



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Mejoramiento en el Diseño de un Pavimento Rígido
Incorporando Fibras de Plástico PET Reciclado, 2020.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Valer Pacheco, Pablo Esteban (ORCID: 0000-0001-5807-6612)

ASESOR:

Mg Ing., Arévalo Vidal, Samir Augusto (ORCID: 000-0002-6559-0334)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial.

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedicada a mis padres, amistades y familiares, que siempre me apoyaron para cumplir mis metas y son fuente de motivación para el éxito.

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis, especial al personal que me ayudo en el trabajo, quienes demostraron en todo momento el desprendimiento de sus labores diarias para la realización de la investigación.

Índice de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	v
Índice de figuras	ix
Indice de tablas	xi
Resumen	xiii
Abstract	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	9
2.2. Marco teórico.....	13
2.2.1. El concreto.....	13
2.2.2. Tereftalato de polietileno (PET).....	15
2.2.3. Pavimentos rígidos.....	21
2.2.3.1. Componentes del pavimento rígido.....	23
2.2.3.2. Cargas en el pavimento rígido.....	23
2.2.3.3. Esfuerzos en el pavimento rígido.....	23
2.2.3.3.1. Cambios de temperatura.....	24
2.2.3.3.2. Cambios por humedad.....	24
2.2.3.3.3. Cargas de tránsito.....	25
2.2.4. Diseño de pavimentos rígidos.....	26
2.2.4.1. Variables de diseño.....	28

2.2.4.1.1.	Periodo de diseño.....	28
2.2.4.1.2.	El tránsito (ESAL).	28
2.2.4.1.3.	Grado de importancia de la carretera.	29
2.2.4.1.4.	Optimizar el espesor del pavimento.....	30
2.2.4.1.5.	La confiabilidad “R” y la desviación estándar (So).....	30
2.2.4.2.	Criterios de desempeño.....	31
2.2.4.2.1.	Serviciavilidad.....	31
2.2.4.3.	Propiedades estructurales.	33
2.2.4.3.1.	Módulo de reacción de la subrasante (k).....	33
2.2.4.3.2.	Módulo de rotura del concreto (Mr).....	35
2.2.4.3.3.	Módulo elástico del concreto.	36
2.2.4.4.	Transferencia de carga (J).....	37
2.2.4.5.	Drenaje (Cd).	38
2.2.4.5.1.	Pasos para el cálculo del Cd.	38
2.3.	Definición de términos básicos.	39
III.	METODOLOGIA	41
3.1.	Tipo y diseño de investigación.....	42
3.2.	Variables y operacionalización.....	42
3.3.	Población, muestra y muestreo.....	44
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	44
3.5.	Procedimientos.	45
3.6.	Método de análisis de datos.	45
3.7.	Aspectos éticos.....	46
IV.	RESULTADOS.....	47
4.1.	Presentación de resultados.....	48
4.1.1.	Métodos de diseño y especificaciones técnicas utilizadas para ensayos de hormigón.	48

4.1.2. Diseño de mezcla para una resistencia de $F'c$ 280 Kg/cm ² , para un concreto hidraulico.	49
4.1.3. La dosificación y propiedades físicas de la fibra plástica PET utilizada.....	51
4.1.4. Preparación de mezclas.....	51
4.1.5. Fabricación de muestras.....	52
4.1.6. Ensayo de resistencia a la compresión axial (NTP-339.034).....	53
4.1.7. Ensayo de modulo de rotura o resistencia a la flexión (NTP - 339.078).....	59
4.1.8. Diseño de la estructura de un pavimento rígido (Caso aplicativo Av. Mariscal Cáceres cuadra 1 y 2 – Jr. Fauceet cuadra 1).	66
4.1.8.1. Ejes equivalentes de cargas 18 kips .($W18$).....	66
4.1.8.2. Tráfico.....	67
4.1.8.3. Factores de diseño para pavimentos rígidos.	67
4.1.8.3.1. Desviación estándar normal.(ZR).....	67
4.1.8.3.2. Desviación estándar global (So).....	68
4.1.8.3.3. Espesor de losa. (D).....	68
4.1.8.3.4. Diferencia los indicadores de servicio final e inicial (ΔPSI).....	69
4.1.8.3.5. Módulo de rotura del concreto (Mr).....	69
4.1.8.3.6. Coeficiente de transferencia de carga (J).....	70
4.1.8.3.7. Coeficiente de drenaje . (Cd).....	70
4.1.8.3.8. Módulo de elasticidad del hormigón (Ec).....	71
4.1.8.3.9. Módulo de reacción de la subrasante (K).....	71
4.1.8.3.10. Sardineles, bermas y dowels.....	72
4.1.8.3.11. Periodo de diseño.....	73
4.1.8.4. Cálculo del espesor del pavimento utilizando dos tipos de concreto.....	73
4.1.8.5. Comparación de costos del diseño de pavimento.....	76

4.1.8.5.1. Análisis de costos.....	76
4.2. Análisis estadísticos.....	79
4.2.1. Análisis estadístico: Resistencia a la compresión.....	79
4.2.2. Análisis estadístico: Resistencia a la flexión.....	85
4.3. Prueba de hipótesis.....	88
V. DISCUSIONES.....	100
VI. CONCLUSIONES.....	104
6.1. Conclusión general.....	105
6.2. Conclusiones específicas.....	105
VII. RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS.....	108
ANEXOS.....	112

Índice de figuras

Figura 1 Relación de volumen típica de los materiales del hormigón.....	14
Figura 2 Forma de fibras: a) sección circular, b) sección rectangular, c) ondulada, d) extremos conformados, e) extractosñfundidos y f) extremos ensanchados.....	21
Figura 3 Transmisión de carga en pavimentos rígidos.....	22
Figura 4 Alabeo de losa de pavimentos rígidos.....	24
Figura 5 Alabeo causado por cambios de humedad.....	25
Figura 6 Puntos críticos de localización de las cargas.....	26
Figura 7 Nivel óptimo de confiabilidad. AASHTO 93.....	30
Figura 8 Vida del pavimento.....	33
Figura 9 Correlación de CBR y R.....	34
Figura 10 Esquema deñensayo ASTMñC-78.....	35
Figura 11 Características de los materiales.....	49
Figura 11 Diseño de mezcla para concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$	50
Figura 13 Cambios en la resistencia a la compresión del grupo de prueba. ...	55
Figura 14 Comparaciónñde la resistenciaña lañcompresión: DE – D1 (2.5%PET).....	56
Figura 15 Comparaciónñde la resistenciaña lañcompresión: DE – D2 (5%PET).....	57
Figura 16 Comparaciónñde la resistenciaña lañcompresión: DE – D3 (7.5%PET).....	58
Figura 17 Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios dela luz.....	59
Figura 18 Cambios en la resistencia a la flexión del grupo de prueba.....	62
Figura 19 Comparaciónñdel módulo de rotura: DE – D1 (2.5%PET).....	63
Figura 20 Comparaciónñdel módulo de rotura: DE – D2 (5%PET).....	64
Figura 21 Comparaciónñdel módulo rotura: DE – D3 (7.5%PET).....	65
Figura 22 CBR DE DISEÑO.....	72
Figura 23 Cálculo de espesor de pavimento con concreto estándar.....	74
Figura 24 Cálculo de espesor de pavimento con concreto adicionado 5% PET.....	75

Figura 25	Analisis de costos unitarios – Concreto $f'c = 280 \text{ Kg / cm}^2$	76
Figura 26	Prueba de Hipótesis: TDE – TD1(2.5 Kg PET), a los 7 días.	88
Figura 27	Prueba de Hipótesis: TDE – TD2(5 Kg PET), a los 7 días.	89
Figura 28	Prueba de Hipótesis: TDE – TD3(7.5 Kg PET), a los 7 días.	90
Figura 29	Prueba de Hipótesis: TDE – TD1(2.5 Kg PET), a los 14 días.	91
Figura 30	Prueba de Hipótesis: TDE – TD2(5 Kg PET), a los 14 días.	92
Figura 31	Prueba de Hipótesis: TDE – TD3(7.5 Kg PET), a los 14 días.	93
Figura 32	Prueba de Hipótesis: TDE – TD1(2.5 Kg PET), a los 28 días.	94
Figura 33	Prueba de Hipótesis: TDE – TD2 (5 Kg PET), a los 28 días.	95
Figura 34	Prueba de Hipótesis: TDE – TD3 (7.5 Kg PET), a los 28 días.	96
Figura 35	Prueba de Hipótesis: VDE – VD1 (2.5 Kg PET), a los 28 días.	97
Figura 36	Prueba de Hipótesis: VDE – VD2 (5 Kg PET), a los 28 días.	98
Figura 37	Prueba de Hipótesis: VDE – VD3 (7.5 kg PET), a los 28 días.	99
Figura 38	Fibras de plástico PET reciclado.	137
Figura 39	Ensayos de Análisis granulométrico (ASTM C -136).	137
Figura 40	Vaciado de la mezcla.	138
Figura 41	Vigas luego de 2 días de curado.	138
Figura 42	Testigos luego de 28 días de curado.	139
Figura 42	Testigos con concreto estándar a los 14 días de edad.	139
Figura 44	Testigos de concreto reforzado con fibras en un 2.5% a los 28 días.	140
Figura 45	Testigos de concreto reforzado con fibras en un 5% a los 28 días..	140
Figura 46	Ensayo de resistencia a la compresión.	141
Figura 47	Preparación de la prensa para el ensayo a flexión.	141
Figura 48	Ensayo a flexión de de un concreto estandar.	142
Figura 49	Ensayo a flexión de un concreto reforzado con fibras en un 2.5%.	142
Figura 50	Ensayo a flexión de un concreto reforzado con fibras en un 5%. ...	143

Índice de tablas

Tabla 1	Sistema de identificación de envases PET	16
Tabla 2	Niveles de confiabilidad AASHTO93.....	29
Tabla 3	Rango típico recomendado según el rango de flujo.....	31
Tabla 4	Índice de servicialidad según el rango de tráfico.....	32
Tabla 5	CBR Mínimo recomendado para la sub-base granular de pavimentos rígidos según intensidad de tráfico expresado en EE.....	34
Tabla 6	Resistencia del concreto con respecto al rango de tráfico.....	36
Tabla 7	Coefficiente de transferencia de carga (J).....	37
Tabla 8	Condición de drenaje.....	39
Tabla 9	Coefficiente de drenaje de la capas granular Cd.....	39
Tabla 10	Operalización de variables.....	43
Tabla 11	Diseño estándar – Resistencia a la compresión.....	54
Tabla 12	Diseño estándar + 2.5% plástico PET – Resistencia a la compresión.....	54
Tabla 13	Diseño estándar + 5% plástico PET – Resistencia a la compresión..	54
Tabla 14	Diseño estándar + 7.5% plástico PET– Resistencia a la compresión.....	54
Tabla 15	Diseño estándar– Módulo de rotura.....	60
Tabla 16	Diseño estándar +2.5% plástico PET – Módulo de rotura.....	61
Tabla 17	Diseño estándar +5% plástico PET– Módulo de rotura.....	61
Tabla 18	Diseño estándar + 7.5% plástico PET– Módulo de rotura.....	61
Tabla 19	Caso aplicativó.....	66
Tabla 20	Desviación estándar normal.....	68
Tabla 21	Desviación estándar normal.....	69
Tabla 22	Transferencia de carga (J).....	70
Tabla 23	Valores recomendados para el coeficiente de drenaje (Cd).....	71
Tabla 24	Costo total de fibra de plástico PET por m3.....	77
Tabla 25	Costo total por metro lineal y tramo total utilizando concreto estandar.....	77
Tabla 26	Costo total por metro lineal y tramo total utilizando concreto reforzado.....	78

Tabla 27 Comparación de costos de concreto patrón y reforzado.....	78
Tabla 28 Análisis estadístico: Concreto Estandar – 7 días.....	79
Tabla 29 Análisis estadístico: Concreto Estandar – 14 días.....	79
Tabla 30 Análisis estadístico: Concreto Estandar – 28 días.....	80
Tabla 31 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 2.5% PET– 7 días.....	80
Tabla 32 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 2.5% PET– 14 días.....	81
Tabla 33 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 2.5% PET– 28 días.....	81
Tabla 34 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 5% PET– 7 días.....	82
Tabla 35 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 5% PET– 14 días.....	82
Tabla 36 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 5% PET– 28 días.....	83
Tabla 37 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 7.5% PET– 7 días.....	83
Tabla 38 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 7.5% PET– 14 días.....	84
Tabla 39 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 7.5% PET– 28 días.....	84
Tabla 40 Análisis estadístico, resistencia a la flexión: Concreto Estandar – 28 días.....	85
Tabla 41 Análisis estadístico, resistencia a la flexión: Concreto Estandar + 2.5 % PET– 28 días.....	86
Tabla 42 Análisis estadístico, resistencia a la flexión: Concreto Estandar + 5 % PET– 28 días.....	86
Tabla 43 Análisis estadístico, resistencia a la flexión: Concreto Estandar + 7.5 % PET– 28 días.....	87
Tabla 44 Operalización de variables.....	113

Resumen

Esta investigación se realizó con la finalidad de optimizar el rendimiento del concreto por adición de fibras plásticas PET recicladas, que desembocará en un mejor diseño del pavimento rígido. Se evaluó la incorporación de fibras plásticas PET en un 2%, 5% y 7.5%, planteándose que a medida que se incorporen estas fibras mejoren la resistencia a la compresión y a la flexión, optimizando el espesor de losa y los costos al diseñar pavimentos rígidos. Se encontró que el concreto con refuerzo de 5% de PET mostró mejores resultados en la resistencia a la compresión, en un 13.42% mayor a la del concreto estándar; mejoró, en un 22.99%, la resistencia a la flexión en relación a la del concreto estándar.

Los resultados obtenidos correspondieron a ensayos mecánicos adoptándose el método AASTHO-93 para diseñar el pavimento rígido, donde el espesor de losa de concreto estándar (23,0 cm) y de concreto reforzado (20,0 cm). La reducción en 3,0 cm de la losa reduce el volumen y costos del concreto .

El buen desempeño obtenido con los residuos plásticos PET hace que se los pueda utilizar como material de refuerzo para el concreto, reduciendo así el impacto en el medio ambiente.

Palabras Clave: Concreto, fibras de plástico PET, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, pavimento rígido.

Abstract

This research was carried out in order to optimize the performance of concrete by adding recycled PET plastic fibers, which will lead to a better design of the rigid pavement. The incorporation of PET plastic fibers was evaluated in 2.5%, 5% and 7.5%, considering that as these fibers are incorporated, they improve the resistance to compression and bending, optimizing the thickness of the slab and the costs in designing rigid pavements. . It was found that concrete with reinforcement of 5% PET showed better results in compressive strength, by 13.42%. greater than that of standard concrete; improved, by 22.99%, the flexural strength in relation to that of standard concrete.

The results obtained corresponded to mechanical tests, adopting the AASTHO-93 method to design the rigid pavement, where the thickness of the standard concrete slab (23.0 cm) and of reinforced concrete (20.0 cm). Reducing the slab by 3.0 cm reduces concrete volume and costs.

The good performance obtained with PET plastic waste means that it can be used as a reinforcing material for concrete, thus reducing the impact on the environment.

Key Words: Concrete, PET plastic fibers, resistance to compression, resistance to bending, rigid pavement.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace muchas décadas se utilizaron técnicas de refuerzo del concreto mediante la incorporación de distintos tipos de fibras durante el mezclado del mismo por tanto, se han encontrado diversas aplicaciones en el campo del hormigón estructural, y sigue siendo objeto de numerosos estudios en la actualidad. generando un gran aporte en la industria de la construcción.

La necesidad de interconectar al país para desarrollar el mercado interno y mercado externo hace que las carreteras sean infraestructuras muy importantes las cuales ayudan al país en su desarrollo económico, cultural y tecnológico.

En las distintas obras planteadas por entidades públicas y privadas se encuentran en muchas oportunidades terrenos con baja capacidad portante, lo cual en consecuencia provocará obtener espesores cuantiosos de las distintas capas en los pavimentos rígidos o buscar incrementar las características mecánicas del concreto hidráulico para así poder satisfacer las solicitudes requeridas. Así observamos en estos tiempos que se utilizan para la optimización de las propiedades del hormigón en un pavimento rígido: fibras de acero, barras de acero, dowels, mallas soldadas, hebras sintéticas, etc.

El apremio para mejorar los atributos, afinar costos y componentes genera que se planteen variedad de tesis y/o investigaciones sobre la variedad de refuerzos empleados al concreto.

Según Morales (2004). En el Perú, es poco lo que se ha hecho por aplicar este tipo de fibra sintética, debido al desconocimiento o poca difusión de los métodos y técnicas que son utilizados. Motivado por esta carencia y la gran importancia que puede representar en el aspecto económico aplicarlas oportunamente, se pretende utilizar este método sobre pavimentos rígidos. (p. 66)

En la actualidad, no se tienen estudios sobre la incorporación de fibras de plástico de PET reciclado como refuerzos para el concreto en el entorno ayacuchano, de ahí nace la iniciativa de poder incorporar este elemento en las mezclas de concreto hidráulico, a fin de mejorar el diseño para pavimentos

rígidos con el fin de calcular el espesor mínimo necesario de la carpeta de rodadura, sin dejar de lado el aspecto económico de la misma para así obtener una solución técnica y económica más ventajosa.

Puesto a lo anterior formulamos el siguiente problema general: ¿De qué manera la evaluación de la proporción de fibras de plástico PET reciclado a manera de adiciones ayuda a la mejora de las propiedades mecánicas y costos del concreto, en el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, 2020?

Asimismo, formulamos los siguientes problemas específicos:

- ¿De que manera influye la adición de fibras de plástico PET reciclado en las propiedades mecánicas del concreto, para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, 2020?
- ¿Cuál el porcentaje de dosis óptimo para agregar fibras de plástico PET reciclado al concreto, para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido,2020?
- ¿Cuál será el espesor de losa óptimo a partir de los resultados de las propiedades mecánicas del concreto, en el diseño de un pavimento rígido,2020?
- ¿Cuál será el impacto económico de la adición de fibra plástica PET reciclada al concreto, en el diseño de un pavimento rígido,2020?

Este trabajo de investigación tiene como meta mejorar el rendimiento del concreto hidráulico por medio de la incorporación de fibras de plástico PET reciclado. En consecuencia, se tendrá un óptimo diseño de pavimento rígido mejorando estructural y económicamente.

Al realizar este trabajo de investigación se dejará un aporte importante para futuras construcciones de pavimentos rígidos en la ciudad de Ayacucho, por lo tanto, la fibra plástica PET reciclada parece ser una solución alternativa para el diseño, mejora y construcción de pavimentos rígidos, con adición de estas fibras recicladas ya que son económicas y ecológicas, mejorando así la calidad del elemento estructural.

De esta manera se contribuye directamente en el tratamiento del reciclado, lo cual ayudara a mitigar estos desperdicios habituales que perjudican el medio connatural, ya que el plástico PET, dentro de la colectividad ha sido beneficioso en las exigencias diarias, por su fácil acceso y modesto costo se convierte en un material sencillo de descartar, hallándose tirado por los suelos o en cualquier bote de basura. Con la óptima dosificación de plástico PET reciclado en forma de fibras se busca optimizar algunas de las características físicas-mecánicas del hormigón hidráulico como la disminución de fisuras y el incremento de la resistencia a tracción de manera importante, evitando costos elevados con respecto a las partidas de hormigón en pavimentos rígidos.

Como objetivo general se evaluará las proporciones de fibras de plástico PET reciclado en las propiedades mecánicas y costos en un concreto, para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, 2020.

Asimismo, como objetivos específicos:

- Determinar los efectos de la adición de fibras de plástico PET reciclado en las propiedades mecánicas del concreto, para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, 2020.
- Determinar la dosis optima de para agregar fibras plásticas PET recicladas al concreto, para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, 2020.
- Determinar el espesor de losa óptimo a partir de los resultados de las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a la compresión y flexión), para un diseño de un pavimento rígido, 2020.
- Determinar el impacto económico del uso de fibras de plástico PET reciclado en el concreto, en el diseño de un pavimento rígido, 2020.

Con lo mencionado planteamos la siguiente hipótesis general: El uso de proporciones de fibra de plástico PET reciclado en forma de adiciones incorporadas al concreto mejorará sus propiedades mecánicas, abaratará los costos y reducirá la contaminación ambiental para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, 2020.

Asimismo, como hipótesis específicas tenemos.

- La incorporación de fibras plásticas PET recicladas mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a la compresión (F_c) y resistencia a la flexión (M_r)) para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, 2020.
- Existe una dosis óptima de fibras de plástico PET reciclado para agregar al concreto, para el diseño de un pavimento rígido, 2020.
- Se obtiene un espesor de losa a partir de los resultados de las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a la compresión y flexión), para un diseño de un pavimento rígido, 2020.
- Optimiza los costos agregar fibras plásticas PET recicladas al concreto en el diseño estructural de un pavimento rígido, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Al-Hadithia, Noamana y Moslehb (2019), en su artículo científico: “Mechanical properties and impact behavior of PET fiber reinforced self-compacting concrete (SCC), (Propiedades mecánicas y comportamiento de impacto de la auto compactación reforzada con fibra de PET hormigón (SCC))”, para la Universidad de Ambar – Iraq; cuyo objetivo fue estudiar las propiedades frescas, la resistencia mecánica y comportamiento de impacto del SCC que contiene fibras de PET de desecho a diferentes fracciones de volumen (0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.25%, 1.5%, 1.75% y 2%).

