados a los 14 días, tienen una relación entre variables muy pequeña y no parece que exista otro tipo de relación entre ellas, la nube de puntos indica que las variables son casi independientes, con un coeficiente de correlación bajo, esto debido probablemente a la cantidad de muestras ensayadas.

En la figura 70 se observa que la regresión lineal para los valores de esfuerzos de compresión a diferentes porcentajes de fibra PET ensayados a los 21 días, la nube de puntos indica que las variables son casi independientes, con un coeficiente de correlación bajo, esto debido probablemente a un valor atípico y a la cantidad de muestras ensayadas.

Esfuerzo de Compresión Vrs Porcentaje de Fibra PET
(Ensayo a los 21 días)

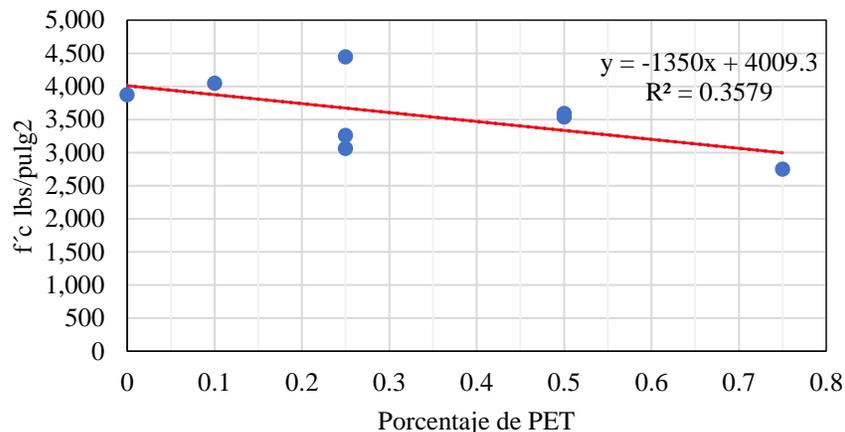


Figura 70. Esfuerzo de compresión vs. porcentaje de fibras PET a 21 días.

Módulo de Ruptura vs. Porcentaje de Fibra PET
(Ensayo a los 21 días)

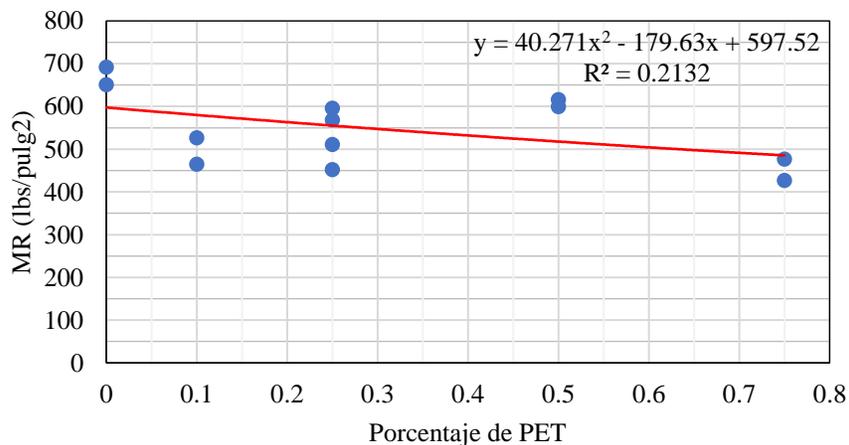


Figura 71. Módulo de ruptura vs. porcentaje de fibras PET a 21 días.

En la figura 71 se observa que la regresión lineal para los valores de módulos de ruptura a diferentes porcentajes de fibra PET ensayados a los 14 días, tienen una relación entre variables muy pequeña y no parece que exista otro tipo de relación entre ellas, la nube de puntos indica que las variables son casi independientes, con un coeficiente de correlación bajo, esto debido probablemente a la cantidad de muestras ensayadas y al grado de dispersión de los resultados.

Comprobación de Hipótesis

H₁: Hipótesis Alternativa Con la entrevista, encuesta y análisis de laboratorio confirmamos que la adición de PET al concreto hidráulico mejora algunas propiedades mecánicas de la mezcla, sin embargo, la fibra también modifica negativamente algunos parámetros de resistencia.

H₀: Hipótesis Nula Con la entrevista, encuesta y análisis de laboratorio rechazamos que la adición de PET al concreto hidráulico no mejora algunas de las propiedades mecánicas de la mezcla.

4.7. Propuesta:

GUÍA TÉCNICA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CONCREPET

4.7.1. Introducción

4.7.2. Usos del CONCREPET

4.7.3. Proceso de fabricación del CONCREPET

4.7.3.1. Selección y limpieza de fibras PET

4.7.3.2. Elaboración de equipo artesanal y corte la fibra PET

4.7.3.3. Diseño de mezcla

4.7.3.4. Dosificación de la fibra PET y agregados

4.7.3.5. Proceso de fabricación de la mezcla

4.7.3.6. Colocación de la mezcla

4.7.3.7. Cuidados en el curado y fraguado

4.7.3.8. Ensayos de la resistencia

4.7.3.9. Medidas de seguridad

4.7.1 Introducción

La presente guía tiene como propósito desarrollar un proceso para la elaboración de concreto reforzado con fibras obtenidas del reciclado de Tereftalato de Polietileno (CONCREPET) y propone los usos que se le puede dar en el ámbito de las construcciones civiles en Tegucigalpa. La guía es un modelo de forma longitudinal para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, y aporta a futuras investigaciones en la materia, para seguir explorando y profundizando el conocimiento relacionado con nuevas alternativas de construcción que sean amigables con el medio ambiente.

Por otro lado, se debe buscar el apoyo de instituciones como el Gobierno Central a través de la Secretaría de Infraestructura y Servicios Público (INSEP), la Alcaldía Municipal del Distrito Central e instituciones educativas preocupadas por la investigación e innovación como UNITEC, ya que es importante el apoyo técnico y económico que estas instituciones puedan aportar para la realización de más pruebas y así poder implementar el CONCREPET en gran escala en Honduras.

Dicha guía contiene la descripción detallada del proceso, desde la elección del material para la fabricación de la fibra PET, así como los mecanismos adecuados para su elaboración, también establece las técnicas adecuadas para la elaboración de la mezcla y los usos en la construcción. Los beneficios de la guía técnica son: otorga un método eficiente para la elaboración de la fibra., Documenta un proceso lógico para la elaboración de la mezcla, que garantice resultados de confianza, contribuir con un nuevo proceso de reciclaje de botellas plásticas de refresco, aportar con el país generando material que sean amigables al medio ambiente, reducir los índices de contaminación de medio ambiente en el país, impulsar la competitividad de utilizar material con productos reciclados en el país.

