



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y
LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS
CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE
EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Peña Aedo, Fidel
Tufino Alvarado, Jhojan Fredy

0009-0008-6023-9650
0009-0002-8864-8495

ASESOR(ES)

Eyzaguirre Acosta, Carlos Augusto

0000-0001-9769-2135

Lima, 06 de octubre de 2023

DEDICATORIA

Familia, amigos, y personas especiales que forman parte de nuestras vidas, son un solo conjunto: seres queridos de importancia fundamental y un soporte en diversas circunstancias de nuestras etapas como estudiante y en nuestras vidas cotidianas. No podíamos sentirnos más fortalecidos con la confianza puesta en nosotros.

Este logro se lo debemos a ustedes; hemos alcanzado a concluir el trabajo de investigación que, en principio se nos hizo dificultoso por las diversas situaciones que se dieron en nuestro país y a nivel mundial, pero con esfuerzo hoy sacamos a relucir.

Dedicamos este trabajo de investigación a nuestros seres que nos brindan su amor, confianza y nos animan a continuar a pesar de las dificultades de la vida.

Muchas gracias a aquellos seres queridos que guardamos siempre en nuestras almas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, reconocer el apoyo principal de nuestros padres para lograr nuestras metas, gracias a ellos por cada día confiar y creer en nosotros y en nuestros sueños; gracias por sus constantes mensajes de apoyo y soporte para que nunca nos rindiéramos. A nuestras parejas, por permitirnos contar con su apoyo incondicional, su soporte, sus ánimos para no bajar los brazos y seguir con este proyecto.

Agradecer también a nuestro asesor, por su gran apoyo y ser parte de nosotros como un guía en lo académico. También, agradecer al profesor Carlos Huerta por darnos el impulso en continuar con el tema. Así mismo, a la universidad por ser parte de este proyecto y por darnos la oportunidad de realizar nuestros sueños.

A todos ellos, muchas gracias por todo.

RESUMEN

El concreto es uno de los materiales más empleados en la construcción y siempre se está en la búsqueda de mejorar sus cualidades y procurando no elevar sus costos en demasía. Al mismo tiempo, los plásticos como el PET empleado en la fabricación de botellas para bebidas y envases de alimentos representan un grave problema ambiental, ya que son desechados en grandes cantidades y dadas sus propiedades son de lenta degradación. Por ello, en esta investigación proponemos el empleo de fibras de PET reciclado como adición al concreto, con el objetivo de mejorar las cualidades mecánicas del concreto y dar uso a un material desechado, abundante y contaminante.

Se han realizado múltiples investigaciones sobre concreto adicionado con PET, tanto a nivel nacional como internacional. En dichas investigaciones se empleó plástico PET en diferentes formas: láminas rectas, hojuelas y triturado. Sin embargo, la mayoría de estas investigaciones mostraron resultados poco favorables, donde las capacidades mecánicas (compresión, tracción y flexión) de este concreto son inferiores a las del concreto simple.

Este trabajo de tesis tiene como objetivo estudiar el efecto de la forma y superficie de las fibras para concreto en sus propiedades mecánicas. Para ello, analizamos investigaciones predecesoras que abordan el tema. Luego, elaboramos concreto adicionado con fibras de PET reciclado, con tres tipos de fibras: rectas lisas, en zigzag lisas y en zigzag rugosas; en dos dosificaciones, 4 kg y 8 kg de fibras por metro cúbico de concreto, con lo que esperamos conseguir una mejor trabazón entre las fibras y la matriz cementicia, por tanto, un concreto con mejores capacidades mecánicas. También se realizaron los ensayos mecánicos de compresión y tracción a cilindros y flexión a vigas; de dichos ensayos podemos resaltar que se obtuvieron mejores resultados en el concreto con fibras en zigzag en comparación al concreto con fibras rectas lisas.

Finalmente, realizamos el diseño según norma técnica del concreto simple y proponemos un diseño con las fibras PET en zigzag y rugosas en las dosificaciones que empleamos, así como un análisis de costos de este concreto con fibras.

Palabras clave: concreto; concreto con fibras; macrofibras; microfibras; tereftalato de polietileno (PET); ensayos mecánicos; esfuerzos de tracción, compresión y flexión; impacto ambiental.

**“COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE GEOMETRY AND
ROUGH OF THE FIBERS FOR CONCRETE ON THE MECHANICAL
CAPABILITIES OF THE CONCRETE AND PROPOSED USE OF RECYCLED PET
ROUGH AND ZIGZAG FIBERS”**

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used materials in construction, and we are always looking to improve its qualities and try not to raise its cost too much. At the same time, plastics such as PET used in the manufacture of beverage bottles and food containers represent a serious environmental problem, since they are discarded in large quantities and, given their properties, are slow to degrade. Therefore, in this research we propose the use of recycled PET fibers as an addition to concrete, with the objective of improving the mechanical qualities of concrete and making use of a discarded, abundant and polluting material.

There have been multiple investigations on concrete with PET admixture, both nationally and internationally. In these investigations, PET plastic has been used in different forms: straight sheets, flakes and shredded. However, most of these investigations showed unfavorable results, where the mechanical capacities (compression, tensile and flexural) of this concrete are lower than those of plain concrete.

This thesis work aims to study the effect of the shape and surface of concrete fibers on their mechanical properties. For this purpose, we analyzed predecessor research on the subject. Then, we elaborated concrete with recycled PET fibers, with three types of fibers: smooth straight, smooth zigzag and rough zigzag; in two dosages, 4 kg and 8 kg of fibers per cubic meter of concrete, with which we expect to achieve a better bond between the fibers and the cementitious matrix, therefore, a concrete with better mechanical capacities. Mechanical tests of compression and traction to cylinders and bending to beams were also carried out; from these tests we can highlight that better results were obtained in the concrete with zigzag fibers compared to the concrete with smooth straight fibers.

Finally, we carried out the design according to the technical standard of plain concrete and we propose a design with zigzag and rough PET fibers in the dosages we used, as well as a cost analysis of this concrete with fibers.

Keywords: concrete; fiber concrete; macrofibers; microfibers; polyethylene terephthalate (PET); mechanical tests; tensile, compressive and flexural stresses; environmental impact.

u20161b694_Fidel Peña Aedo_ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS E

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
5	www.thefreelibrary.com Fuente de Internet	1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
8	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
ESTADO DEL ARTE	6
HIPÓTESIS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
LIMITACIONES	14
CONTENIDO DEL PROYECTO	15
1. MARCO TEÓRICO	16
1.1 CONCRETO	16
1.1.1 Concreto Ciclópeo	16
1.1.2 Concreto Simple	16
1.1.3 Concreto Armado.....	16
1.1.4 Concreto 210 kg/cm ²	16
1.2 FIBRAS PARA CONCRETO	17
1.2.1 Microfibras	17
1.2.2 Macrofibras	18
1.2.3 Fibras de Acero	18
1.2.4 Fibras de Vidrio	18
1.2.5 Fibras Sintéticas	18
1.3 PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)	18
1.3.1 Características del PET	19
1.3.2 Huella de Carbono de los Plásticos	19
1.4 ENSAYOS MECÁNICOS AL CONCRETO ENDURECIDO.....	21
1.4.1 Ensayos de Compresión a Probetas de Concreto.....	21
1.4.2 Ensayos de Tracción a Probetas de Concreto	22
1.4.3 Ensayos de Flexión en Vigas de Concreto.....	22
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA RUGOSIDAD.....	23
1.5.1 Rugosidad Superficial	23
1.5.2 Importancia del Acabado Superficial.....	26
2. METODOLOGÍA	29

1.6	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	29
1.7	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	29
1.8	PROCEDIMIENTO	31
1.8.1	Búsqueda y Sistematización de la Información	31
1.8.2	Análisis de la Información Investigada.....	31
1.8.3	Conceptos Básicos para Diseño de Mezcla	31
1.8.4	Diseño de Concreto Simple y Concreto con Fibras PET Recicladas Rectas y en Zigzag (Lisas y Rugosas).....	32
1.8.5	Ejecución de Ensayos	32
1.8.6	Análisis de Precios Unitarios	33
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO	34
1.9	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE EL TEMA DE ESTUDIO	34
1.9.1	Influencia de la Geometría de las Fibras en la Calidad del Concreto	34
1.9.2	Influencia de la Superficie de las Fibras en la Calidad del Concreto	48
1.10	ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS INSUMOS	52
1.10.1	Agregados	52
1.10.2	Fibras PET	58
1.11	INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA DE LAS FIBRAS EN LA CALIDAD DEL CONCRETO	65
3.3.1	Uso de Fibras Rectas Lisas y Zigzag Lisas	65
1.12	INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE DE LAS FIBRAS EN LA CALIDAD DEL CONCRETO	82
1.12.1	Uso de Fibras Zigzag Rugosas	82
1.12.2	Resultados y Análisis	95
1.12.3	Análisis General del Estudio	108
1.13	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	117
1.13.1	Listado de Recursos Requeridos	117
1.13.2	Análisis de Precios Unitarios – Mezcla Patrón.....	118
1.13.3	Precios Unitarios – Concreto con Fibras	119
4.	CONCLUSIONES	122
5.	RECOMENDACIONES	127
6.	REFERENCIAS	131

ANEXOS.....	135
1. ANEXO – PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL MATERIAL PET.....	135
2. ANEXO – CERTIFICADO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ARENA).....	136
3. ANEXO – CERTIFICADO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA).....	137
4. ANEXO – CERTIFICADO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS.....	138
5. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA).....	139
6. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (ARENA).....	140
7. ANEXO – CERTIFICADO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO CON FIBRAS RECTAS LISAS	141
8. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS.....	142
9. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 28 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³ Y 8 KG/M³	143
10. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 28 DÍAS CON LOS 3 TIPOS DE FIBRAS EN 8 KG/M³	144
11. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 28 DÍAS CON LOS 3 TIPOS DE FIBRAS EN 4 KG/M³	145
12. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS CON LOS 3 TIPOS DE FIBRAS EN 8 KG/M³	146
13. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS CON LOS 3 TIPOS DE FIBRAS EN 4 KG/M³	147
14. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 14 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³.....	148

15. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 14 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³.....	149
16. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 7 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³.....	150
17. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³.....	151
18. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS RECTAS LISAS EN 8 KG/M³	152
19. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS RECTAS LISAS EN 4 KG/M³	153
20. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS ZIGZAG LISAS EN 4 KG/M³	154
21. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS ZIGZAG LISAS EN 8 KG/M³	155
22. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 8 KG/M³	156
23. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³	157
24. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN (SIN FIBRAS) 158	
25. ANEXO – CERTIFICADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD PARA AGREGADOS FINO Y GRUESO	159
26. ANEXO – CERTIFICADO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	160
27. ANEXO – CERTIFICADO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	161
28. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO CON FIBRAS RECTAS LISAS	162

29. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO CON FIBRAS ZIGZAG LISAS	163
30. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 28 DÍAS CON FIBRAS RECTAS Y ZIGZAG LISAS EN 4 KG/M³ Y 8 KG/M³.....	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Propiedades del PET</i>	19
Tabla 2 <i>Características físicas y mecánicas de las fibras estudiadas</i>	35
Tabla 3 <i>Resultados de la resistencia a compresión y módulo de elasticidad</i>	35
Tabla 4 <i>Índices de tenacidad a compresión hasta una deformación unitaria de 0.005</i>	36
Tabla 5 <i>Módulo de ruptura, índices de tenacidad y resistencia residual a flexión en vigas prismáticas a 28 días</i>	38
Tabla 6 <i>Consideración de la geometría y anclaje de la fibra metálica</i>	40
Tabla 7 <i>Consideración del tipo y anclaje de la fibra de propileno</i>	41
Tabla 8 <i>Valores de la onda ultrasónica en mortero de cemento</i>	47
Tabla 9 <i>Cálculo del volumen de agregados para la mezcla patrón</i>	66
Tabla 10 <i>Cálculo de las características de los agregados para la mezcla patrón</i>	67
Tabla 11 <i>Dosificación por m³ de la mezcla patrón</i>	68
Tabla 12 <i>Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 4 kg/m³</i>	69
Tabla 13 <i>Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 4 kg/m³</i>	70
Tabla 14 <i>Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 4 kg/m³</i>	71
Tabla 15 <i>Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 8 kg/m³</i>	72
Tabla 16 <i>Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 8 kg/m³</i>	73
Tabla 17 <i>Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 8 kg/m³</i>	74
Tabla 18 <i>Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Zizag y Lisas en 4 kg/m³</i>	75
Tabla 19 <i>Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 4 kg/m³</i>	76
Tabla 20 <i>Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 4 kg/m³</i>	77
Tabla 21 <i>Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Zizag y Lisas en 8 kg/m³</i>	79
Tabla 22 <i>Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 8 kg/m³</i>	79
Tabla 23 <i>Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 8 kg/m³</i>	81

Tabla 24 <i>Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 4 kg/m³</i>	83
Tabla 25 <i>Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 4 kg/m³</i>	83
Tabla 26 <i>Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 4 kg/m³</i>	85
Tabla 27 <i>Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 8 kg/m³</i>	87
Tabla 28 <i>Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 8 kg/m³</i>	87
Tabla 29 <i>Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 8 kg/m³</i>	89
Tabla 30 <i>Resistencia a la compresión con fibras zigzag rugosas en 4 kg/m³ a 7 días</i>	96
Tabla 31 <i>Resistencia a la compresión con fibras en zigzag rugosas en 4 kg/m³ a 14 días</i>	96
Tabla 32 <i>Resistencia a la compresión con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 4 kg/m³ a 28 días</i>	97
Tabla 33 <i>Resistencia a la compresión con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 8 kg/m³ a 28 días</i>	97
Tabla 34 <i>Resistencia a la tracción con fibras zigzag rugosas en 4 kg/m³ a 7 días</i>	100
Tabla 35 <i>Resistencia a la tracción con fibras zigzag rugosas en 4 kg/m³ a 14 días</i>	101
Tabla 36 <i>Resistencia a la tracción con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 4 kg/m³ a 28 días</i>	101
Tabla 37 <i>Resistencia a la tracción con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 8 kg/m³ a 28 días</i>	102
Tabla 38 <i>Resistencia a flexión con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 4 kg/m³ a 28 días</i>	105
Tabla 39 <i>Resistencia a flexión con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 8 kg/m³ a 28 días</i>	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Contaminación: el rastro del plástico en el mar</i>	3
Figura 2 <i>Cómo prevenir las fisuras en los pavimentos de concreto</i>	4
Figura 3 <i>Diferentes tipos de fibras</i>	17
Figura 4 <i>Ensayo de resistencia a la compresión del concreto</i>	21
Figura 5 <i>Ensayo de tracción de probeta de concreto</i>	22
Figura 6 <i>Representación de una viga a flexión con una carga distribuida</i>	22
Figura 7 <i>Superficie Ideal</i>	24
Figura 8 <i>Perfil Ideal</i>	24
Figura 9 <i>Superficie Real</i>	25
Figura 10 <i>Perfil Real</i>	25
Figura 11 <i>Perfil de Rugosidad</i>	26
Figura 12 <i>Rasgos de la textura de una superficie</i>	27
Figura 13 <i>Orientaciones posibles de una superficie</i>	28
Figura 14 <i>Mapa Resumen de Proceso y Diseño de Investigación</i>	30
Figura 15 <i>Metrado de muestras por tipo de fibras y dosificación</i>	32
Figura 16 <i>Carga-Deflexión para concretos reforzados con fibras de acero a 28 días</i>	37
Figura 17 <i>Carga-Deflexión para concretos reforzados con fibras sintéticas a 28 días</i>	37
Figura 18 <i>Tipos de fibras de acero, comercialmente disponibles</i>	40
Figura 19 <i>Tipos de fibras de propileno, comercialmente disponibles</i>	41
Figura 20 <i>Efecto del tipo de fibra en la resistencia a flexión del concreto</i>	42
Figura 21 <i>Resistencia a Compresión y Tensión por Compresión Diametral vs Cantidad de PET</i>	43
Figura 22 <i>Resistencia a Compresión y Resistencia a Flexión vs Cantidad de PET</i>	43
Figura 23 <i>Resistencia a la compresión vs Cantidad de PET</i>	44
Figura 24 <i>Resistencia a la tracción vs Cantidad de PET</i>	44
Figura 25 <i>Probeta después de romper en la prensa</i>	45
Figura 26 <i>Composición Volumétrica de ensayos con PET en porcentajes</i>	46
Figura 27 <i>Composición Volumétrica con PET en fracción 0-4mm</i>	47
Figura 28 <i>Resultado de la mezcla con fibras de bagazo de caña de azúcar</i>	49
Figura 29 <i>Comparativo de ensayos de resistencia a la compresión</i>	50
Figura 30 <i>Resultado de la mezcla con fibras de bagazo de caña de azúcar</i>	51
Figura 31 <i>Ensayo de granulometría del Agregado Fino para los ensayos propios</i>	52

Figura 32 <i>Curva Granulométrica del Agregado Fino</i>	53
Figura 33 <i>Ensayo de granulometría del Agregado Fino para los ensayos propios</i>	53
Figura 34 <i>Curva Granulométrica del Agregado Grueso</i>	54
Figura 35 <i>Peso Unitario del Agregado Fino</i>	54
Figura 36 <i>Peso Unitario del Agregado Grueso</i>	55
Figura 37 <i>Peso Específico y Absorción del Agregado Fino</i>	56
Figura 38 <i>Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso</i>	57
Figura 39 <i>Contenido de Humedad del Agregado Fino y Grueso</i>	57
Figura 40 <i>Proceso del lijado de las botellas PET</i>	59
Figura 41 <i>Comparación del acabado de las botellas lijadas</i>	59
Figura 42 <i>Proceso de corte de las fibras con tijera tipo Zigzag</i>	60
Figura 43 <i>Proceso de corte de las fibras rectas con guillotina</i>	60
Figura 44 <i>Fibras rectas-lisas, zigzag-lisas y zigzag-rugosas</i>	61
Figura 45 <i>Comparación de tamaño de las fibras fabricadas con una moneda</i>	62
Figura 46 <i>Fibras Rectas y Lisas - Peso 783 g</i>	62
Figura 47 <i>Fibras Zigzag y Lisas - Peso 775 g</i>	63
Figura 48 <i>Fibras Zigzag y Rugosas - Peso 1150 g</i>	63
Figura 49 <i>Resumen de las características de las fibras para el concreto</i>	64
Figura 50 <i>Materiales (Agregados) para el Diseño de Mezcla Patrón</i>	65
Figura 51 <i>Materiales para del Diseño de Mezcla con 4 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag y Lisas</i>	78
Figura 52 <i>Materiales para del Diseño de Mezcla con 8 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag y Lisas</i>	81
Figura 53 <i>Materiales para del Diseño de Mezcla con 4 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag y Rugosas</i>	86
Figura 54 <i>Materiales para del Diseño de Mezcla con 8 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag y Rugosas</i>	89
Figura 55 <i>Mezcla de Concreto con 4 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag Rugosas</i>	90
Figura 56 <i>Cono de Abrams para la medición de consistencia de la Mezcla con fibra PET</i> ..	91
Figura 57 <i>Cono de Abrams para la medición de consistencia de la Mezcla con fibra PET</i> ..	91
Figura 58 <i>Medición de la temperatura de la Mezcla con fibra PET</i>	92
Figura 59 <i>Vaciado de la mezcla en probetas para ensayos de concreto</i>	92
Figura 60 <i>Ensayo de Tracción de la probeta con mezcla de concreto y fibra PET en Zigzag Rugosa en proporción de 4 kg/m³</i>	93

Figura 61 <i>Ensayo de Compresión de la probeta con mezcla de concreto y fibra PET en Zigzag Rugosa en proporción de 4 kg/m³</i>	94
Figura 62 <i>Probetas después del ensayo de Tracción con mezcla de concreto y fibra PET en Zigzag Rugosa en proporción de 4 kg/m³</i>	94
Figura 63 <i>Probetas después del ensayo de Compresión de la probeta con mezcla de concreto y fibra PET en Zigzag Rugosa en proporción de 4 kg/m³</i>	95
Figura 64 <i>Esfuerzo por Compresión a 28 días de proporciones y tipos de PET de 4 kg/m³ y 8 kg/m³</i>	98
Figura 65 <i>Probetas Cilíndricas para los Ensayos de Tracción con las diferentes dosificaciones de Fibras PET</i>	100
Figura 66 <i>Tracción por Compresión Diametral a 28 días de proporciones y tipos de PET de 4 kg/m³ y 8 kg/m³</i>	103
Figura 67 <i>Vigas para los ensayos de flexión con las diferentes dosificaciones de Fibras PET</i>	104
Figura 68 <i>Ensayo de Flexión 28 días de proporciones y tipos de PET de 4 kg/m³ y 8 kg/m³</i>	107
Figura 69 <i>Esquema de los Modelos de Fractura Típicos</i>	108
Figura 70 <i>Ensayo a Compresión de la Mezcla con Fibras PET en Zigzag Rugosas en proporción de 4 kg/m³ a los 7 días</i>	109
Figura 71 <i>Comparativo del Ensayo a Compresión de la Mezcla con Fibras PET en Zigzag Rugosas en proporción de 4 y 8 kg/m³ a los 28 días</i>	110
Figura 72 <i>Probeta de concreto después del Ensayo a Compresión a los 28 días</i>	110
Figura 73 <i>Probeta de la figura 72 después de golpear para ver su interior</i>	111
Figura 74 <i>Método de prueba estándar para dividir la resistencia a la tracción de especímenes cilíndricos de concreto</i>	112
Figura 75 <i>Comparativo del Ensayo a Tracción de la Mezcla con Fibras PET en Zigzag Rugosas en proporción de 4 y 8 kg/m³ a los 28 días</i>	113
Figura 76 <i>Probeta después del Ensayo a Tracción a los 28 días</i>	113
Figura 77 <i>Probeta de la figura 76 después de golpear para ver su interior</i>	114
Figura 78 <i>Método de Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido</i>	115
Figura 79 <i>Ensayo de Flexión de la Mezcla con Fibras PET en proporción de 4 kg/m³ a los 28 días</i>	115
Figura 80 <i>Ensayo de Flexión de la Mezcla con Fibras PET en proporción de 8 kg/m³ a los 28 días</i>	116

Figura 81 <i>Vigas para los Ensayos a Flexión a los 28 días</i>	116
Figura 82 <i>Vista de la rotura y fibras PET después del Ensayo a Flexión de la viga a los 28 días</i>	117
Figura 83 <i>Precios y cantidades de los recursos requeridos</i>	118
Figura 84 <i>Análisis de Precios Unitarios para la mezcla Patrón</i>	119
Figura 85 <i>Análisis de Precios Unitarios de la mezcla con 4 kg/m³</i>	120
Figura 86 <i>Análisis de Precios Unitarios de la mezcla con 4 kg/m³ de Fibra Industrial</i>	120
Figura 87 <i>Análisis de Precios Unitarios de la mezcla con 8 kg/m³</i>	121
Figura 88 <i>Análisis de Precios Unitarios de la mezcla con 8 kg/m³ de Fibra Industrial</i>	121
Figura 89 <i>Presupuesto de Referencia del Material PET - 2018</i>	135

INTRODUCCIÓN

Siempre se está en la búsqueda de nuevos y mejores materiales o mejorar las prestaciones de los materiales con las que ya se cuentan, y uno de ellos es el concreto. Se puede mejorar las características del concreto, mejorando la calidad de sus elementos base (cemento y agregados). También buscando la dosificación más adecuada y, otra alternativa es adicionar al concreto aditivos o elementos que hagan del concreto más idóneo para ciertas aplicaciones.

Hoy en día, el concreto tiene una gran demanda que crece cada año. Para satisfacer la demanda de la industria de la construcción en constante crecimiento, la producción del concreto ha venido creciendo a tal punto, que hay varias empresas que se dedican a suministrar concreto premezclado, concretos con dosificaciones mejor estandarizadas, concretos con aditivos para aplicaciones especiales de acuerdo con las necesidades que se requieran y la reducción con respecto a los elaborados in situ (en la misma obra) a partir del diseño de mezcla, por ello, su utilización es más requerido con mayor frecuencia.

Por otro lado, en la actualidad ocurre un gran empleo de plásticos, como envases o cubiertas, y al desecharse de forma descontrolada generan contaminación de los suelos y el agua, siendo la contaminación del agua y sobre todo del mar la más perjudicial. Tal es así que los desechos plásticos generan basureros enormes, como la llamada “sopa de plástico” (basureros marinos). Los residuos de plástico en el agua contaminan y dañan una variedad de animales, incluidos moluscos, peces, tortugas marinas, mamíferos y aves. Estos animales confunden estos desechos con comida y los pueden comer accidentalmente.; lo que provoca no solo la muerte de animales marinos sino, un acceso de estos contaminantes a la cadena alimenticia. Por ende, cuando las personas ingieren alimentos de origen marino, también estarán consumiendo los contaminantes plásticos.

Según estudios realizados de la Organización de las Naciones Unidas en septiembre del 2019, acaban aproximadamente 8 millonadas de toneladas de plástico en el océano.

En nuestro territorio, se usan aproximadamente al año 30 kg de plástico por ciudadano y en Lima Metropolitana y el Callao se generan 886 toneladas de residuos plásticos al día; gran parte de estos desechos plásticos termina en el mar (Ministerio del Ambiente, s.f.).

En este trabajo de investigación se evaluará una propuesta que mejora la adherencia de un nuevo material compuesto, elaborado con concreto adicionado con fibras conseguidas de restos de botellas (PET), mediante la realización de ensayos mecánicos. Dicha estimación se obtendrá a través de comparar las características resistentes del concreto estándar o patrón frente al concreto con fibras cortadas de diferentes formas.

¿Podría mejorar la adherencia (trabazón) entre las fibras PET zigzag (onduladas) y rugosas con la base cementicia y, así obtener un concreto con mejores prestaciones?

JUSTIFICACIÓN

Existe gran demanda por nuevos materiales, amigables con el medio ambiente o que aprovechen el reciclaje de materiales de desecho. Es así, que se emplean los plásticos de desecho como parte de edificaciones sostenibles, viviendas verdes y hasta viviendas auto sostenibles.

En nuestro país, que también sufre las consecuencias de la contaminación ambiental (ver figura 1), existe gran interés en reciclar y de esta manera mitigar la contaminación. Uno de los desechos que más impacto tiene en el medio ambiente es el plástico, y entre los plásticos, uno de los que mayor impacto negativo genera son las botellas PET.

Figura 1

Contaminación: la huella del plástico en el mar



Nota. Imagen de la sección Sucesos del Sitio Web Diario El Comercio, por O. Paz Campuzano y R. Reyna (fotografía), 2018 (<https://elcomercio.pe/lima/sucesos/contaminacion-rastro-plastico-mar-noticia-512417-noticia/?ref=ecr&foto=5>).

Por ello, la investigación propone el empleo de plástico reciclado (botellas PET) y mezclarlo con cemento, agregado fino, grueso y agua, para crear un concreto que incluya estos plásticos como adición a la mezcla y con esto, tener un concreto más idóneo.

Si bien en muchas investigaciones se hizo uso de las fibras y hojuelas de PET, en esta investigación nos enfocaremos en darle rugosidad a las fibras PET, también se le dará forma de zigzag a la sección de corte que este tendrá para que la trabazón con el concreto sea mejor y pueda ser factible y aplicable en pavimentos de bajo tránsito.

Una de las fallas comunes que se observan en pavimentos, tales como veredas, losas deportivas, estacionamientos de automóviles, etc., es el agrietamiento de estas (figura 2). Lo cual puede ser evitado con el empleo de fibras como parte del concreto, y, en el caso de que dichas grietas se produzcan, las fibras evitan el crecimiento de las grietas, además, evitan que

salgan fragmentos del concreto. Por tanto, el empleo de fibras PET, es una alternativa para mejorar este problema, además de ser una forma de emplear y reciclar estos plásticos tan contaminantes.

Figura 2

Cómo prevenir las fisuras en los pavimentos de concreto



Nota. Imagen que muestra las fisuras en los pavimentos de concreto por retracción superficial. De “Cómo prevenir las fisuras en los pavimentos de concreto”, por I. Hernández, 2013 (<https://360enconcreto.com/blog/detalle/prevenir-fisuras-en-los-pavimentos-de-concreto/>).

Por ejemplo; creemos que podemos mejorar el concreto de losas deportivas, así como de veredas, etc. al agregarle fibras PET con el tratamiento que estamos considerando. Ya que se tendrán losas y veredas más duraderas y resistentes al tiempo y factores externos como sismos y sobrecargas.

También, la comunidad puede ayudar a obtener estas botellas PET, para adicionar al concreto, e incluso, podría generarse un medio de ingreso, ya que se haría más rentable el reciclaje de las botellas PET.

Por tanto, mediante esta investigación pretendemos abordar y coadyuvar en la solución de dos problemáticas, mejorar las capacidades del concreto y emplear un material contaminante como los plásticos PET desechados.

ESTADO DEL ARTE

Para este proyecto, se buscaron y analizaron artículos (Papers), trabajos de tesis e investigaciones referentes al empleo de fibras, tanto comerciales (sintéticas y metálicas) así como fibras PET y su empleo como adición al concreto. En dichas investigaciones se hacen diferentes estudios sobre las diversas cualidades que presentan los concretos añadidos con fibras. También, en dichos estudios se analizan separadamente la influencia de la geometría y superficie (rugosidad) de las fibras.

Meza de Luna et al. (2014) tiene como objetivo evaluar las características mecánicas del hormigón con refuerzo de fibras de acero y de polipropileno para su uso en losas de piso industrial. En este estudio se realizaron un plan de caracterización que consistió en fabricar especímenes cilíndricos y prismáticos de hormigón reforzado con 2 tipologías de fibras en 9 cantidades. También se elaboraron muestras de hormigón sin refuerzo como referencia, basadas en un diseño de hormigón de Cuarenta N/mm^2 como resultado de flexión para losas de piso industrial. Estos efectos mostraron que las muestras de concreto elaboradas de acero con deformaciones extremos expusieron una buena adhesión al concreto, ya que en el desarrollo a flexión y ductilidad actúan la morfología y dimensión de las fibras. Las fibras de copolímero y las de polímero corrugado mostraron un mejor rendimiento en general.

Este artículo proporciona evidencia experimental que la utilización de las fibras antes mencionadas tiene beneficios que ayudan a fortalecer el concreto, al igual que su desempeño mecánico. Esta investigación es relevante para el diseño y la construcción de estructuras de concreto que requieran mayor resistencia, durabilidad y capacidades de disipación de energía.

De igual modo, Gonzáles Salcedo (2013), realiza el análisis bibliográfico de las particularidades del concreto al que las fibras los refuerzan (CRF), analizando el efecto que

tienen sus componentes sobre el comportamiento mecánico del material. El autor, según el origen como la forma, tamaño y también el material, realiza la categorización de las fibras, así como una descripción de los métodos de ensayo más usados para que, los concretos reforzados con fibras puedan ser evaluados. Para ello, se fabricaron 36 testigos cilíndricos de CRF con diferentes combinaciones de fibras y se sometieron a las pruebas comunes para los concretos endurecidos. Los resultados mostraron que el tipo y la dosificación de las fibras influyen significativamente en las propiedades mecánicas del CRF, especialmente en la resistencia a la tracción y la tenacidad. Se encontró una mejora del comportamiento del CRF en todas las pruebas con el refuerzo de fibras de acero, mientras que el otro tipo de fibra tiene un efecto menor o incluso negativo.

También, Mendoza et al. (2011), quienes evaluaron la influencia de las fibras de polipropileno (FPP) en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. Se elaboraron mezclas de concreto con diferentes dosificaciones de FPP (0%, 0.1%, 0.2% y 0.3% en peso del cemento) y se sometieron a pruebas de consistencia, asentamiento, densidad, resistencia a la compresión y flexión, módulo de Young y absorción de agua. Los resultados revelaron que la adición de FPP mejoró la trabajabilidad y la cohesión del concreto en estado plástico, redujo la densidad y el módulo de Young, e incrementó la oposición de carga a flexión y la absorción de agua en estado endurecido. La resistencia a la compresión no se vio afectada significativamente por la presencia de FPP.

Otro estudio muy interesante para nuestro propósito es el de Sokolowska y Zalewski (2018), donde en su investigación con los residuos de PET, exhiben como este es usado como sustituto parcial en el hormigón polimérico-cementoso (PCC). El objetivo principal fue evaluar la influencia de esta modificación en las propiedades mecánicas y la calidad estructural del

compuesto a nivel macro. Para ello, se aplicó el método no destructivo de ultrasonidos, que permite saber cómo las ondas ultrasónicas en el material se propagan a una velocidad y se correlacionan con la resistencia a flexión y a compresión. Los autores elaboraron diferentes mezclas de PCC con distintos porcentajes (10%, 20% y 25% en volumen) y granulometrías de PET, obtenido a partir del triturado de botellas de bebidas. Los resultados mostraron que la sustitución de cuarzo por PET reducía la velocidad de las ondas ultrasónicas y, por tanto, la resistencia del compuesto. Sin embargo, se observó que el uso de PET fraccionado mejoraba el comportamiento mecánico del PCC respecto al uso de PET no fraccionado. Los autores concluyeron que el método de ultrasonidos es una herramienta útil para evaluar la calidad estructural del PCC con PET y que el uso de este residuo como árido podría ser una alternativa viable para el reciclaje de plásticos y la reducción del impacto ambiental del hormigón.

Según Flores Fernández (2014), quien tiene como objetivo estudiar el comportamiento mecánico de probetas de mortero reforzadas con tiras de botellas de PET cortadas en forma continua o discontinua. El PET es un material plástico que se utiliza ampliamente en la industria de envases y que representa un problema ambiental debido a su difícil degradación. Por ello, se busca aprovechar sus propiedades como refuerzo alternativo para el mortero.

Flores Fernández (2014) realizó ensayos de tensión directa en una máquina universal INSTRON a las probetas de mortero reforzado con PET, así como ensayos de compresión al mortero sin refuerzo para determinar el tiempo óptimo de curado. También analizaron el PET por medio de espectroscopía de infrarrojo para verificar si sufre algún tipo de degradación al interactuar con la matriz base cemento. Además, realizaron una simulación en COMSOL de una barra compuesta por PET como material predominante y como refuerzo, utilizaron las fibras de carbono en forma de desecho, y teniendo una viga de concreto la reforzaron con la barra antes mencionada para realizar una prueba a flexión. Finalmente, evaluaron las

propiedades estructurales de las fibras de carbono de desecho mediante el porcentaje de cristalinidad.

La investigación aporta evidencia sobre la viabilidad técnica y ambiental de utilizar el PET reciclado como refuerzo para el mortero, así como sobre el potencial de las fibras de carbono de desecho como refuerzo para el PET. De esta manera, se contribuye al desarrollo de materiales compuestos base cemento más sustentables y económicos para la industria de la construcción.

Por otro lado, Nibudey et al. (2013), presenta una investigación con fibras de polietileno tereftalato (PET) recicladas como reforzamiento del hormigón, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas y contribuir a la protección del medio ambiente. El estudio se basa en la fabricación y pruebas de testigos cilíndricos de hormigón con diferentes porcentajes de fibra PET, sometidas a compresión uniaxial. Los resultados muestran que cuando la fibra PET se agrega incrementa la carga de compresión del hormigón en un rango de 6% a 25%, de acuerdo a la dosis y espécimen de fibra correspondiente. Además, se observa que existe, en la ductilidad y tenacidad, una mejora, así como una disminución en la fisuración.

El tema de la investigación es relevante y novedoso, ya que el uso de fibras de PET recicladas como refuerzo del hormigón puede representar una alternativa económica y ecológica frente al uso de fibras metálicas o sintéticas.

Márquez Domínguez et al. (2018), presenta una propuesta innovadora para aprovechar los residuos plásticos de PET y convertirlos en fibras de refuerzo para el concreto. También, realizan una variedad de pruebas experimentales para valorar las características mecánicas de los perfiles de PET con diferentes condiciones de ancho, nudos y pretensado. Luego, diseñan una mezcla de concreto según la norma ACI e incorporan este PET pretensados en envases de

madera tipo viga. Finalmente, miden la oposición de carga a flexión de las vigas reforzadas con PET y aplican un modelo probabilístico para estimar la contribución del PET al módulo de ruptura. Los resultados muestran que los perfiles de PET pretensados pueden cambiar la conducta estructural del concreto para mejorarlo.

El artículo de Da Silva Rodrigues et al. (2018), presenta una investigación sobre el uso de fibras de polietileno tereftalato (PET) recicladas como refuerzo en el concreto. Los autores evaluaron con diferentes porcentajes de PET (0%, 0.5%, 1% y 1.5%) las características mecánicas y la durabilidad del concreto, y concluyeron que las fibras de PET mejoran la resistencia a la tracción, la tenacidad y la resistencia a la abrasión del concreto, así como su comportamiento frente a la corrosión y la carbonatación. El artículo destaca la importancia de aprovechar los residuos de PET como una alternativa sustentable y económica para la producción de concretos con mejores prestaciones.

Mencionando también, en el artículo de Kang et al. (2016), quien presenta un estudio experimental sobre el comportamiento a tracción, incluyendo la ductilidad y los patrones de fisuración, del hormigón de ultra-alto rendimiento (UHPC) reforzado con fibras híbridas de acero y polietileno e incorporando perlas de plástico que tienen un enlace muy débil con la matriz cementicia. Estas perlas se comportan como una falla artificial bajo carga de tracción. Se realizaron una serie de ensayos que incluyeron densidad, tenacidad a la compresión y ensayos de tracción uniaxial. Los resultados expusieron el comportamiento a tracción, incluyendo la capacidad de deformación y el patrón de fisuración del UHPC investigado en este estudio, puede ser controlado por la hibridación de fibras y las fallas artificiales.

Por otro lado, la investigación de Paricaguán Morales y Muñoz Cuevas (2019), evaluó el resultado de las fibras que se generan a partir de la caña de azúcar, como es el bagazo (FBCA) que se complementa de forma parcial al agregado fino en las propiedades mecánicas del concreto. Se utilizaron dos tipos de FBCA: unas en su estado natural y otras tratadas con polimetilmetacrilato (PMMA) para mejorar su adherencia con la matriz. Se prepararon las composiciones de concreto en correlación del agua con el cemento de 0,48 y una proporción de FBCA de 2,5 % en volumen, variando la longitud promedio de las fibras (3-4 cm, 5-6 cm y ≤ 4 cm). Se compararon los efectos a compresión y flexión frente a los de un concreto común sin FBCA.

Los resultados mostraron que las mezclas con FBCA de tamaño largo (5-6 cm) presentaron una mayor resistencia a compresión que las demás, con valores similares al concreto sin FBCA. Sin embargo, todas las mezclas con FBCA tuvieron una menor resistencia a flexión que el concreto sin FBCA, debido a la debilidad del enlace entre las fibras y la matriz. No obstante, las FBCA contribuyeron a mejorar la ductilidad y el control de fisuración del concreto, formando puentes entre las grietas y resistiendo la carga después de la falla.