Se agregaron al SCC fibras de PET de plástico residual con una relación de aspecto de 28. Para tal efecto se emplearon una mezcla de concreto de referencia a partir de la cual obtuvieron todas las otras mezclas, para producir ocho mezcladores SCC que contienen diferentes porcentajes de proporciones volumétricas de fibras plásticas (0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.25%, 1.5%, 1.75% y 2%). Los experimentos mostraron que la inclusión de fibras de plástico PET en SCC resulta en un incremento en fuerzas de compresión y flexión.

Khalid, Irwan, Wan Ibrahim, Othman y Shahidan (2018) en su artículo científico: “Performance of plastic wastes in fiber-reinforced concrete beams, (Rendimiento de residuos plásticos en vigas de hormigón reforzado con fibra)”, para la Universidad Tun Hussein Onn, Malasia, cuyo objetivo fue estudiar el comportamiento de una matriz de hormigón con fibras sintéticas añadidas a través de la resistencia a la compresión, división de tensión, energía de fractura y pruebas de haz de flexión.

Los resultados mostraron que un aumento en el contenido de fibras aumenta la resistencia a la tracción de la matriz de hormigón. El hormigón armado que contiene fibras de plástico en forma de anillo con un ancho de 10mm (RPET-10) exhibió resultados notables durante la primera carga de grietas con un incremento del 32.3%. Concluyen que los desechos en forma de anillo de PET producen fibras para el hormigón con un rendimiento comparable al de fibras sintéticas comerciales.

Kien Bui, Satomi y Takahashi (2018), en su artículo científico: “Recycling woven plastic sackwaste and PET bottle waste as fiber in recycled aggregate concrete: An experimental study, (Reciclaje de desechos de sacos de tejido plástico y desechos de botellas de PET como fibra en un concreto reciclado: un estudio experimental)”, para la Universidad Tohoku, Sendai, Miyagi, Japón, se plantean investigar la ingeniería potencial de Residuos de Botellas de PET Reciclado (RPET), de los Residuos de Sacos de Plástico Tejido Reciclado (RWS), y del Hormigón Agregado Reciclado (RAC) reforzado con fibra. Los efectos de las fibras RWS y RPET en RAC se evaluaron en función de las propiedades mecánicas y la durabilidad del hormigón. Los resultados experimentales indicaron que las fibras RPET y RWS tienen alta resistencia a los álcalis en ambientes alcalinos y no mostraron degradación detectable en RAC a los 90 días. La combinación de Silica Fume (SF) y fibra RPET aumentó 3.6–9% de resistencia a la compresión, 16.9–21.5% de módulo elástico, 11.8–20.3% de resistencia a la rotura por tracción, 7–15% de resistencia al corte de RAC en comparación con muestras de RAC sin fibra, mientras que con fibra de RWS estos valores fueron menores. La fibra RWS y RPET mejoró el comportamiento posterior al craqueo de RAC. La contribución de RPET en la mejora de las propiedades RAC fue mejor que la de la fibra RWS, aunque la fibra RWS tiene una mayor resistencia a la tracción que la fibra RPET.

Hernández (2012), en su trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala: “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas”, cuyo objetivo fue estudiar la resistencia a la compresión de mezclas de concreto que contenían elementos de reciclaje, botellas plásticas PET, y componentes de llantas y confrontando dichos resultados con los alcanzados en una mezcla de hormigón convencional.

Los componentes recuperados se procesan para hacer que las partículas sean lo suficientemente pequeñas como para ser homogéneas con el resto de los componentes del hormigón. La concentración de estos materiales en el hormigón es la misma, que es el 10% del volumen de la mezcla, el propósito es observar la diferencia de comportamiento a la misma concentración para comparar

directamente todas las mezclas. Bajo la guía de las normas ASTM, se llevaron a cabo la prueba de asentamiento del concreto fresco y la prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.

Los resultados de la prueba muestran el hecho de que la adición de los materiales reciclados mencionados anteriormente reduce el trabajo y la durabilidad de la mezcla de hormigón. En general, dado que la disminución de la resistencia es proporcional a la cantidad de plástico, en última instancia es más proclive a utilizar una mezcla de adición formada con plástico PET. El uso de mezclas de investigación debe limitarse a elementos no estructurales.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Pinedo (2019), en su tesis: “Estudio de resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210\text{kg}/\text{cm}^2$, con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018”, tuvo como objetivo principal determinar si al hormigón adicionado con plásticos PET reciclados puede aumentar su resistencia a la compresión. Los elementos utilizados fueron: cemento portland Pacasmayo Tipo I, agregados finos y gruesos del río Huallaga. El plástico PET se obtiene a partir de plásticos reciclados triturados. En el estudio, se agregaron 5%, 10% y 15% de plásticos PET reciclados para hacer concreto, que luego se realizaron testigos que fueron sumergidos en agua y luego sometidos a una prueba de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente para compararlos con una muestra estándar. Los resultados obtenidos son: la resistencia a la compresión del hormigón sin añadir PET a los 28 días de edad es de $220 \text{ Kg}/\text{cm}^2$. La resistencia a la compresión del hormigón con 5%, 10% y 15% de plásticos reciclados PET añadidos es de $191 \text{ Kg}/\text{cm}^2$, $168.25 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ y $151.31 \text{ Kg}/\text{cm}^2$, respectivamente, lo que indica que cuanto mayor sea el porcentaje de PET, mayor será la mezcla que reducir la resistencia del hormigón. Finalmente, dado que se obtienen las resistencias a la compresión de más de $140 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ y $175 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ el hormigón agregado con plástico PET reciclado se puede utilizar para elementos no estructurales, lo que tiene la ventaja de reducir la contaminación ambiental provocada por el plástico PET, crear una alternativa reciclable en la construcción de edificios.

Pablo (2017), en su tesis para optar por el título profesional de ingeniero civil: “Evaluación de la influencia de las fibras de polietileno en el diseño, construcción y durabilidad de pavimento de concreto en la ciudad de Cerro de Pasco – 2017” para la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, tuvo como objetivo mejorar el desempeño del hormigón añadiendo fibras de polietileno (PET) obtenidas a partir de desechos de botellas, las cuales reflejarán el mejor diseño de concreto hidráulico, que pueda soportar la carga y transmitirla al suelo para lograr un buen desempeño estructural.

Se llevaron a cabo ensayos estandarizados sobre los materiales, para luego proponer un diseño de hormigón de 280 Kg / cm² de resistencia según el método ACI-211. Además, se realizaron cuatro diseños de igual resistencia y se agregaron fibras de polietileno reciclado 500gr/m³, 1000gr/m³, 1500gr/m³ y 2000gr/m³ de fibra respectivamente, y finalmente comparadas. Los núcleos de hormigón obtenidos son probetas cilíndricas comprimidas y vigas primáticas según normas ASTM, NTP y MTC. Por lo tanto, se logró determinar la medida ideal de fibras a añadir.

Ya descubierta la situación anterior, se utilizó el área de la Avenida 28 de Julio, Av. Circunvalación, Av. Túpac Amaru y la Av. Arequipa del acentamiento humado para diseñar el pavimento de concreto. Al agregar la medida ideal de fibras de polietileno recuperadas de botellas plásticas al hormigón, se concluye que estas son convenientes para mejorar las propiedades mecánicas, es decir, esfuerzo a la flexión del concreto reflejada por el módulo de ruptura (M_r) del hormigón, alcanzando de esta manera una reducción del espesor de la carpeta de rodadura del pavimento rígido, lo que crea una opción económica y ecológica.

Quispe y Miranda (2018), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil: “Influencia en la resistencia a la compresión del concreto convencional al sustituir agregado fino por plástico PET y caucho de llantas recicladas”, el objetivo fue calcular el impacto de la resistencia a la compresión del hormigón convencional cuando el plástico PET y el caucho de neumáticos reciclados se sustituyen por áridos finos. La sustitución se produce según el volumen al 0%, 5%, 10% y 15%. Por ello, a partir del cemento Portland tipo I de Pacasmayo, la arena gruesa y la grava de la cantera "Los Mellizos", en base a la relación agua / cemento invariable de 0.62, se preparó un diseño de mezcla estándar para conseguir 175

kg/cm² de concreto. De acuerdo con las normas técnicas de Perú, se caracterizaron los agregados y residuos naturales en botellas de plástico PET y el caucho en llantas recicladas: Contenido de agua (NTP 399.185), gravedad específica y tasa de absorción (NTP 400.022 y NTP 400.021), peso unitario (NTP 400.017) y análisis del tamaño de partículas (NTP 400.012). Se formó una muestra cilíndrica con un diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm, se utilizó hidróxido de calcio para curar en la piscina (NTP 339.183). Para determinar su resistencia a la compresión se utilizó la prueba estándar de la norma NTP-339.034.

Los resultados conseguidos son: 0% de sustitución en las muestras estándar: 128,26 (Kg / cm²), 163,71 (Kg / cm²) y 172,69 (Kg / cm²) después de curar durante 7, 14 y 28 días. Cuando se utilizó caucho al 5%: 97,00 (Kg / cm²), 134,16 (Kg / cm²), 140,04 (Kg / cm²) después de curar durante 7, 14 y 28 días, tubos de ensayo con 10% de caucho: 72,81 (Kg / cm²), 80,15 (Kg / cm²) y 118,90 (Kg / cm²) después de curar durante 7, 14 y 28 días. Cuando se reemplazó con 15% de caucho, 45,80 (Kg / cm²), 64,17 (Kg / cm²), 86,62 (Kg / cm²) cuando haya curado durante 7, 14 y 28 días respectivamente. Cuando se utilizó plástico PET al 5%: 125,96 (Kg / cm²), 153,51 (Kg / cm²) y 163,24 (Kg / cm²) después de curar durante 7, 14 y 28 días. Las muestras con plástico PET al 10% fueron 87,47 (Kg / cm²), 137,97 (Kg / cm²) y 150,76 (Kg / cm²) cuando se curaron durante 7, 14 y 28 días. Finalmente, las resistencias de 72.29 (Kg / cm²), 111.47 (Kg / cm²) y 137.26 (Kg / cm²) con plástico PET al 15% después de curar durante 7, 14 y 28 días.

Huamán y Valenzuela (2017), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil: "Evaluación comparativa de la resistencia a compresión entre un concreto F[´]C=210 kg/cm² adicionado con material PET y un concreto F[´]C=210 kg/cm² adicionado con material HDPE", elaborados con material procedente de las canteras de Cunyac y Vicho, tuvo como objetivo comparar la resistencia a la compresión de dos hormigones F[´]c = 210 kg / cm² con material PET y F[´]c = 210 kg / cm² de hormigón con material HDPE, los porcentajes de ambos materiales son 1%, 2% y 3% correspondientemente, y también se evaluó la consistencia del hormigón adicionado de los dos tipos de material descritos líneas arriba. Para

llevar a cabo esta investigación, se estudió con anticipación la disponibilidad de materiales que se iban a incorporar al concreto.

Antes de fabricar la muestra de hormigón a estudiar, se deben realizar todos los estudios necesarios especificados por la norma, incluidos al agregado fino y el agregado grueso; luego proceda al diseño de la mezcla en base a los datos obtenidos en la prueba de los agregados, posteriormente, comenzaron a especificar y evaluar la consistencia o asentamiento de la muestra estándar y la muestra con adición de PET y HDPE. Finalmente, después de curar todas las muestras, se realizó los ensayos de compresión. Con base en los datos finales obtenidos de todas las pruebas realizadas en esta investigación, se concluye que el hormigón $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ con material PET al 1%, 2% y 3% mejora eficazmente su resistencia a la compresión, relativo a la compresión del hormigón $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, añadiendo 1%, 2% y 3% de material HDPE en un 11%, 18% y 19% respectivamente. Del mismo modo, se puede ver que en comparación con el hormigón $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ con material HDPE, el hormigón $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ con material PET tiene mejor consistencia o SLUMP.

Lector y Villarreal (2017) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil: "Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote", se concluye que uno de los beneficios de usar plástico reciclado (PET) para hacer concreto es que puede aumentar en un 10% el volumen de hormigón, por lo que podemos usar estos diseños para reducir el daño ambiental a las actividades humanas.

Reyna (2016), en su tesis para la obtención del grado de Maestro en ingeniería Ambiental: "Reutilización de plástico PET, papel y residuos de caña de azúcar en forma de bagazo, como materia prima en la elaboración de hormigón ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo", tuvo como objetivo determinar los resultados del uso de residuos plásticos PET, hojas de papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima para producir eco-hormigón para viviendas de bajo coste. Se utilizaron cemento Portland Tipo-ICo, grava de 0.5", arena gruesa, desperdicios de plásticos de PET, hojas de papel y bagazo de caña de azúcar como materias primas para la mezcla de diseño. Estos residuos reemplazaron la arena gruesa con 5%, 10% y 20% en peso respectivamente. De

acuerdo con la Norma Técnica de Perú 339.033, se preparó una muestra de concreto simple que contenía el residuo anterior. Luego de 28 días de curado, la muestra fue sometida a una prueba de compresión como indica la norma ASTM -C39, a partir del cual se puede establecer que un hormigón que contiene un 5% de plástico PET presenta la mejor resistencia a la compresión. Del mismo modo se ha determinado que a medida que se incrementa el contenido de desperdicios en el hormigón, disminuye su resistencia a la compresión. Por último, al comparar los costos del hormigón ordinario y el hormigón que contiene fibras plásticas PET, se concluye que agregar plástico PET al concreto puede ahorrar costos.

2.2. Marco teórico.

Las teorías a utilizar para esta investigación serán: el concreto, plástico PET, pavimentos y el diseño de un pavimento rígido; que a continuación de describirán:

2.2.1. El concreto.

El hormigón o concreto es un material mezclado con cemento, áridos, agua y aditivos opcionales en cierta proporción, primero muestra una estructura plástica que es moldeable y luego logra una consistencia rígida con propiedades de durabilidad y resistencia, lo que lo convierte en un material apto para la construcción.

El cemento, la arena y el agua integran el mortero cuya finalidad es unir las distintas partículas de agregado grueso completando los vacíos entre ellas. La combinación de estos materiales produce una masa plástica moldeable, pero a medida que el tiempo avanza, más pierde esta propiedad y se convierte cada vez más rígido. (Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1998, p.120)

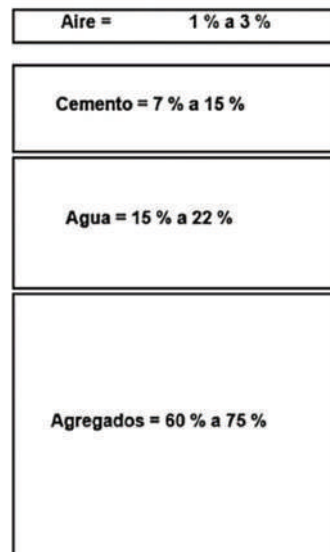
En la actualidad, el hormigón es uno de los materiales de construcción más utilizados en el Perú. Aunque el requerimiento final del hormigón esta sujeto en gran medida del entendimiento del elemento, y lo más importante, del profesionalismo de ingeniero responsable del proyecto, el hormigón es generalmente desconocido en muchos de sus siete aspectos

principales: naturaleza, materiales, propiedades, selección de proporciones, procedimientos de puesta en servicio, control de calidad e inspección y mantenimiento de los elementos estructurales. (Rivva López, 2000, p.8).

La tecnología moderna del hormigón define cuatro componentes para este material: el cemento, el agua, los áridos y los aditivos que son componentes activos, mientras que el aire es un componente pasivo.

Aunque la precisión convencional trata a los aditivos como elementos opcionales, son ingredientes normales en el mundo moderno. Por lo tanto, se ha demostrado científicamente que son convenientes para mejorar las condiciones de procesabilidad, resistencia y durabilidad, de modo que a largo plazo esta es una solución más económica tomando en cuenta la el personal humano y equipos ahorrados en el empleo y compactación, conservación, reparación incluido la reducción del cemento. (Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1998, p.125)

Figura 1 Relación de volumen típica de los materiales del hormigón.



Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Enrique Pasquel, p,125.

En cada caso particular del empleo del concreto se requieren ciertos atributos. Por eso es indispensable comprender cada característica del

hormigón y la interacción entre ellas es muy importante para los ingenieros, porque los ingenieros deben determinar la correlación más baja o más alta entre cada característica para cada situación específica de uso del hormigón.

Al examinar el desempeño del concreto, los ingenieros deben tener en cuenta las limitaciones de aplicar diversas variables que pueden funcionar modificando el hormigón. En este análisis, el ingeniero debe tener en cuenta que el hormigón, como cualquier otro material, cambiará con el tiempo y se tiene que considerar los problemas de durabilidad, aun cuando su resistencia este de acuerdo a las solicitaciones requeridas.

Al analizar el desempeño del concreto será indispensable tener en cuenta que estas se encuentran profundamente ligadas con las proporciones y características correspondientes a los materiales que lo entregan; la cantidad, calidad y densidad de la lechada determinan el desempeño del hormigón y la relación agua-cemento está relacionada con las características de la pasta. (Rivva López, 2000, p.22)

Entre las propiedades del hormigón, tenemos las propiedades del estado plástico: segregación, trabajabilidad y consistencia, exudación y retracción; y propiedades en el estado endurecido: elasticidad, resistencia, ductilidad, impermeabilidad y durabilidad.

2.2.2. Tereftalato de polietileno (PET).

Es un tipo de materia prima plástica proveniente del petróleo. Se compone de petróleo crudo, aire y gas. Según ALIPLAST (Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica), un kilogramo de plástico PET está conformado por 13% de aire, 23% de gas natural en forma líquida y 64% de petpetróleo (Redón, 2008, p.58)

El plástico PET es un material plástico que se utiliza para fabricar contenedores de agua mineral y envases de bebidas carbonatadas. Estas botellas son usar y tirar desechables, por lo que su paradero final es un tacho y en consecuencia también en un vertedero. (Rendón, 2008. p.85).

Tabla 1 Sistema de identificación de envases PET.

Símbolo	Tipo de Plástico	Propiedades	Usos Comunes
 PET	PET PolietilenoTereftalato (Polyethylene Terephthalate)	Contacto alimentario, resistencia física, propiedades térmicas, propiedades barreras, ligereza y resistencia química.	Bebidas, refrescos y agua, envases para alimentos (aderezos, mermeladas, jaleas, cremas, farmacéuticos, etc.)
 HDPE	HDPE Polietileno de alta densidad (High Density Polyethylene)	Poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar. Se suaviza a los 75°C	Algunas bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo, químicos y detergentes, cubetas, tapas, etc.
 PVC	PVC Policloruro de vinilo (Plasticised Polyvinyl Chloride PCV-P)	Es duro, resistente, puede ser claro, puede ser utilizado con solventes, se suaviza a los 80°C. Flexible, claro, elástico, puede ser utilizado con solventes.	Envases para plomería, tuberías, "blister packs", envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables, correas para reloj.
 LDPE	LDPE Polietileno de baja densidad (Low density Polyethylene)	Suave, flexible, translucido, se suaviza a los 70°C, se raya fácilmente.	Película para empaque, bolsas para basura, envases para laboratorio.
 PP	PP Polipropileno (Polypropylene)	Difícil pero aún flexible, se suaviza a los 140°C, translucido, soporta solventes, versátil.	Bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empacar, envases para uso veterinario y farmacéutico.
 PS	PS Poliestireno (Polystyrene)	Claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, se suaviza a los 95°C. Afectado por grasas y solventes.	Cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes, envases cosméticos.
 PS-E	PS-E Poliestireno Expandido (Expanded Polystyrene)	Esponjoso, ligero, absorbe energía, mantiene temperaturas	Tazas para bebida calientes, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco, empaques para proteger mercancía frágil
 OTHER	OTHER Otros (SAN, ABS, PC, Nylon)	Incluye de muchas otras resinas y materiales. Sus propiedades dependen de la combinación de los plásticos.	Auto partes, hieleras, electrónicos, piezas para empaques.

Fuente: Méndez 2012, p. 26

“Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad” (Méndez, 2012, p. 27); en general, estos se caracterizan por su elevada pureza, ligereza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo con su dirección presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

El PET es un elemento fuerte, duro y de trama constante que apenas absorbe agua. Tiene una alta resistencia a ácidos débiles, soluciones acuosas, productos de limpieza, alcalisis y gasolina. Adicionalmente, tiene buenas propiedades eléctricas, incorporando una constante dieléctrica sólida, alta resistencia dieléctrica, y un bajo factor de disolución, entre otras. Su composición varía de cristalino a amorfo. En ocasiones en secciones delgadas puede presentarse transparente e incoloro, pero generalmente es blanquecino y opaco en partes gruesas. Así también, este plástico también es muy sensible a oxidantes alcalinos y álcalis de altas temperatura. Dentro las características y propiedades de de este material tenemos:

- Alta traslucidez, y acepta algunos colorantes.
- Posee características beneficiosas en deformación a largo plazo (fluencia).
- Zonas duras (posiblemente pulidas).
- Elevada seguridad dimensional.
- Gran rigidez y resistencia.
- Alta resistencia química y térmica.
- Bajas propiedades eléctricas.
- Reutilizable y reciclable, sin embargo, tiende a reducir su viscosidad.