4.7.2 Usos del CONCREPET

Basados en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio el uso recomendado para el CONCREPET se presenta a continuación:

- **Losas de pavimento;** se puede colocar en losas de pavimento de bajo tráfico y en calle secundarias, debido a que la fibra tiene un aporte residual incluso después de la falla y el concreto, aunque presente fisuras en la parte superior de la losa, por la presencia de la fibra no se separa en bloques más pequeños, preservando su integridad lo que mejora su durabilidad.
- **Pisos;** se puede utilizar en pisos de viviendas, ya que la fibra aporta resistencia contra el fisuramiento por contracción por fraguado y dilatación por temperatura en las losas, por lo que se puede ser una alternativa más económica al no utilizar acero por temperatura.
- **Aceras;** ya que las aceras se ven afectadas por agrietamiento por contracción por fraguado y dilatación que se generan por cambios de temperatura en las losas y por cargas adicionales (vehículos que se estacionan en las aceras), la fibra ayuda a reducir los agrietamientos y como en los pavimentos proporcionan una resistencia residual después de la falla.
- **Barreras de protección vehicular;** ya que la fibra aporta cierto grado de integridad estructural después de ocurrida la falla, produciendo una falla dúctil, que ayuda a soportar mejor las cargas de impacto de la estructura, su uso en barreras New Jersey puede prolongar su durabilidad.

4.7.3 Proceso de fabricación del CONCREPET

En este apartado daremos a conocer el procedimiento longitudinal de fabricación del CONCREPET para que cumpla los requerimientos establecidos de diseño, así como los usos recomendados en las obras civiles.

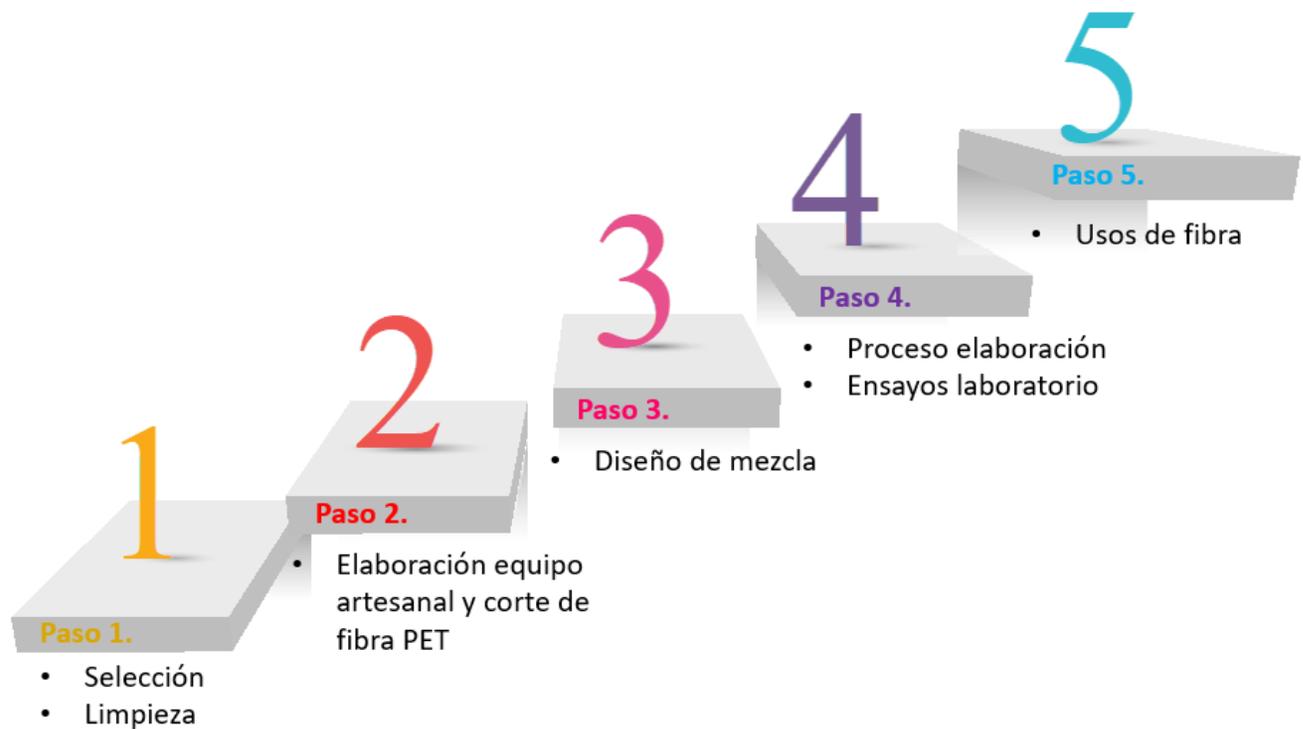


Figura 1. Estructuración de propuestas.

4.7.3.1 Selección y limpieza de fibras PET

Para iniciar el proceso de fabricación de las fibras de PET es necesario la recolección de botellas de refresco de Coca Cola®, y de la línea de la Pepsi Cola® de tres, dos, medio litros y de 355 mililitros, que no presentaran irregularidades en su geometría y espesor, en la figura 2 se ilustran los tipos de botellas con las que se puede fabricar la fibra PET.



Figura 2. Botellas seleccionadas para fabricar la fibra PET

Fuente: (Imágenes de Google, 2018)

Una vez recolectadas las botellas se procede a la limpieza como lo determina los pasos siguientes:

- a. Las botellas recolectadas se deben lavar con agua y jabón para eliminar los residuos de su contenido y se eliminaron todas las etiquetas y resto de pegamentos.
- b. Luego se procede a separar las botellas por tamaños
- c. Por último, se corta el fondo de las botellas y se secan a temperatura ambiente (al aire libre) eliminando toda la humedad para evitar que las cuchillas con que se corten se oxiden.

En la figura 3. Se muestra como deben de quedar las botellas después que has sido lavadas, con el fondo cortado y sin las etiquetas



Figura 3. botellas de refrescos lavadas y con el fondo cortado

4.7.3.2 Elaboración de equipo artesanal y corte de la fibra PET

Una vez que se tienen las botellas limpias y cortadas en proceso de secado se procede a fabricar el equipo artesanal para el corte de botellas de 0.355 a 0.500 litros y de 2.0 a 3.0 litros, con los materiales listados y de acuerdo al procedimiento que se indica a continuación:

Materiales

1. Cinta métrica o una regla de 12 pulgadas
2. Una segueta de arco y una cuchilla plana de estilete
3. Un taco de madera de 4 x 2 x 8 pulgadas
4. Una tenaza puntuda, unas tijeras
5. Cuatro arandelas de $\frac{1}{4}$ de pulgada y dos tornillos de $\frac{3}{4}$ de pulgada
6. Un clavo de 6 pulgadas y una varilla lisa de $\frac{1}{4}$ o $\frac{1}{2}$ pulgada de 12 pulgadas de longitud
7. Dos prensas sargento de 3 pulgadas.