La investigación concluyó que el uso de FBCA como refuerzo del concreto es una alternativa viable para aprovechar un material de desecho orgánico y reducir el impacto ambiental de la producción de concreto. Además, se propusieron ecuaciones empíricas para predecir la resistencia a compresión y flexión del concreto reforzado con FBCA.

Finalmente, el artículo de Mansilla Pérez y Ruiz Ruiz (2009), muestra que las bebidas gaseosas en Lima han generado un incremento en estos años a comparación de los años pasados, así como del proceso de reutilizamiento mecánico de las botellas de tereftalato de polietileno (PET) para obtener láminas en muy pequeños tamaños (flakes), para luego transformarse en fibras cortas de poliéster. Este material puede usarse para la fabricación de

diversos productos textiles, contribuyendo así a cuidar el medio ambiente. El artículo se basa en fuentes que describen el proceso de reciclaje y sus beneficios ambientales y económicos.

HIPÓTESIS

La adición al concreto de fibras PET rugosas y cortadas en zigzag mejora la trabazón de dichas fibras con la matriz cementicia, por tanto, se obtendrá un concreto con mejores capacidades a los esfuerzos, en comparación al concretos sin fibras.

OBJETIVO GENERAL

Demostrar experimentalmente que la adición al concreto de fibras PET en zigzag y rugosas, da como resultado un concreto con mejores capacidades mecánicas que el concreto simple y que el concreto con fibras PET lisas y rectas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Documentar mediante investigaciones predecesoras que las ondulaciones y rugosidades de las fibras para el concreto mejoran la trabazón con la matriz cementicia, en comparación a las fibras rectas y lisas; dándole mejores propiedades mecánicas al concreto.
- 2) Realizar el diseño y elaboración de muestras (cilindros y vigas) de concreto simple y concreto con fibras lisas, en zigzag y rugosas de PET reciclado, en dosis de 4 kg y 8 kg de fibras por cada metro cúbico de concreto, para realizar los ensayos de compresión, tracción y flexión a 7, 14 y 28 días.
- 3) Demostrar a partir de los resultados obtenidos en los ensayos, que el empleo de fibras de PET en zigzag y rugosos mejoran las capacidades mecánicas del concreto.
- 4) Contribuir en la reducción de la contaminación ambiental por plásticos, así como reducir huella de carbono producida por la fabricación de fibras plásticas industriales.

- 5) Analizar los precios unitarios del concreto con y sin fibras PET considerando las proporciones de fibras de 4 y 8 kg/m³ de concreto.

LIMITACIONES

- 1) Algunos laboratorios cercanos (A nuestros domicilios) que no tenían disponibilidad para elaborar los ensayos y el laboratorio de la universidad se encontraba ocupado en ese entonces; por lo que, decidimos realizarlo en el laboratorio mencionado posteriormente en la realización del proyecto.
- 2) No se encontraron proyectos de investigación acerca del tema que estamos realizando para poder comparar los resultados con más certeza y tener una propia lectura de estos, se llegaron a encontrar trabajos de ensayos de concreto con hojuelas de fibras de PET y fibras PET rectas, los cuales nos favorecieron para poder aproximar nuestros resultados con otro tipo de visión del proyecto.
- 3) Los costos fueron considerados a un monto exacto para la elaboración del proyecto, incluyendo los ensayos a realizar, pero al encontrarnos con algunos sobrecostos influyó en el proyecto y la realización de la cantidad de ensayos y roturas de probetas en diferentes edades como los normales a 7, 14, 21 y 28 días.

CONTENIDO DEL PROYECTO

A medida que se va desarrollando el proyecto, tenemos 3 capítulos de suma importancia, para luego terminar con las conclusiones, recomendaciones y diferentes citas bibliográficas que aportan al desarrollo del proyecto.

Primeramente, tendremos el marco teórico del proyecto, en el cual veremos los diferentes conceptos básicos que utilizaremos durante todo el desarrollo del proyecto y que, según se va avanzando a los siguientes capítulos tendrá sentido conocerlos.

Seguido, en el capítulo 2, tendremos la metodología a usar para el proyecto. Esta metodología abarca desde una planificación con información teórica extraída de libros, investigaciones, publicaciones, tesis, etc.; hasta llegar al análisis de los efectos de realizar ensayos correspondientes y otros análisis que tengan que ver con los objetivos de nuestro proyecto.

En el capítulo 3 es donde plasmamos el desarrollo práctico del proyecto, el grueso del mismo, se realizarán varios ensayos de las probetas del concreto endurecido de acuerdo al planteo de mezclas con diversas tipologías de fibras PET, para luego dar con los resultados obtenidos de estos y su análisis correspondiente como también los análisis de costos unitarios.

Luego, tendremos los siguientes capítulos de conclusiones y recomendaciones. En el primero, plasmaremos nuestros resultados de acuerdo a cada uno de los objetivos planteados en el proyecto, demostraremos el análisis correspondiente mediante estadísticas porcentuales para verificar su factibilidad y en el segundo, daremos las recomendaciones pre y post proyecto realizado, ya que las investigaciones con este material tienen para muchos más proyectos a futuro.

Por último, entraremos a las referencias bibliográficas, donde, en orden alfabético estarán todos los aportes, publicaciones, investigaciones, tesis, etc, que nos fueron útiles para llegar a desarrollar nuestro proyecto.

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo veremos los conceptos básicos y complementarios que nos ayudarán a entender y dar soporte al proyecto de investigación; es decir, comprenderemos los diversos tipos de concreto, los tipos de fibras, los ensayos a los que serán sometidas nuestras probetas y conocer más, sobre el PET (Tereftalato de Polietileno) reciclado y su impacto en el medio ambiente mediante la Huella de Carbono.

1.1 CONCRETO

El concreto es un material combinado que se emplea en la construcción, desarrollado a partir del cemento al que se aumenta agregados finos y gruesos, agua y en algunos casos aditivos específicos. Este abarca diferentes tipos que es necesario conocer (Aceros Arequipa, s.f.).

1.1.1 *Concreto Ciclópeo*

Este concreto es utilizado como base; en cimentaciones y sobrecimientos (Aceros Arequipa, s.f.).

1.1.2 *Concreto Simple*

Su uso es los proyectos de construcción de diversos tipos como carreteras, caminos, puentes, túneles, pistas y sistema de riego (Aceros Arequipa, s.f.).

1.1.3 *Concreto Armado*

En este concreto se añade acero o fierro estructural, y ambos materiales trabajan juntos para absorber cargas variables según el diseño para con los elementos estructurales (Aceros Arequipa, s.f.).

1.1.4 *Concreto 210 kg/cm²*

Se refiere a un concreto simple que soporta una carga de 210 kg por cm².

1.2 FIBRAS PARA CONCRETO

Las fibras se emplean como refuerzo secundario para concreto, agregando de manera uniforme a la mezcla para minorar la fisuración e incrementar la durabilidad y resistencia al impacto. Gran parte de las fisuras en el concreto ocurren cuando se encuentra en estado fresco, en este estado el concreto es demasiado débil para resistir los grandes movimientos que ocurren en el proceso de secado y fraguado. La adición de las fibras disminuye poco a poco el asentamiento de la mezcla y aparición de aberturas, aumentando la oposición de carga del concreto cuando esté en un estado viscoso.

Figura 3

Diferentes tipos de fibras



Nota. Clasificación de los diferentes tipos de fibras. De “Sika Informaciones Técnicas”, por Sika Perú S.A., 2011 (<https://per.sika.com/>).

1.2.1 Microfibras

Fibras diseñadas para que la fisura del concreto fresco o con 24 horas de antigüedad no aparezca. La dosificación está en el rango de 0.03% a 0.15% por m³ de concreto (Trottier & Mahoney, 2001).

1.2.2 Macrofibras

Su propósito es de prevenir un posible agrietamiento en un concreto duro, que las dimensiones de grietas disminuyan y, de ser positivo la aparición, trabaje correctamente esa estructura. La dosis más utilizada varía desde el 0.2% al 0.8% por metro cúbico del concreto (Trottier & Mahoney, 2001).

1.2.3 Fibras de Acero

Segmentos variables de acero de menor tamaño con apariencia oscilante de 20 a 100 como relación de longitud y diámetro.

Parte de estas fibras, en sus extremos, tienen deformaciones que ayudan en la resistencia cuando se quiere agrietar un sólido de cemento (Javier, s.f.).

1.2.4 Fibras de Vidrio

Los materiales con nombre GRC son conformados a partir de las fibras de vidrio, la principal resistencia es la combinación de estas últimas con el cemento hidráulico armado (Javier, s.f.).

1.2.5 Fibras Sintéticas

Estas fibras son elaboradas por mano de obra humana, teniendo consecuencia en la indagación y progreso de las industrias petroquímicas y textiles. Además, comprimen la contorsión plástica aproximadamente y, posteriormente, la aparición de grietas; así como también colaboran en una post fisura al concreto (Javier, s.f.).

1.3 PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)

Material reconocido como seguro, no tóxico, duradero y flexible; y lo mejor de todo, 100% reciclable (ver tabla 1). Como envases, los plásticos PET son mayormente conocidos como los envases para bebidas (Arapack, 2018).

1.3.1 Características del PET

- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.

Tabla 1

Propiedades del PET

Fórmula molecular	$(C_{10}H_8O_4)_n$
Módulo de Young (E)	2800–3100 MPa
Prueba de impacto	3,6 kJ/m ²
Límite elástico	50–150%
Densidad amorfa	1,370 g/cm ³
Punto de fusión	260 °C
Coeficiente de dilatación lineal	$7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

Nota. Información acerca del PET. Adaptado de “Polymeren: van keten tot kunststof”, por Van der Vegt y Govaert, 2003 (<https://n9.cl/jw9hkm>).

1.3.2 Huella de Carbono de los Plásticos

La producción de plásticos es una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en el mundo. Según la International Energy Agency (2018), en 2018 la producción y el uso de plásticos emitieron alrededor de 1.800 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Además, se espera que esta cifra aumente a 2.800 millones de toneladas para el año 2050 si no se toman medidas efectivas para reducir las emisiones.

La huella de carbono de los plásticos no se limita solo a su producción. El reciclaje y el desecho de los plásticos también tienen un impacto significativo en el medio ambiente. En

cuanto al reciclaje, la cantidad de energía y recursos necesarios para procesar los plásticos reciclados y convertirlos en nuevos productos es considerable. Por ejemplo, se estima que la producción de plásticos reciclados emita entre un 40% y un 75% de gases de zona de influencia invernadero que la manufactura de plásticos recientes. Sin embargo, se requiere una gran cantidad de energía para la recolección, el transporte y el procesamiento de los residuos plásticos. Además, la tasa de reciclaje de plásticos sigue siendo baja en muchos países, lo que significa que la mayoría de los plásticos terminan en vertederos o en el medio ambiente.

Por otro lado, el desecho de los plásticos es un problema ambiental cada vez más grave. Alrededor de 8 millones de toneladas de plásticos por toneladas finalizan en los océanos cada año, causando daños a la vida marina y al ecosistema. Además, cuando los plásticos se degradan en el medio ambiente, liberan gases de efecto invernadero, como metano y etileno, que contribuyen al calentamiento global.

Es importante destacar que la reducción de la huella de carbono de los plásticos es una responsabilidad compartida entre las empresas, los gobiernos y los consumidores. Las empresas pueden reducir la cantidad de plásticos que producen y utilizan materiales más sostenibles y amigables con el medio ambiente. Los gobiernos pueden implementar políticas y regular que fomenten la reducción, el reciclaje y la reutilización de los plásticos, y los consumidores pueden reducir su consumo de plásticos de un solo uso y reciclar adecuadamente.

En conclusión, la huella de carbono de los plásticos es un problema ambiental complejo que requiere una solución a nivel global. Es importante tener en cuenta medidas preventivas y/o correctivas para reducir la fabricación y el agotamiento de plásticos, aumentar la tasa de reciclaje y reducir el deseo de los plásticos. Solo así se podrá minimizar el impacto ambiental de los plásticos y proteger nuestro planeta para las generaciones futuras.

1.4 ENSAYOS MECÁNICOS AL CONCRETO ENDURECIDO

Todos los ensayos al concreto son muy importantes para obtener la disposición y durabilidad de los elementos estructurales. Se le debe dar la importancia que concierne, ya que esto consiente a la toma de decisiones para mejorar los desempeños y el excelente cumplimiento de los procesos constructivos (Urquilla López et al., 2021, p. 33)

Existen variables que condicionan los resultados de cada ensayo para verificar la correcta resistencia del concreto, pero no son trascendentes en la calidad del concreto en la estructura dada ya que depende del control de calidad de cada productor del concreto.

1.4.1 *Ensayos de Compresión a Probetas de Concreto*

Esta prueba nos muestra el resultado de la resistencia a la compresión del concreto endurecido y son realizadas en laboratorios (ver figura 4). Para ello, en la obra es necesario hacer una probeta o testigo de concreto para dicha prueba (Aceros Arequipa, s.f.).

Figura 4

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto



1.4.2 Ensayos de Tracción a Probetas de Concreto

Este ensayo es muy importante, en lo que diseño e inspección de calidad concierne, en todas las obras. Originalmente, el resultado de este ensayo del concreto se verifica mediante pruebas de flexo tracción (figura 5). Subsiguientemente, se desarrolló el método de prueba denominado compresión diametral (Instituto de la Construcción y Gerencia, 1994)

Figura 5

Ensayo de tracción de probeta de concreto

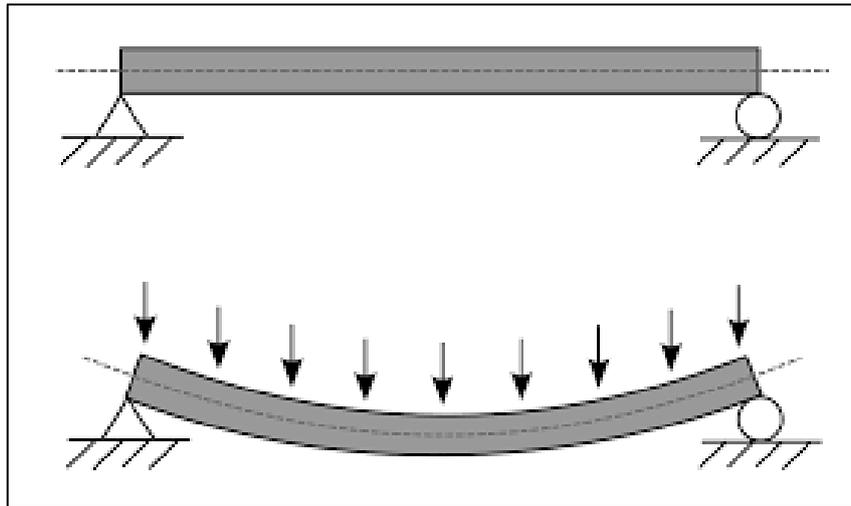


1.4.3 Ensayos de Flexión en Vigas de Concreto

Las vigas, elementos estructurales, son diseñados para que funcionalmente predominen en flexión (figura 6). Geométricamente son cuerpos prismáticos mecánicos cuya dureza pende del momento de inercia de la sección transversal de las vigas (Academic, 2010).

Figura 6

Representación de una viga a flexión con una carga distribuida



Nota. Vista de la flexión como una deformación de la viga con carga distribuida. De “Ensayos mecánicos de los materiales”, por Wikimedia Foundation, 2010 (<https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/432837>).

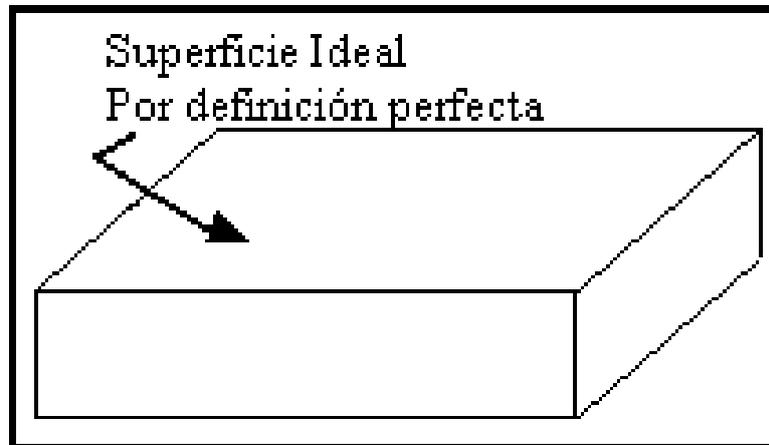
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA RUGOSIDAD

1.5.1 *Rugosidad Superficial*

La rugosidad está dada por las marcas dejadas después del proceso industrializado (equipos, herramientas, procesos químicos, etc.) y se ubica al contorno de curvatura (GTM - Grupo Tecnología Mecánica, 2017).

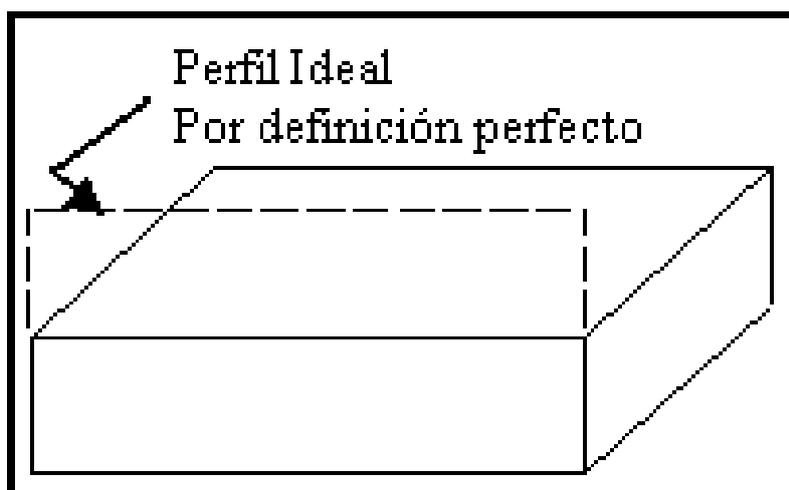
Conociendo este concepto, pasaremos a identificar lo que pretendemos tanto para el proyecto de “La rugosidad en las fibras PET” como para la investigación mencionada en puntos anteriores. Así mismo, para proseguir con el trabajo de investigación, es necesario conocer los conceptos de superficies.

1.5.1.1 Superficie Ideal. Es la superficie ideal, perfecta (figura 7). Ejemplo: Superficie plana, lisa continua, cilíndrica, rectangular, etc. (GTM - Grupo Tecnología Mecánica, 2017).

Figura 7*Superficie Ideal*

Nota. Rugosidad Superficial. De “Procesos de Fabricación”, por Grupo Tecnología Mecánica, 2017.

1.5.1.2 Perfil Ideal. Contorno que se da a partir de un proceso de separación de un área perfecta por un elemento liso vertical (figura 8) (GTM - Grupo Tecnología Mecánica, 2017).

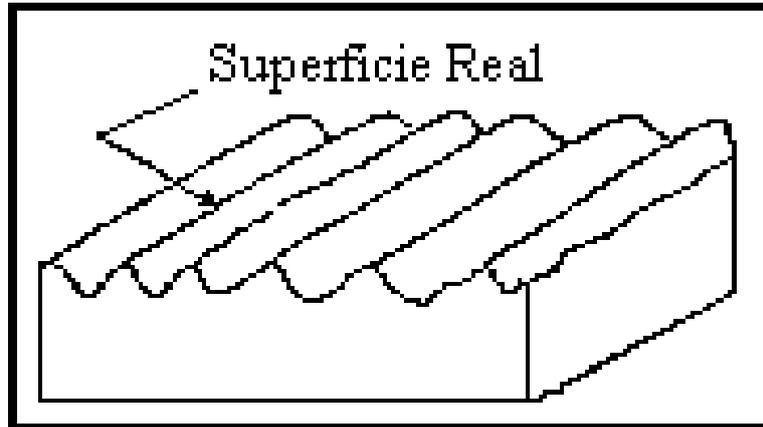
Figura 8*Perfil Ideal*

Nota. Rugosidad Superficial. De “Procesos de Fabricación”, por Grupo Tecnología Mecánica, 2017.

1.5.1.3 Superficie Real. Área que restringe al elemento del elemento exterior (figura 9) (GTM - Grupo Tecnología Mecánica, 2017).

Figura 9

Superficie Real

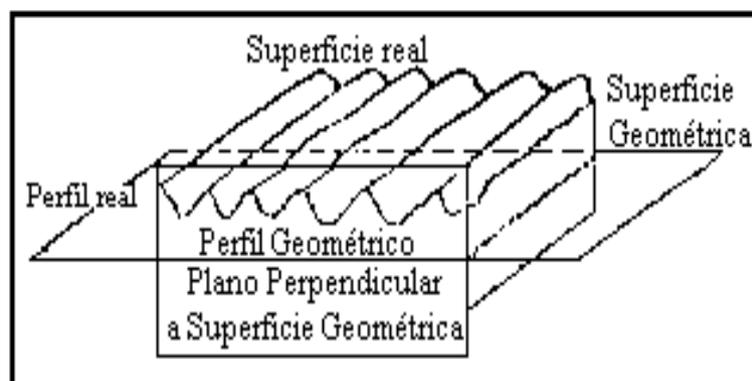


Nota. Rugosidad Superficial. De “Procesos de Fabricación”, por Grupo Tecnología Mecánica, 2017.

1.5.1.4 Perfil Real. Periferia resultante a partir de un corte del área real debido a un elemento determinado en comparación al elemento ideal (figura 10). Separa la unidad con el elemento exterior, incluida la ondulación (GTM - Grupo Tecnología Mecánica, 2017).

Figura 10

Perfil Real



Nota. Rugosidad Superficial. De “Procesos de Fabricación”, por Grupo Tecnología Mecánica, 2017.

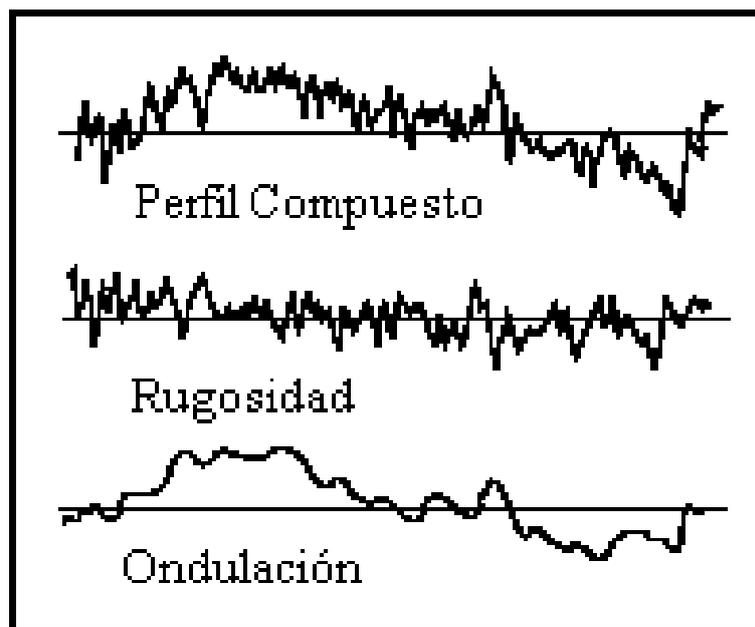
1.5.1.5 Perfil Efectivo. Este perfil es el producto de las particularidades geométricas y físicas del instrumento con el cual se realiza la medición y de la habilidad empleada para su apreciación (GTM - Grupo Tecnología Mecánica, 2017).

1.5.1.6 Perfil de Rugosidad. Se adquiere desde de la medición del elemento anterior mediante una herramienta de inspección con un sistema depurado para descartar diferentes anomalías.

Conforme a los conceptos anteriores, se determina que el aspecto de rugosidad está aplicado al aspecto ondulado (figura 11) (GTM - Grupo Tecnología Mecánica, 2017).

Figura 11

Perfil de Rugosidad



Nota. Rugosidad Superficial. De “Procesos de Fabricación”, por GTM - Grupo Tecnología Mecánica, 2017.

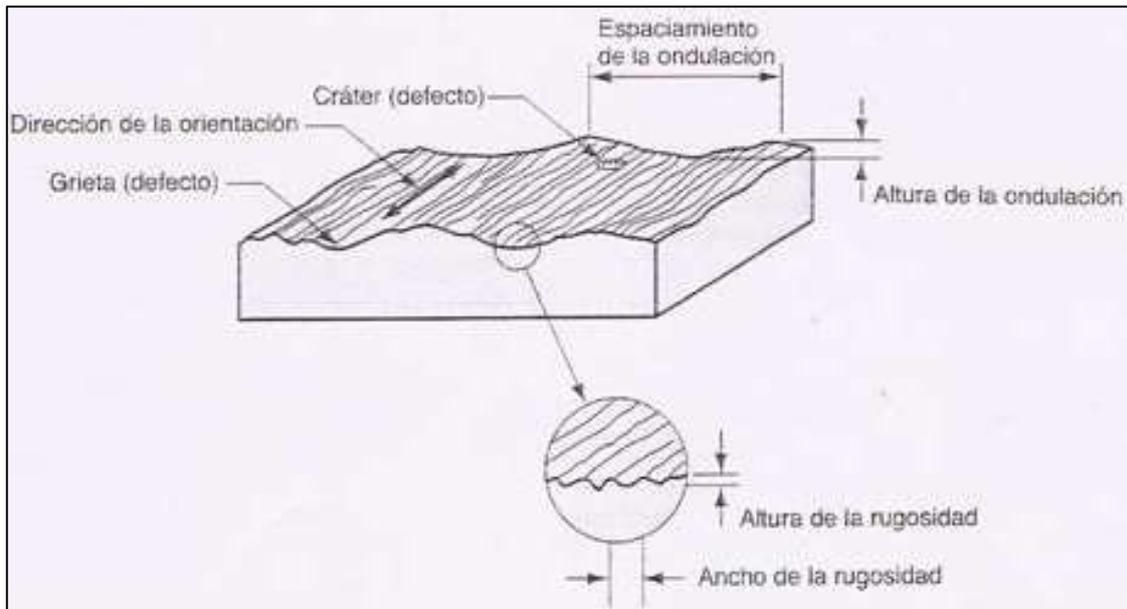
1.5.2 Importancia del Acabado Superficial

Lograr excelentes propiedades de un acabado superficial está sustentada o se ve favorecido a que estas influyan en el rendimiento de las superficies, entre ellas las siguientes:

1.5.2.1 Textura Superficial. La contextura de la superficie consta de varios desvíos fortuitos del área nominal de un elemento (figura 12); limitan cuatro particularidades: rugosidad, ondulación, orientación y defectos o fallas (Normas UNE, 1999).

Figura 12

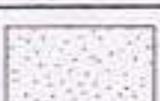
Rasgos de la textura de una superficie



Nota. Industria y materiales. De “Acabados superficiales: Normas de Acabado y Simbología”, por Instituto Tecnológico de Chihuahua, 2009.

1.5.2.2 Orientación de Rugosidad. Esta es la dirección predominante en la estructura de la superficie. Está determinado bajo el procedimiento de fabricación utilizado para fundar a la superficie, generalmente a partir del impacto de un instrumento de corte. En la siguiente figura (figura 13) se muestran la totalidad de las disposiciones que puede tener una superficie, juntamente con el símbolo detallado o especificado que usa el dibujante (Normas UNE, 1999).

Figura 13*Orientaciones posibles de una superficie*

Simbolo de la orientación	Patrón de la superficie	Descripción
=		La orientación es paralela a las líneas que representan a la superficie a que se aplica el símbolo.
⊥		La orientación es perpendicular a la línea que representa la superficie a que el símbolo se aplica.
X		La orientación es angular en ambas direcciones a la línea que representa la superficie a que se aplica el símbolo.
M		La orientación es multidireccional.
C		La orientación es circular en relación con el centro de la superficie para la que se utiliza el símbolo.
R		La orientación es aproximadamente radial en relación con el centro de la superficie para la que se emplea el símbolo.
P		La orientación es particular, no direccional o protuberante.

Nota. Industria y materiales. De “Acabados superficiales: Normas de Acabado y Simbología”, por Instituto Tecnológico de Chihuahua, 2009.

2. METODOLOGÍA

En este segundo capítulo, abarcaremos todo lo relacionado a la metodología de trabajo empleado para nuestro proyecto, comenzando desde el nivel de investigación, luego el diseño del mismo y terminando con el procedimiento a realizar que este proyecto conlleva como se puede apreciar en la figura 14 mostrada más adelante.

1.6 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación será exploratorio, experimental y explicativa. Ya que se buscará entre las diversas investigaciones que se analizarán, los resultados que sustenten la hipótesis. También realizaremos nuestros propios ensayos con el material que proponemos (Concreto con diferentes dosificaciones de fibras de PET). Además, de mostrar y explicar los resultados de manera detallada y plantear posibles aplicaciones del material que proponemos.

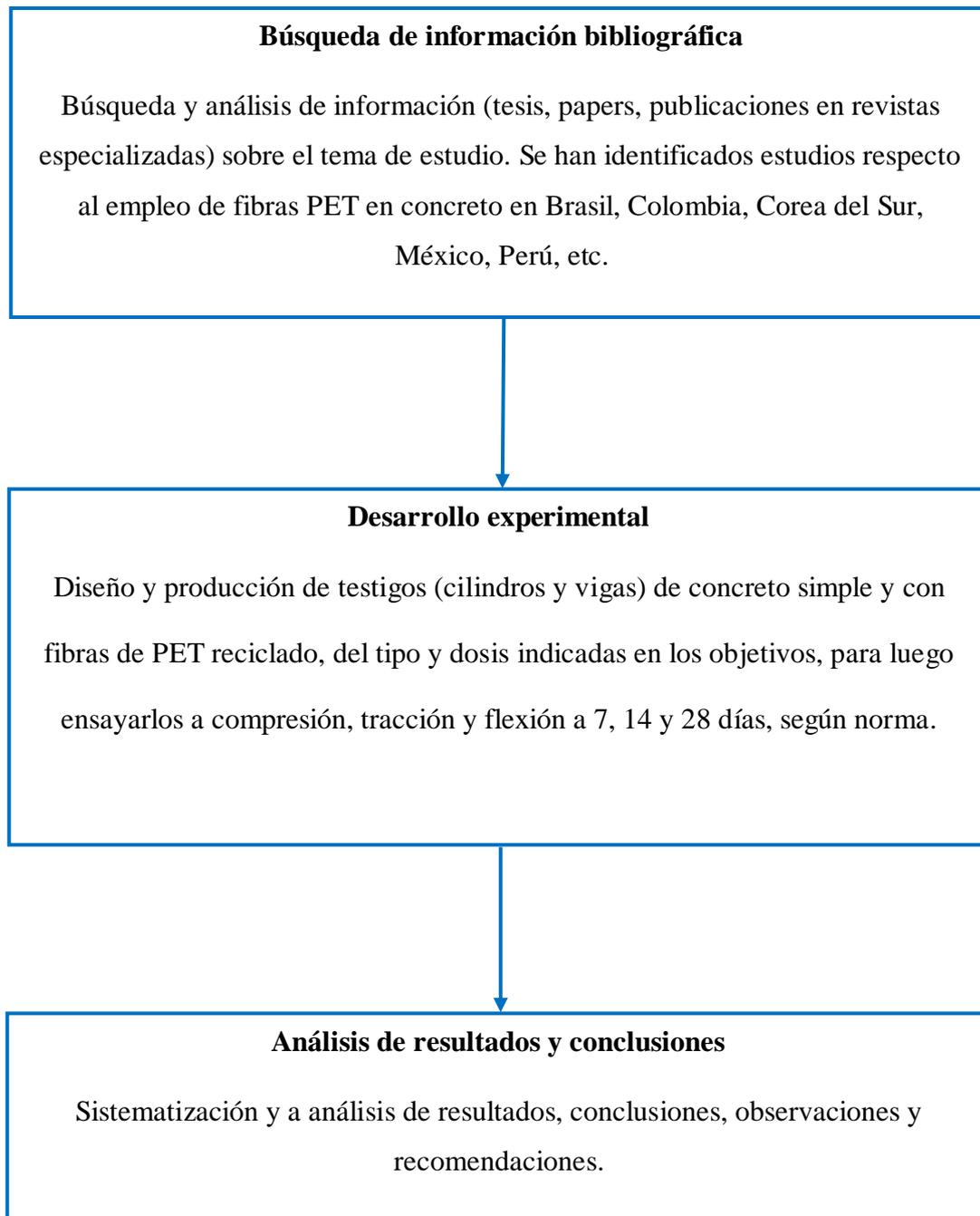
1.7 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Nuestra investigación será del tipo documental y experimental ya que se analizarán diversas investigaciones referentes a la atribución de la geometría (forma) y superficies (rugosidad) de las fibras con respecto a la calidad del concreto obtenido.

También, se busca plantear una alternativa sostenible y de uso regular del concreto con fibras PET.

Figura 14

Mapa Resumen de Proceso y Diseño de Investigación



1.8 PROCEDIMIENTO

1.8.1 Búsqueda y Sistematización de la Información

Se buscarán diversos trabajos de investigación referentes al tema de las fibras para el concreto, haciendo énfasis en aquellos trabajos de investigación que analizan la atribución de la geometría de las fibras y calidad de la superficie de estas.

También se buscarán investigaciones del empleo de fibras PET como aditivo del concreto, y sus diversos resultados y variables obtenidas.

1.8.2 Análisis de la Información Investigada

En base a la investigación compilada e investigada del uso de las fibras para el concreto, se analizarán los resultados y características de las fibras que más aportan en la mejora de las capacidades del concreto. También se tendrá en cuenta los aspectos de las fibras que no favorecerán en las propiedades de los concretos.

1.8.3 Conceptos Básicos para Diseño de Mezcla

Para la mezcla con fibras PET en proporciones de 0, 4 y 8 kg/m³ de concreto, se prepararán desemejantes mezclas de concreto siguiendo el procedimiento ACI sin y con fibras PET en las proporciones indicadas.

Investigaremos y analizaremos las propiedades de los materiales que componen el concreto como también las propiedades de las fibras PET para luego empezar el diseño con las limitaciones que se dan en el procedimiento ACI: Relación agua cemento, dosificación del cemento, asentamiento, granulometría del agregado grueso, resistencia a la compresión mínima.

1.8.4 Diseño de Concreto Simple y Concreto con Fibras PET Recicladas Rectas y en Zigzag (Lisas y Rugosas)

Se diseñará para tres probetas y dos vigas por cada tipo y proporción de fibras PET, para las pruebas de compresión, tracción y flexión a 7, 14 y 28 días, según muestra la figura 15 de metrados por tipo de fibras y dosificaciones.

Figura 15

Metrado de muestras por tipo de fibras y dosificación

CILINDROS		SIN FIBRAS	CON FIBRAS						muestras
Diámetro (cm)	15		rectas-lisas		zigzag-lisas		zigzag-rugosas		
Altura (cm)	30								
Volumen (cm ³)	5301,4								
Dosificación de fibras PET (kg/m ³)		0	4	8	4	8	4	8	
TRACCIÓN (muestras)	7 días	3	0	0	0	0	3	0	6
	14 días	3	0	0	0	0	3	0	6
	28 días	3	3	3	3	3	3	3	21
COMPRESIÓN (muestras)	7 días	3	0	0	0	0	3	0	6
	14 días	3	0	0	0	0	3	0	6
	28 días	3	3	3	3	3	3	3	21
Sub Totales muestras		18	6	6	6	6	18	6	66
Total muestras		18	12		12		24		
Vol. de concreto x tipo y dosis de fibra (m ³)		0,095	0,032	0,032	0,032	0,032	0,095	0,032	0,350
Vol. Total de concreto por tipo de fibra (m ³)		0,095	0,064		0,064		0,127		

VIGAS (15x15x45cm)		SIN FIBRAS	CON FIBRAS						muestras
Volumen (cm ³)	10125		rectas-lisas		zigzag-lisas		zigzag-rugosas		
Dosificación de fibras PET (kg/m ³)		0	4	8	4	8	4	8	
FLEXIÓN (muestras)		2	2	2	2	2	2	2	14
Vol. de concreto x tipo y dosis de fibra (m ³)		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,142
Vol. Total de concreto por tipo de fibra (m ³)		0,020	0,041		0,041		0,041		

Resumen	SIN FIBRAS	CON FIBRAS						Total
		rectas-lisas		zigzag-lisas		zigzag-rugosas		
Dosificación de fibras PET (kg/m ³)	0	4	8	4	8	4	8	
Vol. de concreto por dosis de fibras PET (m ³)	0,116	0,052	0,052	0,052	0,052	0,116	0,052	0,492
masa de Fibras por tipo y dosis [kg]	0,000	0,208	0,416	0,208	0,416	0,463	0,416	2,129
masa de fibras por tipo de fibra [kg]	0,000	0,625		0,625		0,879		

Total Muestras	Total Volumen (m ³)
66	0,492

1.8.5 Ejecución de Ensayos

Se realizarán los ensayos mecánicos mencionados en esta investigación para probetas de concreto adicionadas con fibras PET en proporciones de 0, 4 y 8 kg/m³ de concreto. Para la preparación de los modelos y realización de los ensayos se hará uso de los servicios de la

empresa **Laboratorio Vicat**, siguiendo los pasos que se cumplen según se establecen en las normas con los diferentes tipos de pruebas bajo diversos criterios de aceptación.

La norma ASTM nos será de guía para cumplir este tipo de ensayos y, por ejemplo; tomaremos la N.T.P. 339.034 que son para los métodos de ensayos normados para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas que se diseñarán adicionando las fibras PET en zigzag y rugosas en proporciones de 0, 4 y 8 kg/m³ de concreto.

1.8.6 Análisis de Precios Unitarios

Por último, analizaremos los precios unitarios del concreto con y sin fibras PET, teniendo mayor énfasis en aquellas proporciones que presenten las mejores respuestas a los esfuerzos de acuerdo con las proporciones de fibras adicionadas.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para esta parte del capítulo, realizaremos el desarrollo definitivo del proyecto, tanto el análisis de nuestros materiales, los ensayos de nuestras probetas, análisis de costos y lo más importante, el análisis de la información precedente. En este último, al no tener ensayos predecesores de similares características, hemos realizado la investigación sobre ensayos, por ejemplo, de fibras PET en hojuelas (para ver el impacto de la geometría) y fibras a partir de caña de azúcar (para ver el impacto de la superficie).

1.9 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE EL TEMA DE ESTUDIO

1.9.1 Influencia de la Geometría de las Fibras en la Calidad del Concreto

A continuación, Describiremos y analizaremos algunas investigaciones de acuerdo a cómo influyen las fibras (comerciales y PET) en las características del concreto.

En el artículo de Meza de Luna et al. (2014), Se muestran los resultados de la investigación experimental sobre el concreto armado con fibras de acero y polipropileno. Parámetros como oposición de carga en compresión y flexión, módulo de Young, etc.