Para generar plástico PET reciclado los procedimientos mecánicos son fundamentales, así como para la variedad de plásticos. Los plásticos componen un porcentaje significativo de los desechos y entre ellos, el PET

es el más popular. Por tanto, en la mayoría de los casos, se trata de reciclar botellas de PET obtenidas a granel, en fardos o rumas.

Argueta (2006), puntualizo los procedimientos en los pasos siguientes:

- Almacenamiento; las botellas de PET que se utilizan para el reciclaje provienen de los programas de acopio y recolección en las calles, por lo que trabajan en conjunto para mantener las calles limpias, reduciendo así la cantidad de desperdicios que llegan al vertedero. Idealmente, los consumidores deberían realizar la disgregación de la basura, previo al recojo de los residuos y una vez separados debidamente llevarlos a los centros de recolección, a falta de una cultura de reciclaje, el papel de los acopiadores es esencial.
- Compactado; el material se apiña para disminuir su volumen y así favorecer su aprovisionamiento y transporte. Regularmente las dimensiones de estas placas o bloques de PET es de 153 cm x 130 cm x 85 cm, donde cada de estas podría llegar a pesar entre 200 a 600kg, según su grado de compactación o capacidad de supresión. En caso de apiñamiento, el racimo debe abrirse y picarse cuando se coloca en la planta, es decir, con etiqueta y tapa. No obstante, cuando arriban botellas sueltas a la fábrica, el volumen será mayor, pero la capacidad de abrir la tapa y abrir la etiqueta puede lograr productos más tratables.

- Molido; se realiza el picado o molido para disolver diferentes tipos de polímeros en el material (siempre y cuando el material este compactado) y la limpiar el elemento molido. Al reducir el tama o del plástico PET, es posible obtener escamas de $\frac{1}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", 1", o por último obtenerlo en forma de polvo, dependiendo del tipo o dise o de molinillo disponible.
- Separación; la separación puede separar el plástico PET de diferentes tipos de elementos, como vidrio, metales, papel o polímeros. Por tanto, si hay familias de polímeros inmiscibles juntas, algunas de ellas formarán fases en otros polímeros y pueden sufrir degeneración o combustión durante el proceso de desarrollo, lo que deteriorará el proceso de reciclaje; si hay elementos metálicos presentes, afectará la calidad del producto. La macro separación se realiza des etiquetando y abriendo manualmente las botellas desechadas. La micro separación se logra a través de propiedades físicas específicas (como peso, densidad o tama o). La separación molecular implica procesar plásticos mediante disipación y luego seleccionar plásticos en función de la temperatura. Otra elección es usar un sistema de burbujeo o flotación. En el proceso de usar una cinta transportadora para hacer vibrar el barril de flotación, el plástico PET de mayor densidad caerá al fondo y será recogido por el tornillo sin cabeza y lo llevará a la etapa siguiente.
- Limpieza; las escamas de plástico PET suelen estar contaminadas por papel, alimentos, piedras, aceite,

disolventes, polvo y en casos especiales pegamento. Luego para garantizar la eliminación de contaminantes tienen que ser limpiados en un baño. Asimismo, cuando el desecho plástico está muy contaminado se recomienda usar hidrociclones, el plástico contaminado retirado al ser ligero ya que emerge en la superficie donde es eliminado, luego los contaminantes se sientan en el fondo y se descargan. Una vez que se complete el proceso de limpieza, obtendrá hojuelas limpias.

- Secado; es la técnica donde se descarta el remanente de humedad del material. Se puede utilizar secadores de aire o secadores centrifugados, ya sea frío o caliente, que recorre entre el elemento molido, eliminando así la humedad.

Las partículas secas y limpias se pueden utilizar en muchas industrias.

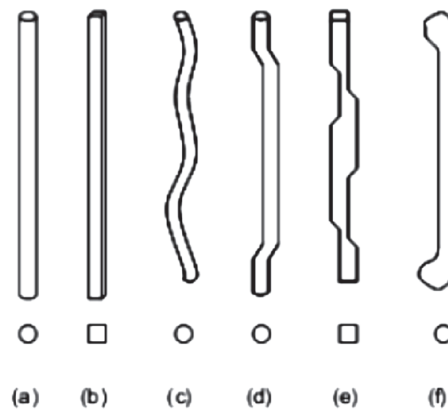
Por último, las fibras de plástico PET son componentes de larga o reducida extensión y estrecha fracción que se añaden a la mezcla de hormigón que proporcionan algunos atributos específicos.

La eficacia del refuerzo de fibras de matriz requiere que las fibras tengan siguientes características:

- La resistencia a la tracción es mas elevada que la del MC.
- La adherencia al sustrato es igual o mayor que la resistencia a la tracción del sustrato.
- El módulo de elasticidad es por lejos mayor que el de MC.
- Las fibras de refuerzo pueden adoptar muchas formas diferentes: rectos, ondulados, con puntas, dientes y muchas formas mas.

Estas piezas también varían de forma: redondas, cuadradas, rectangulares y planas.

Figura 2 Forma de fibras: a) sección circular, b) sección rectangular, c) ondulada, d) extremos conformados, e) extractos fundidos y f) extremos ensanchados.



Fuente: Méndez 2012

El tereftalato de polietileno (PET) es uno de los plásticos de mayor importancia en la industria manufacturera. A causa de su excelente beneficio, modesto precio y reciclabilidad, es uno de los materiales más atractivos para ser utilizados en formas de fibras.

Los materiales formados con fibra plástica (PET) como elementos de refuerzo son muy convenientes debido a su simplicidad de elaboración, precio y excelentes propiedades mecánicas.

2.2.3. Pavimentos rígidos.

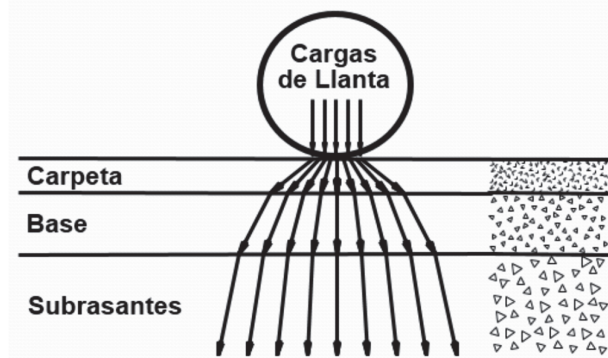
El pavimento es una estructura compuesta por capas superpuestas de materiales procesados sobre el terreno natural, con el objetivo de distribuir la carga aplicada por el vehículo a la sub-rasante.

La estructura del pavimento debe poder proporcionar:

- Calidad de marcha aceptable.
- Suficiente resistencia a la formación de surcos, deslizamiento y grietas.
- Nivel de reflexión de luz suficiente y bajo nivel de ruido.

La finalidad de esta estructura es transferir la carga del neumático para que no exceda la capacidad de carga de la sub-rasante.

Figura 3 Transmisión de carga en pavimentos rígidos.



Fuente: *Introducción a la ingeniería de Pavimentos, Soti A. 2016l*

Según el Manual de carreteras, Sección suelos y pavimentos, MTC (2014, p. 224) define al pavimento rígido como:

Los pavimentos de concreto reciben el apelativo de “rígidos” debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye.

Debido a su naturaleza rígida, la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la subrasante.

Existen tres tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimentos de hormigón simple (sin refuerzo) con juntas.
- Pavimentos de hormigón reforzado con juntas.
- Pavimentos de hormigón sucesivamente reforzado.

Los pavimentos de hormigón con juntas son los que más se aplican en el país debido a su buen comportamiento y el tiempo habitual de diseño. En el Manual de Pavimentos del MTC del Perú, se recomienda la aplicación de pavimentos de hormigón con juntas.

2.2.3.1. Componentes del pavimento rígido.

Guevara (2015) clasifica los elementos del pavimento rígido como:

- **Losa:** Es la parte superior de la acera, y los esfuerzos se distribuye según la rigidez de la losa, de modo que la capa inferior (base y sub-base) soporta menos cantidad de esfuerzo.
- **Base y Sub-base:** En principio, estas capas tienen la función principal de soporte de esfuerzos, pero en este caso, al tratarse de una carretera rígida, el esfuerzo es menor. Esta capa también se utiliza como drenaje para proteger la estructura superior y controlar la subida del agua.
- **Sub-rasante:** Esta es la capa de suelo natural donde se encuentra el pavimento. El propósito es darle al pavimento la estabilidad requerida. El diseño del pavimento comienza con la sub rasante, puesto que es el soporte de toda la estructura del pavimento.

2.2.3.2. Cargas en el pavimento rígido.

- **Carga concentrada:** Son cargas que se ejercen sobre una pequeña superficie (como un estante). Se requiere la carga significativa más grande. La separación entre los pilares es el espacio del pasillo, la superficie de fricción y la posición de la carga en relación a la junta.
- **Cargas distribuidas:** Se asocia a mercancías apiladas en naves industriales. El diseño respectivo requiere la máxima resistencia de carga, tamaño del área, ancho del pasillo y posición de la junta horizontal.
- **Cargas lineales:** Son cargas distribuidas en áreas estrechas (como paredes).

2.2.3.3. Esfuerzos en el pavimento rígido.

“Los esfuerzos de toda índole que teóricamente pueden presentarse al estar expuestas a cargas, temperaturas, reacciones durante el proceso de

fraguado y el comportamiento del refuerzo que lleva inmerso.”(Sánchez, 2014, p.115)

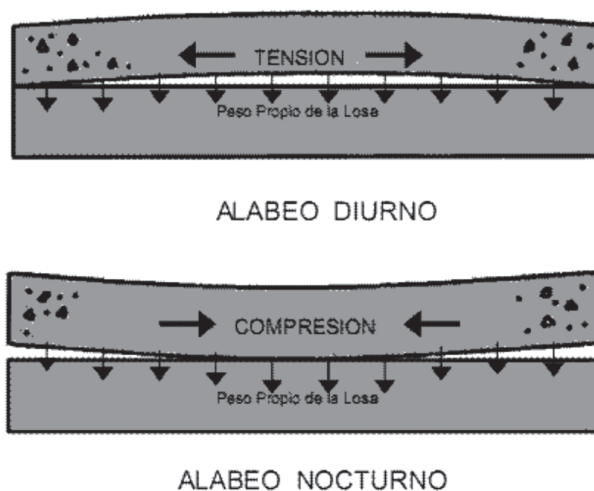
Algunos factores que causan estrés en pavimentos rígidos:

- Variación de temperatura.
- Variación de humedad.
- Transporte de carga.
- Otros (bombeo, cambios en el volumen del soporte).

2.2.3.3.1. Cambios de temperatura.

A medida que cambia la temperatura ambiente durante el día, también cambia la temperatura de la acera. Este ciclo térmico crea un gradiente térmico en la losa. Los degradados pueden hacer que la losa se deforme. El peso propio de la losa en sí y el contacto con la superficie de apoyo restringirán su movimiento y generarán fuerza. En función de la hora del día, dichos esfuerzos consiguen aumentar o disminuir en el impacto de la carga de tráfico.

Figura 4 Alabeo de losa de pavimentos rígidos.



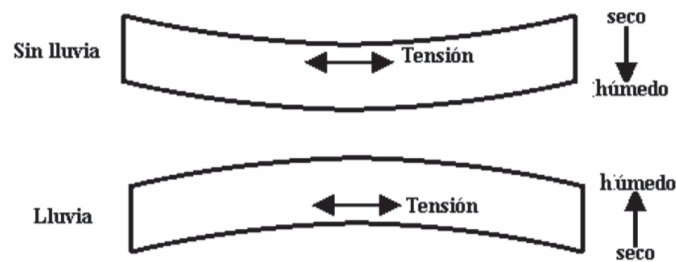
Fuente: SÁNCHEZ, F. Esfuerzos en Pavimentos Rígidos. Bogotá, 2014

2.2.3.3.2. Cambios por humedad.

El fenómeno de mojado y secado del hormigón es similar al fenómeno que ocurre cuando se produce un gradiente térmico.

La contracción o elongación causada por cambios de humedad es menor que la contracción o elongación causada por gradientes térmicos y debe tenerse en consideración al computar las variaciones dimensionales. El gradiente de humedad en el grosor puede causar alabeos (deformaciones) en la superficie del miembro de hormigón, lo que afecta el comportamiento de los bloques colocados en esa superficie.

Figura 5 Alabeo causado por cambios de humedad.



Fuente: BECKER, E. *Esfuerzos en pavimentos rígidos*. Colombia, 2014.

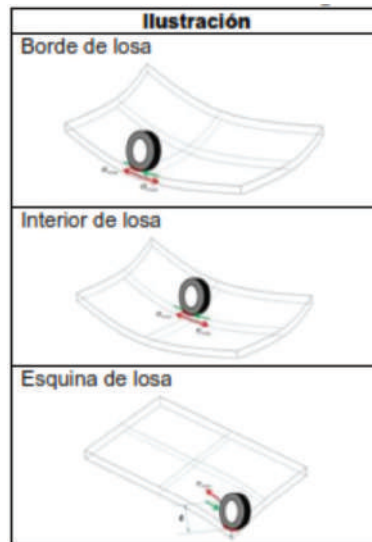
2.2.3.3.3. Cargas de tránsito.

Las losas de concreto hidráulico al estar expuestas a cargas de tránsito presentan los siguientes esfuerzos:

- Fricción provocada a causa de neumáticos de vehículos.
- Esfuerzo de compresión directo y esfuerzo cortante causado por la carga de la rueda.
- La presión y tensión provocadas por la flexión de la losa bajo la carga de la rueda.
- Debido al gran impacto de la carga en la estructura, el efecto más importante causado por la carga es la flexión.

A continuación, tras estudiar la tensión provocada por el impacto de la carga de la rueda sobre el pavimento de hormigón, el Dr. H. M. Westergaard obtuvo el punto crítico de la posición de la carga (ver Figura 6).

Figura 6 Puntos críticos de localización de las cargas.



Fuente: SÁNCHEZ, F. Esfuerzos en Pavimentos Rígidos. Colombia, 2014

2.2.4. Diseño de pavimentos rígidos.

Para esta investigación utilizaremos la metodología AASHTO 93 para diseñar pavimentos rígidos.

El diseño de pavimentos rígidos se lleva a cabo mediante la metodología del American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993.

Para construcciones nuevas de pavimentos rígidos el método AASHTO 93 indica que se comienza a dar un servicio a un nivel alto. Y con el tiempo, la carga de tráfico subsiguiente se repite y el nivel de servicio cae. Esta metodología establece que el nivel inicial de servicio que debe mantenerse al final de la fase de diseño.

Se tiene conseguir que la ecuación AASHTO93 logren su equilibrio mediante procesos iterativos, asumiendo el espesor de la losa de hormigón. El espesor de hormigón calculado final debe soportar una cierta cantidad de carga para pasar sin causar que el nivel de servicio caiga por debajo del nivel estimado, por tanto, la ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

Ecuación 01: Diseño de pavimentos rígidos.

$$\log W_{82} = Z_R \cdot S_0 + 7.35 \log(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 * 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \text{Log} \left[\frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 x J \left[0.009 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{E_c}{K}\right)^{0.25}} \right]} \right]$$

Donde:

W_{18} = Número previsto de ejes equivalentes cargas 18 kips (80kN) previstas.

Z_R = Valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

S_0 = Desvío estándar de todas las variables.

D = Espesor del pavimento de hormigón.

ΔPSI = Diferencia del servicio final y el servicio inicial.

P_t = Serviciabilidad final.

M_r = Resistencia media del hormigón (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = Coeficiente de drenaje.

J = Coeficiente de transferencia de carga en la junta.

E_c = Módulo de elasticidad del hormigón, en Mpa.

K = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, sub base o sub rasante) sobre el que descansa el pavimento de hormigón.

La fórmula AASHTO 93 se puede usar directamente a través de la hoja de cálculo, usando un nomograma o usando un programa de computadora dedicado para realizar cálculos de espesor. Sin embargo, este manual presenta catálogos de secciones transversales de estructuras rígidas de pavimentos, que se obtienen de acuerdo con las normas de dise o especificadas en este capítulo, que enumeran los tipos de suelo y volúmenes de tráfico expresados expresados en ejes equivalentes.

La metodología AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials) tiene en cuenta cuatro categorías primordiales de parámetros de diseño:

- **Variables de diseño:** Periodo de análisis, vía de diseño, tráfico, confiabilidad, condiciones ambientales (hinchamiento de la subrasante, levantamiento por heladas).
- **Criterios de desempeño:** Servicialidad.
- **Propiedades estructurales de los materiales:** Módulo de reacción de la subrasante, resistencia a la flexión del hormigón (método de carga en los tercios de la luz), Módulo de elasticidad del concreto.
- **Diseño de juntas:** Efectividad de la transferencia de carga entre losas adyacentes.
- **Características estructurales del pavimento:** Drenaje.

2.2.4.1. Variables de diseño.

2.2.4.1.1. Periodo de diseño.

Es el tiempo que durara el pavimento rígido en su vida útil, capaz de soportar el ESAL de diseño, no sufriendo daños.

Según el Manual de carreteras del MTC (2014) el periodo de diseño para pavimentos rígido debe ser como mínimo de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la entidad.

2.2.4.1.2. El tránsito (ESAL).

El periodo está vinculado al volumen de tráfico asignado para el carril de diseño durante ese periodo. El tiempo mínimo de diseño recomendado es de 20 años

Para el diseño se requiere calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en función de las cargas de tráfico, el factor de crecimiento y el número de años. El número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas para un determinado periodo de diseño, se obtiene por la fórmula:

Ecuación 02: Calculo periodo de diseño.

$$ESAL = \left(\sum_{i=1}^m P_i \times F_i \times P \right) \times TPD \times FC \times F_d \times F_c \times 365$$

Donde:

$ESAL$ = Los ejes equivalentes se los denomina $ESAL$ "Equivalente Single Axles Load"

P_i = Porcentaje del total de repeticiones para el i -ésimo grupo de vehículos o cargas.

F_i = Factor de equivalencia de carga por eje, del i -ésimo grupo de eje de carga.

P = Promedio de ejes por camión pesado.

TPD = Tránsito promedio diario.

FC = Factor de crecimiento para un periodo de diseño de años

F_d = Factor direccional

F_c = Factor de distribución por carril.

Para la estimación de los ejes simples semejantes, se debe tener en cuenta el concepto de Factor Camión (FC), el cual da una manera de expresar los niveles de da o entre ejes, pero para el cálculo de $ESAL$'s es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular. El factor camión (FC), se logra calcular para cada categoría de camión convencional o para todos los vehículos comerciales como el valor promedio de una configuración de tráfico determinada, pero es más preciso considerar factores.

2.2.4.1.3. Grado de importancia de la carretera.

El cual está relacionado con el uso de la carretera. La Tabla 2 muestra los grados de fiabilidad que recomienda la AASHTO-93.

Tabla 2 Niveles de confiabilidad AASHTO93

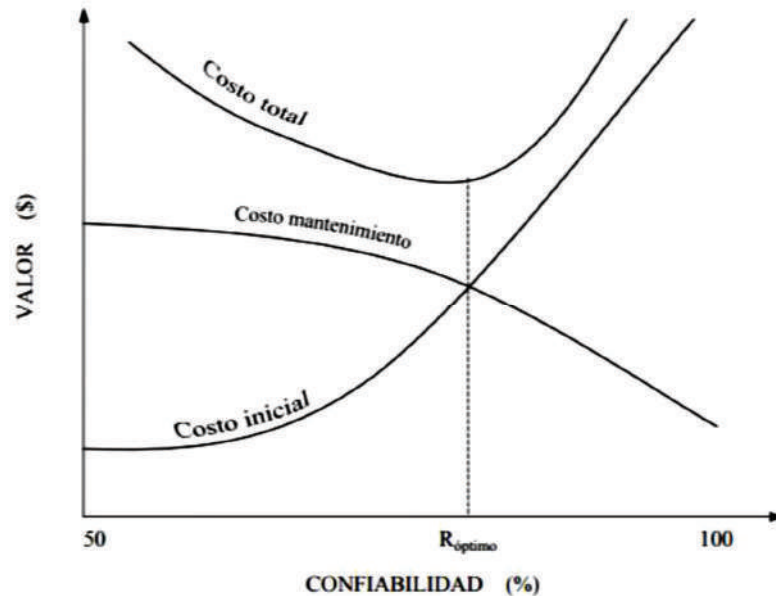
Tipo de Camino	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	80 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	87.5– 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

2.2.4.1.4. Optimizar el espesor del pavimento.

El espesor del pavimento debe optimizarse determinando el mejor nivel de confiabilidad para asegurar el menor costo total, es decir, un equilibrio adecuado entre el coste inicial y el coste de conservación, como se indica en la Figura 7.

Figura 7 Nivel óptimo de confiabilidad. AASHTO 93



Fuente: AASHTO 93

2.2.4.1.5. La confiabilidad “R” y la desviación estándar (S_o).

Se ha incorporado el idea de confiabilidad para cuantificar la variabilidad de materiales, procesos constructivos y de supervisión, estos cambios harán que los pavimentos construidos de "igual manera" exhiban diferentes comportamientos de degradación.