Procedimiento para elaboración del cortador

- a. Una vez cortado el taco de madera hacer en la parte central superior una ranura de 2.5 mm de profundidad con la segueta para poder desplazar la fibra y que esta quede con un ancho de 3 mm.
- b. Se corta la cuchilla del estilete a media pulgada de longitud, aproximadamente 3 secciones
- c. En la parte central ranurada se coloca cuchilla plana de estilete cortada y se fija con las cuatro arandelas y dos tornillos
- d. Para las botellas de 0.355 s 0.50 litros se deberá colocar un clavo de 6” a dos centímetros del estilete con un ángulo de 60° con respecto a taco de madera
- e. Para las botellas de 2.0 a 3.0 litros se deberá de colocar una varilla lisa de ¼ o ½ pulgada a dos centímetros del estilete con un ángulo de 65° con respecto al taco de madera.
- f. Finalmente se coloca el equipo en una superficie sólida y sujetarla con dos prensas sargento para evitar movimiento. Como se observa en la figura 4.

Procedimiento de corte para la fibra PET

1. Las botellas secas y sin fondo se colocan en el clavo y se comienza a introducir bajo la cuchilla del estilete hasta que sobresalga una pequeña tira de PET.
2. Con la tenaza puntuda se toma la tira que sobresale bajo la cuchilla del estilete y se comienza a halar dicha tira hasta cortar toda la botella generando un rollo de tiras de PET, tal como se muestra en la figura 4, y el resultado final se observa en la figura 5
3. Una vez que se tiene el rollo, se corta la fibra PET con las dimensiones de 50.8 mm (2 pulgadas) de longitud, como se ilustra en la figura 6.



Figura 4. Equipo de corte artesanal para la fabricación de fibra PET



Figura 5. Tiras de PET recicladas de botellas de refresco



Figura 6. Producto final, Fibras de PET reciclado de 2 pulgadas de longitud

4.7.3.3 Diseño de la mezcla

Se deberá de realizar el diseño de la mezcla siguiendo todos los pasos que establece la norma ACI 211.1-9, según la resistencia requerida y los agregados que disponibles a utilizar para la fabricación del concreto hidráulico.

4.7.3.4 Dosificación de la fibra PET y agregados

Una vez corta la fibra PET se deberá de pesar 0.50% con respecto al peso de concreto que se elaborará y los agregados se deben medir según las proporciones obtenidos en el diseño de mezcla, mediante un cajón dosificador de un pie cubico (Parihuela).

4.7.3.5 Proceso de elaboración de la mezcla

Una vez que se tiene la fibra pesada y las proporciones de los agregados producto del diseño de mezcla, se procede a fabricar el concreto con una concretora de cualquier capacidad siempre respetando los volúmenes de agregado antes calculados y siguiendo los siguientes pasos:

1. Se agrega a la concretora la mitad del árido grueso (grava),
2. Se agrega a la mezcla el 100% de las fibras PET recicladas
3. Se agrega la mitad del árido fino (arena)
4. Se agrega la mitad del agua de mezclado
5. Se agrega el resto de grava y arena
6. Se agrega el 100% del cemento
7. Se agrega el resto del agua de amasado con aditivo para mejorar la trabajabilidad y se mezcla por 5 minutos más, controlando que la fibra se mezcle homogéneamente en toda la masa de concreto, esto en promedio se logra a los diez minutos en una concretora de un pie cubico.
8. Este procedimiento se repite para cada una de las mezclas de concreto que se necesiten.

Nota: la cantidad de aditivo dependerá del tipo y recomendaciones del fabricante.

4.7.3.6 Proceso de colocación de la mezcla

Para asegurar un CONCREPET de buena calidad se deberá tener en cuenta los siguientes pasos:

1. El dispositivo donde se transporte el CONCREPET desde la mezcladora hasta el sitio donde se colocará deberá estar limpio y húmedo, sin residuos de concreto de fundiciones previas.
2. El área donde se colocará el CONCREPET deberá estar limpia, sin desperdicios o cualquier otro agente extraño.

3. Una vez colocado el CONCREPET se deberá vibrar uniforme para asegura una correcta compactación del concreto.

4.7.3.7 Cuidados en el curado y fraguado

El curado del CONCREPET podrá ser realizado con agua o mediante la aplicación de una membrana sintética (curador), de utilizar cualquier tipo de membrana se deberán seguir las recomendaciones del fabricante, si se utiliza agua se podrá utilizar cualquiera de los siguientes procedimientos:

RIEGO

Este método consiste en el agregar agua a la superficie del CONCREPET, lo cual puede realizarse con la ayuda de mangueras. Este es un método muy utilizado, dada su sencillez y bajo coste. Con el aporte de agua se consigue que la evaporación del agua de mezclado, la cual se inicia en la superficie, se produzca sobre el agua de riego lo que evita la deshidratación del CONCREPET y con ello el agrietamiento prematuro. El riego deberá mantenerse durante la totalidad del proceso de fraguado y debe realizarse tantas veces como sea necesario para evitar que la superficie del CONCREPET se seque, en función de las condiciones ambientales en las que se encuentre la obra durante su colocación.

USO DE TELAS PARA EVITAR PERDIDAS DE HUMEDAD

Este método consiste en la incorporación de telas de algodón húmedas o en su defecto las bolsas de cemento sobre la superficie del CONCREPET, las cuales contribuyen al mantenimiento de la humedad. Este método es muy usado en zonas donde no se cuenta con un suministro constante de agua, por su facilidad y por la escasa molestia que ello supone ya que retiene por mayor tiempo

la humedad. Sin embargo, cuenta con el principal inconveniente de que, si la tela se seca, el efecto producido será el contrario al deseado (absorbiendo el agua en superficie), por lo que ha de prestarse especial atención a mantenerla siempre húmeda.

4.7.3.8 Ensayo de la resistencia a la compresión del concreto

Para los elementos como pisos de viviendas, aceras y barreras New Jersey se deber realizar tres cilindros que cumplan con las normas ASTM-192 y ASTM-C39 por cada mezcla elaborada con la finalidad de realizar ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días, para verificar si la resistencia del CONCREPET cumple los requerimientos de resistencia del diseño.

4.7.3.9 Ensayo de la resistencia a la flexión del concreto

Para los pavimentos se deber realizar tres vigas que cumplan los requerimientos de las normas ASTM-192 y ASTM-98 por cada mezcla elaborada con la finalidad de realizar ensayos a la flexión a los 7, 14 y 28 días, para verificar si el módulo de ruptura del CONCREPET cumple los requerimientos de resistencia del diseño.

4.7.3.10 Medidas de Seguridad

Para la fabricación de del equipo y corte de las fibras PET se deberá de utilizar guantes y gafas de seguridad.

Para la elaboración del CONCREPET se deberá utilizar, guantes, gafas de seguridad, mascarilla, casco, y zapato con cubo de acero, además no se deberán utilizar prendas sueltas, ya que existe el riesgo de que se enreden con la mezcladora.