Se utilizaron fibras en 2 tipos: acero y sintéticas, con las dosis mínimas según las recomendaciones transmitidas por los fabricantes para conseguir resultados estimables en la tenacidad en el concreto.

Para la elaboración, se empleó cemento Portland Tipo I ASTM con una oposición de carga a flexión de 40 N/mm² a 28 días.

Tabla 2*Características físicas y mecánicas de las fibras estudiadas*

FIBRA	MARCA	MATERIAL	FORMA	RESISTENCIA		SECCIÓN (mm)	RELACIÓN DE ASPECTO L/D	FIBRA POR kg	MÓDULO DE YOUNG (MPa)	DOSIFICACIÓN (kg/m ³)
				A LA TENSIÓN (MPa)	LONGITUD (mm)					
SFRC1	Dramix ®	Acero	Con ganchos	1160	60	Cilíndrica 0.9	66.66	3200	210000	28
SFRC2	Ramgra® con estribos	Acero	Con ganchos	1072	40	Cilíndrica 1	40	2207	210000	28
SFRC3	Ramgra® ondulada	Acero	Dentada	1072	29	Cilíndrica 1	29	2800	210000	28
SFRC4	Fibracero ®	Acero	Dentada	1100	25	Cilíndrica 0.5	24.44	1841	210000	27
SFRC5	Tecnor ®	Acero	Ondulada	1765	39	Rectangular 2 x 1	50	27500	210000	6
PFRC1	Macmatrix ®	Polipropileno	Recta	586	50	Rectangular 1.5 x 0.5	61.15	44950	4000	3
PFRC2	Masterfiber ® micro	Polipropileno	Recta	552	19	Cilíndrica 0.01	1900	90e6	3794	0.6
PFRC3	Masterfiber ® STR	Copolmero	Recta	637	38	Rectangular 2 x 0.5	33.67	75758	4300	2.7
PFRC4	Tufstrand sf euclid ®	Polipropileno	Ondulada	625	50	Cilíndrica 0.66	75.75	61350	9500	3

Nota. Información adaptada de “Experimental mechanical characterization of steel and polypropylene fiber reinforced concrete”, por Meza de Luna et al., 2014.

Tabla 3*Resultados de la resistencia a compresión y módulo de elasticidad*

Fibra	F _c (MPa)			E (MPa)
	3 días	7 días	28 días	28 días
NF	24,33 (3,17)	26,96 (2,44)	30,62 (5,39)	48066 (6,05)
SFRC 1	22,86 (3,52)	27,11 (2,76)	33,09 (4,86)	47579 (5,26)
SFRC 2	24,20 (3,74)	28,30 (1,81)	32,98 (3,62)	45493 (1,13)
SFRC 3	20,83 (8,25)	24,18 (9,19)	27,36 (6,41)	48867 (4,12)
SFRC 4	22,89 (3,65)	27,42 (0,85)	32,44 (1,59)	46463 (4,12)
SFRC 5	2,68 (3,23)	24,53 (7,90)	30,48 (8,28)	49194 (3,91)
PFRC 1	20,38 (4,87)	26,94 (5,70)	30,50 (4,16)	48658 (5,43)
PFRC 2	23,42 (7,06)	27,37 (5,90)	31,72 (3,76)	47124 (2,91)
PFRC 3	23,21 (4,18)	28,97 (3,01)	32,64 (3,44)	46824 (2,70)
PFRC 4	22,62 (3,32)	26,01 (3,71)	31,35 (4,86)	48308 (4,28)

Nota. Información adaptada de “Experimental mechanical characterization of steel and polypropylene fiber reinforced concrete”, por Meza de Luna et al., 2014.

En la Tabla 3 se exponen resultados de compresión a 3 edades y el módulo de Young solo a 28 días, con respecto a las normas ASTM C-39 y C-469, respectivamente.

La Tabla 4 exhibe resultados proporcionados a las relaciones de compresión del concreto simple y del reforzado con fibras hasta una deformación unitaria de 0,005.

Tabla 4

Índices de tenacidad a compresión hasta una deformación unitaria de 0.005

Fibra	Hasta el esfuerzo máximo (deformación unitaria)	Hasta 0.003	Hasta 0.004	Hasta 0.005
NF	33,72 (0,00125)	78,29	96,29	112,21
SFRC 1	42,84 (0,00150)	85,90	108,25	126,80
SFRC 2	42,73 (0,00150)	85,60	107,84	126,30
SFRC 3	24,59 (0,00100)	68,32	83,28	95,44
SFRC 4	42,60 (0,00150)	83,86	105,01	122,48
SFRC 5	33,72 (0,00125)	77,77	96,11	111,14
PFRC 1	33,79 (0,00125)	77,76	96,05	111,03
PFRC 2	34,31 (0,00125)	81,67	101,78	118,35
PFRC 3	42,63 (0,00150)	84,53	106,11	123,98
PFRC 4	34,28 (0,00125)	80,41	99,81	115,76

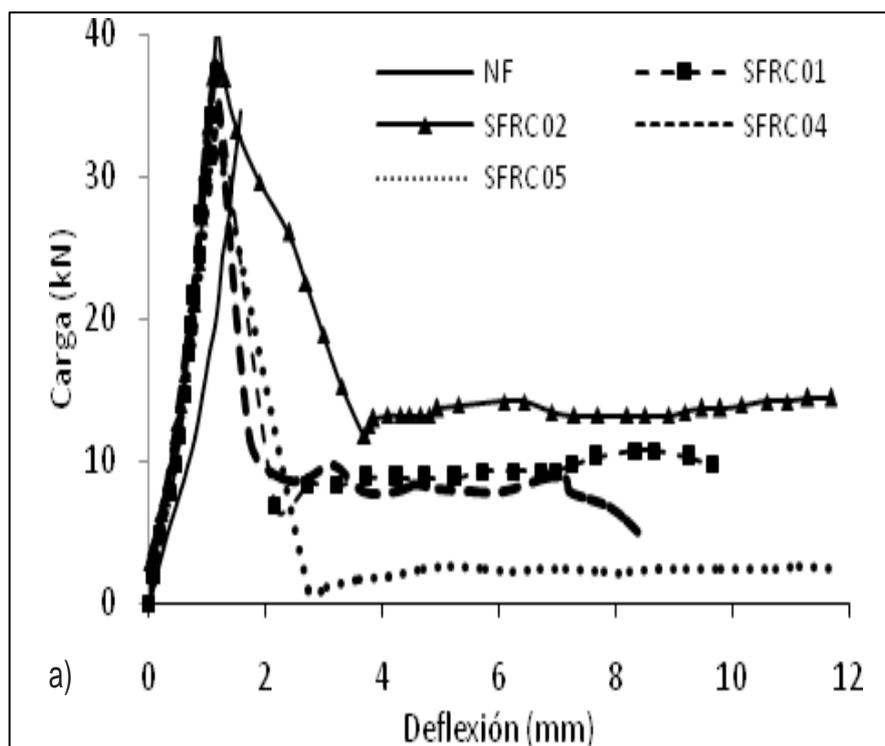
Nota. Información adaptada de “Experimental mechanical characterization of steel and polypropylene fiber reinforced concrete”, por Meza de Luna et al., 2014.

Según los resultados a compresión logrados, el concreto reforzado SFRC1 y SFRC2 mostraron mejores resultados en el índice de tenacidad a compresión. También, se observa resultados menores a comparación del concreto sin fibras por parte del que está reforzado con ellas.

Se midió la resistencia a flexión de vigas a edad de 28 días, con la prueba a flexión en 4 puntos, según norma ASTM C78. En las figuras 16 y 17 se muestran las gráficas carga-deflexión vertical, en las cuales se observa un incremento en la ductilidad, en el concreto con fibras. Pero los concretos con las fibras SFRC3 (acero dentado) y PFRC2 (polipropileno recto) no aportaron ninguna ductilidad, motivo por el que no se consideraron en las gráficas.

Figura 16

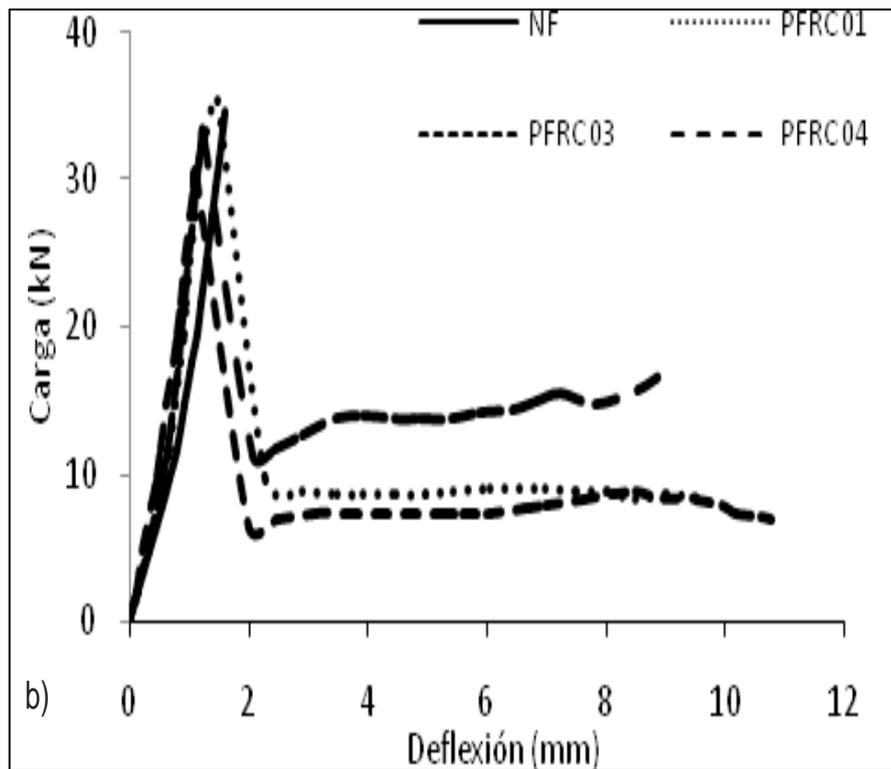
Carga-Deflexión para concretos reforzados con fibras de acero a 28 días



Nota. Deflexión para concretos reforzados. Información adaptada de “Experimental mechanical characterization of steel and polypropylene fiber reinforced concrete”, por Meza de Luna et al., 2014.

Figura 17

Carga-Deflexión para concretos reforzados con fibras sintéticas a 28 días



Nota. Deflexión para concretos reforzados. Información adaptada de “Experimental mechanical characterization of steel and polypropylene fiber reinforced concrete”, por Meza de Luna et al., 2014.

En el estudio, se hallaron los índices a flexión mediante la elaboración del área bajo la curvatura carga-deflexión. La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 5

Módulo de ruptura, índices de tenacidad y resistencia residual a flexión en vigas prismáticas a 28 días

Fibra	MR (MPa)	$f_{e,3}$ (MPa)	$R_{e,3}$ (%)	I_5	I_{10}	I_{20}	R_{5-10}	R_{10-20}
NF	4,362	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SFRC 1	4,869	2,86	58,77	4,36	7,05	11,20	57,00	41,50
SFRC 2	4,856	2,43	50,01	3,53	5,58	10,60	41,00	46,33
SFRC 3	4,194	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SFRC 4	4,488	2,12	47,28	3,40	5,00	6,77	32,00	17,67
SFRC 5	4,475	2,24	50,10	3,50	4,43	4,98	18,50	5,50
PFRC 1	4,345	2,28	52,52	3,30	4,75	7,40	29,00	26,50
PFRC 2	4,213	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PFRC 3	4,643	1,79	38,56	2,78	3,93	6,35	23,00	24,17
PFRC 4	4,536	2,26	49,00	3,08	4,98	9,63	38,00	46,50

Nota. Información adaptada de “Experimental mechanical characterization of steel and polypropylene fiber reinforced concrete”, por Meza de Luna et al., 2014.

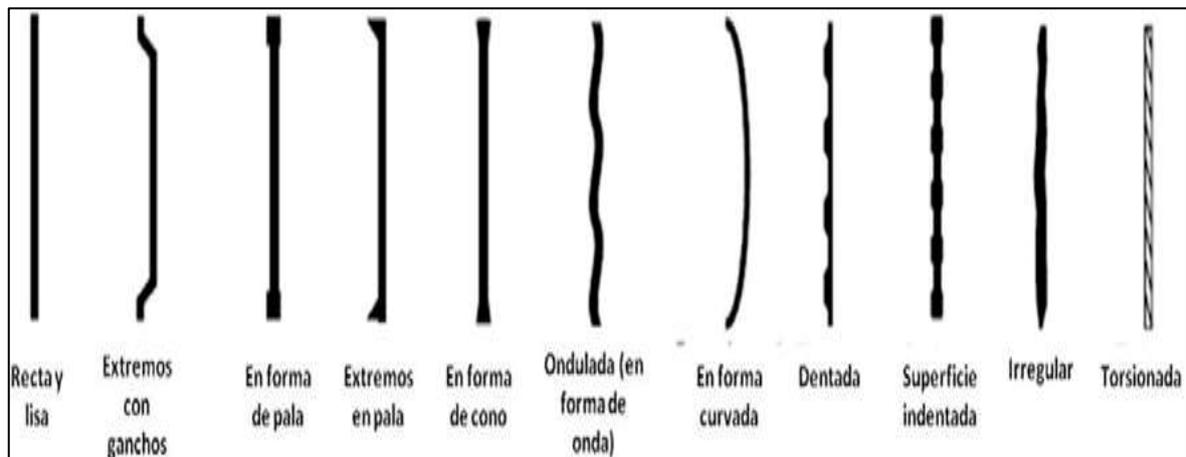
En cuanto a la tenacidad se observa que: el concreto armado tiene un excelente proceder antes y después de la fisura. Para las fibras de polipropileno, la región pre-fisura muestra un comportamiento similar, pero en la otra región después de la fisura el mejor comportamiento lo logró el concreto armado con fibras onduladas (Meza de Luna et al., 2014).

La manifestación de la oposición de carga a flexión es consecuente por la modificación de la forma y propiedades de la superficie (González Salcedo, 2013).

La clasificación de las fibras se puede agrupar en tipos, figura 18 (Martínez, 2008; Pujadas, 2008; Mármol, 2010). La ASTM A820 indica una clasificación en cuatro tipos, mostrado en la Tabla 6.

Figura 18

Tipos de fibras de acero, comercialmente disponibles



Nota. Diferencias de fibras de acero. De “Influencia de los componentes del concreto reforzado con fibras en sus propiedades mecánicas”, por Holschemacher y Müller, 2007.

Tabla 6

Consideración de la geometría y anclaje de la fibra metálica

Variable	Descripción
Tipo 1	Recta con ganchos en los extremos.
Tipo 2	Recta con anclajes en los extremos.
Tipo 3	De superficie ondulada o rugosa.
Tipo 4	De superficie lisa, sin anclajes en los extremos.

Nota. Geometría y anclaje de las fibras metálicas. De “State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete”, por ACI Committee 544, 2002.

Según la forma de las fibras de polipropileno (figura 19), diversos reportes (ACI Committee 544, 2002; Pujadas, 2008; Mármol, 2010) indican que, según el proceso de elaboración se catalogan principalmente en dos tipos, monofilamentos extruidos y láminas

fibriladas y fibras multifilamento las que presentan mejor adherencia dentro de la matriz cementicia (Pujadas, 2008; Mármol, 2010).

Figura 19

Tipos de fibras de propileno, comercialmente disponibles



Nota. Tipos de fibras de propileno. De “State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete”, por ACI Committee 544, 2002.

Además, las fibras de polipropileno tienden a ser lisas u onduladas, esto influye en las particularidades y propiedades mecánicas del concreto. Para simbolizar el tipo y anclaje de las fibras se pueden considerar 5 grupos, Tabla 7.

Tabla 7

Consideración del tipo y anclaje de la fibra de propileno

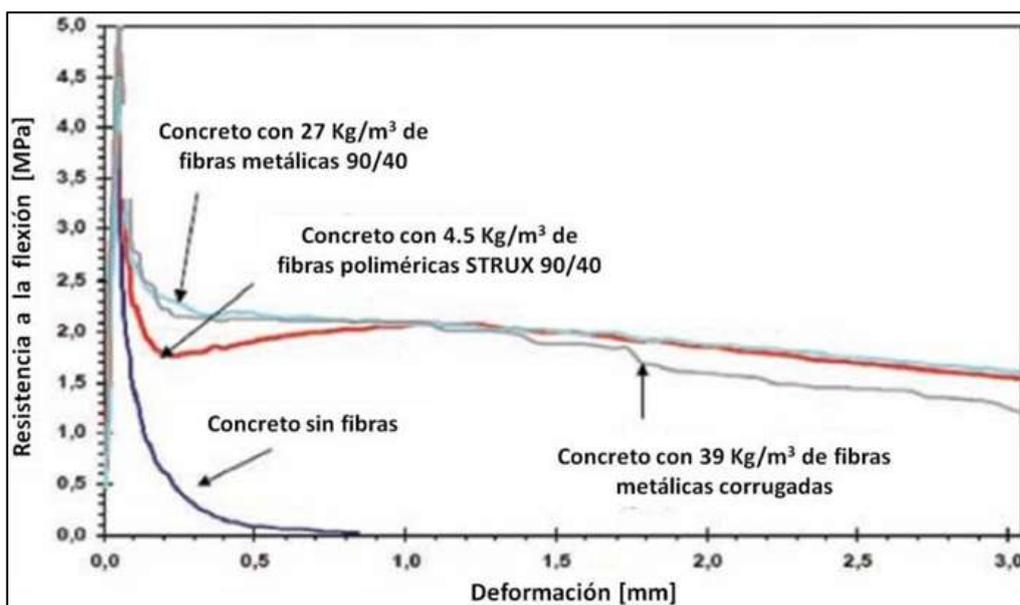
Variable	Descripción
Tipo de fibra	Monofilamento
	Fibrilada
	Multifilamento
Anclaje de la fibra	Lisa
	Ondulada

Nota. Tipo y anclaje de las fibras de propileno. De “State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete”, por ACI Committee 544, 2002.

Según esta investigación (figura 20) los filamentos con formas onduladas presentan mejor adherencia al concreto, con respecto a los filamentos rectos o cilíndricos. Las fibras dentadas suministran aumentos en gran proporción de las resistencias.

Figura 20

Efecto del tipo de fibra en la resistencia a flexión del concreto



Nota. Gráfica del comportamiento de la fibra metálicas y plásticas. De “Steel fiber reinforced concrete”, por (Van Chanh, 2005, como se cita en Gonzáles Salcedo, 2013).

Según Mendoza et al. (2011). Para este estudio se empleó la fibra copolimérica de tipo monofilamento virgen, con un perfil que permite anclarla a la matriz cementicia.

Se lograron los subsiguientes resultados respecto a la resistencia a compresión y tensión por compresión diametral, como muestra la figura 21.

Figura 21

Resistencia a Compresión y Tensión por Compresión Diametral vs Cantidad de PET

Identificación	Resistencia a compresión, f_c kg/cm ²	Resistencia a tensión, f_t kg/cm ²	f_t/f_c %
Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar			
M1 (0 kg de fibra/m ³)	366	29	7.9
M2 (1 kg de fibra/m ³)	346	30	8.7
M3 (3 kg de fibra/m ³)	334	29	8.7
M4 (5 kg de fibra/m ³)	365	32	8.8

Nota. Comparativa de la resistencia a compresión y tensión vs cantidad de PET. De “Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estado plástico y endurecido”, por Mendoza et al., 2011.

Se observa una ligera disminución en la resistencia a la compresión en los concretos con fibras, con respecto al concreto sin fibras: dicha disminución es del orden del 5% al 9% $((366-334)/366*100\%)$ cuando se emplea fibras en una proporción de 1 kg/m³ y 3 kg/m³ respectivamente. En cuanto a la resistencia a la tensión por compresión diametral no se observa disminución, por el contrario, hay un ligero aumento de esta resistencia.

En cuanto a la resistencia flexión se muestran los resultados en la figura 22.

Figura 22

Resistencia a Compresión y Resistencia a Flexión vs Cantidad de PET

Identificación	Resistencia a compresión, f_c kg/cm ²	Resistencia a flexión, f_t kg/cm ²	f_t/f_c %
Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar			
M1 (0 kg de fibra/m ³)	366	35	9.6
M2 (1 kg de fibra/m ³)	346	39	11.3
M3 (3 kg de fibra/m ³)	334	39	11.7
M4 (5 kg de fibra/m ³)	365	40	11.0

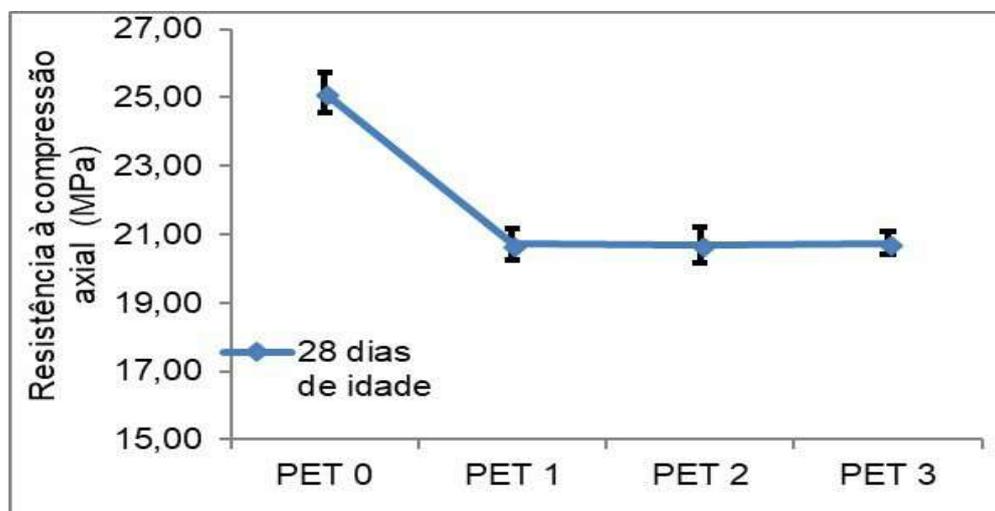
Nota. Comparativa de la resistencia a compresión y flexión vs cantidad de PET. De “Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estado plástico y endurecido”, por Mendoza et al., 2011.

Se observa un aumento en la resistencia a la flexión de aproximadamente un 12% $((39-35)/35*100\%)$.

En la publicación *Fibra de PET na Produção de Concretos*, Da Silva Rodrigues et al. (2018), cuya meta fue valorar el rendimiento mecánico del hormigón con fibras PET. Para ello prepararon 40 cilindros con contenidos de 0%, 4,5%, 5% y 5,5% (PET 0, PET 1, PET 2 y PET 3) de fibras de botellas de PET. En dicha investigación se emplean fibras PET rectas y lisas. Los especímenes (cilindros) fueron llevados a pruebas de oposición de carga de compresión axial, de compresión diametral y la tracción a 28 días. Los resultados mostraron que la adición de fibras no aporta a compresión, por el contrario, se observa (figura 23) una menora de esta en aproximadamente un 16% $((25-21)/25*100\%)$. También se observa un “aumento significativo en la resistencia a la tracción” del orden de 28% $((3,2-2,5)/2,5*100\%)$.

Figura 23

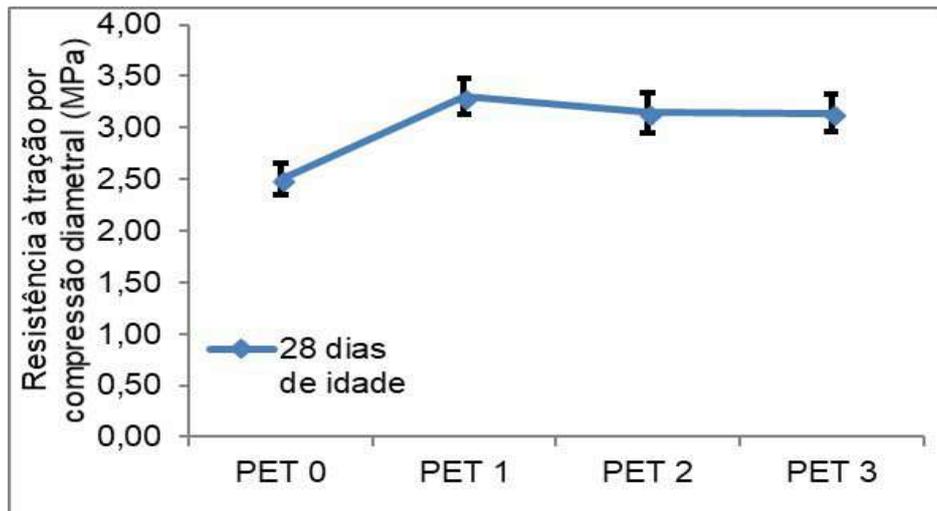
Resistencia a la compresión vs Cantidad de PET



Nota. Resistencia a la compresión vs cantidad de PET. De “Fibra de PET na Produção de Concretos”, por Da Silva Rodrigues et al., 2018.

Figura 24

Resistencia a la tracción vs Cantidad de PET



Nota. Resistencia a la tracción vs cantidad de PET. De “Fibra de PET na Produção de Concretos”, por Da Silva Rodrigues et al., 2018.

Como muestran los resultados, agregar fibras PET, no progresa en las capacidades del concreto a compresión. Consideramos que estos resultados poco alentadores se deben a que las fibras PET fueron incluidas de manera poco tratada, con fibras muy gruesas (figura 25).

Figura 25

Probeta después de romper en la prensa



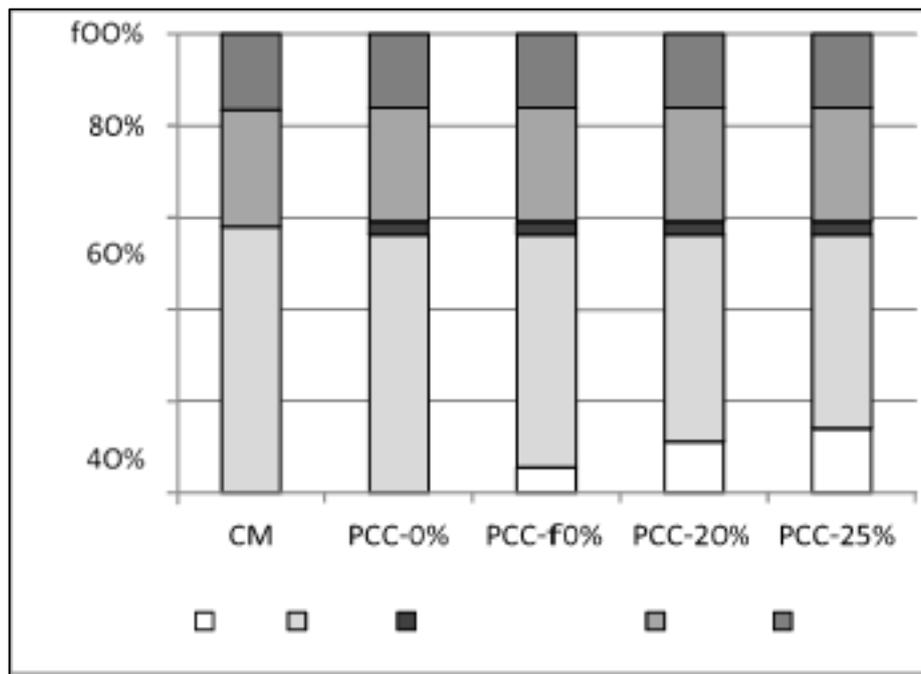
Nota. Vista de la rotura después del ensayo de la resistencia a la compresión. De “Fibra de PET na Produção de Concretos”, por Da Silva Rodrigues et al., 2018.

Según la figura 25, las fibras PET rectas se separan fácilmente del concreto ante esfuerzos, por lo que no aporta mayor cohesión; al contrario, la desmejora.

Según Sokolowska y Zalegowski (2018), Se analiza la influencia del tamaño de las partículas de PET; donde parte de los agregados del concreto fueron sustituidos con PET de envases de bebidas pasadas por molienda. Se sustituyó con PET los agregados del concreto, hasta en un 25% (en volumen). El material de desecho se fraccionó y se aplica en diversas granulaciones (figura 26).

Figura 26

Composición Volumétrica de ensayos con PET en porcentajes



Nota. Composición volumétrica de los materiales compuestos ensayados: CM - de mortero de cemento, PCC - compuestos de polímero-cemento (donde 0%, 10%, 20% y 25% significa que el contenido de PET en el volumen agregado total). De “Ultrasonic Quality Assessment of Polymer-Cement Concrete with Pet Waste as the Aggregate”, por Sokolowska y Zalegowski, 2018.

Figura 27

Composición Volumétrica con PET en fracción 0-4mm



Nota. Composición volumétrica de los materiales compuestos ensayados: el más fino (fracción 0-4 mm) mezcla PET. De “Ultrasonic Quality Assessment of Polymer-Cement Concrete with Pet Waste as the Aggregate”, por Sokolowska y Zalegowski, 2018.

Lo primordial era establecer la influencia del tamaño y dosis en las propiedades mecánicas compuestas y para examinar la calidad de la estructura compuesta a nivel macro, tabla 8.

Tabla 8

Valores de la onda ultrasónica en mortero de cemento

Tipo de Compuesto	PET / A (%)	d (kg/m ³)	fb (MPa)	fc (MPa)	Velocidad de la onda ultrasónica, cp. (m/s)
CM	0	2279	8.02	57.13	2755.17
PCC-0	0	1965	5.66	30.13	2572.77
PCC-10 (0-4 mm) *	10	1897	4.44	27.19	2435.54
PCC-20 (0-4 mm) *	20	1896	5.12	29.92	2437.42
PCC-25 (0-4 mm) *	25	1900	5.2	27.63	2292.27
PCC-25 (4-8 mm) *	25	1774	4.29	19.3	2333.91
PCC-25 (0-8 mm) *	25	1891	4.46	24.92	2261.01

Nota. Densidad (d), resistencia a la flexión (fb), resistencia a la compresión (fc) y velocidad de la onda ultrasónica (cp.) de mortero de cemento (CM) y el polímero de cemento de hormigones (PCC) - valores medios y los intervalos entre paréntesis describen la fracción de relleno de PET usado, CM y PCC-0 contenían arena único estándar (fracción 0-2 mm). De “Ultrasonic Quality Assessment of Polymer-Cement Concrete with Pet Waste as the Aggregate”, por Sokolowska y Zalegowski, 2018.

De los resultados obtenidos se observa que los que contienen agregados gruesos (es decir, PET de tamaño más grande de 4 mm) mostraron la depreciación de oposición de carga. La peor a flexión y compresión (respectivamente: 4,29 MPa y 19,30 MPa) lo presentaron las muestras que contiene 25% de PET de la granulación de 4-8 mm. Se puede concluir, que las fracciones de los residuos de PET molido, especialmente el uso de fracciones finas (0-4 mm), son la que menos desmejoran las resistencias del concreto.

1.9.2 Influencia de la Superficie de las Fibras en la Calidad del Concreto

Para fines de nuestro estudio, no existen investigaciones que se hayan realizados con fibras PET, especialmente rugosas. Por ello, a continuación, describiremos los puntos y

resultados más importantes de la investigación de Paricaguán Morales y Muñoz Cuevas (2019). Este estudio tiene la particularidad de utilizar un desecho orgánico (**fibras de bagazo de caña de azúcar**) como material alternativo, para la elaboración de mezclas de concreto con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas y físicas del concreto.

En este estudio, las fibras fueron seccionados en cuerpos de 3 cm y 4 cm denominados cortos y largos con entre 5 cm y 6 cm, estos especímenes se colocaron en envases plásticos a 5 °C para impedir la reproducción de organismos que degradasen el material (figuras 28 y 30).

Figura 28

Resultado de la mezcla con fibras de bagazo de caña de azúcar

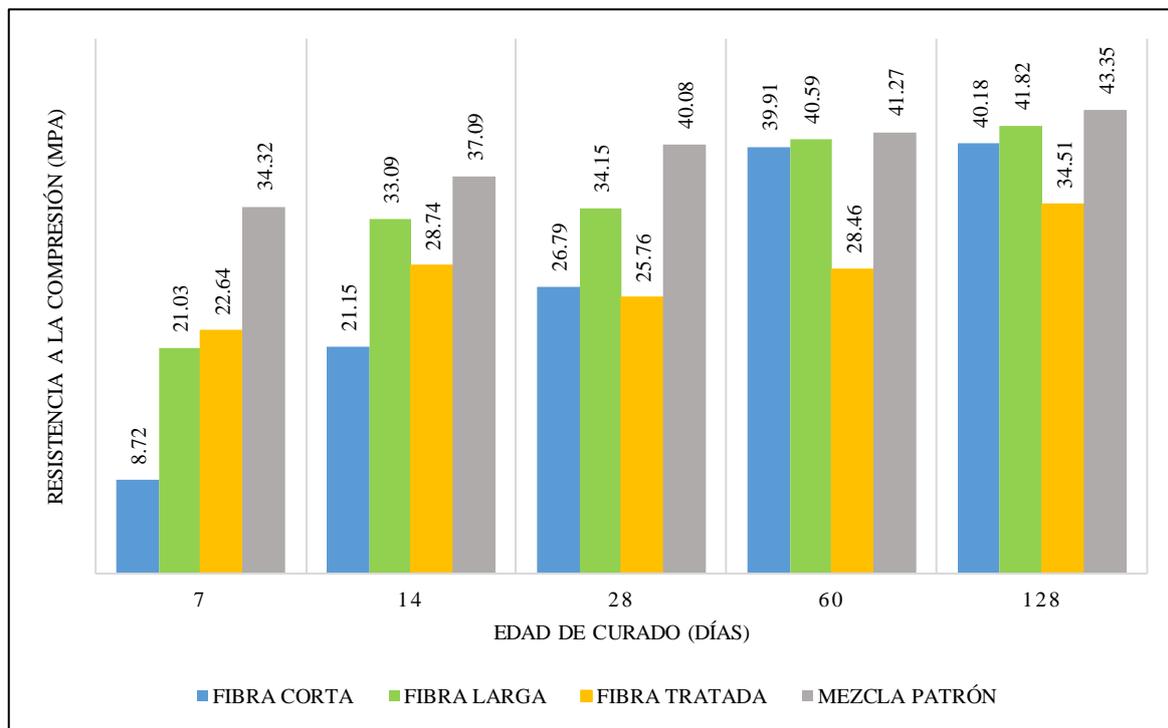


Nota. Impregnación incompleta de las fibras de bagazo de caña de azúcar con el PMMA. De “Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar”, por Paricaguán Morales y Muñoz Cuevas, 2019.

De los resultados logrados se pueden apreciar en (figura 29) los diferentes comportamientos correspondientes.

Figura 29

Comparativo de ensayos de resistencia a la compresión



Nota. Ensayos de resistencia a compresión de cilindros reforzados con fibras de caña de azúcar en porcentaje en volumen 2,5 % de fibras con y sin tratamiento de distintos tamaños. Adaptado de “Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar”, por Paricaguán Morales y Muñoz Cuevas, 2019.

De los resultados se observa que con el empleo de fibras la resistencia reduce un poco respecto de la mezcla patrón sin fibras.

Otro aspecto para resaltar es que, a edad temprana, las fibras cortas son la que peor desempeño muestran, pero a mayor edad de curado las resistencias a los esfuerzos casi se igualan, siendo las resistencias con fibras un poco menores a la resistencia de la muestra patrón (sin fibras).

Figura 30

Resultado de la mezcla con fibras de bagazo de caña de azúcar



Nota. Mezclas de concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de tamaño corto presentando mala adherencia. De “Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar”, por Paricaguán Morales y Muñoz Cuevas, 2019.

Para el sentido del proyecto en curso, es importante saber que la adherencia del concreto con fibra, para el caso estudiado, es que esté presente su forma natural; es decir, con una rugosidad que podría adherirse mejor a la mezcla del concreto y así este tener mejores prestaciones en sus propiedades mecánicas.

Bien es conocido, que la rugosidad se logra mediante procesos de fabricación o herramientas de corte y así tener en la superficie real irregular. Por ello, para nuestro caso, la rugosidad del material será mediante el proceso de lijado, utilizando como material principal Lija de Agua # 80-6/0-A y realizando 3 a 4 pasadas de intensidad media/fuerte en ambas superficies (Anverso y reverso) de la fibra PET.

1.10 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS INSUMOS

1.10.1 Agregados

En esta etapa, primero realizamos los ensayos a agregados que utilizaremos como la granulometría, peso unitario, peso específico y contenido de humedad.

1.10.1.1 Granulometría

La procedencia de agregados finos y gruesos es de la Cantera Trapiche, una vez sustraído dicho material procederemos a realizar los ensayos de granulometría como se muestran en las siguientes figuras 31, 32, 33 y 34.

Figura 31

Ensayo de granulometría del Agregado Fino para los ensayos propios

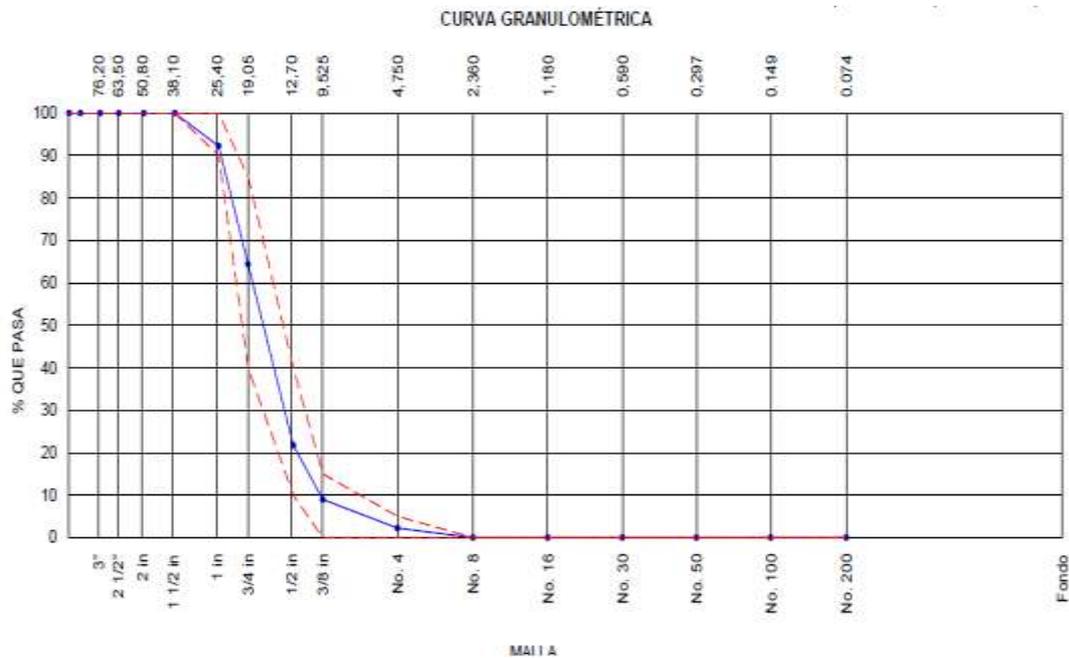
AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
1/2"	12.50 mm					100.00	100.00
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	20.2	3.32	3.32	96.68	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	66.0	10.87	14.19	85.81	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	137.0	22.57	36.76	63.24	50.00	85.00
# 30	600 µm	152.4	25.11	61.87	38.13	25.00	60.00
# 50	300 µm	97.0	15.98	77.85	22.15	5.00	30.00
# 100	150 µm	87.0	14.33	92.18	7.82	0.00	10.00
Fondo	-	47.5	7.82	100.00	0.00	-	-
						MF	2.86
						TMN	---

Nota. Resultados obtenidos del ensayo granulométrico del agregado fino. Certificado por el laboratorio en el anexo 2 – Certificado Granulométrico del Agregado Fino (Arena).