En cierta medida, la confiabilidad es un factor de seguridad, lo que equivale a seguir el concepto estadístico de considerar la distribución normal de variables y aumentar el caudal esperado en un cierto porcentaje durante todo el período de diseño.

El rango tradicional dado por AASHTO-93 se encuentra entre $0.30 < S_o < 0.40$, y se sugiere $S_o = 0.35$.

Los siguientes valores de confianza para el número de repeticiones de ejes equivalentes acumulados (EE) son los valores que se aplican al diseño y se enumeran en la tabla 3.

Tabla 3 Rango típico recomendado según el rango de flujo.

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)	Desviación Estándar normal (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: Guía AASHTO 93

2.2.4.2. Criterios de desempeño.

2.2.4.2.1. Serviciabilidad.

Se utiliza como medida del rendimiento en carretera y está relacionado con la seguridad y la comodidad que la carretera puede proporcionar a los usuarios cuando conducen por la carretera. Esto también está relacionado con las características físicas que pueden aparecer en la superficie de la carretera, como grietas, fallas, desconchados, etc., que pueden afectar la capacidad de soporte de la estructura.

El principal factor relacionado con la seguridad y el confort del usuario es la calidad de rodadura, que depende de la regularidad o rugosidad de la calzada. El valor de este parámetro define el concepto de "Índice de servicio actual" (PSI, abreviatura en inglés).

El PSI califica los pavimentos en función de un rango de valores de 0 a 5. Por supuesto, si el usuario nota grietas o deterioro en la cara superior de la carretera incluso sin una deformación significativa, la calificación se reducirá.

El diseño estructural con base en la capacidad de servicio toma en consideración establecer el índice de capacidad de servicio inicial (Pi) y el índice de capacidad de servicio final (Pt) para el diseño del pavimento o vida útil.

- **Índice de servicialidad inicial Pi**

La capacidad de servicio inicial (Pi) se define como el estado original del pavimento después de su construcción o renovación. Según la metodología AASHTO 93 se estableció un valor inicial deseable de 4.5 para superficies rígidas cuando la información de diseño no está disponible.

- **Índice de servicialidad final Pt**

Cuando área de la acera ya no cumple con las expectativas de confort y resguardo deseadas por el usufructuario, aparecerá el índice de servicio final (Pt). Según la importancia de la vía, se puede considerar el valor de Pt indicado en la Tabla 4.

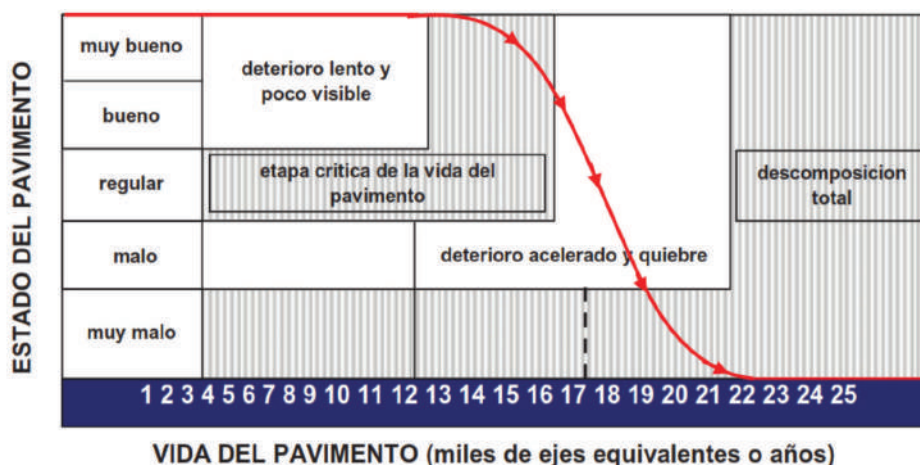
Tabla 4 Índice de servicialidad según el rango de tráfico.

Tipos de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial (pi)	Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (pt)	Diferencial de Serviciabilidad (Δpsi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

Fuente: Guía de AASTHO 93

El índice de usabilidad de la superficie de la carretera es un valor de evaluación que se utiliza para evaluar el deterioro o el estado confortable de la superficie de rodadura de la superficie de la carretera

Figura8 Vida del pavimento



Fuente: Guía de AASTHO 93

2.2.4.3. Propiedades estructurales.

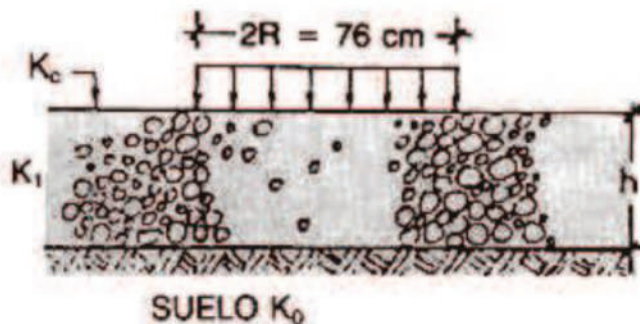
2.2.4.3.1. Módulo de reacción de la subrasante (k).

Dicho factor nos da una noción de cuánto se asentará el lecho de la carretera cuando se aplique un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada dividida por la deflexión de esa carga en pulgadas.

Los suelos con CBR igual o superior al 6% se considerarán materiales adecuados para cada capa de la calzada. De ser el caso que el CBR sea menor a lo permitido (subrasante escasa o subrasante insuficiente), el suelo se estabilizará. Por este motivo, se analizarán soluciones alternativas, como estabilización mecánica, reposición de suelo de fundación, mejoramientos químicos del suelo, mejoramientos con geosintéticos u otros productos avalados por el ministerio de transportes y comunicaciones de Perú, cambios de altura de la subrasante, cambiar el diseño de la carretera, elegir el método técnico y económico más conveniente.

El valor de k se expresa en lib/pulg² (pci). Dado que la prueba de carga de placa demanda mucho tiempo y es cara, el valor “k” regularmente se estima por correspondencia con otras pruebas comunes, como la relación de soporte de California (CBR) o la prueba de correlación del valor R mediante las siguientes ecuaciones:

Figura 9 Correlación de CBR y R.



Fuente: Guía de AASTHO 93

Ecuación 03 Modulo de reacción de la subrasante.

$$K_1 = 2.55 + 52.5 \log(\text{CBR}) \text{ para } \text{CBR} \leq 10\%$$

Ecuación 04 Modulo de reacción de la sub base.

$$K_2 = 46 + 9.08 [\log(\text{CBR})]^{4.34}$$

Ecuación 05 Modulo de reacción de la sub base.

$$K_c = (1 + (h/38)^2 \times (k_1/k_0)^{2/3})^{0.5} \times K_0$$

Donde:

K_0 = Módulo de reacción de la subrasante (CBR de subrasante)

K_1 = Módulo de reacción de la sub base (CBR de dise o)

K_c = Módulo de reacción equivalente.

h = Espesor de la sub base granular.

Tabla 5 CBR Mínimo recomendado para la sub-base granular de pavimentos rígidos según intensidad de tráfico expresado en EE.

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para trafico $\leq 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40 % (1)
Para trafico $> 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60 % (1)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga de 0.1" (2.5mm)

Fuente: Manual de carreteras. MTC, 2014, p. 231

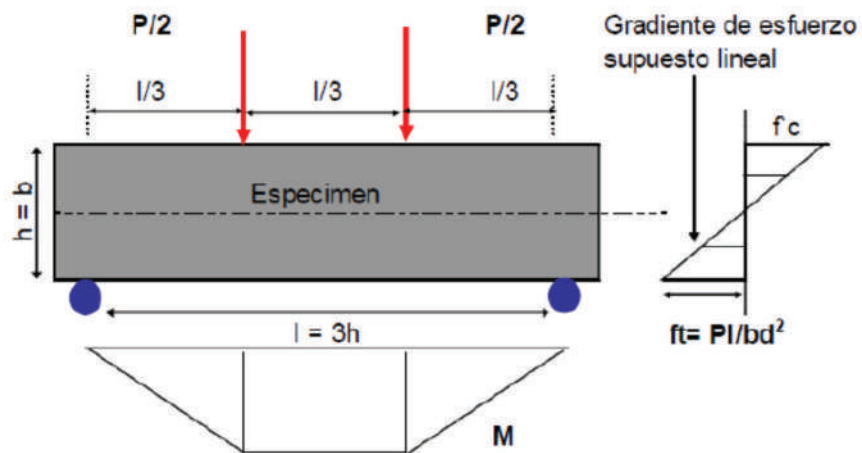
2.2.4.3.2. Módulo de rotura del concreto (M_r).

Para el diseño de carreteras rígidas, es una variable de entrada muy importante porque controlará las grietas por fatiga de la carretera causadas por cargas repetidas de camiones. También se llama resistencia a la flexión del hormigón.

Dado que el pavimento de concreto trabaja principalmente en un estado curvo, este parámetro se introduce en la ecuación AASHTO-93 y el módulo de ruptura (M_r) está estandarizado de acuerdo con ASTM C-78.

Después de 28 días, la viga debe probarse utilizando lo dos tercios de la prueba de carga. De esta forma se obtiene una región que experimenta un momento flector constante igual a $PL / 3$ en el tercio medio, y se producirá la fractura en algún punto del tercio medio, la exclusiva situación es que exista una debilidad allí. Esta prueba se recomienda en comparación con la prueba de carga en el medio, en la que la rotura ocurre inevitablemente en el punto (punto de aplicación de la carga) en el que el momento flector es máximo.

Figura 10 Esquema de ensayo ASTM C-78.



Fuente: Perri, 2019.

Tabla 6 Resistencia del concreto con respecto al rango de tráfico.

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: Manual de carreteras. MTC, 2014, p. 231

El módulo de rotura (Mr) del hormigón se relaciona con el módulo de compresión (f'c) del hormigón mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 06 Módulo de rotura.

$$Mr = a\sqrt{f'c} \text{ (Todo en } Kg/cm^2), \text{ ACI-363}$$

Donde el valor de "a" es (1.99 ≤ a ≤ 3.18)

Ecuación 07 Momento flector máximo.

$$S'_c = k(f'_c)^{0.5}, 7 < k < 12$$

Dónde:

F'c = Resistencia a la compresión del concreto en psi.

2.2.4.3.3. Módulo elástico del concreto.

Este parámetro indica la rigidez de la losa y la capacidad de distribuir cargas. Ésta es la relación entre deformación y tensión. a deflexión, la flexión y la tensión están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del hormigón. En un pavimento continuo de hormigón armado, el módulo de elasticidad y el coeficiente de expansión y contracción térmica del hormigón determinan el estado de tensión en el acero. Para el hormigón de peso normal, el ACI sugirió:

Ecuación 08 Módulo de elasticidad.

$$E_c = 57 \times 1000 (f'_c)^{0.5}$$

Donde: f'c y Ec están dados en psi

2.2.4.4. Transferencia de carga (J).

La carga de tráfico debe transferirse efectivamente de una losa a otra para minimizar la deflexión en la conexión. La torsión excesiva da como resultado el bombeo de la base y la posterior falla de las losas de concreto. El mecanismo de transferencia de carga en la junta transversal entre placa y placa se realiza de la siguiente manera:

- Conexión de dispositivos de transferencia de carga (pasadores de acero lisos) con o sin rejillas de temperatura mejorada.
- Losa colada monolítica reforzada continuamente (acero corrugado de refuerzo reforzado en ambos sentidos), no establece realmente una conexión lateral, y la aparición de grietas laterales se considera en el cálculo del acero estructural.
- Junta transversal mediante sierras, cuya transferencia de carga se realiza mediante el bloqueo entre las unidades..

El metogología de AASHTO 93 tiene en cuenta la capacidad de una estructura de pavimento de hormigón para transferir (distribuir) cargas a través de juntas o grietas utilizando el coeficiente de transferencia de carga (J). Los mecanismos de transmisión de carga, el bloqueo de agregados y la presencia de bermas de hormigón afectan esta cifra.

La Tabla 7 establece el rango de coeficiente de transferencia de carga en diferentes condiciones según la experiencia y el análisis de esfuerzos mecánicos.

Se observa en la tabla 7 que el valor de J aumenta con el aumento de la carga de tráfico, porque la transferencia de carga disminuye a medida que se repite la carga.

Tabla 7 Coeficiente de tranferencia de carga (J)

Tipo de pavimento	J			
	Con Asfalto		Con concreto hidráulico	
	Si(Con pasadores)	No(Sin pasadores)	Si(Con pasadores)	No(Sin pasadores)
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Refuerzo Continuo	2.9 – 3.2		2.3 – 2.9	

Fuente: Guía AASTHO 93

2.2.4.5. Drenaje (Cd).

La concurrencia de humedad o agua en la estructura del pavimento provoca los próximos conflictos:

- Desgaste del suelo por el desplazamiento de partículas.
- Debido al prolongado tiempo de saturación, la calzada se ablanda, en especial en condiciones de congelación.
- Deterioro del material de la losa por humedad.
- -Aumento de deformaciones y fisuras por falta de capacidad estructural.

El método de diseño AASHTO-93 incorpora el coeficiente de drenaje (Cd) en el diseño.

Las circunstancias de drenaje suponen la posibilidad de que la estructura debajo de la losa de concreto sostenga el agua libre o la humedad durante algún período de tiempo. Generalmente, el nivel de drenaje de la capa intermedia esta sujeto del tipo de drenaje diseñado, el tipo y la permeabilidad de la capa base, el tipo de calzada, las condiciones climáticas, el grado de precipitación, etc.

Dependiendo de las condiciones anteriores, el coeficiente de drenaje Cd varía de 0,70 a 1,25. Un alto Cd significa un buen drenaje, lo que beneficia a la estructura y reduce el espesor del hormigón a estimar.

2.2.4.5.1. Pasos para el cálculo del Cd.

En primer lugar, la calidad del drenaje depende de su tamaño, granularidad y características de permeabilidad del material como drenaje en función de sus dimensiones, granulometría, y características de permeabilidad.

Tabla 8 Condición de drenaje

Calidad de drenaje	50 % de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2.a 5 horas
Regular	1 semana	5.a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy Pobre	El agua no frena	Mucho más de 10 horas

Fuente: Guía de AASTHO 93

Si el material satisface uno de los requisitos de la Tabla 8 después de ser saturado con agua, se puede considerar como un drenaje excelente, bueno, regular, pobre o muy pobre.

Por último, una vez que se determina el material y su calidad de drenaje, Cd se puede calcular correlacionando Cd con el grado en que la estructura está expuesta a un nivel de humedad cercano a la saturación, guiándonos en la Tabla 9.

Tabla 9 Coeficiente de drenaje de la capas granular Cd

Calidad de drenaje	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	<1%	1 a 5%	5 a 25%	>25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.25 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: Guía de AASTHO 93

2.3. Definición de términos básicos.

Agregado fino: Es un agregado natural o desintegrado artificialmente que pasa un tamiz estándar de 9.5 mm (3/8 de pulgada) y cumple con los límites establecidos en NTP 400.037-2002.

Agregado grueso: Es el agregado retenido en el tamiz estándar de 4.75 mm (No. 4) debido a la desintegración natural o artificial de la roca, que cumple con los límites especificados en NTP 400.037-200.

Cemento: Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de yeso natural (NTP 334.090 – 2013).

Concreto: Conformado por cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino y grueso, agua, con o sin aditivos.

Diseño de mezcla del concreto: La mezcla de hormigón es básicamente una combinación de dos componentes: árido y pasta. Una pasta compuesta de cemento Portland y agua se combina con agregados (arena gruesa, piedra triturada y aditivos) para formar una masa similar a una roca. Debido a la reacción química entre el cemento y el agua, la pasta se endurece. (ICG, 2012).

Fibras: Elementos de corta longitud y pequeña sección, que se incorporan al hormigón para darle propiedades específicas.

Fibras para el concreto: Son pequeñas partículas de alta tenacidad que se pueden mezclar con el hormigón en forma de matriz y se pueden utilizar como materiales de refuerzo en todos los tamaños.

Polietileno PET: Es un polímero termoplástico elaborado a partir de derivados del petróleo, gas natural y aire (aproximadamente 64%, 23% y 13% respectivamente). Su acrónimo es PET inglés, polyethylene terephthalate, ampliamente utilizado en recipientes de bebidas y textiles.

Pavimentos rígidos: Debido a la naturaleza del pavimento de hormigón, el pavimento de hormigón se denomina "pavimento rígido". (Manual de carreteras, 2014)

Propiedades mecánicas del concreto: Como todos sabemos, el hormigón mostrará resistencia en el estado endurecido bajo la fuerza externa. Incluyen principalmente: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, rigidez, impacto, etc.

Resistencia a la compresión del concreto: Esfuerzo máximo que presenta el concreto a la compresión sin romperse. (E060- RNE)

Módulo de rotura: Este es el esfuerzo de tracción debido a la flexión de la fibra extrema bajo la carga de rotura según el método de prueba AASHTO-T-97, cuyo equivalente es ASTM C 78, una prueba que utiliza el soporte prismático con una sección de 15 x 15 cm. con una longitud de prueba de 45 cm y una carga utilizada en el tercio medio y se clasifica por resistencia a los 28 días. (AASHTO T, 97). (AASHTO T, 97).

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo de investigación:

Según Hernández (2010), el tipo de investigación a aplicar será cuantitativo, pues las diferentes hipótesis planteadas para la investigación y los posibles resultados de la investigación serán contrastados en base a datos cuantitativos y estadísticos. (p.120)

Diseño de investigación:

Según Hernández (2010), el diseño de la investigación del trabajo actual será experimental, pues el propósito es comprender las causas y fenómenos que ocurren cuando se agrega un cierto porcentaje de plástico PET reciclado al hormigón convencional, y analizar los cambios según los métodos y técnicas de recolección de información para explicar el fenómeno del tema a investigar. (p.125)

Esta investigación cumple los requisitos para el diseño experimental, puesto que se pueden estimular o tratar y calificar mediante la realización de experimentos puros, que realizarán las siguientes operaciones:

- Variables manipuladas intencionalmente.
- Medir variables.
- Control y efectividad.
- Comparación de grupos.

3.2. Variables y operacionalización.

Variable independiente X1:

X1: Fibras de plástico PET reciclado

Descripción: Es la cantidad de fibras de plástico PET reciclado que será agregado a la mezcla de concreto.

Indicadores: Porcentaje relativo al peso (kg) del cemento.

Variable dependiente Y1:

Y1: Propiedades mecánicas de un concreto adicionado con fibras de plástico PET reciclado.

Descripción: Son las propiedades y la calidad del hormigón en su estado plástico, que dependen de la calidad del árido y de los aditivos utilizados para su fabricación.

Indicadores: Resistencia a la compresión en kg/cm². y resistencia a la flexión en kg/cm²

Variable dependiente Y2:

Y2: Diseño de un pavimento rígido

Descripción: Los pavimentos son diseñados para obtener en forma económica un buen comportamiento durante una larga vida de servicio.

Indicadores: centímetros y costo en soles

Tabla 10 Operalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
VARIABLE INDEPENDIENTE				
X1: Fibras de plástico PET reciclado	El PET es el material plástico con el cual se elaboran los envases de bebidas gaseosas y aguas minerales, entre otras. Las botellas son desechables, por lo que su destino suele ser la bolsa de basura y, por extensión, los rellenos sanitarios	Es la cantidad de fibras plástico PET reciclado que será agregado a la mezcla de concreto.	Porcentaje de adición de fibras de plástico PET reciclado: - 2.5 % - 5 % - 7.5 %	Peso en Kg con respecto al cemento
VARIABLE DEPENDIENTE				
Y1: Propiedades mecánicas de un concreto adicionado con fibras de plástico PET reciclado.	Son las propiedades y la calidad del hormigón en su estado plástico, que dependen de la calidad del árido y de los aditivos utilizados para su fabricación.	Se obtendrá resultados de la resistencia a la compresión para muestras cilíndricas y módulo de rotura para viguetas de hormigón endurecido mediante pruebas estándares de laboratorio.	Resistencia a la compresión (F _c)	Kg/cm ²
			Modulo de rotura (Mr)	Kg/cm ²
Y2: Diseño de un pavimento rígido	Los pavimentos son diseñados para obtener en forma económica un buen comportamiento durante una larga vida de servicio.	Se realizará una comparación técnico económica del diseño de un pavimento rígido con el método AASHTO 93 adicionando al concreto fibras de plástico PET reciclado con respecto a un concreto tradicional.	Espesor de concreto	cm
			Costo del pavimento rígido	Soles (S/.)

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población: Es un grupo de elementos con características similares, estos elementos son objeto de estudio y las conclusiones de la encuesta son válidas para ellos. (Hernández, 2010, p.75)

La población del presente estudio será el concreto estandar $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ (sin la incorporación de fibras plasticas PET recicladas) y el concreto de $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ con la incorporación de reciclaje de plástico PET (en distintas proporciones de fibras de PET).

Muestra: En esta investigación, la muestra cosnta de 9 testigos cilíndricos de un concreto estándar de $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, 27 testigos cilíndricos de un concreto de $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado de fibras de plástico PET reciclado (con diferentes dosis de fibras de plástico PET), así como también 3 viguetas prismáticas de un concreto patrón de $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ y 12 viguetas prismáticas de un concreto de $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ con la incorporación de fibras de plástico PET reciclado (en distintos porcentajes con relación fibras-cemento).