4.8. Costos

Tabla 36. Ficha precio unitario concreto hidráulico de $f'c = 3,000$ PSI ($210\text{kg}/\text{cm}^2$)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Concreto hidráulico sin fibras PET $f'c = 3000$ PSI ($210\text{kg}/\text{cm}^2$)					Ficha No.:	1
					Unidad:	m³
No.	Descripción	Unidad	Rendimiento	Desperdicio	Precio Unitario L.	Total L.
Materiales						
1	cemento portland tipo GU	Bolsa	7.850	0.030	192.000	1,552.416
2	Arena proveniente Rio Hondo	m3	0.530	0.020	450.000	243.270
3	Grava con tamaño de 3/4"	m3	0.610	0.020	450.000	279.990
5	Agua potable	m3	0.050		85.000	4.250
Subtotal Materiales:						2,079.926
No.	Descripción	Unidad	Rendimiento	Desperdicio	Precio Unitario L.	Total L.
Mano de Obra						
1	Ayudante	jornada	0.500		240.000	120.000
2	Albañil	jornada	0.750		350.000	262.500
4	Beneficios	%	120.000		0.656	78.723
Subtotal Mano de Obra:						461.223
No.	Descripción	Unidad	Rendimiento	Desperdicio	Precio Unitario L.	Total L.
Herramientas y Equipo						
1	Mezcladora	hora	0.250		53.570	13.393
2	% de combustible	Global	1.000		227.460	227.460
4	Herramienta Menor	%	461.223		0.050	23.061
Subtotal en Herramientas y Equipo:						263.914
RESUMEN DE CONCEPTOS						
PRECIO UNITARIO DE MATERIALES						2,079.926
PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA						461.223
PRECIO UNITARIO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO						263.914
COSTO TOTAL DIRECTO DE LA ACTIVIDAD						2,805.062
COSTO TOTAL INDIRECTO DE LA ACTIVIDAD						
%CI: 25.00%						701.266
PRECIO TOTAL DE LA ACTIVIDAD						3,506.328

Se realizó una comparación del costo del CONCREPET contra concreto convencional con una resistencia de 3000 PSI (kg/cm^2) debido a que es la más utilizada en obras civiles en Tegucigalpa.

Tabla 37. Ficha de precio unitario CONCREPET de f'c= 3,000 PSI (210kg/cm²)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Concreto hidráulico reforzado con fibras PET f'c = 3000 PSI (210kg/cm ²)					Ficha No.:	2
					Unidad:	m3
No.	Descripción	Unidad	Rendimiento	Desperdicio	Precio Unitario L.	Total L.
Materiales						
1	cemento portland tipo GU	Bolsa	7.850	0.030	192.000	1,552.416
2	Arena proveniente Rio Hondo	m3	0.530	0.020	450.000	243.270
3	Grava con tamaño de 3/4"	m3	0.610	0.020	450.000	279.990
4	Fibra PET	Lb	1.000	1.000	30.000	60.000
5	Agua potable	m3	0.050		85.000	4.250
Subtotal Materiales:						2,139.926
No.	Descripción	Unidad	Rendimiento	Desperdicio	Precio Unitario L.	Total L.
Mano de Obra						
1	Ayudante	jornada	0.230		240.000	55.200
2	Albañil	jornada	0.750		350.000	262.500
3	Personal que corta la fibra PET	jornada	0.850		300.000	255.000
4	Beneficios	%	55.200		0.656	36.212
Subtotal Mano de Obra:						608.912
No.	Descripción	Unidad	Rendimiento	Desperdicio	Precio Unitario L.	Total L.
Herramientas y Equipo						
1	Mezcladora	horas	0.250		53.570	13.393
2	% de combustible	Global	1.000		227.460	227.460
3	equipo d corte de fibra	Global	1.000		60.000	60.000
4	Herramienta Menor	%	608.912		0.050	30.446
Subtotal en Herramientas y Equipo:						331.298
RESUMEN DE CONCEPTOS						
PRECIO UNITARIO DE MATERIALES						2,139.926
PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA						608.912
PRECIO UNITARIO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO						331.298
COSTO TOTAL DIRECTO DE LA ACTIVIDAD						3,080.136
COSTO TOTAL INDIRECTO DE LA ACTIVIDAD						
%CI: 25.00%						770.034
PRECIO TOTAL DE LA ACTIVIDAD						3,850.171

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se da respuesta a las preguntas y objetivos de la investigación en base a análisis de resultados, planteando conclusiones y recomendaciones.

5.1. Conclusiones

- ✓ En base a los resultados de laboratorio obtenidos se confirma la hipótesis alternativa que la adición de fibras recicladas de PET mejora las propiedades mecánicas del concreto, como ser: reducción del fisuramiento por contracción por fraguado y temperatura en un 80%, cambia el comportamiento de falla del concreto de un tipo de falla frágil a una falla dúctil, brinda un 25% de resistencia residual a flexo compresión aumentado las deformaciones unitarias de 0.06 a 0.34 y una resistencia residual a la compresión del 15%, aumentando las deformaciones unitarias de 0.3 hasta 0.50, todo lo anterior con 0.50% de fibras PET.
- ✓ Las propiedades mecánicas del concreto hidráulico que se modifican al incorporarle fibras según las encuestas y las entrevistas son; bajo revenimiento, reducción de agrietamiento por temperatura y evitar fisuramiento por contracción, lo que se confirma con el ensayo ASTM C-143, realizado a las mezclas a las cuales se les incorporó fibras PET recicladas, en las cuales los revenimientos se reducen de cuatro (4) a una (1) pulgadas.
- ✓ Las causas que modifican las propiedades mecánicas del concreto hidráulico, básicamente residen en el proceso de fabricación, teniendo gran incidencia la capacidad y experiencia del personal que fabrica, así como el que supervisa la producción de concreto, tal como lo vemos en los resultados obtenidos en la práctica, durante la elaboración de las probetas de ensayos, a

tal punto que de un diseño para 3,000 psi con los controles adecuados tanto en limpieza, cantidad de agregado, cemento y agua se obtuvieron resistencias superiores a los 21 días de edad de las probetas fabricadas.

- ✓ En el análisis comparativo de las resistencias del CONCREPET se observó que las resistencias a la compresión bajan entre un 8.00% y 29.00% con respecto al concreto sin fibras y en cuanto a la flexo - compresión bajan entre un 10.00% y un 26.00%, es decir que el volumen adicionado de fibra al concreto es inversamente proporcional a la resistencia, lo que ratifica las respuestas de las encuestas y entrevistas realizadas donde se observó que en base a los conocimientos adquiridos en campo de los encuestados, se tuvieron algunas predicciones sobre la disminución de resistencia al agregar fibras PET recicladas.
- ✓ La fibra PET reciclada tuvo un esfuerzo tensil de $2,705.95 \text{ kg/cm}^2$ (265 MPa) que según la figura 7 de la sección 2.1.2, es aceptable ya que las fibras de polietileno procesadas tienen una resistencia tensil que varía de 75 a 590 MPa, lo que beneficia al concreto modificado con fibra al proporcionar el esfuerzo remanente cuando trabaja a flexión, así mismo a pesar de que la fibra PET reciclada tiene una superficie lisa, tiene una excelente adherencia al concreto, debido a que al momento de su corte en tiras se generan irregularidades en sus bordes, lo que mejora significativamente su adherencia.
- ✓ En base a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, se concluye que el porcentaje óptimo, entre los cuatro porcentajes estudiados (0.10%, 0.25%, 0.50% y 0.75%), el de 0.50% de fibra PET reciclada, en relación al peso del concreto, ya que este porcentaje solamente reduce en un 8% la resistencia a la compresión y un 10% a la flexo – compresión.