Nota. Resultados obtenidos del ensayo granulométrico del agregado grueso. Certificado por el laboratorio en el anexo 3 – Certificado Granulométrico del Agregado Grueso (Piedra).

Figura 34

Curva Granulométrica del Agregado Grueso



Nota. Obtenido del ensayo granulométrico del agregado grueso. Certificado por el laboratorio en el anexo 3 – Certificado Granulométrico del Agregado Grueso (Piedra).

1.10.1.2 Peso Unitario

La procedencia de los agregados finos y gruesos es de la Cantera Trapiche, una vez sustraído dicho material procederemos a realizar los ensayos de peso unitario como se muestran en las siguientes figuras 35 y 36.

Figura 35

Peso Unitario del Agregado Fino

Peso del Molde	1628
Volumen de Molde	2809

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio
P1	6258	4630	1.648	1645
P2	6239	4611	1.642	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	6683	5055	1.800	1801
P2	6689	5061	1.802	

Kg/m³

Nota. Resultados obtenidos del ensayo del peso unitario para el agregado fino. Certificado por el laboratorio en el anexo 6 – Certificado del Peso Unitario del Agregado Fino (Arena).

Figura 36

Peso Unitario del Agregado Grueso

Peso d Molde	6376
Volumen de Molde	9273

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio
P1	19976	13600	1.467	1467
P2	19978	13602	1.467	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	21229	14853	1.602	1602
P2	21240	14864	1.603	

Kg/m³

Nota. Resultados obtenidos del ensayo del peso unitario para el agregado grueso. Certificado por el laboratorio en el anexo 5 – Certificado del Peso Unitario del Agregado Grueso (Piedra).

1.10.1.3 Peso Específico y Absorción

La procedencia de los agregados finos y gruesos es de la Cantera Trapiche, una vez sustraído dicho material procederemos a realizar los ensayos de peso específico y absorción como se muestran en las siguientes figuras 37 y 38.

Figura 37

Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

IDENTIFICACIÓN		E - 01	E - 02	
A	Peso muestra saturada con superficie seca (g) S.S.S.	500.0	500.0	
B	Peso fiola o frasco con agua (g)	668.0	669.2	
C	Peso muestra S.S.S. dentro del agua + fiola o frasco (g)	983.6	983.6	
D	Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	492.6	492.6	
Peso muestra saturada dentro del agua (g)		315.6	314.4	PROMEDIO
P. Bulk (Base seca) o Peso específico de masa - P.E.M. (g)		2.671	2.654	2.66
P. Bulk (Base S.S.S.) o Peso específico de masa S.S.S.		2.711	2.694	2.70
P. Bulk (Base seca) o Peso específico aparente - P.E.A. - (g)		2.783	2.764	2.77
Absorción (%)		1.51	1.49	1.50

Nota. Resultados obtenidos del ensayo del peso específico y absorción para el agregado fino.

Certificado por el laboratorio en el anexo 27 – Certificado de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

Figura 38*Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso*

IDENTIFICACIÓN	E-01	E-02	
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	1666.58	1639.85	
Peso canastilla dentro del agua (g)	980.00	980.00	
Peso muestra saturada dentro del agua + canastilla (g)	2745.00	2745.00	
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	1647.68	1621.51	
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	1074.1	1051.4	PROMEDIO
Peso específico de masa - P.E.M. (g)	2.781	2.756	2.768
Peso específico de masa S.S.S.	2.813	2.787	2.800
Peso específico aparente - P.E.A. - (g)	2.873	2.844	2.859
Absorción (%)	1.147	1.131	1.14

Nota. Resultados obtenidos del ensayo del peso específico y absorción para el agregado grueso. Certificado por el laboratorio en el anexo 26 – Certificado de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

1.10.1.4 Contenido de Humedad

La procedencia de los agregados finos y gruesos es de la Cantera Trapiche, una vez sustraído dicho material procederemos a realizar los ensayos de contenido de humedad como se muestran la figura 39.

Figura 39*Contenido de Humedad del Agregado Fino y Grueso*

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	489.6	Trapiche
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	1491.6	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	1487.8	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.38	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	489.6	Trapiche
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	989.6	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	972.7	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.50	

Nota. Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de los agregados fino y grueso. Certificado por el laboratorio en el anexo 25 – Certificado de Contenido de Humedad para Agregados Fino y Grueso.

1.10.2 Fibras PET

Las fibras PET fueron conseguidas a partir de botellas de bebidas recicladas en la vivienda de los autores de esta tesis.

Como primer paso para obtener las fibras fue retirar las etiquetas y lavar el interior de las botellas de plástico, luego se procedió al lijado de las superficies externa e interna de las botellas con lija para metal #80, como se puede apreciar en las figuras 40 y 41.

Una vez realizado los procedimientos para la modificación de la geometría, cortados como se muestran en las figuras 42 y 43, y superficie de las Fibras PET, en el laboratorio donde se realizaron los ensayos de nuestra propuesta, se procedió a realizar los diferentes ensayos (certificados) al material (agregados fino y grueso) combinado con fibras PET (figura 44) como son; los ensayos granulométricos (Anexo 4 – Certificado Granulométrico del Agregado Grueso con Fibras Zigzag Rugosas y Anexo 7 – Certificado Granulométrico del Agregado Fino con Fibras Rectas Lisas) y peso unitario (Anexo 8 – Certificado del Peso Unitario del Agregado Fino con Fibras Zigzag Rugosas, Anexo 28 – Certificado del Peso Unitario del Agregado Fino con Fibras Rectas Lisas y Anexo 29 – Certificado del Peso Unitario del Agregado Fino con Fibras Zigzag Lisas).

Figura 40

Proceso del lijado de las botellas PET

**Figura 41**

Comparación del acabado de las botellas lijadas



Luego se procedió a cortar las botellas en tiras de aproximadamente 5 cm de ancho, la cual será la longitud final de las fibras; finalmente, cortar estas tiras para obtener las fibras.

Figura 42

Proceso de corte de las fibras con tijera tipo Zigzag

**Figura 43**

Proceso de corte de las fibras rectas con guillotina



Figura 44

Fibras rectas-lisas, zigzag-lisas y zigzag-rugosas

**3.2.2.1 Características Morfológicas de las Fibras**

Las fibras tienen longitudes de 4 cm a 5 cm con un ancho aproximado de 2 mm a 3 mm, de modo que la relación de longitud entre ancho es del orden de 15-25 (figura 45). Respecto al espesor de las fibras, este está dado por el espesor de las botellas, siendo las botellas para gaseosas de mayor espesor en comparación a las botellas para agua.

“El espesor de pared de las botellas de plástico oscilan, normalmente entre 0,25 y 0,89 mm, dependiendo del uso conocido y de los rasgos del producto contenido en la botella” (DeFelsko Inspeccion Instruments, s.f.).

Figura 45

Comparación de tamaño de las fibras fabricadas con una moneda



Nota. De izquierda a derecha; tamaños de fibras PET rectas lisas, fibras en zigzag lisas y fibras en zigzag rugosas en comparación a una moneda de 10 céntimos.

Figura 46

Fibras Rectas y Lisas - Peso 783 g



Figura 47

Fibras Zigzag y Lisas - Peso 775 g

**Figura 48**

Fibras Zigzag y Rugosas - Peso 1150 g



En total se elaboraron 2708 g de fibras, pesadas por cada tipo de fibra como se muestran en las figuras 46, 47 y 48. Según el metrado por tipo de fibras y dosificaciones (figura 15), se

requerían 2129 g de fibras. El excedente de fibras (579 g) corresponde a lo que empleará en los ensayos (asentamiento) y pérdidas. Así mismo, se muestra un resumen de las características de las fibras para el concreto según la imagen 49.

Figura 49

Resumen de las características de las fibras para el concreto

	Tipo de agregado		En contra	A favor
Estudios previos	Fibras PET rectas y sin tratamiento en su superficie		Mala adherencia al concreto, reduce las capacidades del concreto. Poca trabajabilidad.	Obtención relativamente sencilla y de bajo costo.
	Hojuelas de PET		Mala adherencia al concreto, reduce las capacidades del concreto.	Buen sustituto de agregados, reduce el peso del concreto. Obtención sencilla y de bajo costo.
Fibras para concreto en el mercado	Fibras metálicas con ganchos		Poca trabajabilidad. Alto costo	Mejora las capacidades del concreto, Tenacidad, tracción.
	Fibras metálica onduladas		Poca trabajabilidad. Alto costo	Mejora las capacidades del concreto, Tenacidad, tracción.
	Microfibras sintéticas		Buena trabajabilidad	Mejora las capacidades del concreto, Tenacidad, tracción, flexión. Buena trabajabilidad.
	Macrofibras sintéticas torsionadas			Mejora las capacidades del concreto, Tenacidad, tracción, flexión. Buena adherencia al concreto.
	Macrofibras sintéticas onduladas		Poca trabajabilidad. Alto costo	Mejora las capacidades del concreto, Tenacidad, tracción, flexión. Buena adherencia al concreto.
Propuesta	Fibras PET onduladas y rugosas		Poca trabajabilidad. Mayor dificultad en su obtención, sobre todo para dar rugosidad a su	Realizar ensayos

1.11 INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA DE LAS FIBRAS EN LA CALIDAD DEL CONCRETO

3.3.1 *Uso de Fibras Rectas Lisas y Zigzag Lisas*

Dada nuestra propuesta, como parte del proceso experimental de la mezcla de concreto con fibras PET, añadimos a la mezcla patrón las proporciones de fibras PET **Rectas Lisas** y en **Zigzag Lisas** en proporciones de 4 kg/m³ y 8 kg/m³.

1.11.1.1 Diseño de Mezclas de Concreto – ACI 211

Agregados: Grueso y Fino

Procedencia: Cantera Trapiche

Cemento: Cemento SOL Tipo 1

f'_c de diseño: 210 kg/cm²

Asentamiento: 1" – 3"

Figura 50

Materiales (Agregados) para el Diseño de Mezcla Patrón



1.11.1.1.1 Diseño Patrón

En esta parte del estudio, procederemos a determinar todo lo relacionado con el diseño de mezcla patrón; es decir, realizaremos los cálculos como se muestran en las tablas 9 y 10 para la dosificación de los materiales a usar (figura 50 y tabla 11). Todo esto es certificado por el laboratorio donde realizamos los ensayos como se puede apreciar en el anexo 24 – Certificado de Diseño de Mezcla Patrón (Sin fibras).

- A. Resistencia a la compresión requerida: $f'_c = 294 \text{ kg/cm}^2$
- B. Relación agua cemento: $a/c = 0.56$
- C. Determinación del volumen de agua: Agua = 200 l
- D. Cantidad de aire atrapado: Aire = 1.5%
- E. Cálculo de la cantidad de cemento: Cemento = 357 kg
- F. Factor de cemento: Bolsas $\times \text{m}^3 = 8.4$ bolsas
- G. Cálculo del volumen de agregados:

Tabla 9

Cálculo del volumen de agregados para la mezcla patrón

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo I	3150 kg/m ³	0.1134 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³
Aire	-	0.0150 m ³
Aditivo	-	0.0000 m ³
Agregado Fino	2660 kg/m ³	-
PET	-	-
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	-

Tabla 10*Cálculo de las características de los agregados para la mezcla patrón*

INSUMO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD.	P.U.	P.U.
			FINEZA	SUELTO	COMPACTADO
Agregado Fino	3.50 %	1.50 %	2.86	1645	1801
PET	0.00 %	0.00 %	0	105	206
Agregado Grueso	0.38 %	1.14 %	6.89	1467	1602

Volumen de pasta: 0.3284 m³ // Volumen de agregados: 0.6716 m³

H. Proporción de agregados secos:

Agregado fino	40.0 %	≈ 0.2686 m ³	≈ 715 kg
PET	00.0 %	≈ 0.0000 m ³	≈ 0 kg
Agregado grueso	60.0 %	≈ 0.4030 m ³	≈ 1116 kg

I. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad:

Agregado fino	740 kg
PET	0 kg
Agregado grueso	1120 kg

J. Agua efectiva – Corrección por absorción y humedad:

Agua	194 l
------	-------

K. Volumen de tanda de prueba: 0.140 m³

Cemento SOL Tipo I	50.00 kg
Agua	27.19 l
Aditivo	0.0 g

Agregado fino	103.5 kg
PET	0.00 kg
Agregado grueso	156.9 kg

L. Proporción en volumen de obra:

CEM	A.F.	PET	A.G.	ADIT.	AGUA
1	: 1.9	: 0.0	: 3.2	: 0.0	: 23.1 l/bolsa

M. Características de la Mezcla en Estado Fresco:

PUT	:	2411 kg/m ³
PUC	:	2400 kg/m ³
Slump Obtenido	:	3 ”
Temp. Ambiente	:	19.5 °C
Temp. Concreto	:	21.2 °C
Aire	:	1.7 %
Observación	:	Se muestreó 18 probetas 6"x12" y 2 Vigas 15x15x54 cm

Tabla 11

Dosificación por m³ de la mezcla patrón

MATERIALES	DISEÑO SECO	DISEÑO HÚMEDO
Cemento	357 kg	357 kg
Agua	200 l	194 l
Arena	715 kg	740 kg
Piedra	1116 kg	1120 kg
PET	0 kg	0 kg

1.11.1.1.2 Diseño con Fibras Rectas Lisas – 4kg

Para esta parte del estudio, procederemos a determinar todo lo relacionado con el diseño de mezcla añadiendo las Fibras Rectas Lisas (F.R.L.) en proporción de 4 kg/m³ de concreto; es decir, realizaremos los cálculos como se muestran en las tablas 12 y 13 para la dosificación de los materiales a usar (tabla 14). Todo esto es certificado por el laboratorio donde realizamos los ensayos como se puede apreciar en el anexo 19 – Certificado de Diseño de Mezcla con Fibras Rectas Lisas en 4 kg/m³.

- A. Resistencia a la compresión requerida: $f'_c = 294 \text{ kg/cm}^2$
- B. Relación agua cemento: $a/c = 0.56$
- C. Determinación del volumen de agua: Agua = 200 l
- D. Cantidad de aire atrapado: Aire = 1.5%
- E. Cálculo de la cantidad de cemento: Cemento = 357 kg
- F. Factor de cemento: Bolsas x m³ = 8.4 bolsas // Fibra x m³ = 4.00 kg/m³
- G. Cálculo del volumen de agregados:

Tabla 12

Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 4 kg/m³

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo I	3150 kg/m ³	0.1134 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³
Aire	-	0.0150 m ³
Aditivo	-	0.0000 m ³
Agregado Fino	2660 kg/m ³	-
PET – F.R.L.	1400 kg/m ³	-
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	-

Tabla 13

Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 4 kg/m³

INSUMO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD.	P.U.	P.U.
			FINEZA	SUELTO	COMPACTADO
Agregado Fino	3.50 %	1.50 %	2.86	1645	1801
PET-F.R.L.	0.00 %	0.00 %	5.01	108	207
Agregado Grueso	0.38 %	1.14 %	6.89	1467	1602

Volumen de pasta: 0.3284 m³ // Volumen de agregados: 0.6716 m³

H. Proporción de agregados secos:

Agregado fino	39.6 %	≈ 0.2656 m ³	≈ 707 kg
PET - F.R.L.	00.5 %	≈ 0.0030 m ³	≈ 4 kg
Agregado grueso	60.0 %	≈ 0.4030 m ³	≈ 1116 kg

I. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad:

Agregado fino	731 kg
PET – F.R.L.	4 kg
Agregado grueso	1120 kg

J. Agua efectiva – Corrección por absorción y humedad:

Agua	194 l
------	-------

K. Volumen de tanda de prueba: 0.070 m³

Cemento SOL Tipo I	25.00 kg
--------------------	----------

Agua	13.60 l
Aditivo	0.0 g
Agregado fino	51.2 kg
PET – F.R.L.	0.30 kg
Agregado grueso	78.4 kg

L. Proporción en volumen de obra:

CEM	A.F.	PET	A.G.	ADIT.	AGUA
1	: 1.9	: 0.2	: 3.2	: 0.0	: 23.1 l/bolsa

M. Características de la Mezcla en Estado Fresco:

PUT	:	2407 kg/m ³
PUC	:	2382 kg/m ³
Slump Obtenido	:	2 ”
Temp. Ambiente	:	18.3 °C
Temp. Concreto	:	22.1 °C
Aire	:	1.9 %
Observación	:	Se muestreó 6 probetas 6”x12” y 2 Vigas 15x15x54 cm

Tabla 14

Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 4 kg/m³

MATERIALES	DISEÑO SECO	DISEÑO HÚMEDO
Cemento	357 kg	357 kg
Agua	200 l	194 l
Arena	707 kg	731 kg
Piedra	1116 kg	1120 kg
PET – F.R.L.	4 kg	4 kg

1.11.1.1.3 Diseño Con Fibras Rectas Lisas – 8kg

Siguiendo con nuestro estudio, procederemos a determinar todo lo relacionado con el diseño de mezcla añadiendo las Fibras Rectas Lisas (F.R.L.) en proporción de 8 kg/m³ de concreto; es decir, realizaremos los cálculos como se muestran en las tablas 15 y 16 para la dosificación de los materiales a usar (tabla 17). Todo esto es certificado por el laboratorio donde realizamos los ensayos como se puede apreciar en el anexo 18 – Certificado de Diseño de Mezcla con Fibras Rectas Lisas en 8 kg/m³.

- A. Resistencia a la compresión requerida: $f'_c = 294 \text{ kg/cm}^2$
- B. Relación agua cemento: $a/c = 0.56$
- C. Determinación del volumen de agua: Agua = 200 l
- D. Cantidad de aire atrapado: Aire = 1.5%
- E. Cálculo de la cantidad de cemento: Cemento = 357 kg
- F. Factor de cemento: Bolsas x m³ = 8.4 bolsas // Fibra x m³ = 8.00 kg/m³
- G. Cálculo del volumen de agregados:

Tabla 15

Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 8 kg/m³

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo I	3150 kg/m ³	0.1134 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³
Aire	-	0.0150 m ³
Aditivo	-	0.0000 m ³
Agregado Fino	2660 kg/m ³	-
PET – F.R.L.	1400 kg/m ³	-
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	-

Tabla 16

Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 8 kg/m³

INSUMO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD.	P.U.	P.U.
			FINEZA	SUELTO	COMPACTADO
Agregado Fino	3.50 %	1.50 %	2.86	1645	1801
PET-F.R.L.	0.00 %	0.00 %	5.01	108	207
Agregado Grueso	0.38 %	1.14 %	6.89	1467	1602

Volumen de pasta: 0.3284 m³ // Volumen de agregados: 0.6716 m³

H. Proporción de agregados secos:

Agregado fino	39.1 %	≈ 0.2626 m ³	≈ 699 kg
PET - F.R.L.	00.9 %	≈ 0.0060 m ³	≈ 8 kg
Agregado grueso	60.0 %	≈ 0.4030 m ³	≈ 1116 kg

I. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad:

Agregado fino	723 kg
PET – F.R.L.	8 kg
Agregado grueso	1120 kg

J. Agua efectiva – Corrección por absorción y humedad:

Agua	195 l
------	-------

K. Volumen de tanda de prueba: 0.070 m³

Cemento SOL Tipo I	25.00 kg
--------------------	----------

Agua	13.62 l
Aditivo	0.0 g
Agregado fino	50.6 kg
PET – F.R.L.	0.59 kg
Agregado grueso	78.4 kg

L. Proporción en volumen de obra:

CEM	A.F.	PET	A.G.	ADIT.	AGUA
1	: 1.8	: 0.3	: 3.2	: 0.0	: 23.1 l/bolsa

M. Características de la Mezcla en Estado Fresco:

PUT	:	2404 kg/m ³
PUC	:	2383 kg/m ³
Slump Obtenido	:	1 3/4 ”
Temp. Ambiente	:	18.3 °C
Temp. Concreto	:	22.1 °C
Aire	:	1.8 %
Observación	:	Se muestreó 6 probetas 6”x12” y 2 Vigas 15x15x54 cm

Tabla 17

Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Rectas y Lisas en 8 kg/m³

MATERIALES	DISEÑO SECO	DISEÑO HÚMEDO
Cemento	357 kg	357 kg
Agua	200 l	195 l
Arena	699 kg	723 kg
Piedra	1116 kg	1120 kg
PET – F.R.L.	8 kg	8 kg

1.11.1.1.4 Diseño con Fibras Zigzag Lisas – 4kg

En esta parte, procederemos a determinar todo lo relacionado con el diseño de mezcla añadiendo las Fibras Zigzag Lisas (F.O.L.) en proporción de 4 kg/m³ de concreto; es decir, realizaremos los cálculos como se muestran en las tablas 18 y 19 para la dosificación de los materiales a usar (figura 51 y tabla 20). Todo esto es certificado por el laboratorio donde realizamos los ensayos como se puede apreciar en el anexo 20 – Certificado de Diseño de Mezcla con Fibras Zigzag Lisas en 4 kg/m³.

- A. Resistencia a la compresión requerida: $f'_c = 294 \text{ kg/cm}^2$
- B. Relación agua cemento: $a/c = 0.56$
- C. Determinación del volumen de agua: Agua = 200 l
- D. Cantidad de aire atrapado: Aire = 1.5%
- E. Cálculo de la cantidad de cemento: Cemento = 357 kg
- F. Factor de cemento: Bolsas x m³ = 8.4 bolsas // Fibra x m³ = 4.00 kg/m³
- G. Cálculo del volumen de agregados:

Tabla 18

Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 4 kg/m³

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo I	3150 kg/m ³	0.1134 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³
Aire	-	0.0150 m ³
Aditivo	-	0.0000 m ³
Agregado Fino	2660 kg/m ³	-
PET – F.O.L.	1400 kg/m ³	-
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	-

Tabla 19

Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 4 kg/m³

INSUMO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD.	P.U.	P.U.
			FINEZA	SUELTO	COMPACTADO
Agregado Fino	3.50 %	1.50 %	2.86	1645	1801
PET-F.O.L.	0.00 %	0.00 %	5.01	104	205
Agregado Grueso	0.38 %	1.14 %	6.89	1467	1602

Volumen de pasta: 0.3284 m³ // Volumen de agregados: 0.6716 m³

H. Proporción de agregados secos:

Agregado fino	39.6 %	≈ 0.2656 m ³	≈ 707 kg
PET - F.O.L.	00.5 %	≈ 0.0030 m ³	≈ 4 kg
Agregado grueso	60.0 %	≈ 0.4030 m ³	≈ 1116 kg

I. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad:

Agregado fino	731 kg
PET – F.O.L.	4 kg
Agregado grueso	1120 kg

J. Agua efectiva – Corrección por absorción y humedad:

Agua	194 l
------	-------

K. Volumen de tanda de prueba: 0.070 m³

Cemento SOL Tipo I	25.00 kg
--------------------	----------

Agua	13.60 l
Aditivo	0.0 g
Agregado fino	51.2 kg
PET – F.O.L.	0.30 kg
Agregado grueso	78.4 kg

L. Proporción en volumen de obra:

CEM	A.F.	PET	A.G.	ADIT.	AGUA
1	: 1.9	: 0.2	: 3.2	: 0.0	: 23.1 l/bolsa

M. Características de la Mezcla en Estado Fresco:

PUT	:	2407 kg/m ³
PUC	:	2398 kg/m ³
Slump Obtenido	:	2 1/4 ”
Temp. Ambiente	:	18.8 °C
Temp. Concreto	:	20.4 °C
Aire	:	1.8 %
Observación	:	Se muestreó 6 probetas 6”x12” y 2 Vigas 15x15x54 cm

Tabla 20

Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 4 kg/m³

MATERIALES	DISEÑO SECO	DISEÑO HÚMEDO
Cemento	357 kg	357 kg
Agua	200 l	194 l
Arena	707 kg	731 kg
Piedra	1116 kg	1120 kg
PET – F.O.L.	4 kg	4 kg

Figura 51

Materiales para del Diseño de Mezcla con 4 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag y Lisas



1.11.1.1.5 Diseño con Fibras Zigzag Lisas – 8kg

En esta parte, procederemos a determinar todo lo relacionado con el diseño de mezcla añadiendo las Fibras Zigzag Lisas (F.O.L.) en proporción de 8 kg/m³ de concreto; es decir, realizaremos los cálculos como se muestran en las tablas 21 y 22 para la dosificación de los materiales a usar (figura 52 y tabla 23). Todo esto es certificado por el laboratorio donde realizamos los ensayos como se puede apreciar en el anexo 21 – Certificado de Diseño de Mezcla con Fibras Zigzag Lisas en 8 kg/m³.

- A. Resistencia a la compresión requerida: $f_c = 294 \text{ kg/cm}^2$
- B. Relación agua cemento: $a/c = 0.56$
- C. Determinación del volumen de agua: Agua = 200 l
- D. Cantidad de aire atrapado: Aire = 1.5%
- E. Cálculo de la cantidad de cemento: Cemento = 357 kg
- F. Factor de cemento: Bolsas x m³ = 8.4 bolsas // Fibra x m³ = 8.00 kg/m³

G. Cálculo del volumen de agregados:

Tabla 21

Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 8 kg/m³

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo I	3150 kg/m ³	0.1134 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³
Aire	-	0.0150 m ³
Aditivo	-	0.0000 m ³
Agregado Fino	2660 kg/m ³	-
PET – F.O.L.	1400 kg/m ³	-
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	-

Tabla 22

Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 8 kg/m³

INSUMO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Agregado Fino	3.50 %	1.50 %	2.86	1645	1801
PET- F.O.L.	0.00 %	0.00 %	5.01	104	205
Agregado Grueso	0.38 %	1.14 %	6.89	1467	1602

Volumen de pasta: 0.3284 m^3 // Volumen de agregados: 0.6716 m^3

H. Proporción de agregados secos:

Agregado fino	39.1 %	$\approx 0.2626 \text{ m}^3$	$\approx 699 \text{ kg}$
PET - F.O.L.	00.9 %	$\approx 0.0060 \text{ m}^3$	$\approx 8 \text{ kg}$
Agregado grueso	60.0 %	$\approx 0.4030 \text{ m}^3$	$\approx 1116 \text{ kg}$

I. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad:

Agregado fino	723 kg
PET – F.O.L.	8 kg
Agregado grueso	1120 kg

J. Agua efectiva – Corrección por absorción y humedad:

Agua	195 l
------	-------

K. Volumen de tanda de prueba: 0.070 m^3

Cemento SOL Tipo I	25.00 kg
Agua	13.62 l
Aditivo	0.0 g
Agregado fino	50.6 kg
PET – F.O.L.	0.59 kg
Agregado grueso	78.4 kg

L. Proporción en volumen de obra:

CEM	A.F.	PET	A.G.	ADIT.	AGUA
1	: 1.8	: 0.3	: 3.2	: 0.0	: 23.1 l/bolsa

M. Características de la Mezcla en Estado Fresco:

PUT	:	2404 kg/m^3
PUC	:	2386 kg/m^3
Slump Obtenido	:	1 1/2 ”

Temp. Ambiente	:	19.0 °C
Temp. Concreto	:	20.4 °C
Aire	:	1.9 %
Observación	:	Se muestreó 6 probetas 6"x12" y 2 Vigas 15x15x54 cm

Tabla 23

Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Zigzag y Lisas en 8 kg/m³

MATERIALES	DISEÑO SECO	DISEÑO HÚMEDO
Cemento	357 kg	357 kg
Agua	200 l	195 l
Arena	699 kg	723 kg
Piedra	1116 kg	1120 kg
PET – F.O.L.	8 kg	8 kg

Figura 52

Materiales para del Diseño de Mezcla con 8 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag y Lisas



1.12 INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE DE LAS FIBRAS EN LA CALIDAD DEL CONCRETO

1.12.1 Uso de Fibras Zigzag Rugosas

Continuando con nuestra propuesta y dando énfasis en este tipo de fibras (en Zigzag Rugosas). Esta fibra también se agregó con las proporciones de 4 kg/m³ y 8 kg/m³ en la mezcla de concreto. Teniendo en cuenta el mismo diseño de mezcla patrón para los comparativos correspondientes como parte del proceso experimental ya establecido.

1.12.1.1 Diseño de Mezclas de Concreto – ACI 211

Agregados: Grueso y Fino

Procedencia: Cantera Trapiche

Cemento: Cemento SOL Tipo 1

f'_c de diseño: 210 kg/cm²

Asentamiento: 1” – 3”

1.12.1.1.1 Diseño Patrón

Continuando con nuestra propuesta, en este punto utilizamos el mismo diseño de mezcla patrón el cual usamos en el punto 3.3.1.1.1.

1.12.1.1.2 Diseño con Fibras Zigzag Rugosas – 4kg

Para esta parte del estudio, procederemos a determinar todo lo relacionado con el diseño de mezcla añadiendo las Fibras Zigzag Rugosas (F.O.R.) en proporción de 4 kg/m³ de concreto; es decir, realizaremos los cálculos como se muestran en las tablas 24 y 25 para la dosificación de los materiales a usar (figura 53 y tabla 26). Todo esto es certificado por el laboratorio donde realizamos los ensayos como se puede apreciar en el anexo 23 – Certificado de Diseño de Mezcla con Fibras Zigzag Rugosas en 4 kg/m³.

A. Resistencia a la compresión requerida: $f'_c = 294$ kg/cm²

B. Relación agua cemento: $a/c = 0.56$

- C. Determinación del volumen de agua: Agua = 200 l
- D. Cantidad de aire atrapado: Aire = 1.5%
- E. Cálculo de la cantidad de cemento: Cemento = 357 kg
- F. Factor de cemento: Bolsas x m³ = 8.4 bolsas // Fibra x m³ = 4.00 kg/m³
- G. Cálculo del volumen de agregados:

Tabla 24

Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 4 kg/m³

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo I	3150 kg/m ³	0.1134 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³
Aire	-	0.0150 m ³
Aditivo	-	0.0000 m ³
Agregado Fino	2660 kg/m ³	-
PET – F.O.R.	1400 kg/m ³	-
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	-

Tabla 25

Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 4 kg/m³

INSUMO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Agregado Fino	3.50 %	1.50 %	2.86	1645	1801

PET-	0.00 %	0.00 %	5.01	104	206
F.O.R.					
Agregado	0.38 %	1.14 %	6.89	1467	1602
Grueso					

Volumen de pasta: 0.3284 m³ // Volumen de agregados: 0.6716 m³

H. Proporción de agregados secos:

Agregado fino	39.6 %	≈ 0.2656 m ³	≈ 707 kg
PET - F.O.R.	00.5 %	≈ 0.0030 m ³	≈ 4 kg
Agregado grueso	60.0 %	≈ 0.4030 m ³	≈ 1116 kg

I. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad:

Agregado fino	731 kg
PET – F.O.R.	4 kg
Agregado grueso	1120 kg

J. Agua efectiva – Corrección por absorción y humedad:

Agua	194 l
------	-------

K. Volumen de tanda de prueba: 0.140 m³

Cemento SOL Tipo I	50.00 kg
Agua	27.21 l
Aditivo	0.0 g
Agregado fino	102.4 kg
PET – F.O.R.	0.59 kg
Agregado grueso	156.9 kg

L. Proporción en volumen de obra:

CEM A.F. PET A.G. ADIT. AGUA

1 : 1.9 : 0.2 : 3.2 : 0.0 : 23.1 l/bolsa

M. Características de la Mezcla en Estado Fresco:

PUT	:	2407 kg/m ³
PUC	:	2396 kg/m ³
Slump Obtenido	:	1 1/2 ”
Temp. Ambiente	:	19.3 °C
Temp. Concreto	:	21.4 °C
Aire	:	1.7 %
Observación	:	Se muestreó 6 probetas 6”x12” y 2 Vigas 15x15x54 cm

Tabla 26

Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 4 kg/m³

MATERIALES	DISEÑO SECO	DISEÑO HÚMEDO
Cemento	357 kg	357 kg
Agua	200 l	194 l
Arena	707 kg	731 kg
Piedra	1116 kg	1120 kg
PET – F.O.R.	4 kg	4 kg

Figura 53

Materiales para del Diseño de Mezcla con 4 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag y Rugosas



1.12.1.1.3 Diseño con Fibras Zigzag Rugosas – 8kg

Para esta parte del estudio, procederemos a determinar todo lo relacionado con el diseño de mezcla añadiendo las Fibras Zigzag Rugosas (F.O.R.) en proporción de 8 kg/m³ de concreto; es decir, realizaremos los cálculos como se muestran en las tablas 27 y 28 para la dosificación de los materiales a usar (figura 54 y tabla 29). Todo esto es certificado por el laboratorio donde realizamos lo ensayos como se puede apreciar en el anexo 22 – Certificado de Diseño de Mezcla con Fibras Zigzag Rugosas en 8 kg/m³.

N. Resistencia a la compresión requerida: $f'_c = 294 \text{ kg/cm}^2$

O. Relación agua cemento: $a/c = 0.56$

P. Determinación del volumen de agua: Agua = 200 l

Q. Cantidad de aire atrapado: Aire = 1.5%

R. Cálculo de la cantidad de cemento: Cemento = 357 kg

S. Factor de cemento: Bolsas x m³ = 8.4 bolsas // Fibra x m³ = 8.00 kg/m³

T. Cálculo del volumen de agregados:

Tabla 27

Cálculo del volumen de agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 8 kg/m³

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo I	3150 kg/m ³	0.1134 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³
Aire	-	0.0150 m ³
Aditivo	-	0.0000 m ³
Agregado Fino	2660 kg/m ³	-
PET – F.O.R.	1400 kg/m ³	-
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	-

Tabla 28

Cálculo de las características de los agregados para la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 8 kg/m³

INSUMO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Agregado Fino	3.50 %	1.50 %	2.86	1645	1801
PET- F.O.R.	0.00 %	0.00 %	5.01	104	206
Agregado Grueso	0.38 %	1.14 %	6.89	1467	1602

Volumen de pasta: 0.3284 m^3 // Volumen de agregados: 0.6716 m^3

U. Proporción de agregados secos:

Agregado fino	39.1 % $\approx 0.2626 \text{ m}^3$	$\approx 699 \text{ kg}$
PET - F.O.R.	00.9 % $\approx 0.0060 \text{ m}^3$	$\approx 8 \text{ kg}$
Agregado grueso	60.0 % $\approx 0.4030 \text{ m}^3$	$\approx 1116 \text{ kg}$

V. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad:

Agregado fino	723 kg
PET – F.O.R.	8 kg
Agregado grueso	1120 kg

W. Agua efectiva – Corrección por absorción y humedad:

Agua	195 l
------	-------

X. Volumen de tanda de prueba: 0.070 m^3

Cemento SOL Tipo I	25.00 kg
Agua	13.62 l
Aditivo	0.0 g
Agregado fino	50.6 kg
PET – F.O.R.	0.59 kg
Agregado grueso	78.4 kg

Y. Proporción en volumen de obra:

CEM	A.F.	PET	A.G.	ADIT.	AGUA
1	: 1.8	: 0.3	: 3.2	: 0.0	: 23.1 l/bolsa

Z. Características de la Mezcla en Estado Fresco:

PUT	:	2404 kg/m^3
PUC	:	2392 kg/m^3
Slump Obtenido	:	1/2 ”

Temp. Ambiente	:	19.2 °C
Temp. Concreto	:	22.1 °C
Aire	:	1.8 %
Observación	:	Se muestreó 6 probetas 6"x12" y 2 Vigas 15x15x54 cm

Tabla 29

Dosificación por m³ de la mezcla con fibras PET Zigzag y Rugosas en 8 kg/m³

MATERIALES	DISEÑO SECO	DISEÑO HÚMEDO
Cemento	357 kg	357 kg
Agua	200 l	195 l
Arena	699 kg	723 kg
Piedra	1116 kg	1120 kg
PET – F.O.R.	8 kg	8 kg

Figura 54

Materiales para del Diseño de Mezcla con 8 kg/m³ de Fibra PET en Zigzag y Rugosas



1.12.1.2 Preparación de Probetas y Ejecución de Ensayos

1.12.1.2.1 Preparación de Probetas. Según nuestro metrado (Figura 15), se prosigue con la preparación de las probetas para los ensayos de compresión, tracción y flexión.

Con los diseños ya establecidos, en el punto 3.4.1.1, se realiza la mezcla de materiales empezando con los diseños patrón y luego con las mezclas de proporciones de Fibras PET en 4 kg/m^3 y 8 kg/m^3 como se muestran en las figuras 55, 56, 57, 58 y 59.