Muestreo: El método de muestreo incluirá la selección por métodos no aleatorios, indicando que la muestra es igual a la población. En otras palabras, las propiedades son semejantes a las de la población objetivo. Para este tipo de muestra, la "representación" la delimita el tesista de forma subjetiva, que es la principal desventaja de este método, porque no se puede cuantificar una muestra representativa.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas: Las principales técnicas que se utilizarán en esta investigación serán ensayar probetas cilíndricas y viguetas mediante observación directa, análisis de documentos, con o sin la adición de fibras plásticas PET recicladas.

Instrumentos: Las herramientas o instrumentos utilizados en las técnicas descritas líneas arriba son:

- Datos de campo (in-situ)
- Laboratorio de concreto y mecánica de suelos.
- Prensa para pruebas a compresión y flexión.
- Formato de laboratorio.
- Trabajo de oficina (cálculo matemático y verificación).

3.5. Procedimientos.

Para la realización de este trabajo de investigación se siguió el siguiente orden.

- Se utilizó bibliográfica como referencia y se buscará información sobre el hormigón adicionado de fibras plásticas recicladas.
- Se estudió las propiedades físicas de las fibras plásticas PET recicladas.
- Se realizó estudio al agregado fino (Arena Gruesa).
- Se realizó estudio al agregado Grueso (Piedra $\frac{3}{4}$ "
- Se reciclará el plástico PET y se dará el tratamiento hasta convertirlo en fibras para su posterior uso.
- Se realizó diseño de mezclas para un hormigón estándar (sin adición de fibra plástica PET) y hormigón reforzado con fibra (con diferentes dosis de fibra plástica PET).
- Se elaboró probetas cilíndricas y vigas prismáticas con una muestra de hormigón tradicional.
- A partir de la muestra estándar, se agregó fibras plásticas PET recicladas en un porcentaje relativo al peso del cemento.
- Se realizó ensayos de resistencia a la compresión axial ASTM C39 y ensayos de resistencia a la flexión o módulo de rotura ASTM C78
- Se recolectó datos para análisis y evaluación para finalmente diseñar un pavimento rígido con el método AASHTO 93 adicionando fibras de plástico PET reciclado en el concreto y se comparará con un diseño convencional.

3.6. Método de análisis de datos.

Considerando que los datos obtenidos son variables cuantitativas y cualitativas, para el procesamiento y análisis se utilizará el procesamiento de datos,

instrumentos de laboratorio, procedimientos de ingeniería y hojas de cálculo estandarizados.

3.7. Aspectos éticos.

Se evaluará los efectos de agregar fibras de plástico PET reciclado al concreto hidráulico en el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido. Todos los ensayos correspondientes se realizarán en el laboratorio INGEOCON E.I.R.L. especialistas en mecánica de suelos, concreto y pavimentos en la ciudad de Ayacucho, la recolección de datos se llevará a cabo a través de un formato de laboratorio estándar, y cumplirá con los requisitos de la NTP y las normas internacionales ASTM, y se realizará bajo la supervisión y conformidad de ingenieros consultores. El ingeniero consultor revisará la calidad de los datos recopilados y la aprobación de la prueba. El procesamiento de datos se llevará a cabo bajo la supervisión de ingenieros consultores e ingenieros de métodos, quienes evaluarán y aceptarán la consistencia de los datos procesados obtenidos. Se realizarán discusiones, conclusiones y sugerencias sobre temas de investigación en base a los resultados obtenidos. En las distintas etapas del proceso de investigación se considerarán las opiniones y observaciones del ingeniero consultor.

IV. RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados.

4.1.1. Métodos de diseño y especificaciones técnicas utilizadas para ensayos de hormigón.


Después de completar las pruebas para determinar todas las propiedades físicas del material, se debe realizar el diseño de la mezcla para el diseño del hormigón. Independientemente de las propiedades finales del hormigón especificadas en las especificaciones técnicas, oa criterio de los profesionales responsables del diseño de la mezcla, utilizando la metodología ACI-211 y la cantidad de material por metro cúbico de hormigón se puede determinar siguiendo los pasos a continuación:


- La resistencia promedio se selecciona en función de la resistencia a la compresión especificada y la desviación estándar de la empresa constructora.
- Seleccione el máximo tamaño del agregado grueso.
- Elija SLUMP (Asentamiento).
- Seleccione la unidad de volumen de agua de diseño.
- Seleccione el contenido de aire.
- Elija la relación agua / cemento para mayor resistencia y durabilidad.
- Determine el coeficiente de cemento.
- Determine el contenido de agregado grueso.
- Determine la suma del volumen absoluto de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso.
- Determine el volumen absoluto de agregado fino.
- Determine el peso seco del agregado fino.
- Determine los valores de diseño de cemento, agua, aire, agregado grueso y agregado fino.
- Corrija el valor de diseño de la humedad total.
- Determine la relación por peso, diseño y obra.
- Determine el peso de cada lote de bolsas.
- La cantidad de fibra depende del diseño.

4.1.2. Diseño de mezcla para una resistencia de $F'c$ 280 Kg/cm², para un concreto hidraulico.

Utilizando el conocimiento sobre las características de los áridos finos y gruesos y el uso de las tablas concerniente, se realizan los cálculos de diseño de mezcla y sus correcciones:

Figura 11 Características de los materiales.


 DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")		Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento: FOR-OPE-83.00
Proyecto	: "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"	
Código	: INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-; Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA	
Solicitante	: PABLO ESTEBAN VALER PACHECO	Distrito : AYACUCHO
Cantera	: CHILLICO: CHILLICO	Lugar : AYACUCHO
Material	: AGREGADO GRUESO Y FINO	Fecha : ENERO DEL 2021
DATOS DE LOS AGREGADOS		
CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: CHILLICO	: CHILLICO
MATERIAL	: PIEDRA CHANCADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB ANGULOSO	ZARANDEADO
PUS (kg/m ³)	1343	1729
PUCS (kg/m ³)	1537	1837
PESO ESPECIFICO	2,68	2,72
ABSORCIÓN (%)	1,04	3,79
HUMEDAD (%)	0,41	4,65
MODULO DE FINEZA	7,84	2,71
TAMAÑO MAXIMO	1 "	--
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	--
PUSH (kg/m ³)	1349	1810
DATOS DEL CEMENTO		
MARCA	: SOL	
TIPO	: PORTLAND TIPO I	
PESO ESPECIFICO	3,12	
RESISTENCIA PROMEDIO f'_{cr}		
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	280	f'_{cr} = 364 kg/cm ²
ASENTAMIENTO		
MEZCLA SECA	0"-2"	
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO 3"-4" MEZCLA PLÁSTICA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"	
CONTENIDO DE AIRE		
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	CONTENIDO DE AIRE : 2,0 %
VOLUMEN UNITARIO DE AGUA		
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	
ASENTAMIENTO	3"-4"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA = 205 l/m ³
ADITIVO		
ADITIVO 01 : ADITIVO 01	MARCA : 0	
DENSIDAD (gr/cm ³):	1	DOSIS (% del peso de cemento) : 0,000
ADITIVO 02 : ADITIVO 02	MARCA : 0	
DENSIDAD (gr/cm ³):	1	DOSIS (% del peso de cemento) : 0,000




JOSER JANAMPA AGUADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. COL. WES N° 74407
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 Diseño de mezcla para concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

	DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")		Código formato base: FOR-SIG-01.00				
			Código del documento FOR-OPE-63.00				
Proyecto	: "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"						
Código	: INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-4; Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA						
Solicitante	: PABLO ESTEBAN VALER PACHECO			Distrito : AYACUCHO			
Cantera	: CHILLICO: CHILLICO			Lugar : AYACUCHO			
Material	: AGREGADO GRUESO Y FINO			Fecha : ENERO DEL 2021			
RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / $f'c$ (kg/cm ²)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m ³)
280	439,9	862,1	849,7	205,0	-	-	2356,7
DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
$f'c$ (kg/cm ²)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr/bls)	ADITIVO 02 (gr/bls)
280	Resistencia	1,00	1,96	1,93	19,8	-	-
RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / $f'c$ (kg/cm ²)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m ³)
280	439,9	902,2	853,2	203,0	-	-	2398,3
DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / $f'c$ (kg/cm ²)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m ³)	AGREGADO GRUESO (m ³)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
280	10,35	0,50	0,63	205,0	203,0	-	-
DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)							
$f'c$ (kg/cm ²)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr/bls)	ADITIVO 02 (gr/bls)
280	Resistencia	1,0	1,7	2,2	19,6	-	-



INGEOTECON
 JOBER JANAMPA AGUADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. COL. ING. N° 174407
 JEFE DEL LABORATORIO

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.La dosificación y propiedades físicas de la fibra plástica PET utilizada.

Con fines de investigación, una vez obtenidas las fibras, se realizó una prueba comparativa entre hormigón estándar (sin adición de fibra plástica PET) y hormigón reforzado con fibra (con diferentes dosis de fibra plástica PET).

- Diseño Estandar: 0% de fibra
- Diseño N° 01: (2.5 fibra- cemento)
- Diseño N° 02: (5 % fibra- cemento)
- Diseño N° 03: (7.5 % fibra- cemento)

La obtención de fibra plástica PET reciclada es producto del siguiente proceso:

- Primero, se recolectó botellas de plástico PET de bebidas gasificadas recolectados en el bote de basura y luego enjuágado con agua.
- Después de eso, se cortó la parte inferior y superior de los envases.
- Se utilizó tijeras para una fabricación manual de fibras de PET; las fibras conseguidas tienen un ancho de 3mm y de largo de 40 mm.

Con el fin de incorporar fibras, las tiras de PET obtenidas se cortaron en secciones transversales de 40 mm, se utilizaron para reforzar el hormigón de forma dispersa, y se colocaron en muestras de hormigón (testigos y viguetas). Cabe señalar que el PET obtenido no sufrió alteraciones en sus propiedades.

Se utilizó fibra de polietileno obtenido de botellas de plástico reciclado (PET), con las siguientes características físicas:

- Espesor de fibra : 0,08 mm
- Ancho de la fibra : 3 mm
- Largo L : 40 mm

4.1.4.Preparación de mezclas.

Para fines de investigación, se realizó una prueba comparativa entre concreto estándar (sin la cantidad de fibra plástica PET) y concreto reforzado con fibras plásticas PET (con diferentes cantidades de fibra agregada). Una cierta cantidad de fibra plástica PET se mezcla directamente en la hormigonera, como si fuera un agregado o aditivo más, y se agrega gradualmente a la velocidad máxima para asegurar una distribución adecuada. Es importante que cuando se mezclen las fibras plásticas PET con el resto de elementos del hormigón, se dispongan

constantemente en la hormigonera para prevenir que las fibras se centren en determinadas partes. El tiempo de mezcla recomendado es de 08 minutos.

4.1.5.Fabricación de muestras.

Para comprender el proceder del hormigón con respecto al tiempo, se realizaron testigos (diámetro 15 cm, altura 30 cm) y vigas prismáticas de sección transversal (15cm x 15cm x 54cm) para un hormigón convencional (0% de incorporación de fibras plásticas PET) y un hormigón reforzado con fibras (fibra plástica PET incorporada en distintas cantidades).

En este estudio, fueron nombrados:

- TDE (Testigo Diseño Estándar): a los testigos con concreto pstandard (sin incorporación de fibras)
- TD1 (Testigo Diseño N° 01): a los testigos con concreto con incorporación de fibras de PET en un 2.5 % con relación al peso del cemento.
- TD2 (Testigo Diseño N° 02): a los testigos con concreto con incorporación de fibras de PET en un 5 % con relación al peso del cemento
- TD3 (Testigo Diseño N° 03): a los testigos con concreto con incorporación de fibras de PET en 7.5 % con relación al peso del cemento.

La muestra cilíndrica y la muestra prismática se colocan cerca de la hormigonera para preparar la mezcla de hormigón, mientras se asegura que la posición de extracción de la muestra sea sobre una área plana. En el caso del molde prismáticos, se llenó hasta la parte media con el hormigón mezclado adicionado de fibras de plástico PET, se chuseo 63 veces en forma de caracol y se golpeó 15 veces por el perímetro con un martillo de goma, dicha operación se realizó dos veces, es decir, por cada capa. Finalmente se agregó un poco más de hormigón para que quede al ras y se procedió a colocar su codificación. Los pasos de operación de la muestra cilíndrica son los siguientes: llenar el concreto cada tercio del molde, realizar chuseo con una varilla de acero 25 veces en forma espiral para evitar la segregación del concreto, luego soplar golpear el molde con un martillo de goma, se repitió este paso para las tres capas, y finalmente verter un poco más. hormigón y enzararlo (consulte las referencias en ASTM C192). El retiró al día siguiente del preparado y se llevó cuidadosamente a la cámara de curado hasta los 7, 14 y 28 días después de la preparación.

4.1.6. Ensayo de resistencia a la compresión axial (NTP-339.034).

Implica aplicar una carga de compresión axial en un molde cilíndrico a una cierta velocidad para mantenerlo dentro de un rango especificado antes de fallar. La tensión de compresión de la muestra se calcula a partir del cociente de la carga máxima obtenida durante la prueba y la superficie transversal de la muestra. Se aplicó una tasa de carga continua constante desde el principio hasta que la muestra se rompió. Para comprender el comportamiento de la resistencia del hormigón a lo largo del tiempo, probamos probetas cilíndricas con un diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm durante 7 días, 14 días y 28 días.

Procedimiento:

- Las muestras se analizaron a las edades de 7 y, 14 y 28 días.
- Se midió la muestra (diámetros).
- Antes de la prueba, se ha observado que la placa de presión y la superficie de prueba están absolutamente limpias y la muestra está correctamente centrada entre las placas de presión.
- Aplicar la carga de forma continua para evitar colisiones.
- Luego se registró el esfuerzo máximo P.

Expresión de resultados:

Se utilizó la siguiente fórmula para calcular la resistencia a la compresión de la muestra:

$$f'c = 4 P / \pi D^2$$

Dónde:

F'c: Resistencia a la fractura por compresión (Kg/cm^2)

P : Es el esfuerzo máximo de rotura (Kg)

D: Es el diámetro medio (cm) del espécimen cilíndrico.).

La resistencia de las muestras analizada son:

Tabla 11 Diseño estándar – Resistencia a la compresión.

Diseño Estandar			
TDE	Resistencia obtenida a los 7 días f_c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 14 días f_c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días f_c (kg/cm ²)
Testigo 01	275.68	344.68	365.56
Testigo 02	270.62	343.02	368.28
Testigo 03	272.56	341.65	365.39
Fc Promedio (Kg/cm²)	272.95	343.12	366.41
Desviación	2.31	0.71	1.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 Diseño estándar + 2.5% plástico PET – Resistencia a la compresión.

Diseño estandar +2.5%plastico PET			
TD1	Resistencia obtenida a los 7 días f_c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 14 días f_c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días f_c (kg/cm ²)
Testigo 01	287.82	355.08	380.74
Testigo 02	289.39	357.83	381.90
Testigo 03	288.71	356.05	384.71
Fc Promedio (Kg/cm²)	288.64	356.32	382.45
Desviación	0.58	1.15	0.71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 Diseño estándar + 5% plástico PET – Resistencia a la compresión.

Diseño estandar +5%plastico PET			
TD2	Resistencia obtenida a los 7 días f_c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 14 días f_c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días f_c (kg/cm ²)
Testigo 01	309.20	394.33	411.66
Testigo 02	308.48	391.76	419.36
Testigo 03	311.46	395.12	415.78
Fc Promedio (Kg/cm²)	309.71	393.74	415.60
Desviación	1.15	1.41	3.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14 Diseño estándar + 7.5% plástico PET– Resistencia a la compresión.

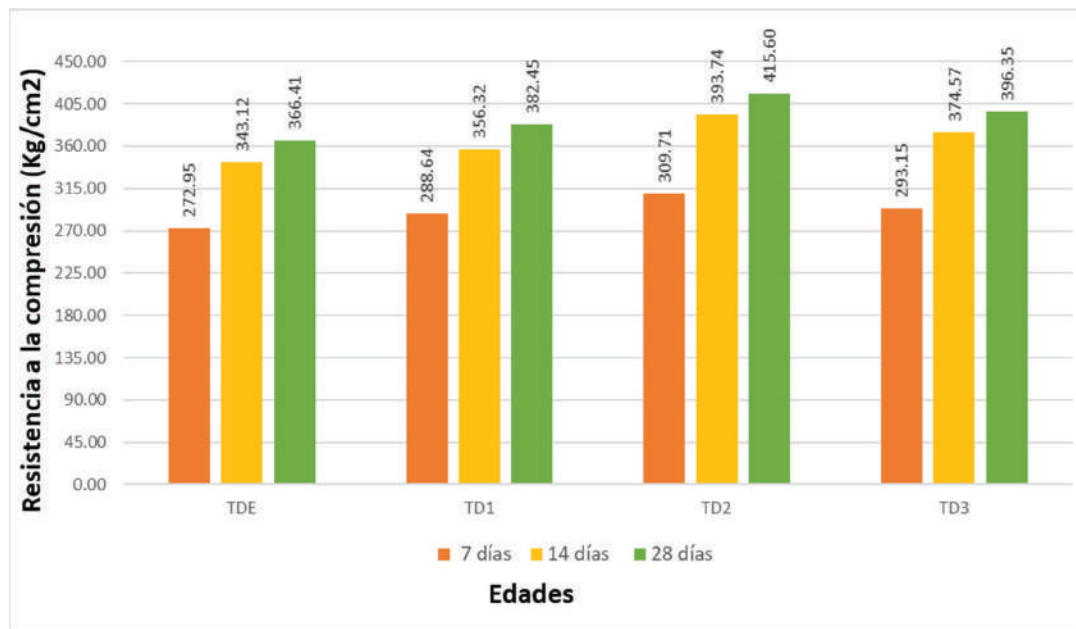
Diseño estandar +7.5%plastico PET			
TD3	Resistencia obtenida a los 7 días f_c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 14 días f_c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días f_c (kg/cm ²)
Testigo 01	291.36	370.95	392.40
Testigo 02	293.13	376.34	397.05
Testigo 03	294.96	376.43	399.60
Fc Promedio (Kg/cm²)	293.15	374.57	396.35
Desviación	0.71	2.31	2.83

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de resultados:

Una vez que se obtiene los datos sobre la resistencia a la compresión, se presenta a continuación la figura 11, donde se observa la evolución de la resistencia a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días de todos los grupos de control.

Figura 13 Cambios en la resistencia a la compresión del grupo de prueba.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 13 podemos observar que la dosificación óptima para la incorporación de fibras de plástico PET es de 5 % ya que aumenta significativamente la resistencia a la compresión: a los 7 días es de 309.71 Kg/cm^2 , a los 14 días es de 393.74 Kg/cm^2 y a los 28 días es de 415.60 Kg/cm^2 en comparación al diseño estándar: a los 7 días 272.95 Kg/cm^2 , a los 14 días es de 343.12 Kg/cm^2 y a los 28 días 366.41 Kg/cm^2 .

Interpretación de los datos:

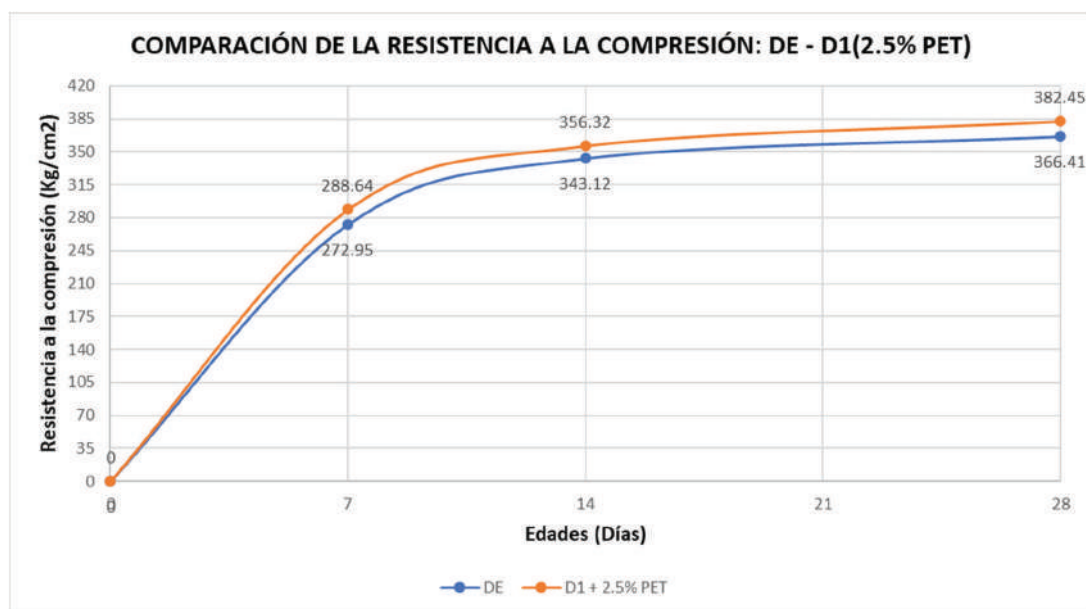
Según la figura 14 se puede observar:

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 2.5% después de 7 días es de 288.64 Kg/cm^2 y corresponde al 105.75 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (272.95 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 5.75%.