- ✓ En cuanto al equipo utilizado para la fabricación del concreto modificado con fibras PET recicladas, tanto en las encuestas como en la práctica, se verificó que se puede utilizar el mismo equipo que se utiliza en la fabricación de concreto simple en la fabricación de concreto modificado con fibras PET, variando únicamente en tiempo de mezclado y teniendo en cuenta que, al incorporar las fibras, baja el revenimiento y por ende se reduce la trabajabilidad de concreto.

- ✓ Dentro de los beneficios identificados como favorables al medio ambiente se tiene que en la producción del concreto modificado con fibras de PET recicladas, se puede reutilizar gran cantidad de las botellas desechas, ya que se reutiliza casi un 80 por ciento del material por botella. Es así que una botella de medio litro nos genera en promedio 10 gramos de fibra de PET, y al utilizar el 0.5% del peso del concreto significa que para un metro cúbico de concreto modificado se utilizaría 11,250 gramos de PET lo que equivale a 1,400 botellas de refresco de medio litro por metro cubico, con lo que estaríamos evitando que dichos desperdicios llegaran al botadero Municipal o estén en las calles.

- ✓ Comparando los costos de las fichas de precios unitarios preparadas tanto para el concreto simple como para el CONCREPET, tenemos una diferencia de L. 343.85; que da un 10% de incremento al costo del CONCREPET, esto sin considerar que el CONCREPET de esas características reporta un 8% menos resistencia que el normal, por lo que para la diferencia neta se tendría que estudiar el porcentaje de cemento adicional para llegar a la misma resistencia.

- ✓ El concreto modificados con fibras PET recicladas (CONCREPET) puede ser utilizado en losas de pavimentos de bajo volumen de tráfico y calles secundarias, losas de piso y aceras, ya que la fibra una vez que la losa de concreto falla, sigue brindando resistencia residual, lo que implica que, aunque el concreto se agriete este continuara brindado servicio porque las fibras mantendrán en cierta medida su estabilidad estructural, también puede ser utilizada en barreras de contención como lo son las barreras New Jersey, ya que este concreto al ser dúctil soporta mejor las cargas de impacto logrando la fibra mantener al concreto adherido entre si aun después del impacto.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Para las mezclas de concreto hidráulico con fibras PET recicladas se recomienda utilizar aditivos que ayuden a mejorar la plasticidad y trabajabilidad de la mezcla debido a que la adición de las fibras baja el revenimiento y la cantidad de aditivo a utilizar dependerá del tipo y recomendaciones del fabricante.
- ✓ En cuanto a los controles durante el proceso productivo del concreto se recomienda que el personal que lo fabrica como el que lo supervisa tenga los conocimientos mínimos necesarios para llevar a cabo las tareas asignadas y de esta forma garantizar que el concreto tenga la calidad requerida.
- ✓ Para este estudio se encontró la adición de fibra es inversamente proporcional a la resistencia, por esta razón se recomienda que en estudios posteriores se investigue la cantidad de cemento

adicional que se debe incorporar al CONCREPET para compensar la pérdida de resistencia al incorporar la fibra.

- ✓ Se recomienda que para futuras investigaciones se tome como punto de partida el 0.50% de fibra PET reciclada y que se investigue un porcentaje óptimo entre 0.4 y 0.6% para poder optimizar la cantidad de fibra, de manera que no se afecta significativamente la resistencia del concreto.
- ✓ Se recomienda que la guía metodológica que se está entregando adjunto a esta investigación sea usada como referencia para mejorar los procesos de fabricación de concreto modificado con fibras de PET recicladas, además de brindar capacitaciones sobre las mejores prácticas en el proceso de fabricación del concreto, así como de las previsiones que se deben tener en cuenta en la colocación del dicho concreto.
- ✓ Para la fabricación del concreto modificado con fibras PET recicladas se recomienda utilizar los equipos existentes que se utilizan con el concreto simple, con la recomendación de vigilar los tiempos de mezcla, ya que al incorporar la fibra PET reciclada se necesita un tiempo adicional para que se integre homogéneamente al concreto hidráulico, y este tiempo dependerá del tipo de equipo y cantidad de mezcla que se fabrique.
- ✓ Como aporte al medio ambiente en la sección de conclusiones se plasmó la cantidad de botellas que pueden ser reutilizadas por metro cúbico de concreto lo que impacta beneficiosamente al control de desechos sólidos de Tegucigalpa, por lo se recomienda que se lleven a cabo tanto

Unitec como en la UNAH, campañas de concientización del problema ambiental que son los desechos sólidos y se incentive aún más el reciclaje y correcta disposición final de los mismos.

- ✓ Adicionalmente estas campañas de reciclaje pueden abrir una nueva oportunidad para familias que actualmente sobreviven de la recolección de botellas plásticas y otros elementos que se reciclan, ya que podrían ser ellos quienes con pocos recursos adicionales pueden dar un valor agregado a las botellas recicladas al transfórmalas en fibras PET con especificaciones predefinidas, listas para ser incorporadas a las mezclas de concreto hidráulico.

- ✓ Finalmente debido a que los equipos necesarios para comprobar las propiedades de los elementos modificados con fibras no están disponibles en el país y debido que se está proponiendo que para futuras investigaciones se tome esta investigación como partida, se recomienda que UNITEC realice las gestiones necesarias para equipar su laboratorio de suelos y materiales con dichos equipos y así fomentar la investigación a futuros estudiantes.