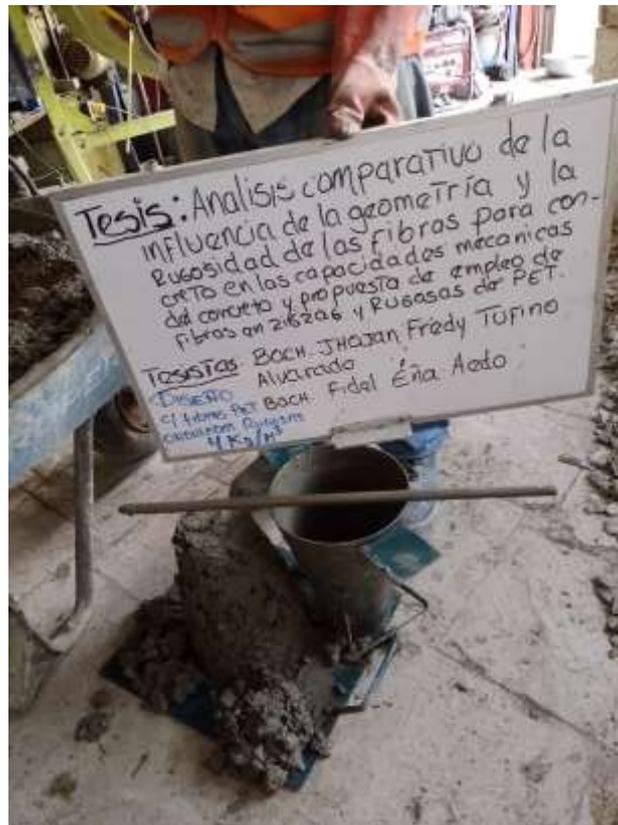
Figura 55

Mezcla de Concreto con 4 kg/m^3 de Fibra PET en Zigzag Rugosas



Figura 56

Cono de Abrams para la medición de consistencia de la Mezcla con fibra PET

**Figura 57**

Cono de Abrams para la medición de consistencia de la Mezcla con fibra PET

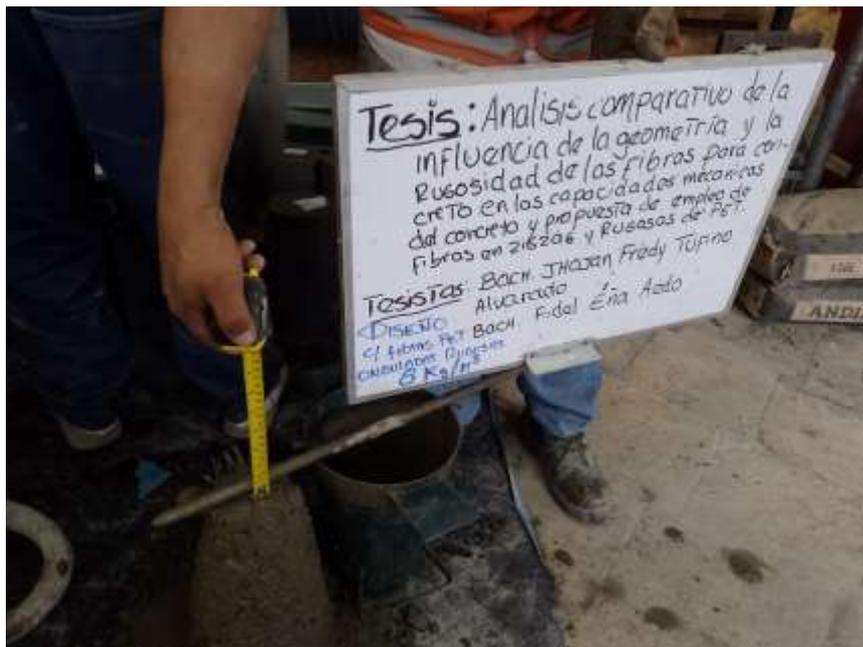
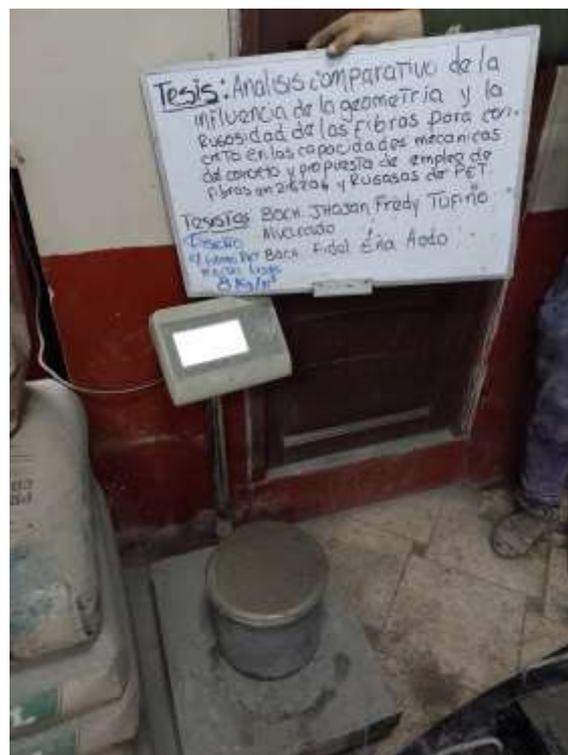


Figura 58

Medición de la temperatura de la Mezcla con fibra PET

**Figura 59**

Vaciado de la mezcla en probetas para ensayos de concreto



1.12.1.2.2 Ejecución de Ensayos. Una vez realizado los diseños y la mezcla del concreto con fibras PET en proporciones de 4 kg/m^3 y 8 kg/m^3 , dejamos reposar las probetas para los diferentes ensayos a diferentes edades del concreto según nuestro metrado (figura 15).

Los ensayos realizados a los cilindros radicaron en ensayos de compresión (figuras 61 y 63), tracción (figuras 60 y 62) y flexión (en caso de las vigas) para determinar la resistencia, para lo cual se evaluaron a las edades de 7, 14 y 28 días según nuestro metrado inicial (figura 15).

Figura 60

Ensayo de Tracción de la probeta con mezcla de concreto y fibra PET en Zigzag Rugosa en proporción de 4 kg/m^3

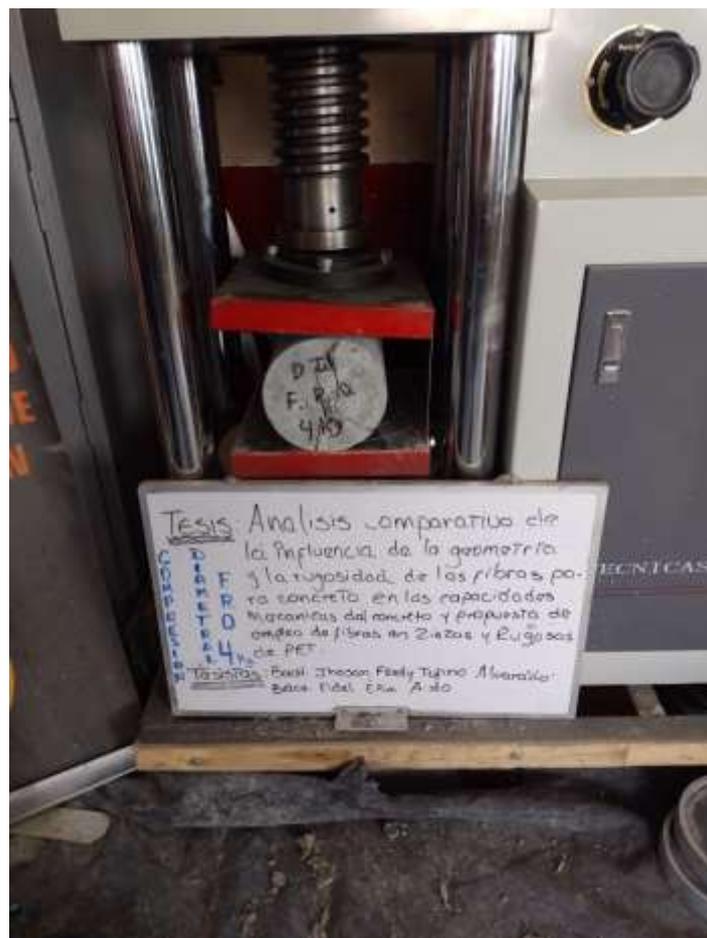
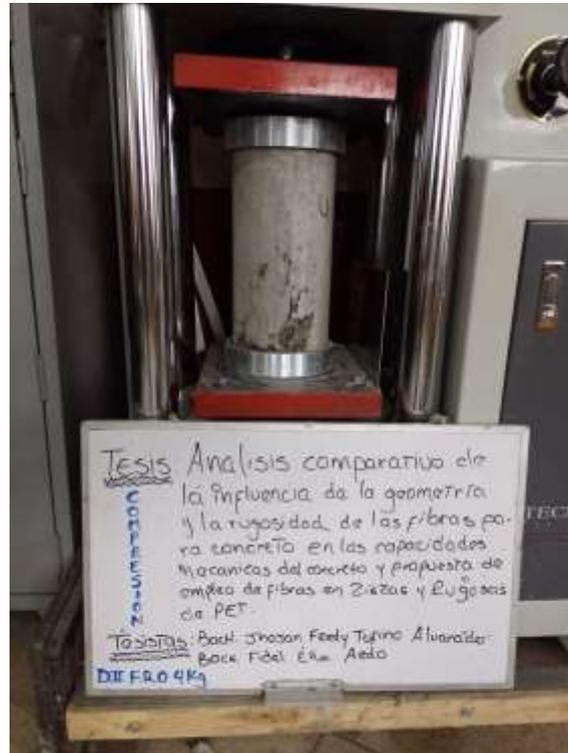


Figura 61

Ensayo de Compresión de la probeta con mezcla de concreto y fibra PET en Zigzag Rugosa en proporción de 4 kg/m³

**Figura 62**

Probetas después del ensayo de Tracción con mezcla de concreto y fibra PET en Zigzag Rugosa en proporción de 4 kg/m³



Figura 63

Probetas después del ensayo de Compresión de la probeta con mezcla de concreto y fibra PET en Zigzag Rugosa en proporción de 4 kg/m³



1.12.2 Resultados y Análisis

3.2.2.1 Resistencia a la Compresión para Cilindros de Concreto. Para esta parte, realizamos los ensayos a la compresión de cada probeta de concreto con las fibras PET en proporción de 4 kg/m³ en las edades de 7 (tabla 30), 14 (tabla 31) y 28 días (tabla 32) y en proporción de 8 kg/m³ en la edad de 28 días (tabla 33). Todo ello, comparando con el resultado obtenido de la mezcla Patrón.

Tipo de muestra:	Concreto Endurecido
Presentación:	Especímenes cilíndricos de 6" x 12"
f _c de diseño:	210 kg/cm ²

Tabla 30

Resistencia a la compresión con fibras zigzag rugosas en 4 kg/m³ a 7 días

IDENTIFICACIÓN	ÁREA (cm²)	TIPO DE FALLA	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (kg/cm²)
DISEÑO PATRÓN	181.5	3	45129.88	249.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	45201.26	248.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	45983.37	252.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	181.5	3	43645.20	241.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	181.5	2	44134.66	243.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	182.4	3	43935.81	241.0 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a compresión de las probetas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 25/06/2022. Datos certificados por el laboratorio en el Anexo 17 – Certificado de Resistencia a la Compresión a 7 días con Fibras Zigzag Rugosas en 4 kg/m³. Relación de Altura/Diámetro de las probetas es de 2 y los tipos de falla se describen en la figura 69 – Esquema de los Modelos de Fractura Típicos.

Tabla 31

Resistencia a la compresión con fibras en zigzag rugosas en 4 kg/m³ a 14 días

IDENTIFICACIÓN	ÁREA (cm²)	TIPO DE FALLA	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (kg/cm²)
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	52088.32	286.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	52269.82	287.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	182.4	2	51946.58	285.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	182.4	5	48843.63	268.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	182.4	3	48243.03	264.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	182.4	2	48457.16	266.0 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a compresión de las probetas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 02/07/2022. Datos certificados por el laboratorio en el Anexo 15 – Certificado de Resistencia a la Compresión a 14 días con Fibras Zigzag Rugosas en 4 kg/m³. Relación de Altura/Diámetro de las probetas es de 2 y los tipos de falla se describen en la figura 69 – Esquema de los Modelos de Fractura Típicos.

Tabla 32

Resistencia a la compresión con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 4 kg/m³ a 28 días

IDENTIFICACIÓN	ÁREA (cm²)	TIPO DE FALLA	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (kg/cm²)
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	55894.86	306.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	55308.53	303.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	55937.68	307.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	182.4	2	53241.60	292.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	182.4	3	53944.17	296.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	182.4	4	53742.27	295.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 4KG	182.4	3	52992.79	291.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 4KG	182.4	3	53265.05	292.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 4KG	182.4	2	52868.39	290.0 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 4KG	182.4	2	52983.61	290.0 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 4KG	182.4	4	52609.38	288.0 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 4KG	182.4	2	52743.98	289.0 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a compresión de las probetas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 16/07/2022. Datos certificados por el laboratorio en el Anexo 13 – Certificado de Resistencia a la Compresión a 28 días con los 3 tipos de Fibras en 4 kg/m³. Relación de Altura/Diámetro de las probetas es de 2 y los tipos de falla se describen en la figura 69 – Esquema de los Modelos de Fractura Típicos.

Tabla 33

Resistencia a la compresión con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 8 kg/m³ a 28 días

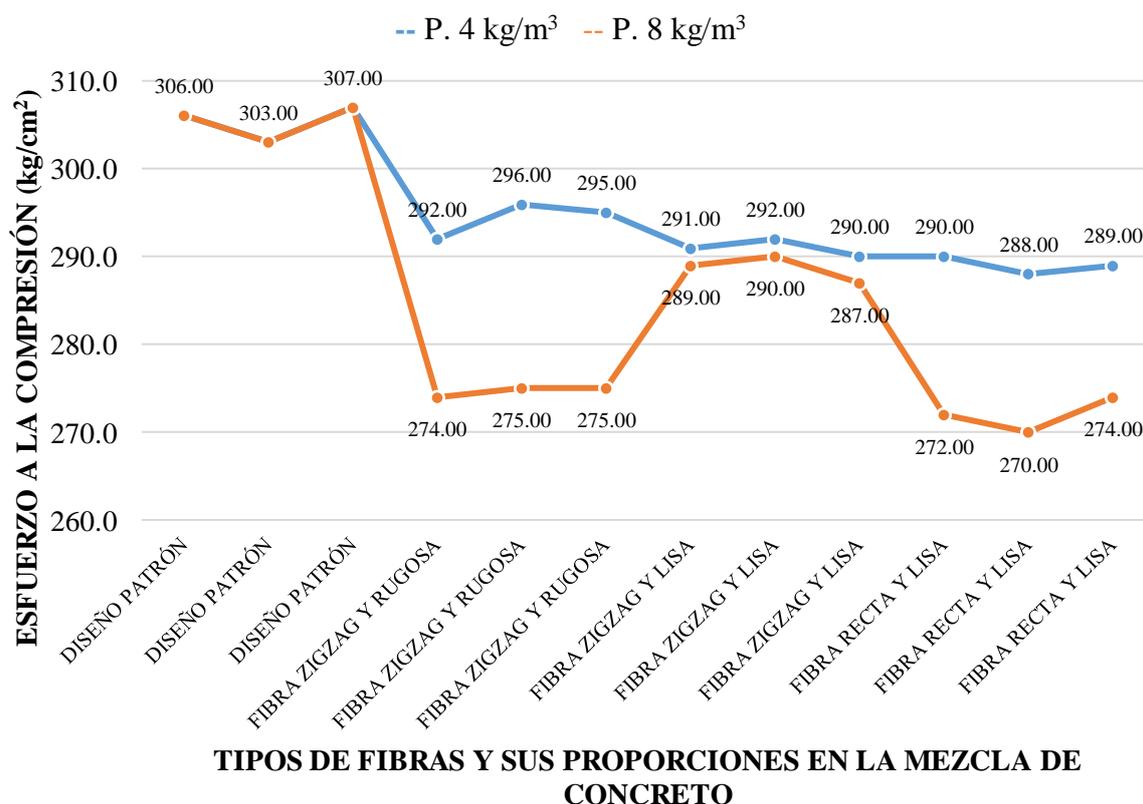
IDENTIFICACIÓN	ÁREA (cm²)	TIPO DE FALLA	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (kg/cm²)
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	55894.86	306.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	55308.53	303.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	182.4	3	55937.68	307.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 8KG	182.4	3	49975.50	274.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 8KG	182.4	3	50089.70	275.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 8KG	182.4	3	50226.34	275.0 kg/cm ²

FIBRA ZIGZAG Y LISA 8KG	182.4	2	52791.90	289.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 8KG	182.4	3	52834.74	290.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 8KG	182.4	3	52321.83	287.0 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 8KG	182.4	2	49671.63	272.0 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 8KG	182.4	3	49329.01	270.0 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 8KG	182.4	3	49905.14	274.0 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a compresión de las probetas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 16/07/2022. Datos certificados por el laboratorio en el Anexo 12 – Certificado de Resistencia a la Compresión a 28 días con los 3 tipos de Fibras en 8 kg/m³. Relación de Altura/Diámetro de las probetas es de 2 y los tipos de falla se describen en la figura 69 – Esquema de los Modelos de Fractura Típicos.

Figura 64

Esfuerzo por Compresión a 28 días de proporciones y tipos de PET de 4 kg/m³ y 8 kg/m³



Como se observa en la figura 64, la adición de fibras al concreto produce una disminución en la resistencia a la compresión respecto al diseño patrón (concreto sin fibras).

En el caso del concreto con fibras en proporción de 4 kg/m^3 , la disminución en la resistencia a la compresión es de aproximadamente un 5% $((305-290)/305*100\%)$. En cuanto al concreto con fibras en proporción de 8 kg/m^3 , la disminución de la resistencia a la compresión es mayor en el caso de las fibras en Zigzag (onduladas) rugosas y Rectas Lisas, siendo esta disminución de aproximadamente un 10% $((305-275)/305*100\%)$; en cambio, el empleo de fibras en Zigzag (onduladas) Lisa, produce una disminución en la resistencia a la compresión de aproximadamente un 5%.

Estas disminuciones en la resistencia a la compresión, en todos los casos, son menores a la disminución de las resistencias a la compresión que se obtuvo al emplear fibras rectas y sin tratamiento de rugosidad como se vio en la figura 23, correspondiente a la publicación *Fibra de PET na Produção de Concretos* de Da Silva Rodrigues et al. (2018), donde la disminución de la resistencia a la compresión fue de aproximadamente un 16%.

En cambio, estas disminuciones en la resistencia a la compresión, en todos los casos, son similares a la disminución de las resistencias a la compresión que se obtuvo en el artículo *Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto en Estados Plástico y Endurecido* de Mendoza et al. (2011), donde la disminución de la resistencia a compresión estuvo en el orden del 5% al 9% (figura 21).

1.12.2.1 Resistencia a la Tracción para Cilindros de Concreto. Para esta parte, realizamos los ensayos a tracción de cada probeta de concreto con las fibras PET (figura 65) en proporción de 4 kg/m^3 en las edades de 7 (tabla 34), 14 (tabla 35) y 28 días (tabla 36) y en proporción de 8 kg/m^3 en la edad de 28 días (tabla 37). Todo ello, comparando con el resultado obtenido de la mezcla Patrón.

Tipo de muestra:	Concreto Endurecido
Presentación:	Especímenes cilíndricos de 6" x 12"
f_c de diseño:	210 kg/cm^2

Figura 65

Probetas Cilíndricas para los Ensayos de Tracción con las diferentes dosificaciones de Fibras PET

**Tabla 34**

Resistencia a la tracción con fibras zigzag rugosas en 4 kg/m³ a 7 días

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
DISEÑO PATRÓN	15.24	21174.1	29.0 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	15.24	21511.6	29.5 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	15.24	21237.3	29.1 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	21180.2	29.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	21077.2	28.9 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	21281.1	29.2 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a tracción de las probetas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 25/06/2022. Datos certificados por el laboratorio en el Anexo 16 – Certificado de Resistencia a la Tracción a 7 días con Fibras Zigzag Rugosas en 4 kg/m³.

Tabla 35

Resistencia a la tracción con fibras zigzag rugosas en 4 kg/m³ a 14 días

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
DISEÑO PATRÓN	15.24	22888.2	31.4 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	15.24	22830.1	31.3 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	15.24	22430.3	30.7 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	22466.0	30.8 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	22596.6	31.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	22515.0	30.9 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a tracción de las probetas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 02/07/2022. Datos certificados por el laboratorio en el Anexo 14 – Certificado de Resistencia a la Tracción a 14 días con Fibras Zigzag Rugosas en 4 kg/m³.

Tabla 36

Resistencia a la tracción con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 4 kg/m³ a 28 días

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
DISEÑO PATRÓN	15.24	26717.2	36.7 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	15.24	26192.0	36.2 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	15.24	26480.6	36.5 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	23394.0	32.4 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	23279.8	32.2 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	15.24	23646.8	32.4 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 4KG	15.24	17329.8	23.8 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 4KG	15.24	18023.2	24.9 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 4KG	15.24	17420.6	24.1 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 4KG	15.24	18247.5	25.2 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 4KG	15.24	18338.3	25.4 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 4KG	15.24	18754.3	25.8 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a tracción de las probetas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 16/07/2022. Datos certificados por el laboratorio en el

Anexo 11 – Certificado de Resistencia a la Tracción a 28 días con los 3 tipos de Fibras en 4 kg/m³.

Tabla 37

Resistencia a la tracción con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 8 kg/m³ a 28 días

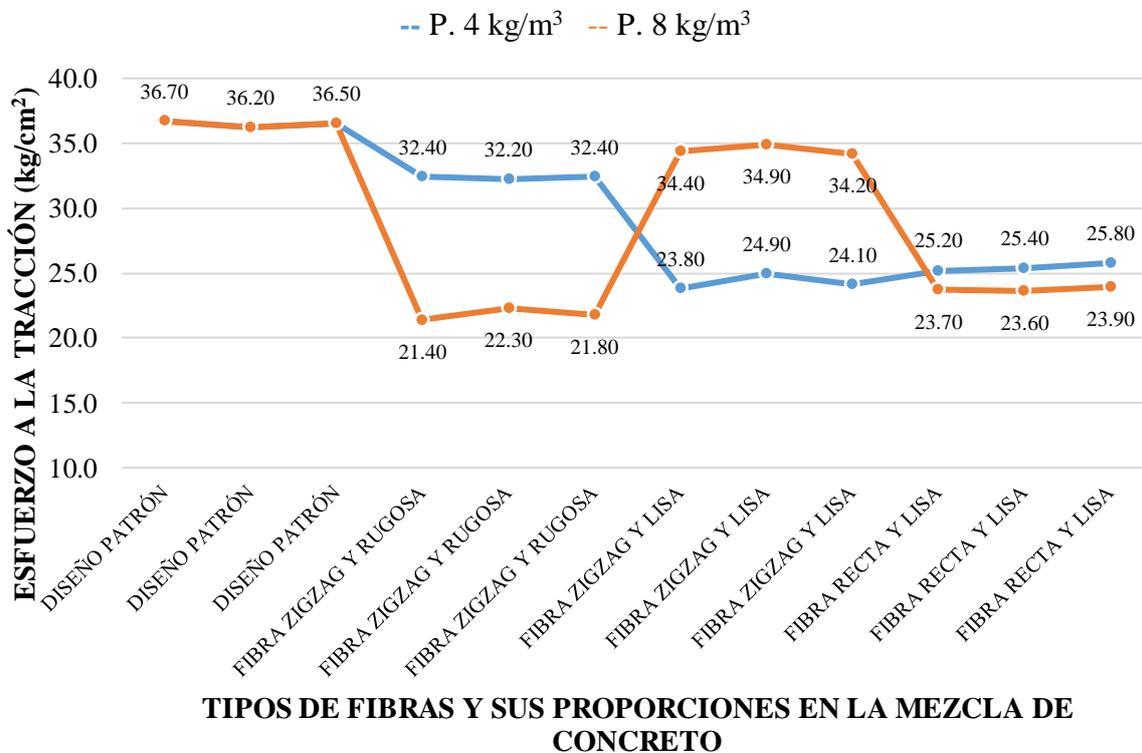
IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
DISEÑO PATRÓN	15.24	26717.2	36.7 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	15.24	26192.0	36.2 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	15.24	26480.6	36.5 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 8KG	15.24	15502.5	21.4 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 8KG	15.24	16096.0	22.3 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 8KG	15.24	15895.1	21.8 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 8KG	15.24	25037.7	34.4 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 8KG	15.24	25256.9	34.9 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 8KG	15.24	24704.3	34.2 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 8KG	15.24	17125.9	23.7 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 8KG	15.24	17173.8	23.6 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 8KG	15.24	17364.5	23.9 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a tracción de las probetas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 16/07/2022. Datos certificados por el laboratorio en el

Anexo 10 – Certificado de Resistencia a la Tracción a 28 días con los 3 tipos de Fibras en 8 kg/m³.

Figura 66

Tracción por Compresión Diametral a 28 días de proporciones y tipos de PET de 4 kg/m³ y 8 kg/m³



Como se observa de la figura 66, la adición de fibras al concreto produce una ligera disminución en la resistencia a la tracción por compresión axial respecto al diseño patrón (concreto sin fibras). En el caso del concreto con fibras en proporción de 4 kg/m³, la disminución en la resistencia a la tracción es de aproximadamente un 10% $((37-33)/37*100\%)$, para el concreto con fibras e Zigzag (onduladas) rugosas. Para el caso del concreto con fibras en Zigzag Lisas y Rectas Lisas la disminución en la resistencia la tracción es mucho mayor, del orden del 32% $((37-25)/37*100\%)$. En cuanto al concreto con fibras en proporción de 8 kg/m³, la disminución de la resistencia a la tracción es mayor en el caso de las fibras en Zigzag (onduladas) rugosas y Rectas Lisas, siendo esta disminución de aproximadamente un 37% $((37-34)/37*100\%)$; en cambio, el empleo de fibras en Zigzag (onduladas) Lisa, solo produce una disminución en la resistencia a la compresión de aproximadamente un 8%.

En la publicación *Fibra de PET na Produção de Concretos* de Da Silva Rodrigues et al. (2018), así como en el artículo *Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto en Estados Plástico y Endurecido* de Mendoza et al. (2011), la resistencia a la tracción por compresión axial aumenta en todos los casos, en nuestro estudio, disminuye en todos los casos.

1.12.2.2 Resistencia a la Flexión. Para esta parte, realizamos los ensayos a flexión de cada viga de concreto con las fibras PET (figura 67) en proporciones de 4 kg/m^3 y 8 kg/m^3 en la edad de 28 días (tablas 38 y 39). Todo ello, comparando con el resultado obtenido de la mezcla Patrón.

Tipo de muestra: Concreto Endurecido

Presentación: Viga

f_c de diseño: 210 kg/cm^2

Figura 67

Vigas para los ensayos de flexión con las diferentes dosificaciones de Fibras PET



Tabla 38

Resistencia a flexión con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 4 kg/m³ a 28 días

IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
DISEÑO PATRÓN	TERCIO CENTRAL	45.0	54.7 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	TERCIO CENTRAL	45.0	55.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	TERCIO CENTRAL	45.0	48.4 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 4KG	TERCIO CENTRAL	45.0	49.4 kg/cm ²
FIBRA ZIGZA Y LISA 4KG	TERCIO CENTRAL	45.0	48.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 4KG	TERCIO CENTRAL	45.0	47.9 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 4KG	TERCIO CENTRAL	45.0	46.1 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 4KG	TERCIO CENTRAL	45.0	46.5 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a flexión de las vigas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 16/07/2022. Datos certificados por el laboratorio en el Anexo 9 – Certificado de Resistencia a la Flexión a 28 días con Fibras Zigzag Rugosas en 4 kg/m³ y 8 kg/m³ y Anexo 30 – Certificado de Resistencia a la Flexión a 28 días con Fibras Rectas y Zigzag Lisas en 4 kg/m³ y 8 kg/m³.

Tabla 39

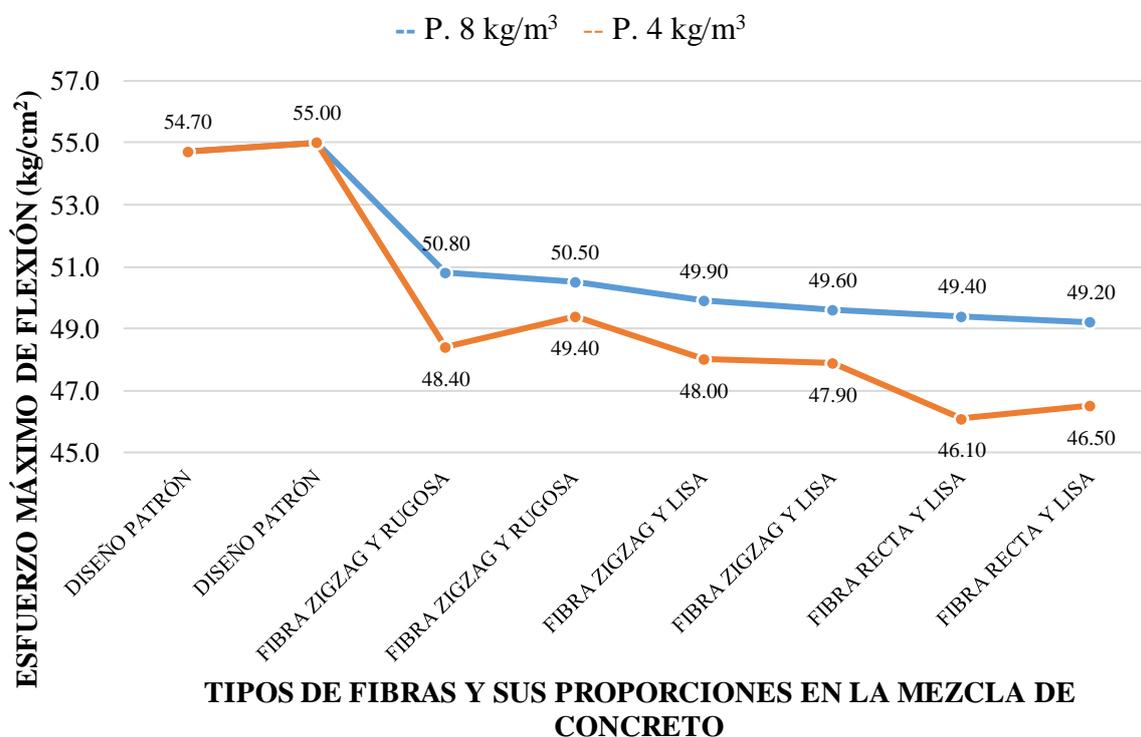
Resistencia a flexión con fibras zigzag rugosas, zigzag lisas y rectas lisas en 8 kg/m³ a 28 días

IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
DISEÑO PATRÓN	TERCIO CENTRAL	45.0	54.7 kg/cm ²
DISEÑO PATRÓN	TERCIO CENTRAL	45.0	55.0 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 8KG	TERCIO CENTRAL	45.0	50.8 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y RUGOSA 8KG	TERCIO CENTRAL	45.0	50.5 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 8KG	TERCIO CENTRAL	45.0	49.9 kg/cm ²
FIBRA ZIGZAG Y LISA 8KG	TERCIO CENTRAL	45.0	49.6 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 8KG	TERCIO CENTRAL	45.0	49.4 kg/cm ²
FIBRA RECTA Y LISA 8KG	TERCIO CENTRAL	45.0	49.2 kg/cm ²

Nota. Resultados obtenidos del ensayo a flexión de las vigas de concreto vaciadas con fecha 18/06/2022 y fecha de rotura el 16/07/2022. Datos certificados por el laboratorio en el Anexo 9 – Certificado de Resistencia a la Flexión a 28 días con Fibras Zigzag Rugosas en 4 kg/m³ y 8 kg/m³ y Anexo 30 – Certificado de Resistencia a la Flexión a 28 días con Fibras Rectas y Zigzag Lisas en 4 kg/m³ y 8 kg/m³.

Figura 68

Ensayo de Flexión 28 días de proporciones y tipos de PET de 4 kg/m³ y 8 kg/m³



Como se observa de la figura 68, la adición de fibras al concreto produce una disminución en la resistencia flexión respecto al diseño patrón (concreto sin fibras). En el caso del concreto con fibras en proporción de 8 kg/m³, la disminución en la resistencia a flexión es de aproximadamente un 12% $((55-48)/55*100\%)$. En cuanto al concreto con fibras en proporción de 4 kg/m³, la disminución de la resistencia a la compresión es menor y más regular para todos los tipos de fibras, siendo esta disminución de aproximadamente un 9% $((55-50)/55*100\%)$.

En el artículo *Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto en Estados Plástico y Endurecido* de Mendoza et al. (2011), la resistencia a la flexión aumenta en todos los casos en aproximadamente un 12% (figura 22), en nuestro estudio, disminuye en todos los casos.

1.12.3 Análisis General del Estudio

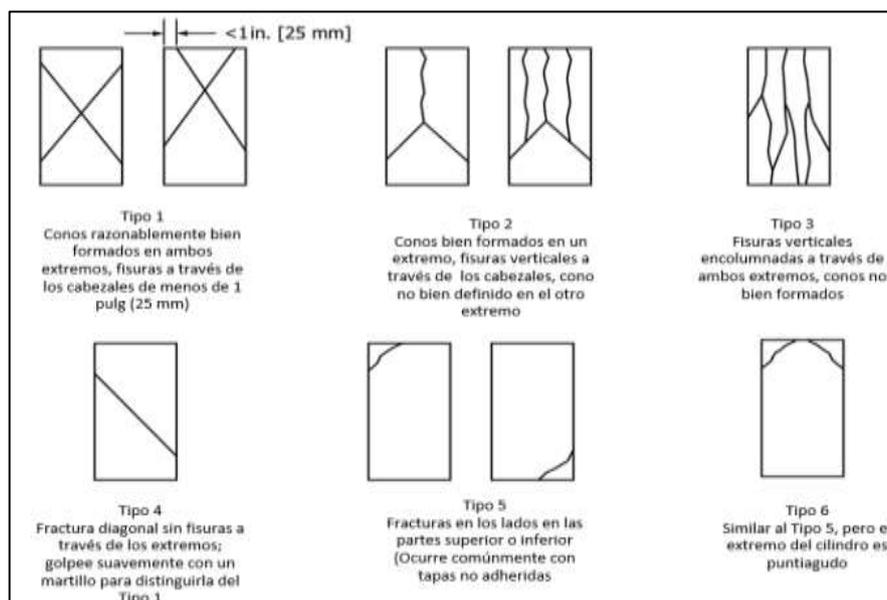
Para los ensayos a compresión de las probetas de concreto nos basamos en el “Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto dadas por la ASTM C39/C39M–18”. En su mayoría, son fracturas o fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos (Tipo 3 en la figura 69) para el diseño Patrón. Mientras que para el segundo diseño (Fibras en Zigzag Rugosa de 4 kg/m^3) muestra en uno de ellos la fisura del tipo 2 (Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales). Todo ello con respecto al ensayo a 7 días.

Para el ensayo a 14 días, el tipo de fisura en el diseño Patrón se mantiene entre el número 2 y 3 pero, en el diseño con fibras PET en Zigzag Rugosa muestra una fisura de tipo 5, lo cual; según ASTM C39, es una fractura en los lados de la parte superior o inferior

Para el ensayo a 28 días en la proporción de 4 kg/m^3 de todos los tipos de fibra realizados en este estudio, se puede observar una fisura de tipo 4 (Fracturas diagonales sin fisuras a través de los extremos); sin embargo, en las proporciones de 8 kg/m^3 a los 28 días se puede observar que las fisuras están entre los tipos 2 y 3.

Figura 69

Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

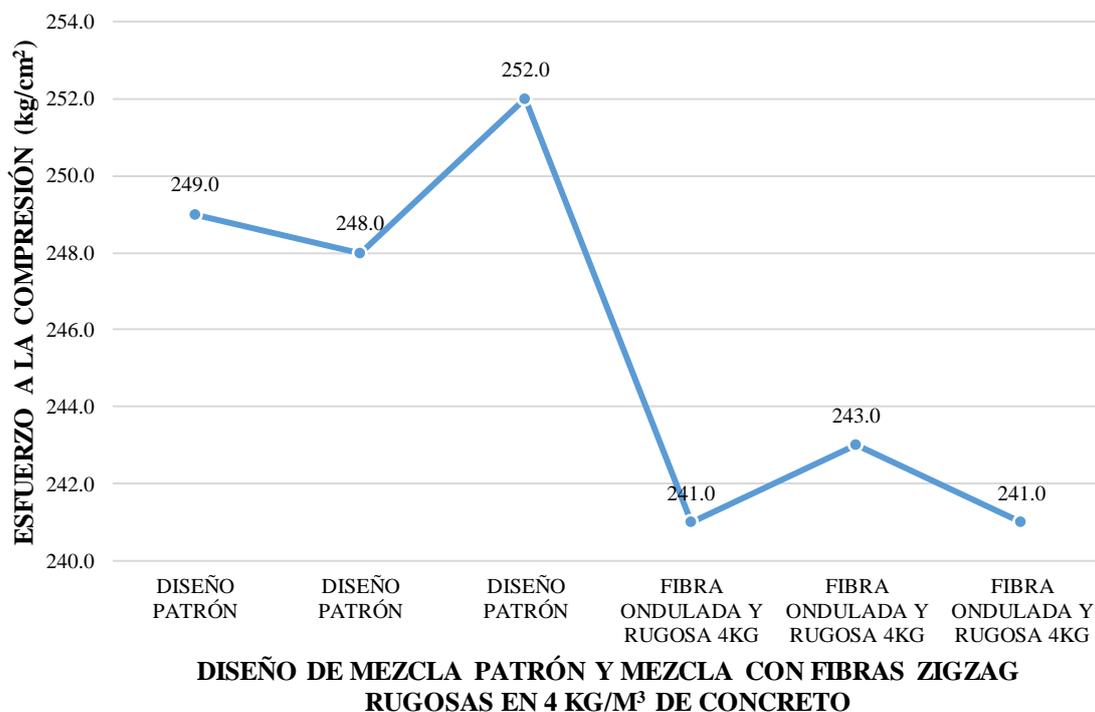


Nota. Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura. De “Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto”, por ASTM International, 2002.

En el ensayo de compresión con fibras PET en Zigzag Rugosas; al emplear la proporción de 4 kg/m³ tienen un mejor comportamiento que las fibras de las mismas características, pero en proporción de 8 kg/m³; esto se puede observar en la siguiente figura 70.

Figura 70

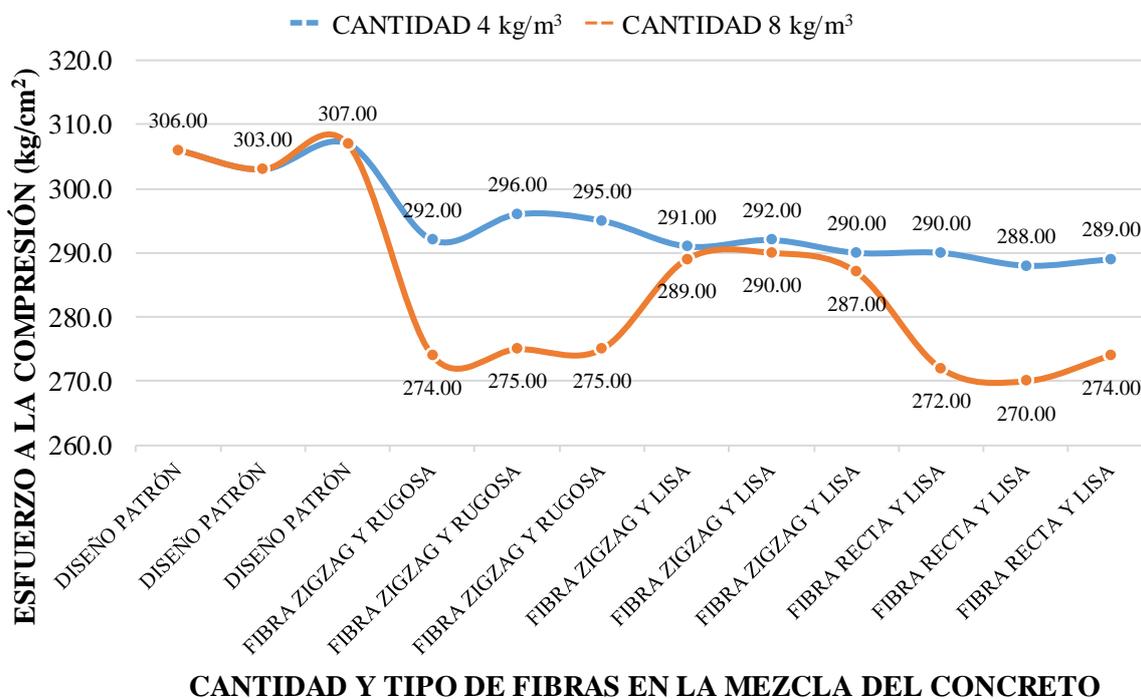
Ensayo a Compresión de la Mezcla con Fibras PET en Zigzag Rugosas en proporción de 4 kg/m³ a los 7 días



También se puede observar que el mejor comportamiento con respecto a su resistencia a la compresión lo tienen las Fibras PET en Zigzag Rugosas en proporción de 4 kg/m³, acercándose a la resistencia dada por la mezcla patrón en la misma edad como se muestra en la figura 71.