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 2.5% después de 14 días es de 356.32 Kg/cm^2 y corresponde al 103.89 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (343.12 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 3.89%.

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 2.5% después de 28 días es de 382.45 Kg/cm^2 y corresponde al 104.38 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (366.41 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 4.38%.

Figura 14 Comparación de la resistencia a la compresión: DE – D1 (2.5%PET)



Fuente: Elaboración propia.

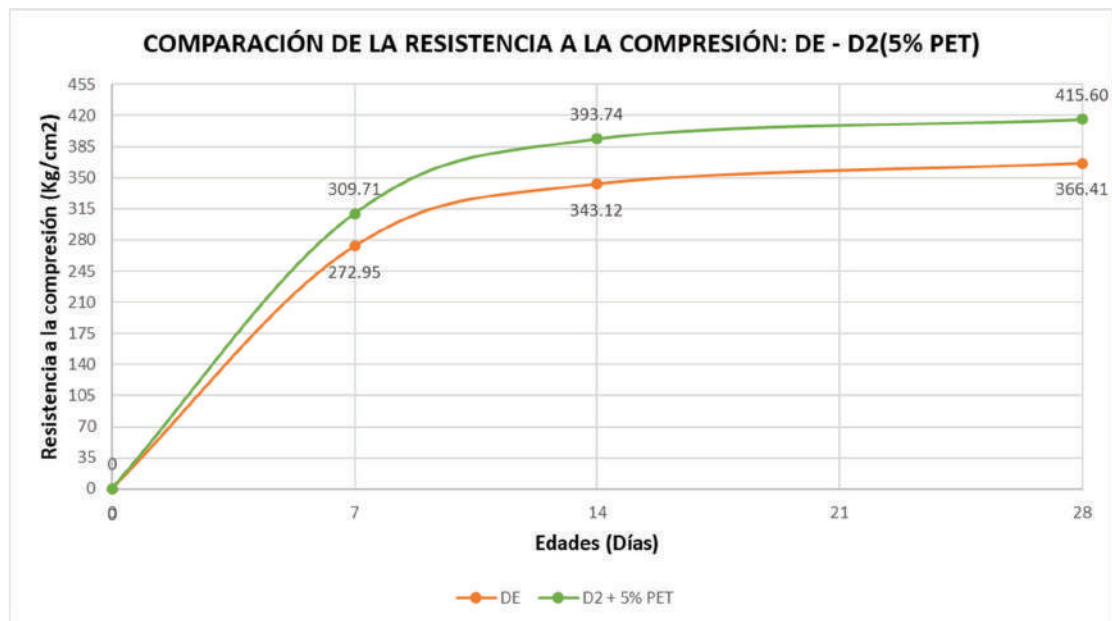
Según la figura 15 se puede observar:

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 5% después de 7 días es de 309.71 Kg/cm^2 y corresponde al 113.47 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (272.95 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 13.47%.

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 5% después de 14 días es de 393.74 Kg/cm^2 y corresponde al 114.75 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (343.12 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 14.75 %.

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 5% después de 28 días es de 415.60 Kg/cm^2 y corresponde al 113.42 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (366.41 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 13.42%.

Figura 15 Comparación de la resistencia a la compresión: DE – D2 (5%PET)



Fuente: Elaboración propia.

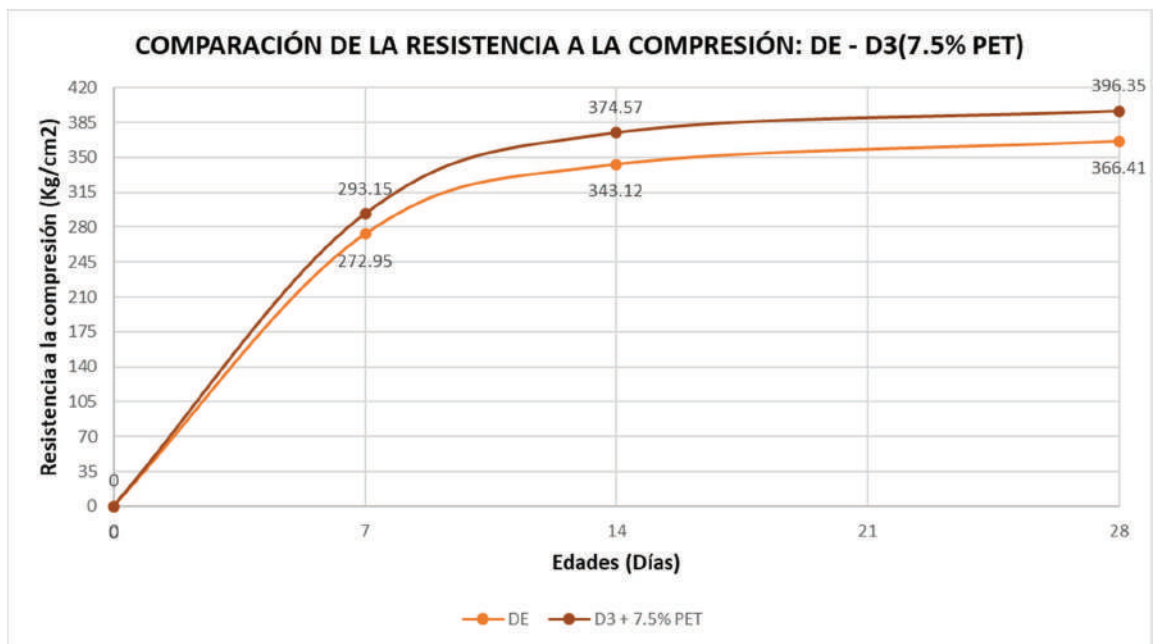
Según la figura 16 se puede observar:

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 7.5% después de 7 días es de 293.15 Kg/cm^2 y corresponde al 107.40 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (272.95 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 7.40%.

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 7.5% después de 14 días es de 374.57 Kg/cm^2 y corresponde al 109.17 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (343.12 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 9.17%.

El Fc promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 7.5% después de 28 días es de 396.35 Kg/cm^2 y corresponde al 108.17 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (366.41 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 8.17%.

Figura 16 Comparación de la resistencia a la compresión: DE – D3 (7.5%PET)

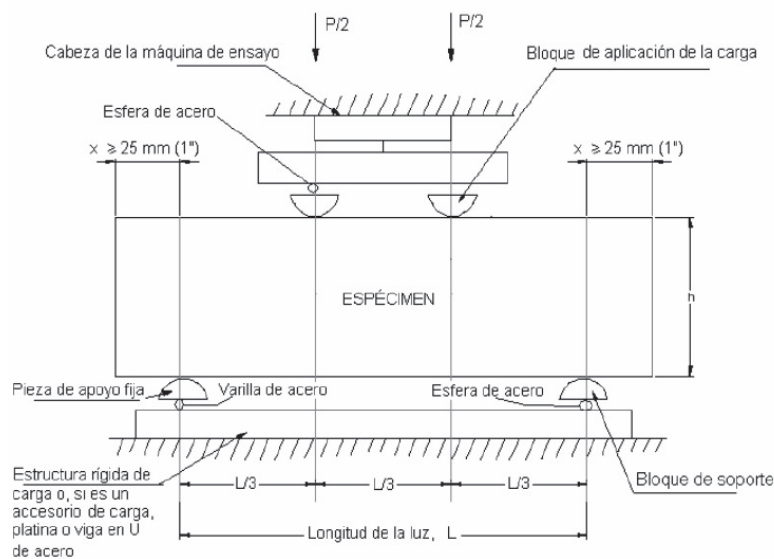


Fuente: Elaboración propia.

4.1.7. Ensayo de módulo de rotura o resistencia a la flexión (NTP - 339.078).

La resistencia a la flexión se expresa como el módulo de ruptura (M_r), que incluye muestras de ensayo con secciones transversales prismáticas de 0.15 m x 0.15 m. x 0.54 m., apoyado sobre dos soportes separados de 0.46 m. Y aplique una carga en dos tercios del tramo libre (0.15 m de ambos extremos) hasta que ocurra la falla (ver imagen).

Figura 17 Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz.



Fuente: Elaboración propia.

Para comprender el comportamiento de la resistencia del hormigón a lo largo del tiempo, probamos las vigas a una edad de 28 días.

Procedimiento:

- Dibujar rectas finas sobre las cuatro caras mayores que marquen las secciones de apoyo.
- Verificar y registrar el tamaño de la muestra en centímetros.
- Limpiar la superficie de los apoyos y los componentes de la carga y el área de contacto de la muestra.

- Colocar la muestra en la prensa de prueba y hacer coincidir la línea de dibujo con las correspondientes piezas de soporte y carga.
- Aplicar la carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema hasta producir la rotura de la viga.
- Luego se registró la carga máxima P.

Expresión de resultados:

El quiebre de la muestra ocurre dentro del tercio central del tramo de prueba, y la resistencia a la tracción por flexión se calcula como el módulo de ruptura de acuerdo con la siguiente fórmula:

Donde:

$$Mr = P L / b h^2$$

Mr : Es el módulo de rotura (Kg/cm^2)

P : Esfuerzo máximo de rotura (Kg)

L : Luz libre entre apoyos (cm)

b : Es el ancho promedio de la muestra en el área de falla (cm)

h : Es la altura promedio de la probeta en el área de falla (cm)

Se presentan el modulo de rotura (Mr) de las viguetas ensayadas:

Tabla 15 Diseño estándar– Módulo de rotura.

Diseño Estandar			
VDE	Viga 01	Viga 02	Viga 03
Módulo de Rotura (Kg/cm2)	42.25	42.80	43.53
Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)	42.86		
Desviación	0.41		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16 Diseño estándar +2.5% plástico PET – Módulo de rotura.

Diseño estándar +2.5%plastico PET			
VD1	Viga 01	Viga 02	Viga 03
Módulo de Rotura (Kg/cm2)	46.94	45.78	45.93
Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)	46.22		
Desviación	0.47		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 Diseño estándar +5% plástico PET– Módulo de rotura.

Diseño estándar +5%plastico PET			
VD2	Viga 01	Viga 02	Viga 03
Módulo de Rotura (Kg/cm2)	52.76	52.28	52.97
Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)	52.67		
Desviación	0.24		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18 Diseño estándar + 7.5% plástico PET– Módulo de rotura.

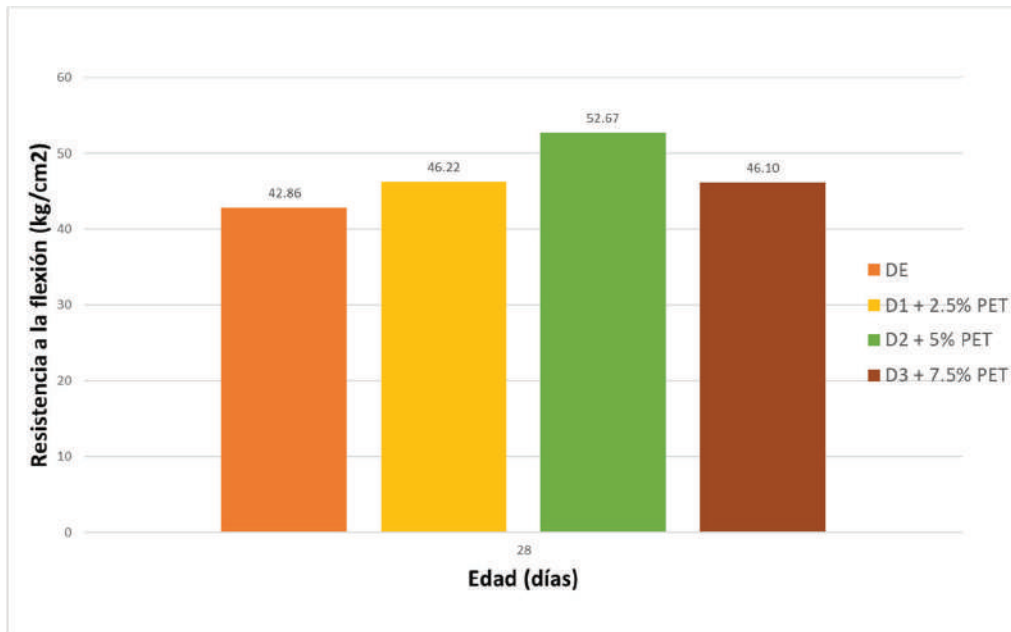
Diseño estándar +7.5%plastico PET			
VD3	Viga 01	Viga 02	Viga 03
Módulo de Rotura (Kg/cm2)	46.62	45.08	46.59
Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)	46.10		
Desviación	0.57		

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de resultados:

Una vez que se obtiene los datos sobre el módulo de rotura, se presenta a continuación la figura 16, donde se observa la evolución del modulo de rotura a los 28 días de todos los grupos de control.

Figura 18 Cambios en la resistencia a la flexión del grupo de prueba.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18 podemos observar que la dosificación óptima para la incorporación de fibras de plástico PET pertenece al diseño N° 2 (5 % PET) ya que aumenta la resistencia a la flexión: a los 28 días es de 52.67 Kg/cm^2 en comparación al diseño estándar: a los 28 días 42.86 Kg/cm^2 .

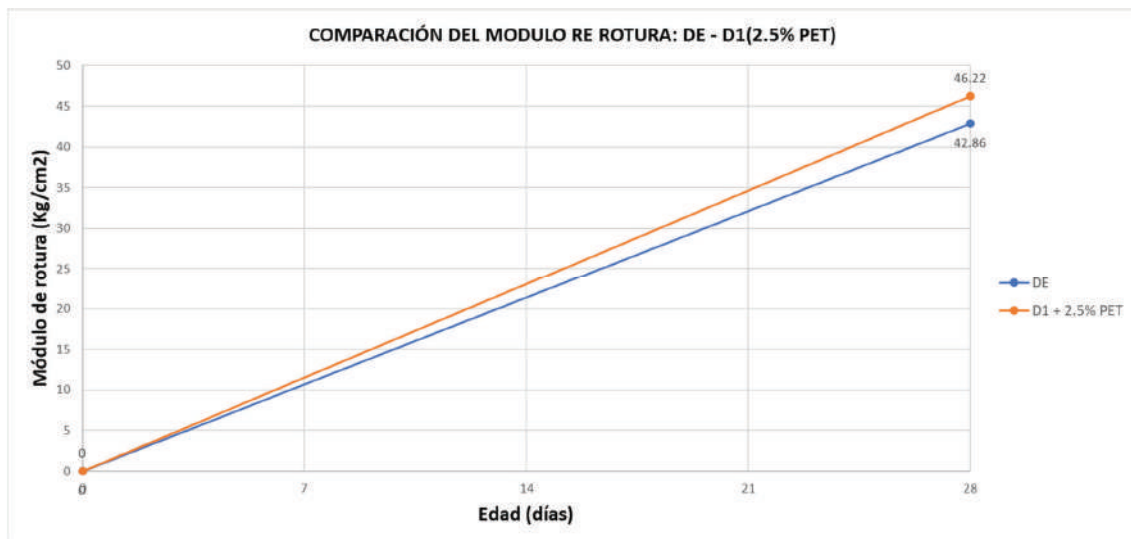
Así también se observa que el módulo de ruptura para todos los casos de incorporación de fibras plástico PET es mayor en comparación al concreto estándar.

Interpretación de los datos:

Según la figura 19 se puede observar:

El M_r promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 2.5% después de 28 días es de 46.22 Kg/cm^2 y corresponde al 107.83 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (42.86 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 7.83%.

Figura 19 Comparación del módulo de rotura: DE – D1 (2.5%PET)

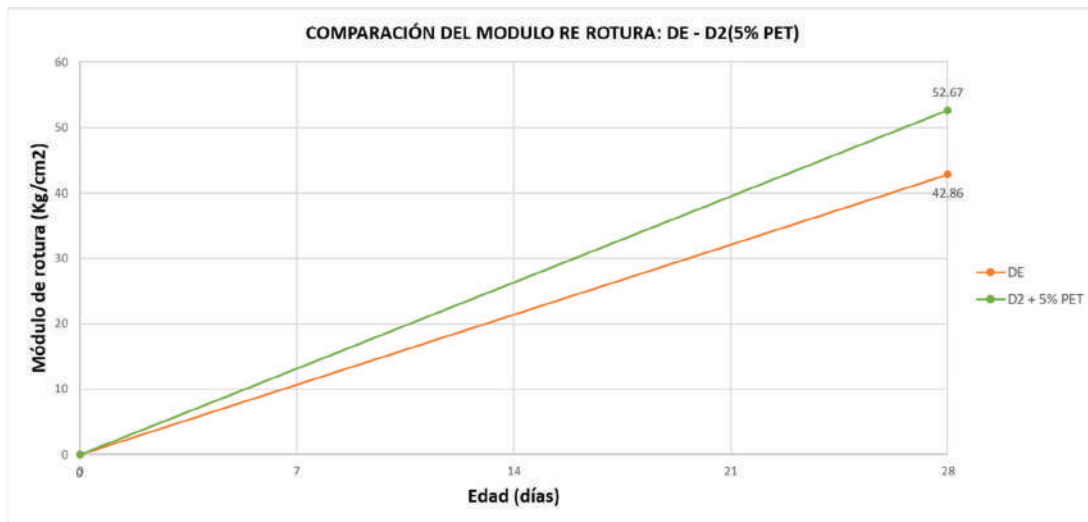


Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 20 se puede observar:

El Mr promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 5% después de 28 días es de 52.67 Kg/cm^2 y corresponde al 122.99 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (42.86 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 22.99%.

Figura 20 Comparación del módulo de rotura: DE – D2 (5%PET)

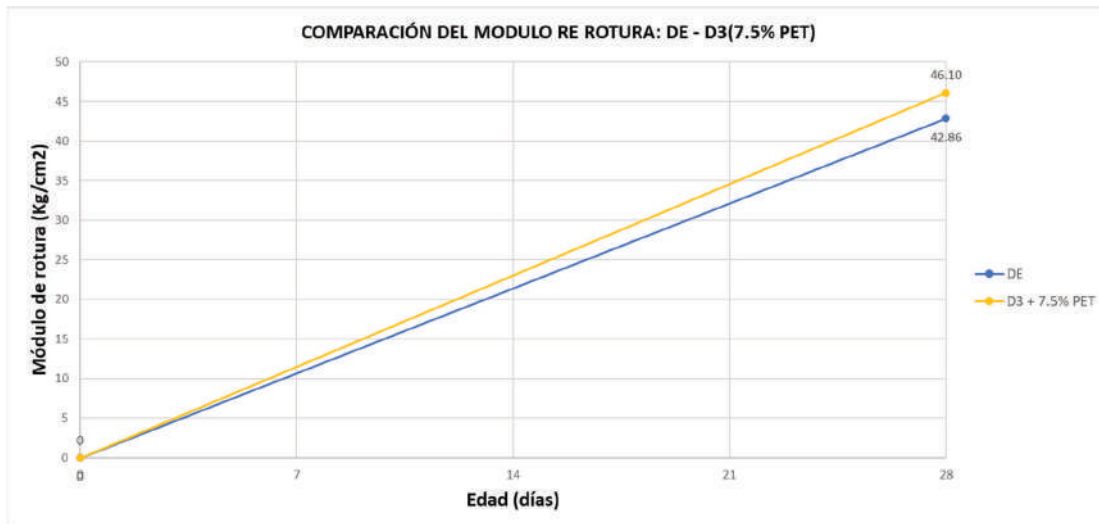


Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 21 se puede observar:

El Mr promedio del concreto con incorporación de fibras plásticas PET en un 7.5% después de 28 días es de 46.22 Kg/cm^2 y corresponde al 107.55 % respecto a la resistencia que obtuvo el concreto estándar (46.10 Kg/cm^2). Por lo tanto se tuvo un aumento en la resistencia a la compresión de 7.55%.

Figura 21 Comparación del módulo rotura: DE – D3 (7.5%PET)



Fuente: Elaboración propia.

4.1.8. Diseño de la estructura de un pavimento rígido (Caso aplicativo Av. Mariscal Cáceres cuadra 1 y 2 – Jr. Fauceet cuadra 1).

La acera es una estructura estratificada colocada sobre el suelo de fundación en condiciones adecuadas, con el propósito de reponer las condiciones del tránsito y hacer que el tránsito sea más confortable y económico. De manera similar, el pavimento aumenta la resistencia del suelo a la penetración y reduce la cantidad de asentamiento frente a la carga de tráfico por los neumáticos. En este estudio, se toma como referencia la siguiente vía:

Tabla 19 Caso aplicativó.

Caso aplicativo	Longitud	Ancho
Av. Mariscal Cáceres cuadra 1 y 2 – Jr. Fauceet cuadra 1	520.00 m	6.40 m

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el sistema de drenaje adecuado (zanja de drenaje pluvial), estos caminos se ubican en el área urbana del distrito de Ayacucho, perteneciente a la provincia de Huamanga.