Tabla 38. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta

Titulo	Problema	Objetivo		Conclusiones	Recomendaciones	Aplicabilidad
		General	Especifico			
Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (CONCREPET) en Tegucigalpa	Desconocimiento del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado con fibras de tereftalato recicladas de polietileno (CONCREPET).	Facilitar la información sobre el comportamiento mecánico del concreto hidráulico al incluir fibras de PET recicladas en su elaboración, mediante una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación, para identificar las mejoras en las propiedades mecánicas y usos en la industria de la construcción, generando al mismo tiempo un material amigable con el medio ambiente.	Identificar que propiedades mecánicas son modificadas con la incorporación de fibras PET en el Concreto hidráulico.	Las principales causas que modifican las propiedades mecánicas del concreto hidráulico al incorporarle fibras según las encuestas y las entrevistas son; bajo revenimiento, reducción de agrietamiento por temperatura y evitar fisuramiento por contracción	se está entregando adjunto a esta investigación sea usada como referencia para mejorar los procesos de fabricación de concreto modificado con fibras de PET recicladas	Guía Técnica
			Analizar y comparar los parámetros de resistencia a la compresión, flexión y fisuramiento, con la incorporación de diferentes porcentajes de fibras PET en el concreto hidráulico.	El proceso de fabricación, teniendo gran incidencia la capacidad y experiencia del personal que fabrica, así como el que supervisa la producción de concreto		

Continuación Tabla 37. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta

Titulo	Problema	Objetivo		Conclusiones	Recomendaciones	Aplicabilidad
		General	Especifico			
Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (CONCREPET) en Tegucigalpa	Falta de conocimiento del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado con fibras de tereftalato recicladas de polietileno (CONCREPET).	Facilitar la información sobre el comportamiento mecánico del concreto hidráulico al incluir fibras de PET recicladas en su elaboración, mediante una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación, para identificar las mejoras en las propiedades mecánicas y usos en la industria de la construcción, generando al mismo tiempo un material amigable con el medio ambiente.	Determinar cuál es el porcentaje óptimo de fibras PET con respecto al peso del concreto hidráulico, entre los porcentajes de 0.10%, 0.25%, 0.50% y 0.75 que se debe utilizar para mejorar las propiedades mecánicas del concreto	El porcentaje optimo fue 0.5% PET mejoró notablemente su ductilidad sin reducir significativamente su resistencia	Se recomienda para futuras investigaciones evaluar diferentes porcentajes de fibras PET entre 0.4 y 0.6% para poder optimizar la cantidad de fibra de manera que no se afecta significativamente la resistencia del concreto.	Guía Técnica
			Determinar el equipo necesario para la fabricación del concreto modificado con fibras PET	utilizar el mismo equipo que se utiliza en la fabricación de concreto simple en la fabricación de concreto modificado con fibras PET Lo único que varía entre los dos métodos es el tiempo de amasado	recomienda utilizar los equipos existentes, con la recomendación de vigilar los tiempos de mezcla.	

Continuación Tabla 37. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta

Titulo	Problema	Objetivo		Conclusiones	Recomendaciones	Aplicabilidad
		General	Especifico			
Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (CONCREPET) en Tegucigalpa	Falta de conocimiento del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado con fibras de tereftalato recicladas de polietileno (CONCREPET).	Facilitar la información sobre el comportamiento mecánico del concreto hidráulico al incluir fibras de PET recicladas en su elaboración, mediante una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación, para identificar las mejoras en las (...), generando al mismo tiempo un material amigable con el medio ambiente.	Identificar los beneficios en medio ambientales al utilizar fibras de PET reciclado en la elaboración de concreto hidráulico	al utilizar el 0.5% del peso del concreto significa que para un metro cubico de concreto modificado se utilizaría 11,250 gramos de PET lo que equivale a 1400 botellas de refresco de medio litro por metro cubico	impacta beneficiosamente al control de desechos sólidos de Tegucigalpa, por lo se recomienda que se lleven a cabo tanto Unitec como en la UNAH, campañas de concientización del problema ambiental que son los desechos sólidos y se incentive aún más el reciclaje.	Guía Técnica
			Proponer una guía técnica que ilustre el proceso de fabricación y posibles usos del CONCREPET.	Se estableció un método para fabricar un concreto con las medias y recomendaciones requeridas para poder cumplir con las resistencias de diseño especificadas	mejorar los procesos de fabricación de concreto modificado con fibras de PET recicladas, además de brindar capacitaciones sobre las mejores practicas	

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, J. (1987). *Mejora del mercadeo en el mundo en desarrollo*. Roma, Italia. Obtenido de https://books.google.hn/books?id=4xF_H5apPnUC&pg=PA236&lpg=PA236&dq=mejora+del+mercado+en+el+mundo+en+desarrollo+abbott&source=bl&ots=mjDI6blp7w&sig=OoJO9sATkowZ92zdt_024z0TIuE&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-yZ-qhvPbAhWIpFkKHTjvDT8Q6AEIMzAD#v=onepage&q=mejor
- ACI 211.1. (1991). *Practica estandar para seleccionar por masa del concreto*. Detroit, United States: American Concrete Institute.
- ACI 318-14. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural* (segunda ed.). Farmington Hills, Estados Unidos. Obtenido de <http://documentos.arq.com.mx/cgi-bin/page.cgi?link=171342&page=descarga>
- Ángel, D. S. (junio de 2002). *Politica de Vivienda en Honduras: Diagnostico y guias de acción*. Obtenido de Sollyangel.com: <http://sollyangel.com/wp-content/uploads/2013/11/2002-Housing-Policy-in-Honduras-SPANISH.pdf>
- ASTM C143. (2001). *Método de prueba para asentamiento del concreto hidráulico*. West Conshohocken, Pensilvania, United States: ASTM International.
- ASTM C192. (2002). *Práctica estándar para fabricación y curado de probetas de concreto en el laboratorio*. West Conshohocken, Pensilvania, United States: ASTM International.
- ASTM C39. (2001). *Método de prueba estándar para resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto*. West Conshohocken, Pensilvania, United States: ASTM International.

ASTM C78. (2003). Metodo estandar para esfuerzo de flexión del concreto (utilizando un viga simplemente apoyado con carga en el tercio de la luz). West Conshohocken, Pensilvania, United States: ASTM International.

Báez, F. L. (2015). *Concreto Reforzado* (Primera Edición ed.). Bogota, Colombia: Ecoe Ediciones. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtual-ebooks/detail.action?docID=4499008&query=resistencia+de+materiales>

Barriga, P. P. (2007). *Tecnología del Concreto de Alto Desempeño*. Paris, Francia: Lafayette. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2016/08/03/tecnologia-del-concreto-alto-desempeno/>

Bernal, G. H. (1 de junio de 2018). *Academia*. Obtenido de <https://www.academia.edu/31638915/Cemento>

Berrera, M. L. (2006). *Concreto de alto desempeño en colombia*. Bogota, Colombia: Punto Aparte. Obtenido de <https://books.google.hn/books?id=NXgivJMCzIMC&pg=PT12&dq=agregados+para+el+concreto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjw6Mr1yoHcAhUk0FkKHTW0A-UQ6AEIQzAH#v=onepage&q=agregados%20para%20el%20concreto&f=false>

Borras, C. (2018). *Cuanto se recicla en el Mundo*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/cuanto-se-recicla-en-el-mundo-590.html>

Borrego, D. (23 de Febrero de 2009). *Herramientas para PYMES.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/136349502/Como-elaborar-un-diagrama-de-causa-efecto-pdf>

Campos, C. A. (2013). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Lima, Peru. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/352491292/METODOS-DE-DISENO-DE-MEZCLAS1-ing-Huerta-pdf>

Cemex Concretos. (2012). *Manual del Constructor*. Obtenido de <https://www.cemexmexico.com:https://www.cemexmexico.com/documents/27057941/45587277/aplicaciones-manual-construccion-general.pdf>

Corral, Y. (1 de junio de 2018). *Academia*. Obtenido de <https://uach-mx.academia.edu/YanilCorral>

Dietrich, A. B. (2005). *Materiales Compuestos*. Barcelona: Edicions UPC. Obtenido de https://books.google.hn/books?id=gMSg5rURr6sC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Dietrich, A. B. (2005). *Materiales Compuestos*. Barcelona: Edicions UPC.