Figura 71

Comparativo del Ensayo a Compresión de la Mezcla con Fibras PET en Zigzag Rugosas en proporción de 4 y 8 kg/m³ a los 28 días

**Figura 72**

Probeta de concreto después del Ensayo a Compresión a los 28 días



Figura 73

Probeta de la figura 72 después de golpear para ver su interior



Como análisis complementario, la disminución en la resistencia a compresión del concreto con las fibras que proponemos (en Zigzag Lisas, Zigzag Rugosas e incluso Rectas Lisas) es del orden del 5% al 10% y es similar a la disminución de la resistencia a compresión obtenida en la publicación *Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto en Estados Plástico y Endurecido*, donde se emplea fibras comerciales. del orden del 5% al 9% y es menor a la disminución en la resistencia a compresión que se obtiene al emplear fibras rectas como en la publicación *Fibra de PET na Produção de Concretos*, donde esta disminución es de aproximadamente 16%.

Para los ensayos a tracción de las probetas de concreto nos basamos en el “Método de prueba estándar para dividir la resistencia a la tracción de probetas cilíndricas de concreto dadas por la ASTM C486/C496M-17” (figura 74) en el cual, según los resultados obtenidos, tienden a tener una línea continua en los ensayos a 7 y 14 días de las fibras PET en Zigzag Rugosas en

Figura 75

Comparativo del Ensayo a Tracción de la Mezcla con Fibras PET en Zigzag Rugosas en proporción de 4 y 8 kg/m³ a los 28 días

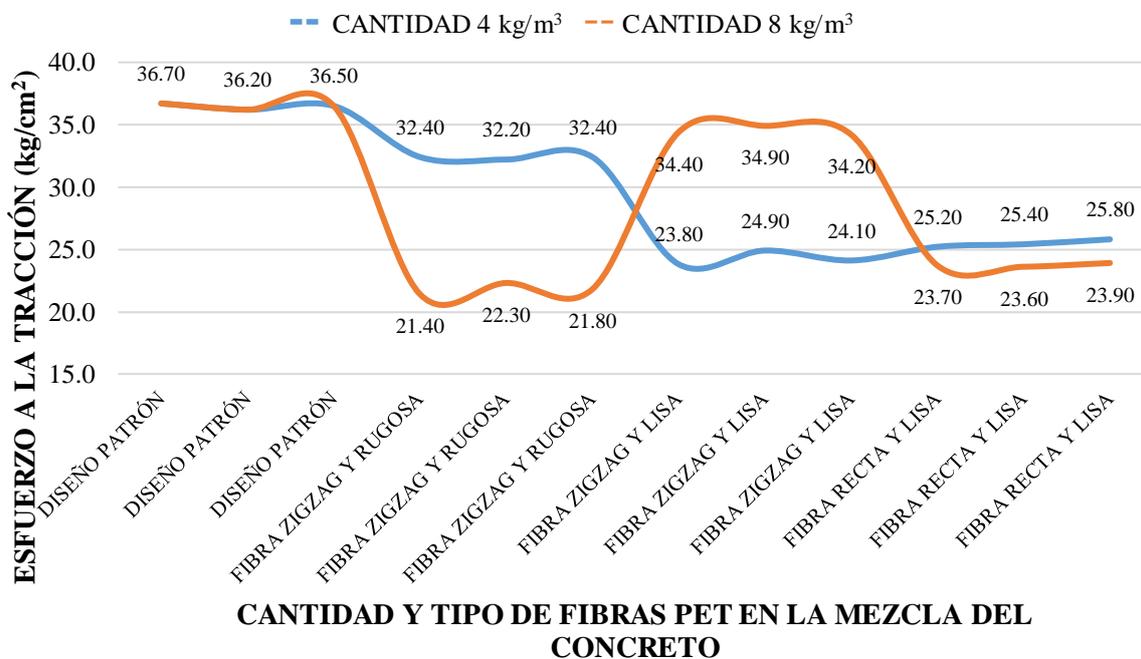


Figura 76

Probeta después del Ensayo a Tracción a los 28 días



Figura 77

Probeta de la figura 76 después de golpear para ver su interior

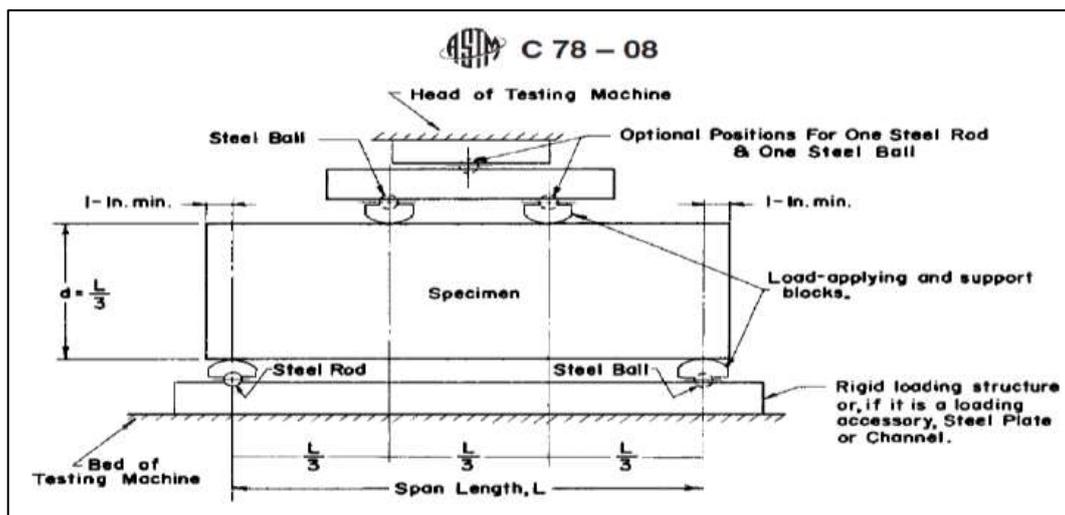


Como información complementaria para el análisis, en la publicación *Fibra de PET na Produção de Concretos*, así como en el artículo “Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto en Estados Plástico y Endurecido”, la resistencia a la tracción por compresión axial aumenta en todos los casos, en nuestro estudio, disminuye en todos los casos.

Para los ensayos a flexión de las vigas de concreto nos basamos en la norma ASTM C78 (figura 78) en el cual, según los resultados obtenidos, la tendencia es que disminuya la resistencia a la flexión, dándonos solo como un resultado similar o aproximado al diseño patrón el de las fibras en Zigzag Rugosas en la proporción de 8 kg/m^3 . Sólo se realizaron los ensayos a 28 días como se muestra en la figura 68.

Figura 78

Método de Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido



Nota. Diagrama de una probeta de viga cargada en tres puntos. De “Método de resistencia a la flexión del concreto”, por ASTM International, 2002.

El comportamiento a flexión de las Fibras PET en cualquier geometría y/o superficie no es el esperado ya que, según ensayos realizados, tienen una tendencia de disminución a la resistencia de flexión comparado con la resistencia de la mezcla patrón como se muestra en las figuras 79 y 80.

Figura 79

Ensayo de Flexión de la Mezcla con Fibras PET en proporción de 4 kg/m³ a los 28 días

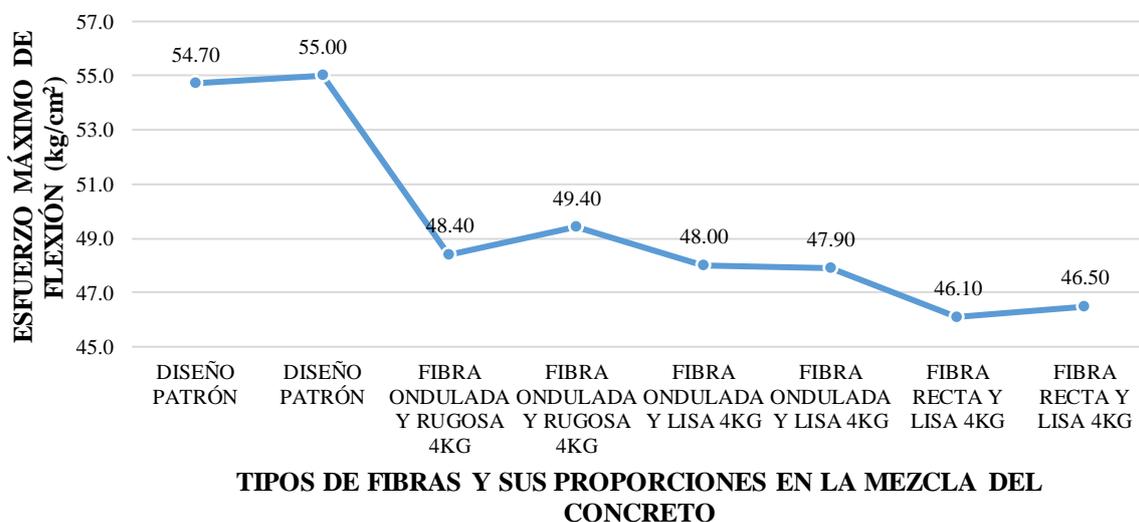
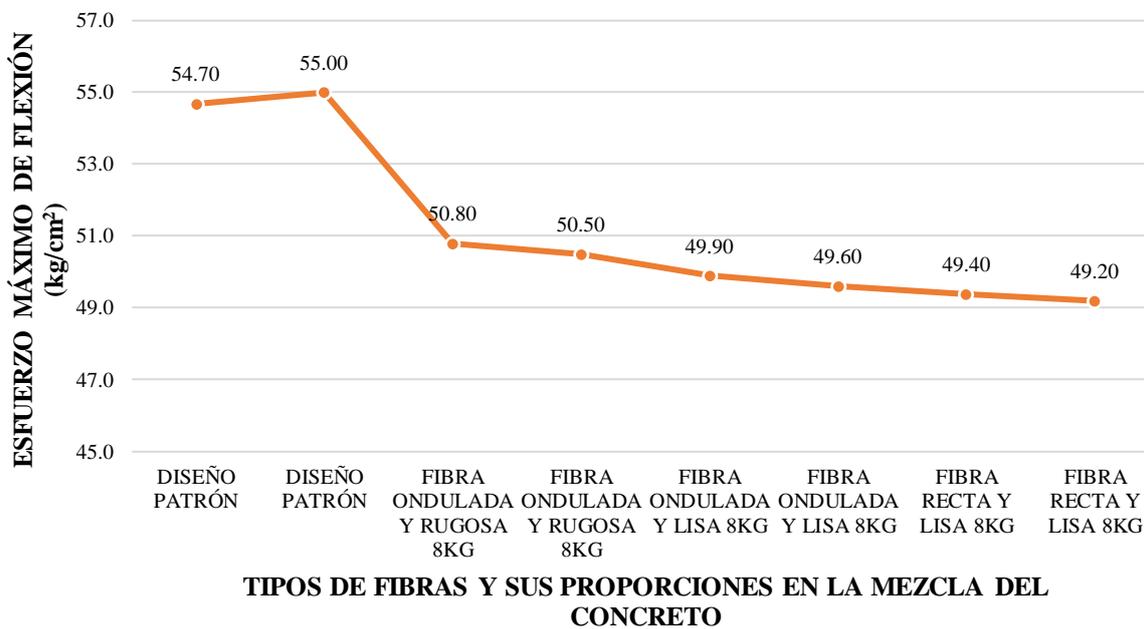


Figura 80

Ensayo de Flexión de la Mezcla con Fibras PET en proporción de 8 kg/m³ a los 28 días

**Figura 81**

Vigas para los Ensayos a Flexión a los 28 días



Figura 82

Vista de la rotura y fibras PET después del Ensayo a Flexión de la viga a los 28 días



Como información complementaria para el análisis, en el artículo *Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto en Estados Plástico y Endurecido*, la resistencia a la flexión aumenta en todos los casos en aproximadamente un 12%, en nuestro estudio, disminuye en todos los casos (Mendoza et al., 2011).

1.13 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

1.13.1 Listado de Recursos Requeridos

En este punto, como parte de nuestra propuesta analizamos los precios de los materiales y recursos utilizados para el desarrollo del proyecto (figura 83) y dejar previsto el presupuesto, teniendo en cuenta las alzas y bajas de los materiales por las diversas coyunturas nacionales e internacionales.

Figura 83*Precios y cantidades de los recursos requeridos*

PRECIOS Y CANTIDADES DE RECURSOS REQUERIDOS					
Proyecto	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO				
Fecha	16/06/2022				
Lugar	LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRAS				
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0101010002	INVESTIGADOR 1	hh	90.0000	2.50	225.00
0101010003	INVESTIGADOR 2	hh	90.0000	2.50	225.00
0101010004	ASESOR	hh	90.0000	0.00	0.00
SUB TOTAL					S/ 450.00
MATERIALES					
0201010022	ACEITE M. 300	gal	0.2500	49.50	12.38
0201030001	GASOLINA	gal	5.6300	20.19	113.66
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2" (HUSO 67)	m3	0.5000	60.00	30.00
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	0.5000	60.00	30.00
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	7.0000	27.00	189.00
0231230084	FIBRAS PET INDUSTRIAL	kg	24.0000	19.50	468.00
0231230084	FIBRAS PET	kg	24.0000	7.50	180.00
SUB TOTAL					S/ 1,023.03
EQUIPOS					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			13.32
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	15.0000	26.60	399.00
SUB TOTAL					S/ 412.32
SUBCONTRATOS					
0401010001	LABORATORIO EXTERNO	glb	1.0000	800.00	800.00
0401010002	ENSAYOS DE COMPRESIÓN, TRACCIÓN Y FLEXIÓN	glb	1.0000	700.00	700.00
SUB TOTAL					S/ 1,500.00
TOTAL					S/ 3,385.35

1.13.2 Análisis de Precios Unitarios – Mezcla Patrón

Es muy importante dejar plasmado los costos en la que incurrimos; por ello, realizamos también, el análisis de precios unitarios de cada ensayo realizado en el desarrollo del proyecto proyectado en un APU para construcción, incluyendo la mano de obra, materiales y equipos.

Iniciamos con el Análisis de Precios Unitarios de la mezcla patrón como se muestra en la figura 84, el cual nos dará un indicador de la diferencia de costos con respecto a las mezclas del concreto con las fibras PET.

Figura 84

Análisis de Precios Unitarios para la mezcla Patrón

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
Presupuesto	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO					Fecha presupuesto	16/06/2022
Partida	01.01.01	CONCRETO f'c=210 kg/cm ² (Mezcla Patrón)					
Rendimiento	m ³ /DIA	MO.	30.0000	EQ.	30.0000	Costo unitario directo por: m ³	S/ 382.85
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000022	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO		HH	2.00	0.5333	24.18	12.90
0147000002	OPERARIO		HH	1.00	0.2667	23.46	6.26
0147000003	OFICIAL		HH	2.00	0.5333	18.56	9.90
0147000004	PEON		HH	8.00	2.1333	16.78	35.80
							64.85
Materiales							
			Unidad		Cantidad	Precio S/.	
0201010022	ACEITE M. 300		GAL		0.0125	38.25	0.48
0201030001	GASOLINA		GAL		0.1600	11.00	1.76
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"		M ³		0.8000	93.23	74.58
02070200010002	ARENA GRUESA		M ³		0.5000	80.51	40.26
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		BOL		8.4000	22.88	192.19
0239050001	AGUA		M ³		0.1800	10.35	1.86
0239050012	GRASA		LBS		0.0250	5.58	0.14
							311.27
Equipos							
			Unidad	Cantidad	Ratio	Precio S/.	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		% MO		3%	64.85	1.95
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		HM	1.00	0.2667	11.64	3.10
03012900030003	VIBRADORA DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg		HM	1.00	0.2667	6.31	1.68
							6.73

1.13.3 Precios Unitarios – Concreto con Fibras

En esta sección, se distribuirá la cantidad de Fibra PET en zigzag (onduladas) y rugosas en 2 cantidades para la mezcla de concreto, las cuales serán de 4 y 8 kg/m³ de concreto y se tomará como referencia el costo del PET industrial del Anexo 1 – Presupuesto Referencial del Material PET.

1.13.3.1 Mezcla + Fibras PET PET 4 kg/m³ de Concreto. El presupuesto final para esta dosificación es de S/. 412.85 (figura 85) con un ahorro de S/. 48.00 por m³ con respecto al uso de fibras industriales (figura 86).

Figura 85

Análisis de Precios Unitarios de la mezcla con 4 kg/m³

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
Presupuesto	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO					Fecha presupuesto	16/06/2022	
Partida	01.01.03		CONCRETO f'c=210 kg/cm ² + FIBRA PET 4 kg/m ³					
Rendimiento	m ³ /DIA		MO.	30.0000	EQ.	30.0000	Costo unitario directo por: m ³	S/ 412.85
Código	Descripción Recurso			Cuadrilla	Cantidad	Ratio	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0147000022	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO			HH	2.00	0.5333	24.18	12.90
0147000002	OPERARIO			HH	1.00	0.2667	23.46	6.26
0147000003	OFICIAL			HH	2.00	0.5333	18.56	9.90
0147000004	PEON			HH	8.00	2.1333	16.78	35.80
								64.85
Materiales				Unidad	Cantidad		Precio S/.	
0201010022	ACEITE M. 300			GAL	0.0125		38.25	0.48
0201030001	GASOLINA			GAL	0.1600		11.00	1.76
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"			M ³	0.8000		93.23	74.58
02070200010002	ARENA GRUESA			M ³	0.5000		80.51	40.26
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			BOL	8.4000		22.88	192.19
0231230084	FIBRAS PET			KG	4.0000		7.50	30.00
0239050001	AGUA			M ³	0.1800		10.35	1.86
0239050012	GRASA			LBS	0.0250		5.58	0.14
								341.27
Equipos				Unidad	Cantidad	Ratio	Precio S/.	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			% MO		3%	64.85	1.95
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)			HM	1.00	0.2667	11.64	3.10
03012900030003	VIBRADORA DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg			HM	1.00	0.2667	6.31	1.68
								6.73

Figura 86

Análisis de Precios Unitarios de la mezcla con 4 kg/m³ de Fibra Industrial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
Presupuesto	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO					Fecha presupuesto	16/06/2022	
Partida	01.01.02		CONCRETO f'c=210 kg/cm ² + FIBRA PET IND. 4 kg/m ³					
Rendimiento	m ³ /DIA		MO.	30.0000	EQ.	30.0000	Costo unitario directo por: m ³	S/ 460.85
Código	Descripción Recurso			Cuadrilla	Cantidad	Ratio	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0147000022	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO			HH	2.00	0.5333	24.18	12.90
0147000002	OPERARIO			HH	1.00	0.2667	23.46	6.26
0147000003	OFICIAL			HH	2.00	0.5333	18.56	9.90
0147000004	PEON			HH	8.00	2.1333	16.78	35.80
								64.85
Materiales				Unidad	Cantidad		Precio S/.	
0201010022	ACEITE M. 300			GAL	0.0125		38.25	0.48
0201030001	GASOLINA			GAL	0.1600		11.00	1.76
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"			M ³	0.8000		93.23	74.58
02070200010002	ARENA GRUESA			M ³	0.5000		80.51	40.26
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			BOL	8.4000		22.88	192.19
0231230084	FIBRAS PET INDUSTRIAL			KG	4.0000		19.50	78.00
0239050001	AGUA			M ³	0.1800		10.35	1.86
0239050012	GRASA			LBS	0.0250		5.58	0.14
								389.27
Equipos				Unidad	Cantidad	Ratio	Precio S/.	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			% MO		3%	64.85	1.95
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)			HM	1.00	0.2667	11.64	3.10
03012900030003	VIBRADORA DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg			HM	1.00	0.2667	6.31	1.68
								6.73

4. CONCLUSIONES

En las conclusiones, evidenciaremos el vínculo que existe entre la hipótesis, objetivos, desarrollo y resultados alcanzados. De esta manera, resaltamos el enfoque teórico realizado en relación al problema de investigación.

Objetivo general.

Demostrar experimentalmente que la adición al concreto de fibras PET en zigzag y rugosas, da como resultado un concreto con mejores capacidades mecánicas que el concreto simple y que el concreto con fibras PET lisas y rectas.

- En general las resistencias a compresión y tracción en cilindros y flexión en vigas con fibras PET son menores a las resistencias respecto al concreto patrón (concreto sin fibras).
- En todos los ensayos (compresión, tracción y flexión), la resistencia del concreto con fibras en zigzag lisas y rugosas es mejor que la resistencia del concreto con fibras rectas lisas; lo que demuestra que la geometría en zigzag y la superficie rugosa mejora la trabazón entre las fibras y la matriz cementicia.
- Los resultados de los ensayos a compresión y flexión de los concretos con fibras PET, muestran cierta regularidad de la cual se pueden obtener conclusiones; en cambio, los resultados de los ensayos a tracción diametral no muestran una regularidad.

Objetivo específico 1.

Documentar mediante investigaciones predecesoras que las ondulaciones y rugosidades de las fibras para el concreto mejoran la trabazón con la matriz cementicia, en comparación a las fibras rectas y lisas; dándole mejores propiedades mecánicas al concreto.

- De los diversos estudios analizados, podemos destacar a Meza de Luna et al. (2014) y

González Salcedo (2013), quienes concluyen que la forma y la longitud de las fibras tienen influencia sobre la resistencia a flexión y la ductilidad; el hormigón con fibras de acero con ganchos en sus extremos muestra una mejor adherencia al hormigón, mientras que las fibras onduladas de polímero mostraron un mejor desempeño en comparación a las fibras rectas y lisas.

- Según Sokolowska y Zalewski (2018), otro factor importante en la calidad del concreto con PET reciclado es el tamaño de las partículas de esta. Se concluyó que el uso de PET fraccionado mejoraba el comportamiento mecánico del concreto respecto al uso de PET no fraccionado.
- Del estudio de Paricaguán Morales y Muñoz Cuevas (2019) se concluye que la rugosidad de la superficie de las fibras de bagazo de caña mejora la adherencia al concreto.

Objetivo específico 2.

Realizar el diseño y elaboración de muestras (cilindros y vigas) de concreto simple y concreto con fibras lisas, en zigzag y rugosas de PET reciclado, en dosis de 4 kg y 8 kg de fibras por cada metro cúbico de concreto, para realizar los ensayos de compresión, tracción y flexión a 7, 14 y 28 días.

- En los ensayos de asentamiento del concreto (slump), los concretos con fibras PET presentan menor asentamiento en comparación al concreto patrón sin fibras. Además, solo el slump del concreto con fibras PET en zigzag en proporción de 8 kg/m³ está por debajo del slump mínimo requerido para este tipo de concreto (f'_c 210 kg/cm²) de acuerdo con nuestros ensayos.
- En todos los tipos de fibras PET, el slump del concreto con fibras en proporción de 4 kg/m³ es mayor al del concreto con fibras en proporción de 8 kg/m³.
- El slump del concreto con fibras PET en zigzag y rugosas es mayor al slump del concreto

con los otros tipos de fibras (zigzag lisas y rectas lisas); esto podría deberse a la mejor adherencia de las fibras rugosas a la matriz cementicia.

Objetivo específico 3.

Demostrar a partir de los resultados obtenidos en los ensayos, que el empleo de fibras de PET en zigzag y rugosas mejoran las capacidades mecánicas del concreto.

- En los ensayos de compresión, se obtienen mejores resultados al emplear fibras en la proporción de 4 kg/m³ en comparación al empleo de fibras en proporción de 8 kg/m³; en el caso del concreto con fibras en proporción de 4 kg/m³, la resistencia al esfuerzo de compresión para los distintos tipos de fibras son muy similares, aproximadamente un 5% menor a la resistencia a compresión del concreto patrón, siendo las fibras en zigzag rugosas las que muestran una ligera ventaja y las fibras rectas lisas las que menor resistencia a la compresión presentan. En el caso de del concreto con fibras en proporción de 8 kg/m³, la disminución a la resistencia a la compresión es de aproximadamente un 10 % respecto al concreto patrón, siendo el concreto con fibras en zigzag lisas las que muestran un mejor desempeño en comparación al concreto con fibras en zigzag rugosas y rectas lisas (figura 64).
- La disminución en la resistencia a compresión del concreto con las fibras que proponemos (en Zigzag Lisas, Zigzag Rugosas y Rectas Lisas) respecto al concreto sin fibras es del orden del 5% al 10% y es similar a la disminución de la resistencia a compresión obtenida por Mendoza et al. (2011), quien emplea fibras comerciales, donde dicha disminución es del orden del 5% al 9% y es menor a la disminución en la resistencia a compresión que obtiene Da Silva Rodrigues et al. (2018) quien emplea fibras PET rectas, donde esta disminución es de aproximadamente 16%.
- En los ensayos de tracción (compresión axial), los resultados no guardan una regularidad

como en el caso de los ensayos de compresión, siendo las fibras en zigzag rugosas en proporción de 4 kg/m³ y en zigzag lisas en proporción de 8 kg/m³ las que mejores resultados muestran, aproximadamente un 9% por debajo de la resistencia del concreto patrón; en cambio, el concreto con fibras rectas y lisas en ambas proporciones son las que peor desempeño muestran, aproximadamente un 35 % por debajo de la resistencia del concreto patrón (figura 66).

- Para todos los tipos de fibras, la resistencia a los esfuerzos de flexión en vigas con fibras en proporción de 8 kg/m³ es ligeramente superior a la resistencia a flexión en vigas con fibras en proporción de 4 kg/m³; siendo la resistencia del concreto con fibras en proporción de 4 kg/m³ aproximadamente un 12% menor a la resistencia del concreto patrón y la resistencia a la compresión del concreto con fibras en proporción de 8 kg/m³ aproximadamente un 9% menor; además, para ambas dosificaciones, las vigas con fibras en zigzag rugosas son las que mejor desempeño muestran y las vigas con fibras rectas lisas las que presentan menor resistencias a la flexión (figura 68).

Objetivo específico 4.

Contribuir en la reducción de la contaminación ambiental por plásticos, así como reducir huella de carbono producida por la fabricación de fibras plásticas industriales.

- El empleo de fibras de PET reciclado en lugar de fibras industriales, contribuyen en la reducción de emisión de gases de efecto invernadero, ya que la producción de plásticos reciclados emite entre un 40% y un 75% menos de gases de efecto invernadero que la producción de plásticos vírgenes.
- El reciclaje de plásticos PET, contribuyen en el cuidado de los ecosistemas, y sobre todo de los mares que se encuentran en un mayor índice de contaminación por este material.
- Por pequeña que sea la proporción de PET reciclado que empleemos en la elaboración del

concreto, ayudamos a reducir el impacto contaminante de los plásticos.

Objetivo específico 5.

Analizar los precios unitarios del concreto con y sin fibras PET considerando las proporciones de fibras de 4 y 8 kg/m³ de concreto.

- Al realizar el análisis de costos del concreto con las fibras PET producidos a partir del reciclado en una cantidad de 4 kg/m³, se genera un ahorro promedio de S/. 48.00 por m³ de concreto con respecto a la mezcla con fibras industriales.
- Al realizar el análisis de costos del concreto con las fibras PET producidos a partir del reciclado en una cantidad de 8 kg/m³, se genera un ahorro promedio de S/. 96.00 por m³ de concreto con respecto a la mezcla con fibras industriales.
- El rendimiento en los análisis de precios unitarios se utiliza el promedio, al igual que las losas de concreto, de 30.00 m³/día, esto facilita la mezcla del concreto, tanto en el patrón como en la mezcla con fibras PET, considerando una eficiencia de trabajo del 65% en la mano de obra y aprovechando el uso del PET, disminuye en la contaminación del medio ambiente.
- El desglose de los APUs en nuestro proyecto facilita la revisión de cada uno de los materiales, equipos y mano de obra que lo componen y esto, a su vez, se considera una base para realizar cambios en el rendimiento o mano de obra del elemento estructural obteniendo un ahorro de más del 30% de acuerdo con el enfoque constructivo.

5. RECOMENDACIONES

En este punto, daremos a conocer las propuestas para mejorar los conflictos, solventar necesidades y mantener las soluciones establecidas en las conclusiones, como también sugerir proyectos o investigaciones futuras con las fibras PET.

Objetivo general.

Demostrar experimentalmente que la adición al concreto de fibras PET en zigzag y rugosas, da como resultado un concreto con mejores capacidades mecánicas que el concreto simple y que el concreto con fibras PET lisas y rectas.

- Se recomienda realizar ensayos reajustando las dimensiones de las fibras PET en zigzag y rugosas para así buscar mejorar las capacidades del concreto a partir de la mezcla de concreto según el análisis correspondiente.
- A partir de los resultados obtenidos en los ensayos del concreto con fibra PET de este trabajo fijar como base esta geometría y superficie de las fibras para mejorar los diseños de concreto para usos como pavimentos de bajo y/o regular tránsito y otros.
- Se recomienda siempre, al realizar un ensayo con un material que intervenga en la mezcla del concreto, hacer una comparación con el diseño patrón del concreto según los métodos tradicionales como el ACI.

Objetivo específico 1.

Documentar mediante investigaciones predecesoras que las ondulaciones y rugosidades de las fibras para el concreto mejoran la trabazón con la matriz cementicia, en comparación a las fibras rectas y lisas; dándole mejores propiedades mecánicas al concreto.

- Según la bibliografía revisada; en concretos adicionados con fibras comerciales y fibras

PET, se recomienda que la relación longitud/sección sea grande.

- Algunos de los estudios revisados muestran resultados diferentes para un mismo tipo de ensayo, por tanto, se recomienda ser riguroso y seleccionar los estudios publicados en revistas de prestigio y más referenciados.
- Para futuras investigaciones y ensayos de concreto adicionado con otros materiales, por ejemplo, fibras naturales, recomendamos tomar como referencia la geometría y superficie de las fibras PET de este trabajo.

Objetivo específico 2.

Realizar el diseño y elaboración de muestras (cilindros y vigas) de concreto simple y concreto con fibras lisas, en zigzag y rugosas de PET reciclado, en dosis de 4 kg y 8 kg de fibras por cada metro cúbico de concreto, para realizar los ensayos de compresión, tracción y flexión a 7, 14 y 28 días.

- Se recomienda el empleo de algún aditivo para mejorar el asentamiento del concreto (slump), sobre todo para el concreto con fibras PET rugosas.
- El proceso de obtención de las fibras de PET reciclado fue laborioso, sobre todo para obtener las fibras rugosas; por tanto, para la obtención de fibras en zigzag, lisas y rugosas, se debe analizar la posibilidad de diseñar una máquina que realice este proceso de forma más eficiente, dado que comercialmente solo existen las máquinas trituradoras de PET.
- Al tener todos los materiales y equipos para los ensayos, se recomienda realizar ensayos a las edades de 7, 14, 21 y 28 días correspondientes a compresión, tracción y flexión.

Objetivo específico 3.

Demostrar a partir de los resultados obtenidos en los ensayos, que el empleo de fibras de PET en zigzag y rugosas mejoran las capacidades mecánicas del concreto.

- Dado que los mejores resultados a los esfuerzos mecánicos lo muestran los concretos con fibras PET en zigzag (rugosos y lisos), en comparación a los concretos con fibras rectas, se recomienda realizar más estudios con este tipo de fibras y sus posibles aplicaciones.
- Uno de los estudios que se recomienda realizar empleando fibras PET en zigzag lisas y rugosas, es el **ensayo de panel EFNARC** en paneles de concreto.
- Debido a que hay muchas variables involucradas en el empleo de las fibras de PET (longitud, ancho, superficie, dosificación), se recomienda realizar ensayos para determinar la influencia de la longitud de las fibras en las capacidades del concreto, para diferentes dosificaciones.
- Se recomienda realizar los ensayos de compresión, tracción y flexión a las probetas descritas; previo diseño de mezcla, según cada mezcla que incluya los pesos de las fibras PET en proporciones de 4, 7, 10 y 12 kg/m³ de concreto partiendo de una mezcla patrón para los análisis comparativos y con las edades de 7, 14, 21 y 28 días; para así comprobar con más detalle el uso de las fibras PET en la mezcla con el concreto. Todo ello agregando su propio análisis de costos.

Objetivo específico 4.

Contribuir en la reducción de la contaminación ambiental por plásticos, así como reducir huella de carbono producida por la fabricación de fibras plásticas industriales.

- Se recomienda ensayar con otros materiales y/o fibras cuya producción genere una menor huella de carbono y ayude a mejorar el medio ambiente.
- Se recomienda emplear y hacer estudios con otros materiales contaminantes que podrían servir como aditivo del concreto, de manera que contribuimos en la reducción de estos materiales contaminantes.
- Se recomienda hacer ensayos y emplear fibras PET en zigzag como adición para el asfalto

en pavimentos, de esta manera le daríamos otro uso más a este material contaminante.

Objetivo específico 5.

Analizar los precios unitarios del concreto con y sin fibras PET considerando las proporciones de fibras de 4 y 8 kg/m³ de concreto.

- Se recomienda conocer los costos unitarios de los diferentes procesos que conforman un proyecto, de esta manera se podrá medir la utilidad o rentabilidad del uso de ciertos materiales, equipos y mano obra para un proyecto. Así mismo, son útiles para el control de costos y la toma de decisiones, como el uso de diferentes materiales que puedan ser parte del diseño de mezclas del concreto para el uso correspondiente en la construcción.
- Teniendo la base de los precios unitarios y su propio desglose, se recomienda el uso de este para variar en sus componentes como mano de obra, equipos y materiales y utilizar diferentes dosificaciones al momento de realizar ensayos con fibras PET en otras cantidades por m³ de concreto.
- Se recomienda realizar los APUs con otros tipos de materiales que influyan en el deterioro del medio ambiente para emplear los comparativos al momento de la factibilidad en los elementos estructurales en diversos tipos de construcción.

6. REFERENCIAS

En las referencias bibliográficas consultamos diversas fuentes para nuestro proyecto, citándolos de forma individual en relación a lo mencionado en el desarrollo del proyecto ya que las estas constituyen un elemento esencial para garantizar la rigurosidad y el carácter científico de una publicación.

Academic. (2010). *Ensayos mecánicos de los materiales*. Recuperado el 25 de agosto 2022 de <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/432837>

Aceros Arequipa. (s.f.). *Los tipos de concreto y sus usos*. Construyendo Seguro. <https://www.construyendoseguro.com/los-tipos-de-concreto-y-sus-usos/>

ACI Committee 544. (2002). *State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete*. ACI 544. 1R-96

Arapack. (2018, 31 de enero). *¿Qué es el PET?*. <https://acortar.link/bQofST>

ASTM International. (1996). *Método de prueba estándar para dividir la resistencia a la tracción de probetas cilíndricas de concreto*. (Norma ASTM C496).

ASTM International. (2002). *Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto*. (Norma ASTM C39/C39M-05).

ASTM International. (2002). *Método de resistencia a la flexión del concreto*. (Norma ASTM C78).