4.1.8.1. Ejes equivalentes de cargas 18 kips .(W_{18}).

Datos solicitados:

- D = espesor de losa de concreto asumido, in
- ADT = tránsito promedio diario en vpd.
- t = periodo de diseño en años
- g = incremento anual del crecimiento del tráfico
- n = número de carriles
- DL = factor de distribución por carril
- DD = distribución direccional crítica

La composición del tráfico (tipo de eje de carga y su porcentaje de distribución en IMD). Según la MTC y la investigación de tráfico, tenemos tipos de tráfico denso, representados por tipos de ejes equivalentes.

$$Tp8 \ 5,000,001 < EE < 7,500,000$$

4.1.8.2. Tráfico.

En situaciones reales, el ADT de diseño se calcula multiplicando el ADT actual por el factor de proyección, que es una función de la tasa de crecimiento de la flota.

Por lo tanto, el factor de crecimiento comúnmente obtenido se obtiene utilizando la fórmula de interés compuesto, los datos se muestran en la figura siguiente y el ciclo de diseño es de 20 años.

4.1.8.3. Factores de diseño para pavimentos rígidos.

El uso de la fórmula AASHTO para calcular el espesor de diseño del pavimento de concreto hidráulico esta en función de los siguientes factores:

- Z_R = Desviación estándar normal.
- S_0 = Desvío estándar de todas las variables.
- D = Espesor de losa (en pulgadas).
- P_i = Servicio inicial.
- P_t = Servicio final.
- M_r = Modulo de rotura del concreto
- C_d = Coeficiente de drenaje.
- J = Coeficiente de transferencia de carga en la junta.
- E_c = Módulo de elasticidad del hormigón
- K = Módulo de reacción, sub base.
- W_{18} = ejes equivalentes cargas 18 kips (80kN) previstas.

4.1.8.3.1. Desviación estándar normal.(Z_R).

La siguiente tabla N° 12 muestra el valor de la desviación estándar normal Z_R correspondiente al nivel de confiabilidad R.

Tabla 20 Desviación estándar normal.

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)	Desviación Estándar normal (Z _R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10,000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10,000,001	12,500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12,500,001	15,000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15,000,001	20,000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20,000,001	25,000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25,000,001	30,000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto la desviación estándar normal (Z_R) a utilizar será

$$Z_R = -1.282$$

La confiabilidad del diseño (R) puede definirse como la probabilidad de que una estructura tenga un rendimiento igual o mejor que el previsto durante la vida útil del diseño adoptado.

Por lo tanto la confiabilidad del diseño (R) a utilizar será

$$R = 90\% = 0.90$$

4.1.8.3.2. Desviación estándar global (S_o).

El rango típico recomendado por AASHTO está entre:

$$0.30 < S_o < 0.40, \text{ y se sugiere trabajar } S_o = 0.35$$

4.1.8.3.3. Espesor de losa. (D).

Se desconoce.

4.1.8.3.4. Diferencia los indicadores de servicio final e inicial (ΔPSI).

El índice de capacidad de servicio actual es un sistema de calificación (El rango de evaluación) de la vía va desde 0 (imposible de transitar) Imposible caminar) y 5 (acera perfecta).

$P_i = 4,5$ - (4,5 Es el nivel más alto alcanzado por AASHO en la Prueba de carretera rígida).

$P_t = 2.5$ para vías de alto transito vehicular.

Tabla 21 Desviación estándar normal.

Tipos de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial (pi)	Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (pt)	Diferencial de Serviciabilidad (Δpsi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto el servicio inicial (P_i) y servicio final (P_t) utilizar será:

$$P_i = 4.30 \text{ y } P_t = 2.50$$

4.1.8.3.5. Módulo de rotura del concreto (M_r).

La resistencia a la flexión del hormigón se considera módulo de ruptura (M_r), la unidad es Kg/cm^2 , asumido en el diseño criterios de fatiga para controlar el agrietamiento de la carretera bajo cargas repetidas de camiones.

Con el tiempo, este módulo aumentará, pero Generalmente considerado como la resistencia promedio de 28 días, A través de la siguiente relación:

$$Mr = 0.15 F'c \text{ (Todo en } Kg/cm^2), \text{ ACI-363}$$

Siendo: $F'c = 280 Kg/cm^2$ (edad de 28 días.)

Por lo tanto:

- Mr (Diseño estandar) = $42.86 Kg/cm^2 = 609.612 psi$
- Mr (Diseño con 5 % fibras PET) = $52.67 Kg/cm^2 = 749.14 psi$

4.1.8.3.6. Coeficiente de transferencia de carga (J).

El efecto de transferencia de carga se considera junto con el sistema de hombros a través del coeficiente J, y su valor se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22 Transferencia de carga (J).

Tipo de pavimento	J			
	Con Asfalto		Con concreto hidráulico	
	Si(Con pasadores)	No(Sin pasadores)	Si(Con pasadores)	No(Sin pasadores)
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Refuerzo Continuo	2.9 – 3.2		2.3 – 2.9	

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto el coeficiente de transferencia de carga (J) a utilizar será:

$$J = 2.7$$

4.1.8.3.7. Coeficiente de drenaje . (C_d).

El coeficiente es función de las principales condiciones de drenaje y de la precipitación media anual. El coeficiente de drenaje recomendado se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 23 Valores recomendados para el coeficiente de drenaje (C_d).

Cd	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50% de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesto a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	>25%
EXCELENTE	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
BUENO	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
REGULAR	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
POBRE	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
MUY POBRE	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto el coeficiente de drenaje (C_d) a utilizar será:

$$C_d = 1.15$$

4.1.8.3.8. Módulo de elasticidad del hormigón (E_c).

Para el hormigón de peso ordinario, la siguiente relación se puede utilizar en función de la resistencia a la compresión simple a los 28 días.

$$E_c = 57 \times 1000 (f'_c)^{0.5}$$

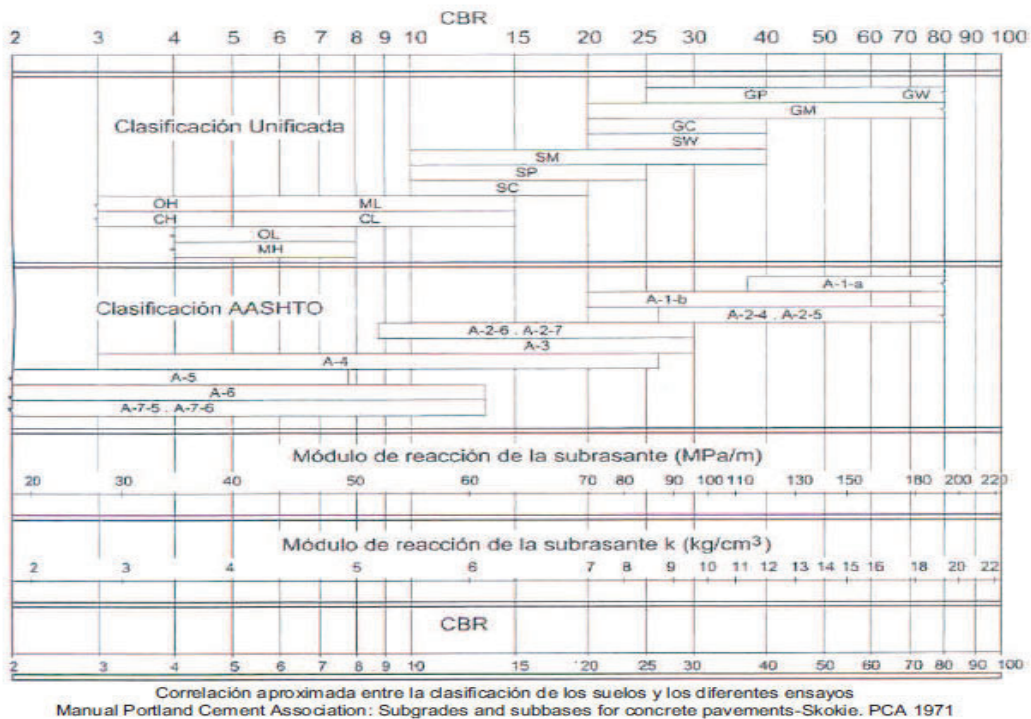
Donde: f'_c y E_c están dados en psi

- Para $F'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$,
 $E_c = 57 \times 1000 (f'_c)^{0.5} = 3597120.02 \text{ psi}$
- Para $F_c = 366.41 \text{ Kg/cm}^2$ (Diseño estandar),
 $E_c = 57 \times 1000 (f_c)^{0.5} = 4114900.71 \text{ psi}$
- Para $F_c = 415.60 \text{ Kg/cm}^2$ (Diseño N° 2 + 5% PET),
 $E_c = 57 \times 1000 (f_c)^{0.5} = 4382414.71 \text{ psi}$

4.1.8.3.9. Módulo de reacción de la subrasante (K).

Por lo tanto, se recomienda utilizar la correlación con otras pruebas simples (como la tasa de soporte de California (CBR) o la clasificación del suelo) y dar resultados válidos, porque no se requiere un valor k preciso. Proporcione la correlación que se reproduce en la figura siguiente.

Figura 22 CBR DE DISEÑO



Fuente: Elaboración propia

A partir del estudio de la mecánica del suelo, los pozos 1 y 2 se clasifican de la siguiente manera:

- SUCS = SC
- AASHTO = A-2-6

Con un valor aproximado de $k = 26$ psi

4.1.8.3.10. Sardineles, bermas y dowels.

La presencia de sardineles y bermas ayuda a evitar el bombeo al suelo de cimentación, reduciendo así los efectos de erosión. De la misma forma debido al alto tráfico de vehículos de alto tonelaje, se utilizarán juntas con refuerzo longitudinal de varillas de acero corrugado y como refuerzo transversal dowels.

4.1.8.3.11. Periodo de diseño.

Por lo general, es difícil predecir cambios en la flota durante un largo período de tiempo, por lo que el ciclo de diseño se establece en 20 años.

El ciclo de diseño seleccionado afectará el espesor de diseño aunque la vida útil del pavimento puede ser más larga, un tiempo más largo puede no ser económico.

4.1.8.4. Cálculo del espesor del pavimento utilizando dos tipos de concreto.

El diseño del espesor del pavimento se realizó mediante el método ASSHTO del Programa de ECUACIÓN AASHTO 93 versión 1.00. Anteriormente, se establecieron todos los datos que se utilizaran en el programa y se basarán en los datos obtenidos líneas arriba.

PAVIMENTO RÍGIDO (CONCRETO ESTANDAR)

Después de ingresar todos los datos necesarios en el programa de “Ecuación AASHTO 93”.

Se procesó utilizando los datos de entrada del expediente y las características del concreto estandar: ($E_c = 4114900.71 \text{ psi}$, $Mr = 609.612 \text{ psi}$)

Figura 23 Cálculo de espesor de pavimento con concreto estándar.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (unselected) and 'Pavimento rígido' (selected).
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu shows '90 % Zr=-1.282' and a text box shows 'So' as 0.35.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.3) and 'PSI final' (2.50).
- Módulo de reacción de la subrasante:** Text box for 'k' (26 pci).
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi): 4114900.71
 - Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): 609.619
 - Coefficiente de transmisión de carga - (J): 2.7
 - Coefficiente de drenaje - (Cd): 1.15
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular D' (selected) and 'Calcular W18' (unselected). The result 'W18 =' is shown as 6090553.
- Espesor de losa (plg):** The result 'D =' is shown as 8.9.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene de acuerdo al programa, el espesor de la de losa "D" del pavimento rígido diseñado según los datos anteriores es de 8.9"

PAVIMENTO RÍGIDO (CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS (5% PET)

Se vuelve a utilizar el programa de "Ecuación AASHTO 93" ingresando todos los datos necesarios.

Se procesó utilizando los datos de entrada del expediente y las características del concreto reforzado con fibras de plástico PET reciclado: ($E_c = 4382414.71 \text{ psi}$, $M_r = 749.14 \text{ psi}$)

Figura 24 Cálculo de espesor de pavimento con concreto adicionado 5% PET

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (unselected) and 'Pavimento rígido' (selected).
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '90 % Zr=-1.282' and a text box for 'So' with the value '0.35'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.3) and 'PSI final' (2.50).
- Módulo de reacción de la subrasante:** A text box for 'k' with the value '26 pci'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - 'Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)': 4382414.71
 - 'Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)': 749.14
 - 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)': 2.7
 - 'Coeficiente de drenaje - (Cd)': 1.15
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular D' (selected) and 'Calcular W18' (unselected). A text box shows 'W18 = 6090553'.
- Espesor de losa (plg):** A text box shows 'D = 8.0'.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene de acuerdo al programa, el espesor de la de losa "D" del pavimento rígido diseñado según los datos anteriores es de 8"

4.1.8.5. Comparación de costos del diseño de pavimento.

4.1.8.5.1. Análisis de costos.

Análisis de costos unitarios del concreto estándar. (Sin adición de fibras)

Con respecto al costo unitario, se utilizó como referencia el análisis de costo unitarios de la subpartida "CONCRETOS F'C = 280 Kg/cm²" perteneciente a la partida de "PAVIMENTO RÍGIDO" del proyecto: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA AV. MARISCAL CÁCERES DE LA INTERSECCIÓN QUEBRADA TARAHUAYCCO - JR. FAUCETT ULTIMA CUADRA, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO" el cual se tomó como referencia para el caso aplicativo para el cálculo del espesor del pavimento rígido.

Figura 25 Analisis de costos unitarios – Concreto f'c = 280 Kg / cm²

Partida	01.05.06	CONCRETO F'C= 280 KG/CM2		Costo unitario directo por : m ³			354.02
Rendimiento	m ³ /DIA	MO. 60.0000	EQ. 60.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.9998	0.1333	23.12	3.08	
0101010003	OPERARIO	hh	0.9998	0.1333	20.10	2.68	
0101010004	OFICIAL	hh	3.0000	0.4000	16.51	6.60	
0101010005	PEON	hh	8.0003	1.0667	14.85	15.84	
						28.20	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	28.20	1.41	
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	3.0000	0.4000	5.66	2.26	
						3.67	
Subpartidas							
010713000103	CONCRETO f'c=280 kg/cm ²	m ³		1.0000	322.15	322.15	
						322.15	

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 25, el costo es de S/. 354.02 soles por metro cúbico de concreto.

Costo total de fibras de plástico PET por metro cúbico de concreto.

Se procedió a hacer al cálculo de la cantidad de fibras de plástico PET reciclado en un 5% relativo al peso del cemento por metro cúbico de concreto que es de 22 Kg (Fibras de PET) / m³ de concreto

Se estima que el costo por kilogramo de fibra de plástico PET reciclado es de S/. 1.00.

Tabla 24 Costo total de fibra de plástico PET por m3.

Recurso	Unidad	Cantidad	Costo (s/)	Parcial (s/)
Fibra de plástico PET reciclado	kg	22.00	1.00	22.00
Costo total de fibra utilizada por m3 concreto				22.00

Fuente: Elaboración propia.

Costo del pavimento por metro lineal, utilizando el concreto estándar.

Considere las siguientes dimensiones:

Largo = 1.00 m

Ancho = 6.40 m

Espesor = 0.23 m

Por tanto, por metro lineal, se utilizará: 1.47 m³ de concreto.

Tabla 25 Costo total por metro lineal y tramo total utilizando concreto estandar.

Pavimento (concreto estandar)	Longitud (m)	Volumen por (1 m3)	Parcial (m3)	Costo 1 m3 concreto (s/)	Costo Total (s/)
Metro lineal	1	1.47	1.47	354.02	520.41
Tramo total del proyecto	520.00	1.47	765.44	354.02	270,981.07

Fuente: Elaboración propia.

Costo del pavimento por metro lineal, utilizando el concreto reforzado con fibras de plástico PET (5%)

Considere las siguientes dimensiones:

Largo = 1.00 m

Ancho = 6.40 m

Espesor (reducido por el uso de fibras)= 0.20 m

Por tanto, por metro lineal, se utilizará: 1.28 m³ de concreto.

Tabla 26 Costo total por metro lineal y tramo total utilizando concreto reforzado.

Pavimento (Concreto reforzado)	Longitud (m)	Volumen por (1 m3)	Parcial (m3)	Costo (s/)	Costo (s/) Total
Metro lineal					481.31
Concreto	1	1.28	1.28	354.02	453.15
Fibras (5 % PET)	1	1.28	1.28	22.00	28.16
Tramo total del proyecto					250,278.91
Concreto	520.00	1.28	665.600	354.02	235,635.71
Fibras (5 % PET)	520.00	1.28	665.600	22.00	14,643.20

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de costos entre concreto estándar y reforzado (5% PET).

Tabla 27 Comparación de costos de concreto patrón y reforzado..

	Concreto Estandar(s/)	Concreto (5%PET) (s/)	Ahorro (s/)	Ahorro (%)
Metro lineal (1m)	521.12	481.31	39.81	7.64
Tramo total (540 m)	270981.07	250,278.91	20,702.16	7.64

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Análisis estadísticos.

4.2.1. Análisis estadístico: Resistencia a la compresión.

Tabla 28 Análisis estadístico: Concreto Estandar – 7 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 7 DÍAS CONCRETO ESTANDAR										MUESTRA	fc (Xi)			
										TDE-01	275.68			
										TDE-02	270.62			
										TDE-03	272.56			
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2				
270.62	272.62	271.62	2	2	0.67	0.67	543.24	-1.33	1.78	3.56				
272.62	274.62	273.62	0	2	0.00	0.67	0	0.67	0.44	0.00				
274.62	276.62	275.62	1	3	0.33	1.00	275.62	2.67	7.11	7.11				
Total			3		1		818.86	2	9.33	10.67				
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3			
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax =	275.68	Xmin=	270.62	5.06
NÚMERO DE INTERVALOS (K)											2.584997		3	
AMPLITUD (C)											1.686667		2	
MEDIA (\bar{X})													272.95	
MEDIANA													272.56	
VARIANZA (σ^2)													5.33	
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)													2.31	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)													0.85	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29 Análisis estadístico: Concreto Estandar – 14 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 14 DÍAS CONCRETO ESTANDAR										MUESTRA	fc (Xi)			
										TDE-01	344.68			
										TDE-02	343.02			
										TDE-03	341.65			
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2				
341.65	342.65	342.15	1	1	0.50	0.50	342.15	-0.50	0.25	0.25				
342.65	343.65	343.15	1	2	0.50	1.00	343.15	0.50	0.25	0.25				
343.65	344.65	344.15	0	2	0.00	1.00	0	1.50	2.25	0.00				
Total			2		1		685.3	1.5	2.75	0.50				
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3			
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax =	344.68	Xmin=	341.65	3.03
NÚMERO DE INTERVALOS (K)											2.584997		3	
AMPLITUD (C)											1.01		1	
MEDIA (\bar{X})													342.65	
MEDIANA													343.02	
VARIANZA (σ^2)													0.50	
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)													0.71	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)													0.21	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30 Análisis estadístico: Concreto Estandar – 28 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CONCRETO ESTANDAR										MUESTRA	fc (Xi)			
										TDE-01	365.56			
										TDE-02	368.28			
										TDE-03	365.39			
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2				
365.39	366.39	365.89	2	2	0.67	0.67	731.78	-0.67	0.44	0.89				
366.39	367.39	366.89	0	2	0.00	0.67	0	0.33	0.11	0.00				
367.39	368.39	367.89	1	3	0.33	1.00	367.89	1.33	1.78	1.78				
Total			3		1		1099.7	1	2.33	2.67				
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3			
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax =	368.28	Xmin=	365.39	2.89
NÚMERO DE INTERVALOS (K)													2.584997	3
AMPLITUD (C)													0.963333	1
MEDIA (\bar{X})														366.56
MEDIANA														365.56
VARIANZA (σ^2)														1.33
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)														1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)														0.32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 2.5% PET– 7 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 7 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 2.5% PET										MUESTRA	fc (Xi)			
										TD1-01	287.82			
										TD1-02	289.39			
										TD1-03	288.71			
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2				
287.82	288.82	288.32	2	2	0.67	0.67	576.64	-0.33	0.11	0.22				
288.82	289.82	289.32	1	3	0.33	1.00	289.32	0.67	0.44	0.44				
289.82	290.82	290.32	0	3	0.00	1.00	0	1.67	2.78	0.00				
Total			3		1		865.96	2	3.33	0.67				
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3			
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax =	289.39	Xmin=	287.82	1.57
NÚMERO DE INTERVALOS (K)													2.584997	3
AMPLITUD (C)													0.523333	1
MEDIA (\bar{X})														288.65
MEDIANA														288.71
VARIANZA (σ^2)														0.33
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)														0.58
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)														0.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 2.5% PET– 14 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 14 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 2.5% PET										MUESTRA	fc (Xi)	
										TD1-01	355.08	
										TD1-02	357.83	
										TD1-03	356.05	
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2		
355.08	356.08	355.58	2	2	0.67	0.67	711.16	-0.67	0.44	0.89		
356.08	357.08	356.58	0	2	0.00	0.67	0	0.33	0.11	0.00		
357.08	358.08	357.58	1	3	0.33	1.00	357.58	1.33	1.78	1.78		
Total			3		1		1068.7	1	2.33	2.67		
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3	
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax = 357.83	Xmin= 355.08	2.75
NÚMERO DE INTERVALOS (K)											2.584997	3
AMPLITUD (C)											0.916667	1
MEDIA (\bar{X})												356.25
MEDIANA												356.05
VARIANZA (σ^2)												1.33
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												0.32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 2.5% PET– 28 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 2.5% PET										MUESTRA	fc (Xi)	
										TD1-01	380.74	
										TD1-02	381.9	
										TD1-03	384.71	
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2		
380.74	381.74	381.24	1	1	0.50	0.50	381.24	-0.50	0.25	0.25		
381.74	382.74	382.24	1	2	0.50	1.00	382.24	0.50	0.25	0.25		
382.74	383.74	383.24	0	2	0.00	1.00	0	1.50	2.25	0.00		
Total			2		1		763.48	1.5	2.75	0.50		
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3	
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax = 384.71	Xmin= 380.74	3.97
NÚMERO DE INTERVALOS (K)											2.584997	3
AMPLITUD (C)											1.323333	1
MEDIA (\bar{X})												381.74
MEDIANA												381.9
VARIANZA (σ^2)												0.50
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												0.71
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												0.19