Flores, I. H. (martes 19 de Junio de 2018). Superintendencia de aseo municipal. (I. A. Flores, Entrevistador)

Food News Latam. (09 de julio de 2015). *foodnewslatam.com*. Obtenido de <http://www.foodnewslatam.com/inocuidad/3280-dale-un-twist-a-tus-botellas-de-dasani.html>

ICCYC. (2009). *Manual de Elaboracion de concreto en Obra*. San José, Costa Rica. Obtenido de <http://www.iccyc.com/sites/default/files/Publicaciones/manualOBRA%202013%20CAMBIO%20CAJON.pdf>

ICH. (1997). *Manual Básico de Construcción en Hormigón* (Sexta ed.). Santiago, Chile. Obtenido de <https://ich.cl/producto/manual-basico-de-construccion-en-hormigon-publicacion-ich/>

Imágenes de Google. (8 de junio de 2018). *Imágenes de Google*. Obtenido de <https://www.google.com/imghp?hl=es>

IMCYC 13. (2007). *Concreto reforzado con fibras*. México: IMCYC. Obtenido de <http://www.redcyc.com/plataforma.php>

IMCYC 15. (2008). Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto - Metodo de prueba. *Problemas, causa y soluciones*, 70. Obtenido de <http://www.redcyc.com/producto.php>

IMCYC 90. (2015). *Concreto Hidráulico - Dosificado en masa. Especificaciones y métodos de ensayo*. Mexico: IMCYC. Obtenido de <http://www.redcyc.com/plataforma.php>

Ishikawa, K. (1986). *¿Que es el control de calidad?* (Onceava ed.). (M. Cárdenas, Trad.) Bogota: NORMA. Obtenido de <https://books.google.hn/books?id=MWGOXKteTQwC&printsec=frontcover&dq=ishikawa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwivkLbVzvLbAhWC0FMKHTaZB9IQ6AEIJjAA#v=onepage&q=ishikawa&f=false>

Kotler, P., & Keller, K. (2012). *Dirección de Marketin* (14 ed.). (M. A. Zepeda, Trad.) México, México: Pearson.

La Prensa. (01 de septiembre de 2017). Recicladora fabricará material para empresa embotelladora. San Pedro Sula, Cortes, Honduras. Obtenido de <http://www.laprensa.hn/honduras/1104373-410/recicladora-fabricara-material-empresas-embotelladoras>

La Prensa. (31 de Julio de 2017). Viviendas y apartamentos impulsan la construcción. 12. Obtenido de La Prensa.hn: <http://www.laprensa.hn/economia/1094523-410/viviendas-apartamentos-construccion-honduras->

Leon, J. M. (2001). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. España: Amabar. Obtenido de https://books.google.hn/books?id=wbig4qCRQZAC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Maccaferri. (2006). APORTES DE LAS FIBRAS METÁLICAS Y SINTÉTICAS EN CONCRETOS FIBROREFORZADOS. Colombia. Obtenido de <https://www.maccaferri.com/br/es/downloads/technical-manual-es/>

Plástico. (05 de agosto de 2011). *Tecnología del Plástico*. Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/El-reciclaje-de-PET-esta-en-su-mejor-momento+3084014>

Polo, I. U. (26 de enero de 2010). *Di-Conexiones*. Obtenido de PET en Brasil: botellas convertidas en cuerda: <http://www.di-conexiones.com/pet-en-brasil-botellas-convertidas-en-cuerda/>

Portland Cement Association. (2014). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois. Obtenido de https://es.scribd.com/doc/256603468/Diseno-y-Control-de-Mezclas-de-Concreto-PCA-Kosmatka-Kerkhoff-Panarese-y-Tanesi#download&from_embed

Roberto Hernández Sampieri, C. F. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.

Romero, J. C., & Rubio Gámez, M. C. (2005). *Manual de coordinacion de seguridad y salud en las obras de construcción*. malaga: Ediciones Díaz de Santos. Obtenido de <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479786755.pdf>

Secretaría del Medio Ambiente de México. (5 de Junio de 2018). *Secretaría de Medio Ambiente*. Obtenido de http://sma.edomex.gob.mx/que_es_polietilenotereftalato

SENCICO. (2014). *Manual de Preparación, colocación y cuidados del Concreto*. Lima, Peru: Cartolan editores SRL. Obtenido de file:///C:/Users/Armando/Desktop/Tesis/Bibliografia%20Tesis%202018/MANUAL_DE_PREPARACION,_COLOCACION_Y_CUIDADOS_DEL_CONCRETO.pdf

SIKA. (2014). *Concreto reforzado con fibras*. Barranquilla. Obtenido de <https://col.sika.com/es/produccion-de-concreto/sika-concrete-technology/noticias/concreto-reforzado-con-fibras.html>

Tribuna. (20 de Octubre de 2017). México, líder en manejo y reciclaje de PET a nivel mundial. México, D.F., México. Obtenido de <http://www.tribunadeloscabos.com.mx/mexico-lider-en-manejo-y-reciclaje-de-pet-a-nivel-mundial/>

ANEXOS

5.3. Encuesta

Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (PET) en Tegucigalpa

Somos estudiantes de Postgrado de la Maestría de Ingeniería en Estructuras de Unitec y como parte de nuestro Proyecto de Tesis estamos llevando a cabo esta pequeña encuesta para obtener información sobre el conocimiento de las fibras adicionadas al concreto para modificar sus propiedades mecánicas. de antemano muchas gracias por su valiosa colaboración.