Da Silva Rodrigues, N., De Barros Carvalho, M., Morais Balbino, A., & Roma Vasconcelos, A. (2018). Fibra de PET na produção de concretos. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 15(3), 207-211. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.1580>

DeFelsko Inspection Instruments. (s.f.). *Cómo medir el grosor de las botellas de plástico*. <https://es.defelsko.com/resources/how-to-measure-the-thickness-of-plastic-bottles>

Flores Fernández, J. (2014). *Efecto en las propiedades en tensión de un material compuesto base cemento reforzado con fibras de PET reciclado*. México: Fuente de Objetos Científicos. <https://doi.org/oai:cimav.repositorioinstitucional.mx:1004/109>

- González Salcedo, L. (2013). *Influencia de los componentes del concreto reforzado con fibras en sus propiedades mecánicas* [Documento de trabajo, Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira]. Repositorio Académico UNC. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11789>
- GTM - Grupo Tecnología Mecánica. (2017). *Procesos de Fabricación*. <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/10.pdf>
- Hernández, I. (2013). *Cómo prevenir las fisuras en los pavimentos de concreto*. 360 en Concreto. Recuperado el 25 de setiembre de 2021, de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/prevenir-fisuras-en-los-pavimentos-de-concreto/>
- Holschemacher, K., & Müller, T. (2007). *Influence of fibre type on hardened properties of steel fibre reinforced concrete* [Conferencia]. 9th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques. https://www.researchgate.net/publication/267941052_INFLUENCE_OF_FIBRE_TYPE_ON_HARDENED_PROPERTIES_OF_STEEL_FIBRE_REINFORCED_CONCRETE
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (1994). *La Resistencia a la Tracción del Concreto*. <https://cdn-web.construccion.org/articulos/files/inf261-02.pdf>
- Instituto Tecnológico de Chihuahua. (2009). *Acabados superficiales: Normas de Acabado y Simbología*. https://nanopdf.com/download/acabados-superficiales_pdf
- International Energy Agency. (2018). *The Future of Petrochemicals: Towards more sustainable plastics and fertilisers*. Recuperado el 06 de julio de 2021, de <https://www.iea.org/reports/the-future-of-petrochemicals>
- Javier, O. (s.f.). *Las fibras en el concreto*. 360 en Concreto. Recuperado el 14 de enero de 2019, de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/las-fibras-en-el-concreto/>
- Kang, S.-T., Lee, K.-S., Choi, J.-I., Lee, Y., Felekoğlu, B., & Lee, B. (2016). Control of Tensile Behavior of Ultra-High Performance Concrete Through Artificial Flaws and Fiber Hybridization. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 10. <https://doi.org/10.1007/s40069-016-0155-6>

- Mansilla Pérez, L., & Ruiz Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. *Ingeniería Industrial*, (27), 123-137. <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428493008.pdf>
- Mármol, P. (2010). *Hormigones con fibras de acero – características mecánicas* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Académico UPM. <https://oa.upm.es/cgi/oai2>
- Márquez Domínguez, S., Mejía Sánchez, E., Arenzano Altaif, J., Martínez Guevara, G., & Tolentino, D. (2018). Soft Pre-stressed PET Profiles as reinforcing fibers in structural elements made of concrete. *DYNA*, 85(206), 162-170. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.71805>
- Martínez, D. (2008). *Hormigones de altas prestaciones* [Trabajo fin de carrera, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Digital de la Universitaria Politécnica de Cartagena. <http://hdl.handle.net/10317/70>
- Mendoza, C., Aire, C., & Dávila, P. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. *Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo*, 2(2), 35-47. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361233548003>
- Meza de Luna, A., Ortiz Lozano, J., Peralta Jaime, L., Pacheco Martínez, J., Soto Bernal, J., Rangel Martínez, S. (2014). Experimental mechanical characterization of steel and polypropylene fiber reinforced concrete. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 37(2), 106-115. <http://ve.scielo.org/pdf/rftiuz/v37n2/art02.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Cifras del mundo y el Perú*. Recuperado el 18 de noviembre de 2022, de <https://goo.su/xJXhz8g>
- Nibudey, R., Nagarnaik, P., Parbat, D., & Pande, A. (2013). A model for compressive strength of PET fiber reinforced concrete. *American Journal of Engineering Research*, 2(12), 367-372. [https://www.ajer.org/papers/v2\(12\)/ZO212367372.pdf](https://www.ajer.org/papers/v2(12)/ZO212367372.pdf)
- Normas UNE. (1999). *Acabados Superficiales*. (Norma UNE-EN ISO 4287:1999).
- Paricaguán Morales, B., & Muñoz Cuevas, J. (2019). Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar. *Revista Ingeniería UC*, 26(2), 202-212. <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276009/70760276009.pdf>

- Paz Campuzano, O., & Reyna, R. (2018, 04 de abril). *El Comercio*.
<https://elcomercio.pe/lima/sucesos/contaminacion-rastro-plastico-mar-noticia-512417-noticia/?ref=ecr&foto=5>
- Pujadas, P. (2008). *Durabilidad del hormigón con fibras de polipropileno* [Tesis de licenciatura, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio Institucional UPC.
<http://hdl.handle.net/2099.1/6554>
- Recimex. (2018, 13 de agosto). *Precios de plásticos reciclados*. Recuperado el 24 de setiembre de 2021, de <https://www.recimex.com.mx/blog/?p=590>
- Sika Perú S.A. (2011). *Sika Informaciones Técnicas*.
https://per.sika.com/dms/getdocument.get/743731e6-f615-3cf1-96f6-f2ebfac98803/Concreto%20Reforzado%20con%20Fibras_Brochure.pdf
- Sokolowska, J. J., & Zalegowski, K. (2018). Ultrasonic Quality Assessment of Polymer-Cement Concrete with Pet Waste as the Aggregate. *Archives of Civil Engineering*, 64(2), 67-77. <https://doi.org/10.2478/ace-2018-0017>
- Trottier, J., & Mahoney, M. (2001, 06 de enero). Innovative Synthetic Fibers. *Concrete International*, 23(6), 23-28.
<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&ID=10270>
- Urquilla López, R., Vásquez Pérez, A., & Vivas Bonilla, I. (2021). *Evaluación de granulometría shilstone y curva de la tarántula, mediante el ensayo de la caja, en mezclas de concreto hidráulico para pavimento rígido en el salvador* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/24041>
- Van der Vegt, A., & Govaert, L. E. (2003). *Polymeren : van keten tot kunststof* . Delft: DUP Blue Print. <https://n9.cl/jw9hkm>

ANEXOS

En esta sección complementaremos la información de nuestro proyecto mediante información obtenida en la investigación y desarrollo del mismo, esto para ahondar sobre aspectos puntuales del proyecto.

1. ANEXO – PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL MATERIAL PET

Figura 89

Presupuesto de Referencia del Material PET - 2018

Lista de Precios de Referencia (13/08/2018)			
Fuente: www.residum.com			
Material	Grado	Mínimo (\$/kg)	Máximo (\$/kg)
PET			
PET	A granel, mixto	4.50	6.00
PET	Paca, mixto	8.00	9.00
PET	Hojuelas sin lavar, natural	7.50	10.00
PET	Hojuelas sin lavar, verde	7.00	9.00
PET	Hojuelas limpias, natural	12.00	18.00
PET	Hojuelas limpias, verde	8.50	10.50
PET	Pelets, natural	14.00	20.00
PET	Pelets, color	9.00	15.00
PE-HD			
PE-HD	A granel, natural (soplado lechero)	6.00	8.50
PE-HD	Paca, natural (soplado lechero)	8.50	11.00
PE-HD	Hojuelas sin lavar, natural (soplado lechero)	9.50	12.00
PE-HD	Hojuelas limpias, natural (soplado lechero)	13.00	16.00
PE-HD	Pelets, natural (soplado lechero)	15.00	18.00
PE-HD	A granel, multicolor (soplado limpieza)	5.00	7.00
PE-HD	Paca, multicolor (soplado limpieza)	7.00	10.00
PE-HD	Hojuelas sin lavar, multicolor (soplado limpieza)	8.00	10.00
PE-HD	Hojuelas limpias, multicolor (soplado limpieza)	8.50	11.50
PE-HD	Pelets, multicolor para negro (soplado limpieza)	10.00	13.00
PP			
PP	A granel, natural (soplado suero)	6.50	8.50
PP	Paca, natural (soplado suero)	7.50	9.00
PP	Hojuelas sin lavar, natural (soplado suero)	8.00	10.00
PP	Hojuelas limpias, natural (soplado suero)	12.00	15.00
PP	Pelets, natural (soplado suero)	13.50	18.50
Notas:			
1) Los precios son en pesos mexicanos (MXN) por kilogramo.			
2) Los precios son libre a bordo (LAB, FOB) el centro o planta de reciclaje.			
3) Los precios son para referencia, de ningún modo son una lista oficial de precios.			
4) Los precios dependen de la calidad, cantidad y ubicación del material.			
5) Ni Recimex ni Residum se hacen responsables por los posibles usos de estos precios.			

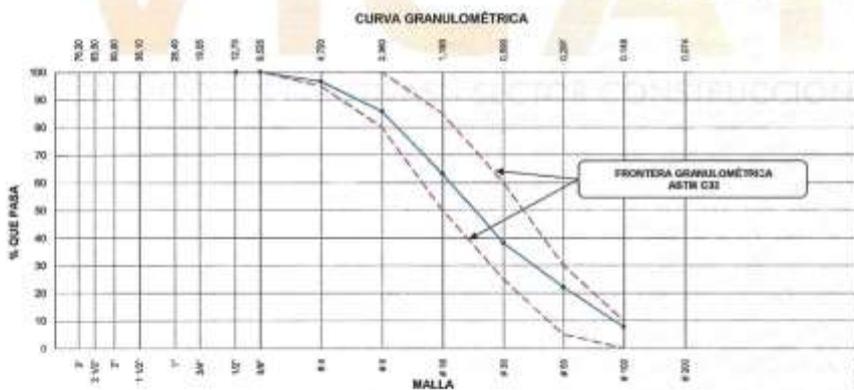


Nota. Listado de precios en pesos mexicanos al 13 de agosto de 2018. De “Precios de plásticos reciclados”, por Recimex, 2018.

2. ANEXO – CERTIFICADO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ARENA)

INFORME		
Versión	01	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136
F. Emisión	14/06/2022	
Página	1 de 1	
Proyecto : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET REICLADO		Registro N°: VC22-LEM-375-001
Solicitante : BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Muestreado por : Téc. Jorge Bolo
Cliente : BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Ensayado por : Téc. Jorge Bolo
Ubicación de Proyecto : UMA, PERÚ		Fecha de Ensayo : 10/06/2022
Material : Agregado para Concreto		Turno : Diurno
<hr/> Código de Muestra : A.F.P.D.M.		
Procedencia : Cantero Trapiche		
N° de Muestra : 01 - ARENA		

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 10 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
1/2"	12.50 mm					100.00	100.00
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	20.2	3.32	3.32	96.68	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	66.0	10.87	14.19	85.81	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	137.0	22.57	36.76	63.24	50.00	85.00
# 30	600 µm	152.4	25.11	61.87	38.13	25.00	60.00
# 60	300 µm	97.0	15.96	77.85	22.15	5.00	30.00
# 100	150 µm	87.0	14.33	92.18	7.82	0.00	10.00
Fondo	-	47.5	7.82	100.00	0.00	-	-
						MF	2.86
						TMN	-



YASHIN PHARES BOLO BELDANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CP: 253373

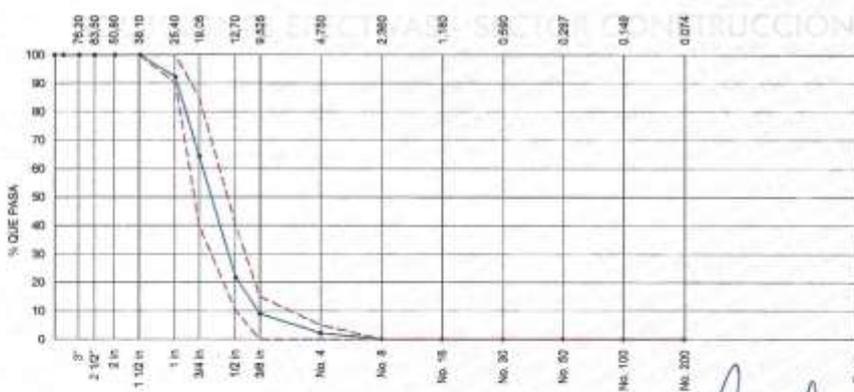
3. ANEXO – CERTIFICADO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA)

INFORME		
Versión	01	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136
F. Emisión	14/06/2022	
Página	1 de 1	
Proyecto	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET REICLADO	
Solicitante	: BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	
Cliente	: BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	
Ubicación de Proyecto	: UMA, PERÚ	
Material	: Agregado Grueso	
		Registro N°: VC22-LEM-375-002 Muestreado por : Tec. Jorge Bolo Ensayado por : Tec. Jorge Bolo Fecha de Ensayo : 10/06/2022 Turno : Diurno
Código de Muestra	: A.G.P.D.M	
Procedencia	: Cañera Trapiche - Lima	
N° de Muestra	: 02 - PIEDRA	

AGREGADO GRUESO ASTM C31/C33M - 18 - HUSO # 56

ABERTURA DE TÁMICES Marco de 8" de diámetro		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4 ir	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2 in	90.00 mm					100.00	100.00
3 in	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2 in	63.00 mm					100.00	100.00
2 in	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2 in	37.50 mm				100.00	100.00	100.00
1 in	25.00 mm	310.0	7.74	7.74	92.26	90.00	100.00
3/4 in	19.00 mm	1115.0	27.84	35.58	64.42	40.00	85.00
1/2 in	12.50 mm	1710.0	42.70	78.28	21.72	10.00	40.00
3/8 in	9.50 mm	510.0	12.73	91.01	8.99	0.00	15.00
No. 4	4.75 mm	270.0	6.74	97.75	2.25	0.00	5.00
No. 8	2.36 mm	90.0	2.25	100.00		0.00	0.00
No. 16	1.18 mm					0.00	0.00
No. 30	600 µm					0.00	0.00
No. 50	300 µm					0.00	0.00
No. 100	150 µm					0.00	0.00
No. 200	75 µm					0.00	0.00
< No. 200	< No. 200					-	-
						MF	6.89
						TMN	1"

CURVA GRANULOMÉTRICA



M A I A



YULIMAR BOLO VALDARA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CP- 253073

4. ANEXO – CERTIFICADO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS

INFORME		
Versión	01	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136
F. Emisión	18/06/2022	
Página	1 de 1	



Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET REOCLADO
Registro N°: VC22-LEM-375-003
Solicitante: BACH, JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH, FIDEL PEÑA AEDO
Muestreado por: Téc. Jorge Bolo
Cliente: BACH, JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH, FIDEL PEÑA AEDO
Ensayado por: Téc. Jorge Bolo
Ubicación de Proyecto: LIMA, PERÚ
Fecha de Ensayo: 17/06/2022
Material: Agregado para Concreto
Turno: Diurno

Código de Muestra: F.O.R.P.D.M.
Procedencia: Pet Reciclado - Envases de botellas plásticas.
N° de Muestra: 03 - FIBRAS ONDULADAS RUGOSAS

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 8							
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM % M INI**	ASTM % M SUP**	
-4"	100.00 mm				100.00	100.00	
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00	
3"	75.00 mm				100.00	100.00	
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00	
2"	50.00 mm				100.00	100.00	
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00	
1"	25.00 mm				100.00	100.00	
3/4"	19.00 mm				100.00	100.00	
1/2"	12.50 mm				100.00	100.00	
3/8"	9.50 mm			100.00	100.00	100.00	
# 4	4.75 mm	3.0	1.49	1.49	98.51	85.00	
# 8	2.36 mm	197.0	98.01	99.50	0.50	10.00	
# 16	1.18 mm	1.0	0.50	100.00	0.00	10.00	
# 30	600 µm	0.0	0.00	100.00	0.00	8.50	
# 50	300 µm	0.0	0.00	100.00	0.00	5.00	
# 100	150 µm	0.0	0.00	100.00	0.00	0.00	
Fondo	-	0.0	0.00	100.00	0.00	-	
					MP	5.01	
					TMN	-	



YAJAIRA PHARES BOLO SALVIÑA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

5. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA)

INFORME		VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD DE OBRA	
Versión	01	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO ASTM C-27	
F. Emisión	14/06/2022		
Página	1 de 1		
Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECIKLADO Solicitante: BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO Cliente: BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO Ubicación de Proyecto: LIMA, PERÚ Material: Agregado para Concreto		Registro N°: VC23-LEM-375-007 Muestreado por: Téc. Jorge Belo Ensayado por: Téc. Jorge Belo Fecha de Ensayo: 10/06/2022 Turno: Diurno	
Código de Muestra	: A.G.P.D.M.		
Procedencia	: Cantera Trapiche		
N° de Muestra	: 02 - PIEDRA		

Peso de Molde	8576
Volumen de Molde	9273

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio
P1	19976	13600	1.467	1.467
P2	19978	13602	1.467	

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	21229	14853	1.802	1.802
P2	21240	14854	1.803	




YOHAN PAREDES BOLDUANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Mt. T Lt. 10 Km. 18.5 Tropic Amaros - Cerro Baylo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641

6. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (ARENA)

INFORME		VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.S.	
Versión	01	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C-27	
F. Emisión	14/06/2022		
Página	1 de 1		
Proyecto	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y RESPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN OZONAS Y RUGOSAS DE PET REOCLADO		Registro N°: VC22-LEM-375-005
Solicitante	BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Mostrado por : Téc. Jorge Bolo
Cliente	BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Ensayado por : Téc. Jorge Bolo
Ubicación de Proyecto	LIMA, PERÚ		Fecha de Ensayo : 10/06/2022
Material	Agregado para Concreto		Tiempo : Diurno
Código de Muestra	A.F.P.D.M.		
Procedencia	Carretera Trapiache		
N° de Muestra	01 - ARENA		

Peso del Molde	1628
Volumen de Molde	2809

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio
P1	6258	4630	1.648	1645
P2	6239	4611	1.642	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	6663	5055	1.800	1801
P2	6689	5061	1.802	

Kg/m³



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD



JORGE BOLO BALDAMA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F. U. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla
 CONTACTO: 011787-1039 - 992025641

7. ANEXO – CERTIFICADO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO CON FIBRAS RECTAS LISAS

INFORME		
Versión	01	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136
F. Emisión	18/06/2022	
Página	1 de 1	

VICAT
LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN PERÚ

Proyecto : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECIDADO	Registro N° : VC22-LEM-375-005
Solicitante : BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. RIDEL PEÑA AEDO	Muestreado por : Téc. Jorge Bolo
Cliente : BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. RIDEL PEÑA AEDO	Ensayado por : Téc. Jorge Bolo
Ubicación de Proyecto : LIMA, PERÚ	Fecha de Ensayo : 17/06/2022
Material : Agregado para Concreto	Turno : Diurno

Código de Muestra : F.R.L.P.D.M.	
Procedencia : Pet Reciclado - Envases de botellas plásticas.	
N° de Muestra : 05 - FIBRAS RECTAS LISAS	

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm				100.00	100.00
3/4"	19.00 mm				100.00	100.00
1/2"	12.50 mm				100.00	100.00
3/8"	9.50 mm			100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	0.0	0.00	100.00	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	2.0	0.98	99.02	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	7.0	3.43	95.59	50.00	85.00
# 30	600 µm	195.0	95.50	100.00	25.00	60.00
# 50	300 µm	0.0	0.00	100.00	5.00	30.00
# 100	150 µm	0.0	0.00	100.00	0.00	10.00
Fondo	-	0.0	0.00	100.00	-	-
					MF	3.05
					TMN	---

CURVA GRANULOMÉTRICA

YASIN PHARES BOLO SALAZAR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CP. 253773

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y
CONTROL DE CALIDAD**

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylo
 CONTACTO: 011787-1039 - 992025641

8. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS

INFORME			
Versión	01	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C-27	
F. Emisión	18/06/2022		
Página	1 de 1		
Proyecto:		ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET REICLADO	
Solicitante:		BACH. JHOAN FREDY TURINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	
Cliente:		BACH. JHOAN FREDY TURINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	
Ubicación de Proyecto:		LIMA, PERÚ	
Material:		Agregado para Concreto	
Código de Muestra:		F.C.I.P.D.M.	
Procedencia:		Pet Reciclado - Envasos de botellas plásticas.	
N° de Muestra:		01 - FIBRAS ODULADAS RUGOSAS	
Registro N°: VC22-LEM-375-008 Muestreado por: Téc. Jorge Bolo Ensayado por: Téc. Jorge Bolo Fecha de Ensayo: 17/06/2022 Turno: Diurno			

Peso del Molde	1002
Volumen de Molde	2798

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio
P1	2190	208	0.103	104
P2	2198	206	0.100	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	2480	578	0.207	206
P2	2476	574	0.206	

Kg/m³




YANYU FLORES BIZCARRA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F. U. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Comboylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992823641

9. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 28 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³ Y 8 KG/M³

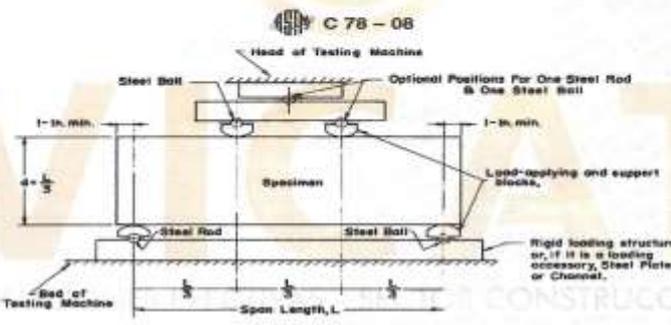
	INFORME	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha versión	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO	REGISTRO N°:	VC22-LEN-375-029
SOLICITANTE	BACH. JHOJAN FREDY TUÑO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REALIZADO POR	Téc. Jorge B
UBICACIÓN DEL PROYECTO	LIMA, PERÚ	REVISADO POR	Ing. Yafan Bolo
FECHA DE EMISIÓN	16/06/2022	TURNO	Diurno

Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Viga
F'c de diseño	210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
DISEÑO PATRÓN	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	54.7 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	55.0 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA RUGOSA 4 KG/M ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	48.4 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.4 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA RUGOSA 8 KG/M ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	50.8 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	50.5 kg/cm ²



Fecha: ASTM C78

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal Técnico de VICAT ERL.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT ERL.





YAFAN BOLO SALDAÑA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

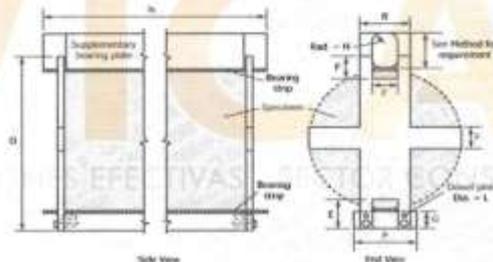
www.vicatconstruccion.com / informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F. Lt. 13 Km. 18.3 Topoc Amara - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641

10. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 28 DÍAS CON LOS 3 TIPOS DE FIBRAS EN 8 KG/M³

	INFORME	Código	AE-FO-134
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO	Versión	01
		F. Versión	02-07-2021
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Análisis comparativo de la influencia de la geometría y la rugosidad de las fibras para concreto en las capacidades mecánicas del concreto y propuesta de empleo de fibras en zigzag y rugosas de PET recicladas.		REGISTRO N°: VC22-LEM-375-025
SOLICITANTE	: Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO		REALIZADO POR : Téc. Jorge Bofo
ENTIDAD	: Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO		REVISADO POR : Ing. Yashin Bofo
UBICACIÓN DE PROYECTO	: LIMA PERÚ		FECHA DE ENSAYO : 15/07/2022
FECHA DE EMISIÓN	: 17/07/2022		TURNO : Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 5" x 12"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²		

Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C496/C496M-17

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
FIBRA ONDULADA RUGOSA 8 Kg/m ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	15502.5	21.4 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	16096.0	22.3 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.4	15.24	15898.1	21.8 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA LISA 8 Kg/m ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.4	15.24	25037.7	34.4 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	25256.9	34.9 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	24704.3	34.2 kg/cm ²
FIBRA RECTA LISA 8 Kg/m ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	17125.9	23.7 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.4	15.24	17173.8	23.6 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	30.4	15.24	17364.5	23.9 kg/cm ²



Source: ASTM C496

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT EIRL.




 YASHIN BOFO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

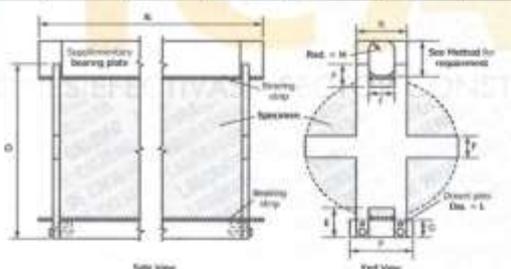
WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Mc. P.U. 10 Km. 18.3 Tapac Amaru - Coribaylo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641

11. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 28 DÍAS CON LOS 3 TIPOS DE FIBRAS EN 4 KG/M³

	INFORME		Código	AE-PO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASLERO		Versión	01
			F. Versión	02-07-2021
			Página	1 de 1
PROYECTO	Análisis comparativo de la influencia de la geometría y la rugosidad de las fibras para concreto en las capacidades mecánicas del concreto y propuesta de empleo de fibras en zigzag y rugosas de PET reciclado.			REGISTRO N°: VC22-LEM-375-027
SOLICITANTE	Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO			REALIZADO POR : Téc. Jorge Bolo
ENTIDAD	Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO			REVISADO POR : Ing. Yastin Bolo
UBICACIÓN DE PROYECTO	LIMA-PERU			FECHA DE ENSAYO : 16/07/2022
FECHA DE EMISIÓN	17/07/2022			TURNO : Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Presentación	Especímenes cilíndricos 6" x 12"			
Fc de diseño	210 kg/cm ²			

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C486/C486M-17**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
DISEÑO PATRON	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.4	15.24	26717.2	36.7 kg/cm ²
	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	26192.0	36.2 kg/cm ²
	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.3	15.24	26480.6	36.5 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA RUGOSA 4 Kg/m ³	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	23394.0	32.4 kg/cm ²
	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	23279.8	32.2 kg/cm ²
	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.48	15.24	23646.8	32.4 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA LISA 4 Kg/m ³	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.48	15.24	17329.8	23.8 kg/cm ²
	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	18023.2	24.8 kg/cm ²
	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	17420.6	24.1 kg/cm ²
FIBRA RECTA LISA 4 Kg/m ³	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.3	15.24	18247.5	25.2 kg/cm ²
	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.2	15.24	18338.3	25.4 kg/cm ²
	16/06/2022	16/07/2022	28 días	30.4	15.24	18754.3	25.6 kg/cm ²



Fuente: ASTM C486

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohíbese la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT EIRL.




YASTIN PHARES BULO SALDANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

www.vicatconstruccion.com / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza W. F. Lt. 10 Km. 18.5 Tupoc Amaru - Cuzco/Perú
 CONTACTO: (01)787-1039 - 99202564

12. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS CON LOS 3 TIPOS DE FIBRAS EN 8 KG/M³

Versión	1	INFORME	
F. Versión	03/07/2021	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	
Página	1 de 1		

: Análisis comparativo de la influencia de la geometría y la rugosidad de las fibras para concreto en las capacidades mecánicas del concreto y propuesta de empleo de fibras en zigzag y rugosas de PET reciclado.

PROYECTO : LIMA - PERÚ

UBICACIÓN DEL PROYECTO : LIMA - PERÚ

SOLICITANTE : Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO

ATENCIÓN : Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO

FECHA DE EMISIÓN : 17 de Julio del 2022

REGISTRO N° : VC22-LEM-375-026

REALIZADO POR : Téc. Jorge B.

REVISADO POR : Ing. Yashin Bolo

FECHA DE REVISIÓN : 16/07/2022

Tipo de muestra : Concreto endurecido

Presentación : Probetas cilíndricas de 6"x12"

F'c de la muestra : F'c = 210 kg/cm²

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestreo	Edad (días)	Fecha de Retiro	Díámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Relación Altura / Diámetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
FIBRA ONDULADA RUGOSA 8 KG/M³	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	49975.86	274 kg/cm ²	130.5%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	50099.70	275 kg/cm ²	130.8%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	50256.34	275 kg/cm ²	131.1%
FIBRA ONDULADA LISA 8 KG/M³	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	52791.91	289 kg/cm ²	137.6%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	52834.74	290 kg/cm ²	137.9%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	52321.83	287 kg/cm ²	136.6%
FIBRA RECTA LISA 8 KG/M³	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	49671.63	272 kg/cm ²	128.7%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	49329.01	270 kg/cm ²	128.8%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	49925.14	274 kg/cm ²	130.3%



Tipo 1
Fibras con ondulación (sin fricción en ambas extremidades, fricción lateral de los cables con espesor de 1 a 25 mm)



Tipo 2
Fibras tipo de cables en su extremo, fricción vertical a través de los alfileres, con un área reducida de los cables



Tipo 3
Fibras tipo de cables en su extremo, fricción vertical a través de los alfileres, con un área reducida de los cables



Tipo 4
Fibras tipo de cables en su extremo, fricción vertical a través de los alfileres, con un área reducida de los cables



Tipo 5
Fibras tipo de cables en su extremo, fricción vertical a través de los alfileres, con un área reducida de los cables



Tipo 6
Fibras tipo de cables en su extremo, fricción vertical a través de los alfileres, con un área reducida de los cables

FIG. 1 Ejemplos de los Tipos de Fibras Tipo... Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras ensayadas a solicitud del cliente.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT SRL.





YASHIN BOLO SALDÑA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
Dirección: Villa Esperanza Ma. F.L. 10 Km. 18.3 Tupac Amaru – Carabaylla
CONTACTO: 011787-1039 - 992075641

13. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS CON LOS 3 TIPOS DE FIBRAS EN 4 KG/M³

Versión	1	INFORME	
F. Versión	07/2021	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	
Página	1 de 1		

PROYECTO : Análisis comparativo de la influencia de la geometría y la rugosidad de las fibras para concreto en las capacidades mecánicas del concreto y propuesta de empleo de fibras en zigzag y rugosas de PET reciclado. REGISTRO N° : VC22-LEM-375-025
UBICACIÓN DEL PROYECTO : LIMA - PERÚ
SOLICITANTE : Bach. JHOJAN FREDY TUPINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO REALIZADO POR : Téc. Jorge B.
ATENCIÓN : Bach. JHOJAN FREDY TUPINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO REVISADO POR : Ing. Yashin Bolo
FECHA DE EMISIÓN : 17 de Julio del 2022. FECHA DE REVISIÓN : 16/07/2022

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Probetas cilíndricas de 6"x12"
F'c de la muestra : F'c = 210 kg/cm²

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestreo	Edad (días)	Fecha de Retiro	Díámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo de falta	Relación Altura / Diámetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
DISEÑO PATRÓN	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	55894.88	366 kg/cm ²	145.9%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	56306.68	369 kg/cm ²	144.4%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	55897.58	367 kg/cm ²	145.0%
FIBRA ONDULADA RUGOSA 4 KG/M³	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	53241.90	292 kg/cm ²	138.0%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	53044.17	290 kg/cm ²	140.8%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	4	3.00	53742.37	295 kg/cm ²	140.3%
FIBRA ONDULADA LISA 4 KG/M³	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	52962.79	291 kg/cm ²	138.3%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	53086.05	292 kg/cm ²	139.0%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	2	2.00	53886.38	290 kg/cm ²	138.0%
FIBRA RECTA LISA 4 KG/M³	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	52983.81	290 kg/cm ²	138.3%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	4	3.00	53659.36	299 kg/cm ²	137.3%
	16/06/2022	28	16/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	52743.88	289 kg/cm ²	137.7%

FIG. 2 Disposición de las Fibras de Fibrado Tipo: Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras ensayadas a solicitud del cliente.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT EIRL.

YASHIN PARES BOLO SALOMÓN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

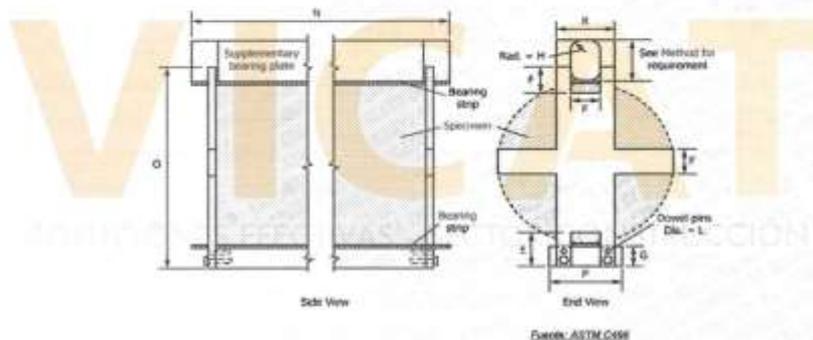
WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstrucción.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F.U. 10 Kms. 18.5 Tipoc Amarú - Carabaylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025441

14. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 14 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³

	INFORME	Código	AE-FO-128
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASLERO	Versión	01
		F. Versión	02-07-2021
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Análisis comparativo de la influencia de la geometría y la rugosidad de las fibras para concreto en las capacidades mecánicas del concreto y propuesta de empleo de fibras en zigzag y rugosas de PET reciclado.	REGISTRO N°	: VC22-LEM-375-024
SOLICITANTE	: Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO	REALIZADO POR	: Téc. Jorge Bolo
ENTIDAD	: Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO	REVISADO POR	: Ing. Yashin Bolo
UBICACIÓN DE PROYECTO	: LIMA-PERU	FECHA DE ENSAYO	: 20/7/2022
FECHA DE EMISIÓN	: 03/07/2022	TURNOS	: Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 6" x 12"		
Fc de diseño	: 210 kg/cm ²		

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C496/C496M-17**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
DISEÑO PATRÓN	18/06/2022	20/7/2022	14 días	30.48	15.24	22888.2	31.4 kg/cm ²
	18/06/2022	20/7/2022	14 días	30.48	15.24	22830.1	31.3 kg/cm ²
	18/06/2022	20/7/2022	14 días	30.48	15.24	22430.3	30.7 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA RUGOSA 4 Kg/m³	18/06/2022	20/7/2022	14 días	30.48	15.24	22466.0	30.8 kg/cm ²
	18/06/2022	20/7/2022	14 días	30.48	15.24	22596.6	31.0 kg/cm ²
	18/06/2022	20/7/2022	14 días	30.48	15.24	22515.0	30.9 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT EIRL.



15. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 14 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³

Versión	1	INFORME	
F. Versión	06/07/2021	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	
Página	1 de 1		

PROYECTO : Análisis comparativo de la influencia de la geometría y la rugosidad de las fibras para concreto en las capacidades mecánicas del concreto y propuesta de empleo de fibras en zigzag y rugosas de PET reciclado. **REGISTRO N°** : VC23-LEM-375-023

UBICACIÓN DEL PROYECTO : LIMA - PERU

SOUCITANTE : Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO **REALIZADO POR** : Tec. Jorge B.

ATENCIÓN : Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO **REVISADO POR** : Ing. Yashai Bolo

FECHA DE EMISIÓN : 03 de Julio del 2022 **FECHA DE REVISIÓN** : 02/07/2022

Tipo de muestra : Concreto endurecido

Presentación : Probetas cilíndricas de 6x12"

F'c de la muestra : F'c 210 kg/cm²

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestras	Edad (días)	Fecha de Rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo de Falla	Relación Altura / Diámetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
DESGO PATRÓN	18/06/2022	14	2/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	52080.32	286 kg/cm ²	136.0%
	18/06/2022	14	2/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	52260.82	287 kg/cm ²	136.4%
	18/06/2022	14	2/07/2022	15.24	30.48	182.4	2	2.00	51046.58	285 kg/cm ²	135.6%
FIBRA ONDULADA RUGOSA 4 KG/M³	18/06/2022	14	2/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	48843.63	268 kg/cm ²	127.5%
	18/06/2022	14	2/07/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	48243.03	264 kg/cm ²	125.9%
	18/06/2022	14	2/07/2022	15.24	30.48	182.4	2	2.00	48457.16	266 kg/cm ²	126.5%

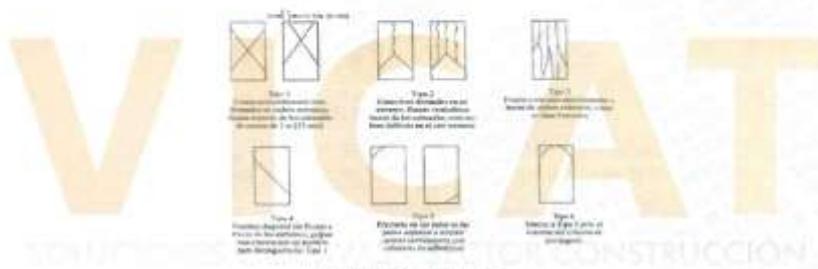


FIG. 3 Diagrama de los Métodos de Pruebas y Tipos

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras ensayadas a solicitud del cliente.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT SRL.




YASHAI BOLA SÁLDANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° OP: 253773

16. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 7 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³



INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO

Código	AE-PO-124
Versión	01
F. Versión	02-07-2021
Páginas	1 de 1

PROYECTO : Análisis comparativo de la influencia de la geometría y la rugosidad de las fibras para concreto en las capacidades mecánicas del concreto y propuesta de empleo de fibras en zigzag y rugosas de PET recicladas.

SOLICITANTE : Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO

ENTIDAD : Bach. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO

UBICACIÓN DE PROYECTO : LIMA-PERU

FECHA DE EMISIÓN : 26/06/2022

Tipo de muestra : Concreto endurecido

Presentación : Especímenes cilíndricos 6" x 12"

F_o de diseño : 210 kg/cm²

REGISTRO N° : VC23-LEM-375-022

REALIZADO POR : Ttc. Jorge Bolo

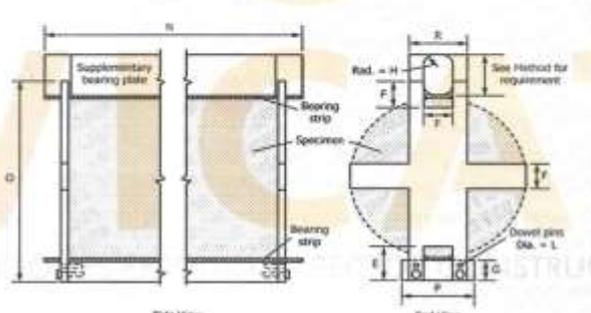
REVISADO POR : Ing. Yashin Bolo

FECHA DE ENSAYO : 25/06/2022

TURNO : Diurno

Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C496/C496M-17

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
DISEÑO PATRÓN	18/06/2022	25/06/2022	7 días	30.48	15.24	21174.1	29.0 kg/cm ²
	18/06/2022	25/06/2022	7 días	30.48	15.24	21511.6	29.5 kg/cm ²
	18/06/2022	25/06/2022	7 días	30.48	15.24	21237.3	29.1 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA RUGOSA 4 Kg/m³	18/06/2022	25/06/2022	7 días	30.48	15.24	21180.2	29.0 kg/cm ²
	18/06/2022	25/06/2022	7 días	30.48	15.24	21077.2	28.9 kg/cm ²
	18/06/2022	25/06/2022	7 días	30.48	15.24	21281.1	29.2 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT EIRL.





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F. 11, 10 Km. 18.3, Tumbes Amaro - Corobayillo
 CONTACTO: 011(787-1039 - 99202564)

17. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³

Versión	1	INFORME	
F. Versión	B07/2021	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	
Página	1 de 1		

PROYECTO : Análisis comparativo de la influencia de la geometría y la rugosidad de las fibras para concreto en las capacidades mecánicas del concreto y propuesta de empleo de fibras en zigzag y rugosas de PET reciclado.	REGISTRO N° : VC22-LEM-375-021
UBICACIÓN DEL PROYECTO : LIMA - PERU	REALIZADO POR : Téo. Jorge B.
SOLICITANTE : Bach. JHOUAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO	REVISADO POR : Ing. Yashin Bolo
ATENCIÓN : Bach. JHOUAN FREDY TUFINO ALVARADO / Bach. FIDEL PEÑA AEDO	FECHA DE REVISIÓN : 25/06/2022
FECHA DE EMISIÓN : 28 de Junio del 2022	

Tipo de muestra : Concreto endurecido	
Presentación : Probetas cilíndricas de 6x12"	
F'c de la muestra : F'c: 210 kg/cm ²	

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestra	Edad (días)	Fecha de Rotura	Díámetro (mm)	Altura (mm)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Relación Altura / Diámetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
DISEÑO PATRÓN	16/06/2022	7	25/06/2022	15.20	30.40	181.5	3	2.00	45128.38	340 kg/cm ²	116.4%
	16/06/2022	7	25/06/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	45201.26	348 kg/cm ²	118.0%
	16/06/2022	7	25/06/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	45983.37	352 kg/cm ²	120.0%
FIBRA ONDULADA RUGOSA 4 KG/M³	16/06/2022	7	25/06/2022	15.20	30.40	181.5	3	2.00	43645.20	341 kg/cm ²	114.5%
	16/06/2022	7	25/06/2022	15.20	30.40	181.5	3	2.00	44134.38	343 kg/cm ²	115.8%
	16/06/2022	7	25/06/2022	15.24	30.48	182.4	3	2.00	43935.51	341 kg/cm ²	114.7%

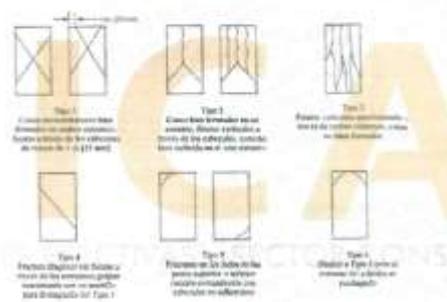


FIG. 1 Esquema de los Tipos de Pruebas 1) Tipos

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Aluevas oncesadas a cólidad del cloda.
- * Prohibido la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT EIRL.