Figura 72. Fibras PET recicladas de botellas de refresco

1. Genero:

- Masculino
 Femenino

2. Edad:

- a. 20-30
b. 30-40
c. Mayor de 40

3. ¿Ha trabajado o tiene el conocimiento del concreto hidráulico modificado con fibras?
sí responde “No” favor entregue su encuesta
 - a. Si
 - b. No

4. ¿Qué tipo de fibras conoce o ha utilizado? (puede seleccionar más de una)
 - a. Fibras sintéticas
 - b. Fibras de acero
 - c. Fibras de vidrio
 - d. Fibras naturales
 - e. Fibras PET

5. ¿Generalmente en qué tipo de estructuras ha utilizado fibras en el concreto? (puede seleccionar más de una)
 - a. Losas de pisos
 - b. Aceras de calles
 - c. Vigas o Columnas
 - d. Pavimentos

6. ¿Cuándo ha fabricado concreto hidráulico con fibras que cambios ha observado en la mezcla?
 - a. Baja el revenimiento
 - b. La mezcla es difícil de trabajar
 - c. a y b son correctas
 - d. No ha observado cambios

7. ¿Qué beneficios ha obtenido en el concreto al incorporarle fibras?
 - a. Se reduce el agrietamiento
 - b. Adquiere un comportamiento dúctil
 - c. a y b son correctas
 - d. No ha tenido ningún beneficio

8. ¿Por qué ha utilizado fibras en el concreto hidráulico? (puede seleccionar más de una)
 - a. Para evitar fisuramiento por contracción
 - b. Para evitar agrietamiento por Temperatura
 - c. Como refuerzo
 - d. Para aumentar ductilidad

9. ¿Qué equipo se utiliza para fabricar concreto con fibras?
 - a. Concretera de un pie cubico
 - b. Camión mezclador de siete pies cúbicos
 - c. a y b son correctas
 - d. Equipo especializado

10. ¿Considera que se puede utilizar el mismo equipo para colocar concreto con fibras que se utiliza para colocar concreto simple?
- Si
 - No
11. ¿En qué momento agrega usted la fibra al concreto hidráulico?
- En el proceso de fabricación
 - Cuando llega al sitio de la obra
 - En cualquiera de las anteriores
12. ¿cuándo ha agregado fibras al concreto durante la fabricación ha aumentado el tiempo de amasado?
- Si
 - No
13. ¿Sí las fibras de polietileno (PET) reciclado, provenientes de botellas plásticas de refrescos, mejoran algunas de las propiedades mecánicas del concreto usted las utilizaría?
- Si
 - No
14. ¿Cree usted que sería beneficioso al medio ambiente usar fibras PET recicladas en el concreto hidráulico?
- Si
 - No

5.4. Entrevista

Comportamiento mecánico del concreto modificado con tereftalato de polietileno (PET) en Tegucigalpa

Somos estudiantes de Postgrado de la Maestría de Ingeniería en Estructuras de Unitec y como parte de nuestro Proyecto de Tesis estamos llevando a cabo esta pequeña entrevista para obtener información sobre el conocimiento de las fibras adicionadas al concreto para modificar sus propiedades mecánicas. de antemano muchas gracias por su valiosa colaboración.



Figura 74. Fibras PET recicladas de botellas de refresco

- 1) Si hablamos de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico ¿Cuáles serían sus principales problemas?

2) ¿Cómo se puede mejorar las deficiencias de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico?

3) ¿Qué influencia cree usted que tendría en el concreto la incorporación de fibras PET recicladas?

4) ¿Cuál sería el mejor proceso para la fabricación de concreto modificado con fibras PET recicladas?

5) ¿En qué tipo de estructuras utilizaría el concreto modificado con fibras PET recicladas?



Armando Aguilar <jose2086@gmail.com>

Fwd: Aprobación tesis

Armando Aguilar <jose2086@gmail.com>
Para: alexdavidfg@hotmail.com

28 de junio de 2018, 9:32

----- Forwarded message -----

From: DAVID ALEJANDRO RODRIGUEZ LACAYO <david09hn@unitec.edu>
Date: jue., 28 de jun. de 2018 7:07 AM
Subject: Aprobación tesis
To: Armando Aguilar <jose2086@gmail.com>

Estimados señores UNITEC:

Yo David Rodríguez ingeniero civil, master en ingeniería estructural y geotécnica, con número de colegiación 4214, por este medio hago constar que he servido como asesor temático de trabajo de tesis de los estudiantes Alexander David Flores García y José Armando Aguilar García que optan al título de maestría en ingeniería de las estructuras, el cual tiene por título: "Comportamiento mecánico del concreto modificado con Terefalato de polietileno (CONCREPET) en Tegucigalpa".

Durante el desarrollo de la Tesis he podido revisar los contenidos y procedimientos que se han propuesto para su más correcta elaboración.

Certifico que los datos obtenidos en las pruebas de resistencia y de lectura de deformaciones a todos los especímenes, tanto de los cilindros como de las vigas de concreto, son reales y fueron revisados por mi persona. Por lo que puedo corroborar que los resultados obtenidos en la investigación son veraces.

Atentamente.

Ing. David A. Rodríguez L.

Asesor

14/8/2018

Correo - alexdavidfg@unitec.edu

Vo Bo Tesis

ZELAYA OVIEDO CARLOS AUGUSTO

vie 6/7/2018 13:41

Para: JOSE ARMANDO AGUILAR GARCIA <armando.aguilar@unitec.edu>; alexdavidfg@hotmail.com <alexdavidfg@hotmail.com>;
ALEXANDER DAVID FLORES GARCIA <alexdavidfg@unitec.edu>;

Cc: PG Postgrado <pgpostgrado@unitec.edu>;

 2 archivos adjuntos (7 MB)

José A. Alexander Tesis Final.docx; José A. Alexander Síntesis.docx;

Estimados Maestranteros Aguilar García y Flores García.

Después de haber finalizado su tesis de postgrado "**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO MODIFICADO CON TEREFALATO DE POLIETILENO (CONCREPET) EN TEGUCIGALPA**", cumplir con los requerimientos y haber realizado la pre defensa, les doy el **Vo Bo** correspondiente que los autoriza para continuar con los trámites en la facultad de postgrado. Deben proceder a imprimir el documento revisado y que de nuevo les adjunto, a doble cara incluyendo (después de los anexos) el VoBo del asesor temático, constancia de lectura y este VoBo del asesor metodológico. Deben entregar en postgrado los tres ejemplares entre el 2 y el 11 de julio. Recomiendo que la síntesis la entreguen al momento de la defensa a cada miembro de la terna.

Saludos y les deseo muchos éxitos en su defensa.

Carlos A. Zelaya Oviedo
Asesor metodológico PG

14/8/2018

Correo - alexdavidfg@unitec.edu

REVISIÓN FINAL TRABAJO DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Karla Antonia Ucles Breve <karla.ucles@unitec.edu.hn>

jue 9/8/2018 22:34

Para: Enrique Jovel Rivas Solis <enrique.rivas@unitec.edu.hn>;

Cc: ALEXANDER DAVID FLORES GARCIA <alexdavidfg@unitec.edu>; JOSE ARMANDO AGUILAR GARCIA <armando.aguilar@unitec.edu>;

Estimado Licenciado Rivas

Hago de su conocimiento que los maestrandos ALEXANDER DAVID FLORES GARCÍA y JOSÉ ARMANDO AGUILAR GARCÍA han cumplido satisfactoriamente con los requerimientos de la terna evaluadora del Proyecto de Graduación, por lo que pueden continuar con el proceso correspondiente.

Atentamente,

Ing. Karla Uclés

Coordinadora Académica de Postgrado

Tel: 2268-1000, Ext. 1050