YASHIN BOLO CALDANA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CP: 25277

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com

Dirección: Villa Esperanza Mt. F.Lt. 10 Km. 16.3 Tropic Amara - Corchaylla

CONTACTO: (01)787-1039 - 99202564

18. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS RECTAS LISAS EN 8 KG/M³

	INFORME	Código	AE-FO-03
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Página	1 de 1

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA HUMEDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN BLOZAS Y RIGOSAS DE PET RECICLADO	REGISTRO N° : VC23-LEM 375-20 DM
SOLICITANTE : BACH. JHESUAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PERA MEDO	REALIZADO POR : Tec. Jorge B.
CLIENTE : BACH. JHESUAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PERA MEDO	REVISADO POR : Ing. Yashin B.
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima-Perú	FECHA DE VAGADO : 18/06/2022
FECHA DE EMISIÓN : 18 de Junio del 2022	TURNO : Diurno

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino	F_o de diseño : 210 kg/cm ²
Procedencia : Cantera Trapiche	Asentamiento : 1" - 3"
Cemento : Cemento SOL tipo 1	Código de mezcla : F.R.L. II KG

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA F _{cr} = 294 kg/cm ²	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento = 357 kg
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO R _{ac} = 0.98	6. FACTOR CEMENTO Bolitas x m ³ = 8.4 Bolitas
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua = 200 L	Fibras x m ³ = 8.00 Kg/m ³
4. CANTIDAD DE AIREATRAPADO Aire = 1.5%	

7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS									
INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO		HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINIZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	
Cemento SOL tipo 1	3150 kg/m ³	0.1134 m ³							
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³							
Aire	—	0.0150 m ³							
Aditivo	—	0.0000 m ³							
Agregado fino	2560 kg/m ³	—	3.50%	1.50%	2.00	1645	1601		
PET-F.R.L.	1400 kg/m ³	—	0.00%	0.00%	5.01	108	257		
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	—	0.38%	1.14%	8.89	1467	1602		
Volumen de pasta		0.3264 m ³							
Volumen de agregados		0.6716 m ³							

8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS Agregado fino : 39.1% = 0.2626 m ³ = 699 kg PET-F.R.L. : 0.9% = 0.0060 m ³ = 8 kg Agregado Grueso : 60.0% = 0.4030 m ³ = 1115 kg	11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA : 0.075 m ³ Cemento SOL tipo 1 : 25.00 kg Agua : 13.62 L Aditivo : 0.0 g Agregado fino : 50.6 kg PET-F.R.L. : 0.89 kg Agregado Grueso : 78.4 kg
9. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD Agregado fino : 723 kg PET-F.R.L. : 8 kg Agregado Grueso : 1120 kg	12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA CEM : A.F. PET : A.G. ADIT : AGUA 1 : 1.8 : 0.3 : 3.2 : 0.0 : 23.1 L/bolita

10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD Agua : 195 L	13. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA EN ESTADO FRESCO F _{UT} : 2404 kg/m ² F _{UC} : 2383 kg/m ² Slump Obtenido : 1.344 Plg Temperatura Ambiente : 16.3 °C Temperatura Concreto : 22.1 °C Aire : 1.8% % Observación : Se muestra 8 probetas de 6" x 12" y 2 Vigas de 15x15x4 cm
--	--

	DOSEIFICACIÓN X M³																		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Materiales</th> <th>Diseño Seco</th> <th>Diseño Humedo</th> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td>357 kg</td> <td>357 kg</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>200 L</td> <td>195 L</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>= 699 kg</td> <td>= 723 kg</td> </tr> <tr> <td>Piedra</td> <td>= 1116 kg</td> <td>1120 kg</td> </tr> <tr> <td>PET-F.R.L.</td> <td>= 8 kg</td> <td>8 kg</td> </tr> </table>	Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo	Cemento	357 kg	357 kg	Agua	200 L	195 L	Arena	= 699 kg	= 723 kg	Piedra	= 1116 kg	1120 kg	PET-F.R.L.	= 8 kg	8 kg
Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo																	
Cemento	357 kg	357 kg																	
Agua	200 L	195 L																	
Arena	= 699 kg	= 723 kg																	
Piedra	= 1116 kg	1120 kg																	
PET-F.R.L.	= 8 kg	8 kg																	





YASHIN B. BOLA SALDÑA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F.L. 10 Km. 18.5 Rucos Amara - Carabaya
 CONTACTO: (01)787-1039 - 99202544

19. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS RECTAS LISAS EN 4 KG/M³

	INFORME	Código	AE-PO-83
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Página	1 de 1

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAGS Y RUGOSAS DE PET RECICLADO	REGISTRO N° : VC22-LEM 375-19 DM
SOLICITANTE : BACH. JHOSAN FREDY TUPINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REALIZADO POR : Tlc. Jorge B.
CLIENTE : BACH. JHOSAN FREDY TUPINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REVISADO POR : Ing. Yashin B.
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima-Perú.	FECHA DE VACADO : 18/06/2022
FECHA DE EMISIÓN : 18 de Junio del 2022.	TURNO : Diurno.

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño : 210 kg/cm ²
Procedencia : Cantera Trapiche	Asealamiento : 1" - 3"
Cemento : Cemento SOL tipo 1	Código de mezcla : F.R.L. 4 KG

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento = 357 kg
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO $R_{a/c} = 0.56$	6. FACTOR CEMENTO Bolitas x m ³ = 8.4 Bolitas
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua = 200 L	Fibras x m ³ = 4.00 Kg/m ³
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO Aire = 1.5%	

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Cemento SOL tipo 1	3150 kg/m ³	0.1134 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³					
Aire	---	0.0150 m ³					
Agregado fino	2600 kg/m ³	---	3.50%	1.50%	2.85	1648	1801
PET- F.R.L.	1400 kg/m ³	---	0.00%	0.00%	5.01	100	207
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	---	0.30%	1.14%	6.85	1467	1602
Volumen de pasta		0.3294 m ³					
Volumen de agregados		0.6716 m ³					

8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS Agregado fino 39.6% = 0.3666 m ³ = 767 kg PET- F.R.L. 0.5% = 0.0050 m ³ = 4 kg Agregado Grueso 60.0% = 0.4030 m ³ = 1115 kg	11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.070 m ³ Cemento SOL tipo 1 25.00 kg Agua 13.00 L Aditivo 0.0 g Agregado fino 51.2 kg PET- F.R.L. 0.30 kg Agregado Grueso 78.4 kg
9. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD Agregado fino 731 kg PET- F.R.L. 4 kg Agregado Grueso 1120 kg	12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA CEM. A.F. PET. A.G. ADIT. AGUA 1 : 1.8 : 0.2 : 3.2 : 0.0 : 23.1 L/bolita

10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD Agua 194 L	DOSIFICACIÓN X M³ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Materiales</th> <th>Diseño Seco</th> <th>Diseño Humedo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento</td> <td>357 kg</td> <td>357 kg</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>200 L</td> <td>194 L</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>~ 707 kg</td> <td>~ 731 kg</td> </tr> <tr> <td>Piedra</td> <td>~ 1115 kg</td> <td>1120 kg</td> </tr> <tr> <td>PET- F.R.L.</td> <td>~ 4 kg</td> <td>4 kg</td> </tr> </tbody> </table>	Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo	Cemento	357 kg	357 kg	Agua	200 L	194 L	Arena	~ 707 kg	~ 731 kg	Piedra	~ 1115 kg	1120 kg	PET- F.R.L.	~ 4 kg	4 kg
Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo																	
Cemento	357 kg	357 kg																	
Agua	200 L	194 L																	
Arena	~ 707 kg	~ 731 kg																	
Piedra	~ 1115 kg	1120 kg																	
PET- F.R.L.	~ 4 kg	4 kg																	

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA EN ESTADO FRESCO PUT : 2407 kg/m ³ FUC : 2382 kg/m ³ Slump Obtenido : 2 Pulg. Temperatura Ambiente : 18.3 °C Temperatura Concreto : 22.1 °C Aire : 1.3% % Observación : Se muestreó 6 probetas de 6" x 12" y 2 Vigas de 15x15x64 cm	 <p>YASHIN B. BOLDEALDANA INGENIERO CIVIL Reg. N° CIP- 253773</p>
--	---





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

www.vicatconstruccion.com / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F. II, 10 Km. 18.5 Tapac Amaru - Carabaya
 CONTACTO: 031787-1039 - 992025541

20. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS ZIGZAG LISAS EN 4 KG/M³

	INFORME	Código	AE-PD-03
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Página	1 de 1

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET REGULADO	REGISTRO N° : VC22-LEM 375-18 DM
SOLICITANTE : BACH. JUAN FREDY TUPAO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REALIZADO POR : Tlc. Jorge B.
CLIENTE : BACH. JUAN FREDY TUPAO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REVISADO POR : Ing. Yashin B.
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima Perú.	FECHA DE VACIADO : 18/06/2022
FECHA DE EMISIÓN : 18 de Junio del 2022	TURNO : Diurno

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino	F_o de diseño : 210 kg/cm ²
Procedencia : Cantera Trapiche	Asentamiento : 1" - 3"
Cemento : Cemento SOL Ipo 1	Código de mezcla : F.O.L. 4 KG

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA F _{cr} = 204 kg/cm ²	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento = 357 kg
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO R _{ac} = 0.50	6. FACTOR CEMENTO Botas x m ³ = 8.4 Botas
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua = 200 L	Fibra x m ³ = 4.00 Kg/m ³
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO Aire = 1.5%	

7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS									
INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO		HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	
Cemento SOL Ipo 1	3150 kg/m ³	0.1134 m ³							
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³							
Aire	—	0.0150 m ³							
Agregado	—	0.0000 m ³							
Agregado fino	2500 kg/m ³	—	3.00%	1.50%	2.96	1045	1001		
PET- F.O.L.	1400 kg/m ³	—	0.00%	0.00%	5.01	104	205		
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	—	0.39%	1.14%	6.89	1427	1002		
Volumen de pasta		0.3264 m ³							
Volumen de agregados		0.6716 m ³							

8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS Agregado fino 39.0% = 0.3856 m ³ = 757 kg PET- F.O.L. 0.7% = 0.0030 m ³ = 4 kg Agregado Grueso 60.0% = 0.4030 m ³ = 1115 kg	11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.070 m ³ Cemento SOL Ipo 1 25.00 kg Agua 15.60 L Aditivo 0.0 g Agregado fino 51.2 kg PET- F.O.L. 0.50 kg Agregado Grueso 75.4 kg
9. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD Agregado fino 751 kg PET- F.O.L. 4 kg Agregado Grueso 1120 kg	12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA CEM. A.F. PET. A.G. ADIT. AGUA 1 : 1.9 : 0.3 : 3.2 : 0.0 : 23.1 L/m ³

10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD Agua 194 L	
--	--

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA EN ESTADO FRESCO PUT : 2407 kg/m ³ PUC : 2386 kg/m ³ Skmp Obtenido : 2.14 Pulg. Temperatura Ambiente : 19.8 °C Temperatura Concreto : 20.4 °C Aire : 1.8% % Observación : Se muestreó 0 probetas de 6" x 12" y 2 Vigas de 15x15x54 cm	DOSIFICACIÓN X M³ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Material</th> <th>Diseño Seco</th> <th>Diseño Humedo</th> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td>357 kg</td> <td>357 kg</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>200 L</td> <td>194 L</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>= 757 kg</td> <td>= 751 kg</td> </tr> <tr> <td>Piedra</td> <td>= 1115 kg</td> <td>1120 kg</td> </tr> <tr> <td>PET- F.O.L.</td> <td>= 4 kg</td> <td>4 kg</td> </tr> </table>	Material	Diseño Seco	Diseño Humedo	Cemento	357 kg	357 kg	Agua	200 L	194 L	Aire	= 757 kg	= 751 kg	Piedra	= 1115 kg	1120 kg	PET- F.O.L.	= 4 kg	4 kg
Material	Diseño Seco	Diseño Humedo																	
Cemento	357 kg	357 kg																	
Agua	200 L	194 L																	
Aire	= 757 kg	= 751 kg																	
Piedra	= 1115 kg	1120 kg																	
PET- F.O.L.	= 4 kg	4 kg																	





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F.L. 10 Km. 10.3 Tupos Ancaru - Carabaylla
 CONTACTO: 011787.1039 - 992025641

21. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS

ZIGZAG LISAS EN 8 KG/M³

	INFORME	Código	AE-FO-03																
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO REFERENCIA ACI 211	Versión	01																
		Página	1 de 1																
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECLADO	REGISTRO N°:	VC23-LEM 375-17 DM																
SOLICITANTE	: BACH. JHOSMAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PERAÑEDO	REALIZADO POR :	Téc. Jorge B.																
CUENTE	: BACH. JHOSMAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PERAÑEDO	REVISADO POR :	Ing. Yashin B.																
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima-Perú	FECHA DE VAGADO:	18/06/2022																
FECHA DE EMISIÓN	: 18 de Junio del 2022	TURNO:	Diurno																
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F: de (diseño):	210 kg/m ³																
Procedencia	: Cariera Tropiche	Asentamiento:	1" - 3"																
Cemento	: Cemento SOL tipo 1	Código de mezcla:	F.O.L. 8 KG																
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	$f'_{cr} = 394 \text{ kg/cm}^2$	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO	Cemento = 357 kg																
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	$R_{ac} = 0.99$	6. FACTOR CEMENTO	Bolsas x m ³ = 6.4 Bolsas																
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	Agua = 200 L	Fibra x m³	4.00 Kg/m ³																
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO	Aire = 1.5%																		
7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																			
RESUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO																	
Cemento SOL tipo 1	3150 kg/m ³	0.1134 m ³																	
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³																	
Aire	---	0.0150 m ³																	
Aditivo	---	0.0090 m ³																	
Agregado fino	2650 kg/m ³	---	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO												
PET - F.O.L.	1400 kg/m ³	---	3.50%	1.50%	2.00	1640	1601												
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	---	0.05%	0.00%	3.01	94	205												
			0.38%	1.14%	6.80	1467	1602												
			Volumen de pasta	0.3284 m ³															
			Volumen de agregados	0.6716 m ³															
8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS Agregado fino 39.1% = 0.2626 m ³ = 699 kg PET - F.O.L. 0.9% = 0.0090 m ³ = 8 kg Agregado Grueso 60.0% = 0.4030 m ³ = 1116 kg	11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.070 m ³ Cemento SOL tipo 1 25.00 kg Agua 13.62 L Aditivo 0.0 g Agregado fino 50.6 kg PET - F.O.L. 0.59 kg Agregado Grueso 76.4 kg																		
9. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD Agregado fino 723 kg PET - F.O.L. 8 kg Agregado Grueso 1120 kg	12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA CEM. A.F. PET A.G. ACT. AGUA 1 : 1.8 : 0.9 : 3.2 : 0.0 : 23.11 /bolsas																		
10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD Agua 195 L	DOSIFICACIÓN X M³ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Materiales</th> <th>Diseño Seco</th> <th>Diseño Húmedo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento</td> <td>357 kg</td> <td>357 kg</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>200 L</td> <td>195 L</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>= 690 kg</td> <td>= 723 kg</td> </tr> <tr> <td>Piedra</td> <td>= 1116 kg</td> <td>1120 kg</td> </tr> <tr> <td>PET - F.O.L.</td> <td>= 8 kg</td> <td>8 kg</td> </tr> </tbody> </table>	Materiales	Diseño Seco	Diseño Húmedo	Cemento	357 kg	357 kg	Agua	200 L	195 L	Arena	= 690 kg	= 723 kg	Piedra	= 1116 kg	1120 kg	PET - F.O.L.	= 8 kg	8 kg
Materiales	Diseño Seco	Diseño Húmedo																	
Cemento	357 kg	357 kg																	
Agua	200 L	195 L																	
Arena	= 690 kg	= 723 kg																	
Piedra	= 1116 kg	1120 kg																	
PET - F.O.L.	= 8 kg	8 kg																	
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA EN ESTADO FRESCO PUF : 2404 kg/m ³ PUC : 2366 kg/m ³ Slump Obtenido : 1 1/2 Pulg Temperatura Ambiente : 19.0 °C Temperatura Concreto : 20.4 °C Aire : 1.9% % Observación : Se mostró 8 probetas de 6" x 12" y 2 Vigas de 15ltitud 4m	 																		

22. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS

ZIGZAG RUGOSAS EN 8 KG/M³

	INFORME	Código	AE-FO-03					
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO REFERENCIA ACI 211	Versión	01					
		Página	1 de 1					
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO	REGISTRO N°:	VC23-LEM 375-14 DM					
SOLICITANTE	BACH. JHON FREDY TUPINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REALIZADO POR	Téc. Jorge B.					
CIENTE	BACH. JHON FREDY TUPINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REVISADO POR	Ing. Yashin B.					
UBICACIÓN DE PROYECTO	Lima-Perú	FECHA DE VACIADO	16/08/2022					
FECHA DE EMISIÓN	18 de Junio del 2022	TURNO	Diurno					
Agregado	Ag. Grueso / Ag. Fino	Fc de diseño	210 kg/cm ²					
Procedencia	Cantera Trapiche	Asentamiento	1' - 3"					
Cemento	Cemento SOL Ipo 1	Código de mezcla	F.O.R. 8 KG					
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	$f'_{cr} = 204 \text{ kg/cm}^2$	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO	Cemento = 357 kg					
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	$f'_{w/c} = 0.58$	6. FACTOR CEMENTO	Bolsas x m ³ = 8.4 Bolsas					
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	Agua = 200 L	Fibra x m ³ =	8.00 Kg/m ³					
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO	Aire = 1.5%							
7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS								
RESUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO						
Cemento SOL Ipo 1	3150 kg/m ³	0.1134 m ³						
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³						
Aire	---	0.0150 m ³						
Aditivo	---	0.0000 m ³						
Agregado fino	2600 kg/m ³	---	3.00%	1.50%	2.95	1045	1801	
PET - F.O.R.	1400 kg/m ³	---	0.00%	0.00%	0.01	104	206	
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	---	0.39%	1.14%	6.99	1467	1802	
	Volumen de pasta	0.3294 m ³						
	Volumen de agregados	0.6716 m ³						
	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FRACZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO			
Agregado fino	3.00%	1.50%	2.95	1045	1801			
PET - F.O.R.	0.00%	0.00%	0.01	104	206			
Agregado Grueso	0.39%	1.14%	6.99	1467	1802			
8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS		11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA	0.070 m ³					
Agregado fino	30.1% = 0.2626 m ³ = 699 kg	Cemento SOL Ipo 1	25.00 kg					
PET - F.O.R.	0.0% = 0.0000 m ³ = 0 kg	Agua	15.62 L					
Agregado Grueso	69.9% = 0.4630 m ³ = 1115 kg	Aditivo	0.0 g					
9. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD		Agregado fino	50.6 kg					
Agregado fino	723 kg	PET - F.O.R.	0.00 kg					
PET - F.O.R.	0 kg	Agregado Grueso	78.4 kg					
Agregado Grueso	1120 kg	12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA						
10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD		CEM A.F. PET A.G. ADIT. AGUA						
Agua	196 L	1 : 1.8 : 0.3 : 0.2 : 0.0 : 23.1 L/bolsa						
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA EN ESTADO FRESCO		DOSIFICACIÓN X M ³						
P.U.T	2404 kg/m ³	Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo				
P.U.C	2392 kg/m ³	Cemento	357 kg	357 kg				
Bump Otendido	1/2 Pulg	Agua	200 L	196 L				
Temperatura Ambiente	19.2 °C	Arena	= 699 kg	= 723 kg				
Temperatura Concreto	22.1 °C	Piedra	= 1116 kg	1120 kg				
Aire	1.5% %	PET - F.O.R.	= 0 kg	0 kg				
Observación	Se muestra 6 probetas de 4" x 12" y 2 Vigas de 16x16x64 cm							





YASHIN PHARES BOLO SALDAÑA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253973

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / info@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza MA. F.H. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaybo
 CONTACTO: 011778711039 - 992025641

23. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRAS ZIGZAG RUGOSAS EN 4 KG/M³

	INFORME	Código	AE-FO-03				
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO REFERENCIA ACI 211	Versión	01				
		Página	1 de 1				
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS DE ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO	REGISTRO N°	VC22-LEM 376-18 DM				
SOLICITANTE	BACH. JHONNY FREYD YURIÑO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REALIZADO POR	Téc. Jorge B.				
CLIENTE	BACH. JHONNY FREYD YURIÑO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO	REVISADO POR	Ing. Yashai B.				
UBICACIÓN DE PROYECTO	Lima-Perú	FECHA DE VACIADO	18/06/2022				
FECHA DE EMISIÓN	18 de Junio del 2022	TURNO	Diurno				
Agregado	Ag. Guano / Ag. Fino	F'c de diseño	210 kg/cm ²				
Procedencia	Cantera Trapiche	Asealamiento	1" - 3"				
Cemento	Cemento SOL tipo 1	Código de mezcla	F.O.R. 4 KG				
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO					
F'cr = 294 kg/cm ²		Cemento = 357 kg					
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO		6. FACTOR CEMENTO					
It ac = 0.56		Bolsas x m ³ = 8.4 Bolsas					
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA		Fibra x m ³ = 4.00 Kg/m ³					
Agua = 200 L							
4. CANTIDAD DE ARE ATRAPADO							
Aire = 1.5%							
7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS							
INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL tipo 1	3150 kg/m ³	0.1134 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³					
Aire	---	0.0150 m ³					
Aditivo	---	0.0000 m ³					
Agregado fino	2650 kg/m ³	---	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINZA	P.U. SUBLTO	P.U. COMPACTADO
PET - F.O.R.	1400 kg/m ³	---	3.32%	1.09%	2.80	1845	1801
Agregado Guano	2770 kg/m ³	---	0.00%	0.00%	3.01	154	205
			0.38%	1.14%	6.80	1467	1602
	Volumen de pasta	0.3284 m ³					
	Volumen de agregados	0.6716 m ³					
8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS		11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA					
Agregado fino 39.6% = 0.2699 m ³ = 707 kg		0.140 m ³					
PET - F.O.R. 0.5% = 0.0030 m ³ = 4 kg		Cemento SOL tipo 1 30.00 kg					
Agregado Guano 60.2% = 0.4030 m ³ = 1116 kg		Agua 27.21 L					
		Aditivo 0.0 g					
9. PEDO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD		Agregado fino 122.4 kg					
Agregado fino 731 kg		PET - F.O.R. 0.69 kg					
PET - F.O.R. 4 kg		Agregado Guano 156.9 kg					
Agregado Guano 1120 kg							
10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD		12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA					
Agua 194 L		CEM A.P. PET A.G. ADIT. AGUA					
		1 : 1.8 : 0.2 : 3.2 : 0.0 : 23.1 L/bolsa					
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA EN ESTADO FRESCO		DOSIFICACIÓN X M ³					
PLT	2407 kg/m ³	Material	Diseño Seco	Diseño Húmedo			
PUC	2396 kg/m ³	Cemento	357 kg	357 kg			
Slump Obtenido	1.10 Pulg	Agua	200 L	194 L			
Temperatura Ambiente	19.3 °C	Aire	= 107 kg	= 731 kg			
Temperatura Concreto	21.4 °C	Pedra	= 1116 kg	1120 kg			
Aire	1.7% %	PET - F.O.R.	= 4 kg	4 kg			
Observación	Se muestra 18 probetas de 6" x 12" y 2 Vigas de 15x15x4 cm.						





YASHAI PHARES BLO SALDAÑA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 253773

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y
CONTROL DE CALIDAD**

www.vicatconstruccion.com / informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F. E. 10 Km. 18.5 Tapac Amara - Carabaylla
 CONTACTO: 011787-1039 - 992025641

24. ANEXO – CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN (SIN FIBRAS)

	INFORME	Código	AZ-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO REFERENCIA AGI 211	Versión	01
		Páginas	1 de 1

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO **REGISTRO N°** : VC22-LEM 375-14 DM

SOLICITANTE : SACH JHILIAN FREDY TURINO ALVARADO / SACH FIDEL PEÑA AEDO **REALIZADO POR** : Tco. Jorge R.
CLIENTE : SACH JHILIAN FREDY TURINO ALVARADO / SACH FIDEL PEÑA AEDO **REVISADO POR** : Ing. Yashen B.
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima-Perú **FECHA DE VINCULO** : 18/06/2022
FECHA DE EMISIÓN : 18 de Junio del 2022 **TURNO** : Diurno

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino **F_o de diseño** : 210 kg/cm²
Procedencia : Carretera Tropicana **Asealamiento** : 1' - 3"
Cemento : Cemento SOL tipo 1 **Código de mezcla** : PATRÓN

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
 $F'_{cr} = 214 \text{ kg/cm}^2$

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
 $R_{a/c} = 0.56$

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
 $\text{Agua} = 200 \text{ L}$

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
 $\text{Aire} = 1.5\%$

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
 $\text{Cemento} = 357 \text{ kg}$

6. FACTOR CEMENTO
 $\text{Bolsas} \times \text{m}^3 = 8.4 \text{ Bolsas}$

7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINESA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Cemento SOL tipo 1	3100 kg/m ³	0.1134 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³					
Aire	—	0.0150 m ³					
Aditivo	—	0.0000 m ³					
Agregado fino	2600 kg/m ³	—	3.80%	1.50%	2.80	1645	1601
PET	1400 kg/m ³	—	0.00%	0.00%	0	155	205
Agregado Grueso	2770 kg/m ³	—	0.38%	1.14%	6.60	1467	1502
Volumen de pasta		0.3284 m ³					
Volumen de agregados		0.6716 m ³					

8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado fino	40.0%	= 0.2698 m ³	= 710 kg
PET	0.0%	= 0.0000 m ³	= 0 kg
Agregado Grueso	60.0%	= 0.4039 m ³	= 1116 kg

9. PESO HUMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado fino	740 kg
PET	0 kg
Agregado Grueso	1120 kg

10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD
 $\text{Agua} = 194 \text{ L}$

11. VOLUMEN DE TANGA DE PRUEBA 0.140 m³

Cemento SOL tipo 1	50.00 kg
Agua	27.19 L
Aditivo	0.0 g
Agregado fino	103.8 kg
PET	0.00 kg
Agregado Grueso	156.9 kg

12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM	A.P	PET	A.G.	ADIT	AGUA
1	1.8	0.0	3.2	0.0	23.1 L/bolsa

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA EN ESTADO FRESCO

PUT	2411 kg/m ³
PUC	2400 kg/m ³
Slump Obtenido	3 Pulg
Temperatura Ambiente	19.5 °C
Temperatura Concreto	21.2 °C
Aire	1.7% %
Observación	Se tomaron 18 probetas de 8" x 12" y 2 Vigas de 15x15x64 cm

BUSQUEDA X.ME

Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo
Cemento	357 kg	357 kg
Agua	200 L	194 L
Arena	= 715 kg	= 740 kg
Piedra	= 1116 kg	1120 kg
PET	= 0 kg	0 kg





YASHEN B. SALDANA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° OIP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconsulting.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F.U. 10 Km. 18.5, Iquitos - Coronel Bolognesi
 CONTACTO: 101787-1039 - 99202564

25. ANEXO – CERTIFICADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD PARA AGREGADOS FINO Y GRUESO

INFORME			
Versión	01	CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS ASTM C566-19	
F. Emisión	18/06/2022		
Página	1 de 1		
Proyecto	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET REICLADO		Registro N°: VC22-LEM-375-013
Solicitante	BACH. JHOAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Muestreado por: Té: Jorge Solo
Cliente	BACH. JHOAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Ensayado por: Té: Jorge Solo
Ubicación de Proyecto	LIMA, PERU		Fecha de Ensayo: 18/06/2022
Material	Agregado para Concreto		Turno: Diurno
Código de Muestra	: A.F. Y. A.S. P.D.M.		
Procedencia	: Cantero Trapiche		
N° de Muestra	: 01 y 02		

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	489.6	Trapiche
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	1491.8	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	1487.8	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.38	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	489.6	Trapiche
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	989.6	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	972.7	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.50	



VICAT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD





YASHIN PARES SOLD BALDIVIA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CR: 253773

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y
CONTROL DE CALIDAD**

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
Dirección: Villa Esperanza Ma. F. U. 10 Km. 18.3, Tupac Amaru - Carabaylla
CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641

26. ANEXO – CERTIFICADO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

INFORME			
Versión	01	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127 -15	
F. Emisión	14/06/2022		
Página	1 de 1		
Proyecto : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET REICLADO		Registro N° : VC22-LEM-375-013	
Solicitante : BACH. JHONAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Muestreado por : Tlc. Jorge Bola	
Cliente : BACH. JHONAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Ensayado por : Tlc. Jorge Bola	
Utilización de Proyecto : LIMA, PERÚ		Fecha de Ensayo : 05/06/2022	
Material : Agregado para Concreto		Turno : Diurno	
Código de Muestra : A.E.F.D.M.			
Procedencia : Cantera Trujillo			
N° de Muestra : 01			

IDENTIFICACIÓN	E-01	E-02	
Peso muestra saturado con superficie seca (g)	1056.58	1039.85	
Peso canastilla dentro del agua (g)	993.00	980.00	
Peso muestra saturada dentro del agua + canastilla (g)	2745.00	2745.00	
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	1047.55	1021.51	
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	1074.1	1051.4	PROMEDIO
Peso específico de masa - P.E.M. (g)	2.781	2.756	2.768
Peso específico de masa S.S.S	2.813	2.787	2.800
Peso específico aparente - P.E.A. - (g)	2.873	2.844	2.859
Absorción (%)	1.147	1.131	1.14




YAHIR PAREDES BOLA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y
CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villo Esperanza Mz. F.11, 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Cerabaya/lo
 CONTACTO: 011787-1039 - 992025641

27. ANEXO – CERTIFICADO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

INFORME		
Versión	01	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128 -15
F. Emisión	14/06/2022	
Página	1 de 1	
<p> Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RIGIDEZ DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO Solicitante: BACH. JHOAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AZZO Ciente: BACH. JHOAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AZZO Ubicación de Proyecto: LIMA, PERÚ Material: Agregado para Concreto </p> <p style="text-align: right;"> Registro N°: VC22-LEM-375-011 Muestreado por: Tt. Jorge Bolo Empleado por: Tt. Ange Bolo Fecha de Ensayo: 10/06/2022 Tiempo: Diurno </p>		
Código de Muestra:	A.F.P.D.M.	
Procedencia:	Carrera Trapiche	
N° de Muestra:	01 - ARENA	

IDENTIFICACIÓN		E - 01	E - 02	
A	Peso muestra saturada con superficie seca (g) S.S.S.	500.0	500.0	
B	Peso fola o frasco con agua (g)	660.0	660.2	
C	Peso muestra S.S.S. dentro del agua + fola o frasco (g)	983.8	983.6	
D	Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	492.5	492.8	
Peso muestra saturada dentro del agua (g)		315.5	314.4	PROMEDIO
P. Bulk (Base seca) ó Peso específico de masa - P.E.M. (g)		2.671	2.654	2.66
P. Bulk (Base S.S.S.) ó Peso específico de masa S.S.S.		2.711	2.694	2.70
P. Bulk (Base seca) ó Peso específico aparente - P.E.A. - (g)		2.783	2.764	2.77
Absorción (%)		1.51	1.45	1.50

SOLUCIONES EFECTIVAS - SECTOR CONSTRUCCION

YESHIN PÁEZ BOLO SALDIANA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CPI-253173

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F Lt. 10 Kms. 18.5, Tupac Amaru - Carabaylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641

28. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO CON FIBRAS RECTAS LISAS

INFORME		VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.S.	
Versión	01	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C-27	
F. Emisión	18/06/2022		
Página	1 de 1		
Proyecto	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO		Registro N°: VC22-LEM-375-010
Solicitante	BACH. JHOLAN FREDY TURINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Muestreado por: Téc. Jorge Bolo
Cliente	BACH. JHOLAN FREDY TURINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Ensayado por: Téc. Jorge Bolo
Ubicación de Proyecto	LIMA, PERÚ		Fecha de Ensayo: 17/06/2022
Material	Agregado para Concreto		Turno: Diurno
Código de Muestra	F.J.L./P.D.M.		
Procedencia	Pet Reciclado - Envasos de botellas plásticas		
N° de Muestra	05 - FIBRAS RECTAS LISAS		

Peso d Molde	1902
Volumen de Molde	2790

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio
P1	2201	299	0.107	108
P2	2203	301	0.108	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	2479	577	0.207	207
P2	2479	577	0.207	

Kg/m³





YASMÍN PHARES BOLO SALDAÑA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Mt. F Lt. 10 Km. 18.3 Topoc Amaru - Corumbaylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641

29. ANEXO – CERTIFICADO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO CON FIBRAS ZIGZAG LISAS

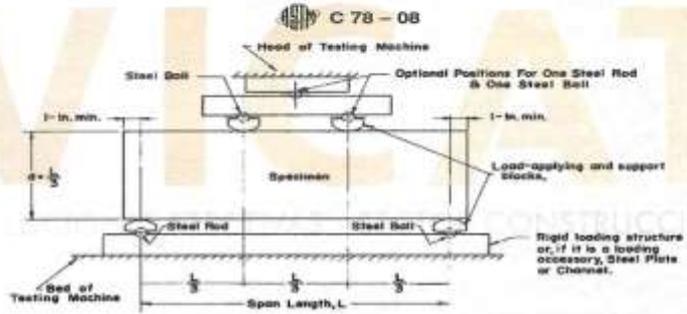
INFORME																																												
Versión	01	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C-27																																										
F. Emisión	18/06/2022																																											
Página	1 de 1																																											
																																												
Proyecto : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO		Registro N° : VC22-LEM-375-009																																										
Solicitante : BACH. IHOAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Muestreado por : Téc. Jorge Bolo																																										
Cliente : BACH. IHOAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		Ensayado por : Téc. Jorge Bolo																																										
Ubicación de Proyecto : LIMA, PERÚ		Fecha de Ensayo : 17/06/2022																																										
Material : Agregado para Concreto		Turno : Diurno																																										
<hr/>																																												
Código de Muestra : F.O.L.P.D.M.																																												
Procedencia : Pet Reciclado - Envases de botellas plásticas																																												
N° de Muestra : 04 - FIBRAS ONDULADAS LISAS																																												
<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Peso d Molde</td> <td style="width: 20%;">1902</td> </tr> <tr> <td>Volumen de Molde</td> <td>2750</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">PU SUELTO</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Peso de molde + muestra</th> <th style="text-align: center;">Peso de Muestra</th> <th style="text-align: center;">PUS</th> <th style="text-align: center;">Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">P1</td> <td style="text-align: center;">2190</td> <td style="text-align: center;">291</td> <td style="text-align: center;">0.104</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">104</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P2</td> <td style="text-align: center;">2196</td> <td style="text-align: center;">290</td> <td style="text-align: center;">0.105</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">PU COMPACTADO</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Peso de molde + muestra</th> <th style="text-align: center;">Peso de muestra</th> <th style="text-align: center;">PUC</th> <th style="text-align: center;">Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">P1</td> <td style="text-align: center;">2473</td> <td style="text-align: center;">571</td> <td style="text-align: center;">0.204</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">205</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P2</td> <td style="text-align: center;">2476</td> <td style="text-align: center;">574</td> <td style="text-align: center;">0.205</td> </tr> </tbody> </table>			Peso d Molde	1902	Volumen de Molde	2750	PU SUELTO						Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio	P1	2190	291	0.104	104	P2	2196	290	0.105	PU COMPACTADO						Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio	P1	2473	571	0.204	205	P2	2476	574	0.205
Peso d Molde	1902																																											
Volumen de Molde	2750																																											
PU SUELTO																																												
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio																																								
P1	2190	291	0.104	104																																								
P2	2196	290	0.105																																									
PU COMPACTADO																																												
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio																																								
P1	2473	571	0.204	205																																								
P2	2476	574	0.205																																									
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: right;">  <p style="font-size: small; margin: 0;"> J. PHARES BOLO INGENIERO CIVIL Reg. N° CP: 253773 </p> </div> </div>																																												
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 45%; background-color: #f4a460; padding: 5px; text-align: center; color: white; font-weight: bold;"> LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD </div> <div style="width: 50%; font-size: x-small;"> WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com Dirección: Villa Esperanza Mz. F. U. 10 Km. 18.3 Tupac Amaru - Corobaylo CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641 </div> </div>																																												

30. ANEXO – CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 28 DÍAS CON FIBRAS RECTAS Y ZIGZAG LISAS EN 4 KG/M³ Y 8 KG/M³

	INFORME		Código	AE-FC-134
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	01
			Fecha versión	30-04-2013
			Página	1 de 1
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y LA RUGOSIDAD DE LAS FIBRAS PARA CONCRETO EN LAS CAPACIDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO Y PROPUESTA DE EMPLEO DE FIBRAS EN ZIGZAG Y RUGOSAS DE PET RECICLADO		REGISTRO N°:	VC32-LEM-378-030
SOLICITANTE	BACH. JHOJAN FREDY TUFINO ALVARADO / BACH. FIDEL PEÑA AEDO		REALIZADO POR :	Téc. Jorge B.
UBICACIÓN DEL PROYECTO	LIMA, PERÚ		REVISADO POR :	Ing. Yashin Bolo
FECHA DE EMISIÓN	18/06/2022		TURNO:	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Presentación	Viga			
Fc de diseño	: 210 kg/cm ²			

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
FIBRA RECTA LISA 4 KG/M ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	46.1 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	46.5 kg/cm ²
FIBRA RECTA LISA 8 KG/M ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.4 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.2 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA LISA 4 KG/M ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	46.0 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	47.9 kg/cm ²
FIBRA ONDULADA LISA 8 KG/M ³	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.9 kg/cm ²
	18/06/2022	16/07/2022	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.5 kg/cm ²



ASTM C 78 - 08

Head of Testing Machine

Steel Ball

Optional Positions For One Steel Rod & One Steel Ball

1'-in. min.

Specimen

Load-applying and support blocks

Steel Rod

Steel Ball

Rigid loading structure or, if it is a loading accessory, Steel Plates or Channels.

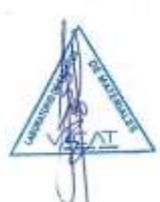
Bed of Testing Machine

Span Length, L

Fonte: ASTM C78

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de VICAT EIRL.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT EIRL.





YASHIN BOLO BALDAÑA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATCONSTRUCCION.COM / Informes@vicatconstruccion.com
 Dirección: Villa Esperanza Ma. F.Lt. 10 Km. 18.5, Tupac Amaru - Cuzco/Perú
 CONTACTO: (01)787-1039 - 99202544