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 5% PET– 7 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 7 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 5% PET										MUESTRA	fc (Xi)			
										TD2-01	309.2			
										TD2-02	308.48			
										TD2-03	311.46			
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2				
308.48	309.48	308.98	2	2	0.67	0.67	617.96	-0.67	0.44	0.89				
309.48	310.48	309.98	0	2	0.00	0.67	0	0.33	0.11	0.00				
310.48	311.48	310.98	1	3	0.33	1.00	310.98	1.33	1.78	1.78				
Total			3		1		928.94	1	2.33	2.67				
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3			
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax =	311.46	Xmin=	308.48	2.98
NÚMERO DE INTERVALOS (K)													2.584997	3
AMPLITUD (C)													0.993333	1
MEDIA (\bar{X})														309.65
MEDIANA														309.2
VARIANZA (σ^2)														1.33
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)														1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)														0.37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 5% PET– 14 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 14 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 5% PET										MUESTRA	fc (Xi)			
										TD2-01	394.33			
										TD2-02	391.76			
										TD2-03	395.12			
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2				
391.76	392.76	392.26	1	1	0.50	0.50	392.26	-1.00	1.00	1.00				
392.76	393.76	393.26	0	1	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.00				
393.76	394.76	394.26	1	2	0.50	1.00	394.26	1.00	1.00	1.00				
Total			2		1		786.52	0	2.00	2.00				
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3			
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax =	395.12	Xmin=	391.76	3.36
NÚMERO DE INTERVALOS (K)													2.584997	3
AMPLITUD (C)													1.12	1
MEDIA (\bar{X})														393.26
MEDIANA														394.33
VARIANZA (σ^2)														2.00
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)														1.41
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)														0.36

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 5% PET– 28 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 5% PET										MUESTRA	fc (Xi)	
										TD2-01	411.66	
										TD2-02	419.36	
										TD2-03	415.78	
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2		
411.66	414.66	413.16	1	1	0.33	0.33	413.16	-3.00	9.00	9.00		
414.66	417.66	416.16	1	2	0.33	0.67	416.16	0.00	0.00	0.00		
417.66	420.66	419.16	1	3	0.33	1.00	419.16	3.00	9.00	9.00		
Total			3		1		1248.5	0	18.00	18.00		
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3	
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax = 419.36	Xmin= 411.66	7.7
NÚMERO DE INTERVALOS (K)											2.584997	3
AMPLITUD (C)											2.566667	3
MEDIA (\bar{X})												416.16
MEDIANA												415.78
VARIANZA (σ^2)												9.00
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												3.00
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												0.72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 7.5% PET– 7 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 7 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 7.5% PET										MUESTRA	fc (Xi)	
										TD3-01	291.36	
										TD3-02	293.13	
										TD3-03	294.96	
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2		
291.36	292.36	291.86	1	1	0.50	0.50	291.86	-0.50	0.25	0.25		
292.36	293.36	292.86	1	2	0.50	1.00	292.86	0.50	0.25	0.25		
293.36	294.36	293.86	0	2	0.00	1.00	0	1.50	2.25	0.00		
Total			2		1		584.72	1.5	2.75	0.50		
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3	
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax = 294.96	Xmin= 291.36	3.6
NÚMERO DE INTERVALOS (K)											2.584997	3
AMPLITUD (C)											1.2	1
MEDIA (\bar{X})												292.36
MEDIANA												293.13
VARIANZA (σ^2)												0.50
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												0.71
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												0.24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 7.5% PET– 14 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 14 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 7.5% PET										MUESTRA	fc (Xi)	
										TD3-01	370.95	
										TD3-02	376.34	
										TD3-03	376.43	
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2		
370.95	372.95	371.95	1	1	0.33	0.33	371.95	-2.67	7.11	7.11		
372.95	374.95	373.95	0	1	0.00	0.33	0	-0.67	0.44	0.00		
374.95	376.95	375.95	2	3	0.67	1.00	751.9	1.33	1.78	3.56		
Total			3		1		1123.9	-2	9.33	10.67		
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3	
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax = 376.43	Xmin= 370.95	5.48
NÚMERO DE INTERVALOS (K)										2.584997		3
AMPLITUD (C)										1.826667		2
MEDIA (\bar{X})												374.62
MEDIANA												376.34
VARIANZA (σ^2)												5.33
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												2.31
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												0.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39 Análisis estadístico: Concreto Estandar + 7.5% PET– 28 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CONCRETO ESTANDAR + 7.5% PET										MUESTRA	fc (Xi)	
										TD3-01	392.4	
										TD3-02	397.05	
										TD3-03	399.6	
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2		
392.4	394.40	393.4	1	1	0.50	0.50	393.4	-2.00	4.00	4.00		
394.40	396.40	395.4	0	1	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.00		
396.40	398.40	397.4	1	2	0.50	1.00	397.4	2.00	4.00	4.00		
Total			2		1		790.8	0	8.00	8.00		
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3	
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax = 399.6	Xmin= 392.40	7.2
NÚMERO DE INTERVALOS (K)										2.584997		3
AMPLITUD (C)										2.4		2
MEDIA (\bar{X})												395.40
MEDIANA												397.05
VARIANZA (σ^2)												8.00
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												2.83
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												0.72

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Análisis estadístico: Resistencia a la flexión.

Tabla 40 Análisis estadístico, resistencia a la flexión: Concreto Estandar – 28 días

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mr) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CONCRETO ESTANDAR										MUESTRA	fc (Xi)		
										VDE-01	42.25		
										VDE-02	42.8		
										VDE-03	43.53		
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2			
42.25	42.75	42.5	1	1	0.33	0.33	42.5	-0.50	0.25	0.25			
42.75	43.25	43	1	2	0.33	0.67	43	0.00	0.00	0.00			
43.25	43.75	43.5	1	3	0.33	1.00	43.5	0.50	0.25	0.25			
Total			3		1		129	0	0.50	0.50			
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3		
RANGO DE DATOS (Rx)											Xmax = 43.53	Xmin= 42.25	1.28
NÚMERO DE INTERVALOS (K)											2.584997	3	
AMPLITUD (C)											0.426667	0.5	
MEDIA (\bar{X})												43.00	
MEDIANA												42.8	
VARIANZA (σ^2)												0.17	
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												0.41	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												0.95	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41 Análisis estadístico, resistencia a la flexión: Concreto Estandar + 2.5 % PET– 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mr) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CONCRETO ESTANDAR +2.5% PET										MUESTRA	fc (Xi)	
										VD1-01	46.94	
										VD1-02	45.78	
										VD1-03	45.93	
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2		
45.78	46.28	46.03	2	2	0.67	0.67	92.06	-0.33	0.11	0.22		
46.28	46.78	46.53	0	2	0.00	0.67	0	0.17	0.03	0.00		
46.78	47.28	47.03	1	3	0.33	1.00	47.03	0.67	0.44	0.44		
Total			3		1		139.09	0.5	0.58	0.67		
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3	
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax = 46.94	Xmin= 45.78	1.16
NÚMERO DE INTERVALOS (K)										2.584997		3
AMPLITUD (C)										0.386667		0.5
MEDIA (\bar{X})												46.36
MEDIANA												45.93
VARIANZA (σ^2)												0.22
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												0.47
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												1.02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42 Análisis estadístico, resistencia a la flexión: Concreto Estandar + 5 % PET– 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mr) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CONCRETO ESTANDAR +5% PET										MUESTRA	fc (Xi)	
										VD2-01	52.76	
										VD2-02	52.28	
										VD2-03	52.97	
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2		
52.28	52.78	52.53	2	2	0.67	0.67	105.06	-0.17	0.03	0.06		
52.78	53.28	53.03	1	3	0.33	1.00	53.03	0.33	0.11	0.11		
53.28	53.78	53.53	0	3	0.00	1.00	0	0.83	0.69	0.00		
Total			3		1		158.09	1	0.83	0.17		
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3	
RANGO DE DATOS (Rx)										Xmax = 52.97	Xmin= 52.28	0.69
NÚMERO DE INTERVALOS (K)										2.584997		3
AMPLITUD (C)										0.23		0.5
MEDIA (\bar{X})												52.70
MEDIANA												52.76
VARIANZA (σ^2)												0.06
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)												0.24
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)												0.45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43 Análisis estadístico, resistencia a la flexión: Concreto Estandar + 7.5 % PET– 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mr) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CONCRETO ESTANDAR +7.5% PET										MUESTRA	fc (Xi)		
										VD3-01	46.62		
										VD3-02	45.08		
										VD3-03	46.59		
Límite inferior	Límite superior	Marca de clase (Xi)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia acumulada (Fi)	Frecuencia relativa (fri)	Frec. relativa acumulada (Fri)	Xi*fi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi*(Xi-u)^2			
45.08	45.68	45.38	1	1	0.33	0.33	45.38	-0.80	0.64	0.64			
45.68	46.28	45.98	0	1	0.00	0.33	0	-0.20	0.04	0.00			
46.28	46.88	46.58	2	3	0.67	1.00	93.16	0.40	0.16	0.32			
Total			3		1		138.54	-0.6	0.84	0.96			
NÚMERO DE MUESTRAS (N)											3		
RANGO DE DATOS (Rx)											Xmax = 46.62	Xmin= 45.08	1.54
NÚMERO DE INTERVALOS (K)											2.584997		3
AMPLITUD (C)											0.513333		0.6
MEDIA (\bar{X})													46.18
MEDIANA													46.59
VARIANZA (σ^2)													0.32
DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)													0.57
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)													1.22

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Prueba de hipótesis.

Figura 26 Prueba de Hipótesis: TDE – TD1(2.5 Kg PET), a los 7 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 7 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD1 (2.5% PET) - 7días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>2.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>272.95</td> <td>288.65</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>5.33</td> <td>0.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	2.50%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	272.95	288.65	Varianza(σ^2)	5.33	0.33
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	2.50%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	272.95	288.65															
Varianza(σ^2)	5.33	0.33															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	$\alpha = 0.05$ $Z=1.645$															
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: Donde: $Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ \bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en lo grupos σ_1^2, σ_2^2 : Desviación estándar de lo grupos N_1, N_2 : Cantidad de muestras de los grupos															
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_0</td> <td style="text-align: right;">-11.42</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_0	-11.42													
Prueba Z : Z_0	-11.42																
Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$																	
Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$																	
5. CONCLUSIÓN	:	Se Rechaza: Ho Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$															
<table border="1"> <tr> <td>Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-11.18 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 7 días de edad)</td> </tr> </table>			Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-11.18 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad)														
Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-11.18 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad)																	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27 Prueba de Hipótesis: TDE – TD2(5 Kg PET), a los 7 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 7 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD2 (5% PET) - 7días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>5.00%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>272.95</td> <td>309.65</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>5.33</td> <td>1.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	5.00%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	272.95	309.65	Varianza(σ^2)	5.33	1.33
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	5.00%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	272.95	309.65															
Varianza(σ^2)	5.33	1.33															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z = 1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> Donde: Z_0 : Estadística de prueba \bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en los grupos σ^2_1, σ^2_2 : Desviación estándar de los grupos N_1, N_2 : Cantidad de muestras de los grupos </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> $Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N_1} + \frac{\sigma^2_2}{N_2}}}$ </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="text-align: center;">Prueba Z : Z_0</td> <td style="text-align: center;">-24.62</td> </tr> </table>	Prueba Z : Z_0	-24.62													
Prueba Z : Z_0	-24.62																
Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$ Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$																	
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$																
Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-24.62 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad)																	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28 Prueba de Hipótesis: TDE – TD3(7.5 Kg PET), a los 7 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 7 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD3 (7.5% PET) - 7días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>7.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>272.95</td> <td>292.36</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>5.33</td> <td>0.50</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	7.50%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	272.95	292.36	Varianza(σ^2)	5.33	0.50
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	7.50%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	272.95	292.36															
Varianza(σ^2)	5.33	0.50															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z=1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <p style="text-align: right;">Donde:</p> $Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N_1} + \frac{\sigma^2_2}{N_2}}}$ <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>Z_0 : Estadística de prueba</p> <p>\bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en lo grupos</p> <p>σ^2_1, σ^2_2 : Desviación estándar de lo grupos</p> <p>N_1, N_2 : Cantidad de muestras de los grupos</p> </div> <div style="width: 35%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Prueba Z : Z_0</td> <td>-13.92</td> </tr> </table> </div> </div> <p>Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$</p>	Prueba Z : Z_0	-13.92													
Prueba Z : Z_0	-13.92																
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-13.92 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 7.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 7 días de edad)</p> </div>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$																

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29 Prueba de Hipótesis: TDE – TD1(2.5 Kg PET), a los 14 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 14 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD1 (2.5% PET) - 14días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>2.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>342.65</td> <td>356.25</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>0.50</td> <td>1.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	2.50%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	342.65	356.25	Varianza(σ^2)	0.50	1.33
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	2.50%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	342.65	356.25															
Varianza(σ^2)	0.50	1.33															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z = 1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: Donde: $Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <table> <tr> <td>Z_0</td> <td>: Estadística de prueba</td> </tr> <tr> <td>\bar{X}_1, \bar{X}_2</td> <td>: Resistencia promedio en lo grupos</td> </tr> <tr> <td>σ_1^2, σ_2^2</td> <td>: Desviación estándar de lo grupos</td> </tr> <tr> <td>N_1, N_2</td> <td>: Cantidad de muestras de los grupos</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Prueba Z : Z_0</td> <td style="text-align: center;">-17.41</td> </tr> </table>	Z_0	: Estadística de prueba	\bar{X}_1, \bar{X}_2	: Resistencia promedio en lo grupos	σ_1^2, σ_2^2	: Desviación estándar de lo grupos	N_1, N_2	: Cantidad de muestras de los grupos	Prueba Z : Z_0	-17.41					
Z_0	: Estadística de prueba																
\bar{X}_1, \bar{X}_2	: Resistencia promedio en lo grupos																
σ_1^2, σ_2^2	: Desviación estándar de lo grupos																
N_1, N_2	: Cantidad de muestras de los grupos																
Prueba Z : Z_0	-17.41																
Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$ Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$																	
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$																
<table border="1"> <tr> <td> Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-17.41 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 14 días de edad) </td> </tr> </table>			Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-17.41 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 14 días de edad)														
Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-17.41 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 14 días de edad)																	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30 Prueba de Hipótesis: TDE – TD2(5 Kg PET), a los 14 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 14 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD2 (5% PET) - 14días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>5.00%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>342.65</td> <td>393.26</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>0.50</td> <td>2.00</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	5.00%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	342.65	393.26	Varianza(σ^2)	0.50	2.00
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	5.00%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	342.65	393.26															
Varianza(σ^2)	0.50	2.00															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z=1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:															
$Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N1} + \frac{\sigma^2_2}{N2}}}$																	
Donde: Z_0 : Estadística de prueba \bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en los grupos σ^2_1, σ^2_2 : Desviación estándar de los grupos $N1, N2$: Cantidad de muestras de los grupos																	
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_0</td> <td style="text-align: right;">-55.44</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_0	-55.44													
Prueba Z : Z_0	-55.44																
Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$ Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$																	
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$																
<table border="1"> <tr> <td> Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-55.44 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 14 días de edad) </td> </tr> </table>			Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-55.44 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 14 días de edad)														
Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-55.44 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 14 días de edad)																	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31 Prueba de Hipótesis: TDE – TD3(7.5 Kg PET), a los 14 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 14 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD3 (7.5% PET) - 14días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>7.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>342.65</td> <td>374.62</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>0.50</td> <td>5.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	7.50%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	342.65	374.62	Varianza(σ^2)	0.50	5.33
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	7.50%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	342.65	374.62															
Varianza(σ^2)	0.50	5.33															
2. HIPÓTESIS	:	$\bar{X}1$: fc Media del grupo 1 $\bar{X}2$: fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}1 \geq \bar{X}2$ Se rechaza si: $\{Z_o < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z=1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> Donde: Z_o : Estadística de prueba $\bar{X}1, \bar{X}2$: Resistencia promedio en lo grupos σ^2_1, σ^2_2 : Desviación estándar de lo grupos $N1, N2$: Cantidad de muestras de los grupos </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> $Z_o = \frac{\bar{X}1 - \bar{X}2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N1} + \frac{\sigma^2_2}{N2}}}$ </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="text-align: center;">Prueba Z : Z_o</td> <td style="text-align: center;">-22.93</td> </tr> </table>	Prueba Z : Z_o	-22.93													
Prueba Z : Z_o	-22.93																
		Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$ Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$															
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; text-align: center;"> Puesto a la expresión: $\{Z_o < -Z\}$ ó $\{-22.93 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 7.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 14 días de edad) </div>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$																

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32 Prueba de Hipótesis: TDE – TD1(2.5 Kg PET), a los 28 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 28 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD1 (2.5% PET) - 28días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>2.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>366.56</td> <td>381.74</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>1.33</td> <td>0.50</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	2.50%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	366.56	381.74	Varianza(σ^2)	1.33	0.50
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	2.50%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	366.56	381.74															
Varianza(σ^2)	1.33	0.50															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_o < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z=1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <div style="text-align: right;"> <p>Donde:</p> <p>Z_o : Estadística de prueba</p> <p>\bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en lo grupos</p> <p>σ^2_1, σ^2_2 : Desviación estándar de lo grupos</p> <p>N_1, N_2 : Cantidad de muestras de los grupos</p> </div> <div style="text-align: center;"> $Z_o = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N_1} + \frac{\sigma^2_2}{N_2}}}$ </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td style="text-align: right;">-19.44</td> </tr> </table>	Prueba Z : Z_o	-19.44													
Prueba Z : Z_o	-19.44																
		Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$ Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$															
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> Puesto a la expresión: $\{Z_o < -Z\}$ ó $\{-19.44 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 28 días de edad) </div>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$																

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33 Prueba de Hipótesis: TDE – TD2 (5 Kg PET), a los 28 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 28 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD2 (5% PET) - 28días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>5.00%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>366.56</td> <td>416.16</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>1.33</td> <td>9.00</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	5.00%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	366.56	416.16	Varianza(σ^2)	1.33	9.00
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	5.00%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	366.56	416.16															
Varianza(σ^2)	1.33	9.00															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z=1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> Donde: Z_0 : Estadística de prueba \bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en los grupos σ^2_1, σ^2_2 : Desviación estándar de los grupos N_1, N_2 : Cantidad de muestras de los grupos </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> $Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N_1} + \frac{\sigma^2_2}{N_2}}}$ <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Prueba Z : Z_0</td> <td>-26.73</td> </tr> </table> </div> <p>Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$</p>	Prueba Z : Z_0	-26.73													
Prueba Z : Z_0	-26.73																
5. CONCLUSIÓN	:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; text-align: center;"> Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-26.73 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 28 días de edad) </div>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$																

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34 Prueba de Hipótesis: TDE – TD3 (7.5 Kg PET), a los 28 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	TDE - 28 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	TD3 (7.5% PET) - 28días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>7.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>366.56</td> <td>395.40</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>1.33</td> <td>8.00</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	7.50%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	366.56	395.40	Varianza(σ^2)	1.33	8.00
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	7.50%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	366.56	395.40															
Varianza(σ^2)	1.33	8.00															
2. HIPÓTESIS	:	$\bar{X}1$: fc Media del grupo 1 $\bar{X}2$: fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}1 \geq \bar{X}2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	$\alpha = 0.05$ $Z=1.645$															
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <div style="text-align: center;"> $Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ </div> <div style="text-align: right;"> Donde: Z₀ : Estadística de prueba \bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en los grupos σ_1^2, σ_2^2 : Desviación estándar de los grupos N₁, N₂ : Cantidad de muestras de los grupos </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Prueba Z : Z₀</td> <td style="text-align: center;">-16.35</td> </tr> </table>	Prueba Z : Z ₀	-16.35													
Prueba Z : Z ₀	-16.35																
Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645 Rechazar Ho si: Z ₀ <-1.645																	
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-16.35 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 7.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 28 días de edad) </div>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$																

Fuente: Elaboración propia.

Figura 35 Prueba de Hipótesis: VDE – VD1 (2.5 Kg PET), a los 28 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	VDE - 28 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	VD1 (2.5% PET) - 28días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>2.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>43.00</td> <td>46.36</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>0.17</td> <td>0.22</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	2.50%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	43.00	46.36	Varianza(σ^2)	0.17	0.22
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	2.50%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	43.00	46.36															
Varianza(σ^2)	0.17	0.22															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plástico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plástico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z=1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:															
<p>Donde:</p> $Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N_1} + \frac{\sigma^2_2}{N_2}}}$																	
<p> Z_0 : Estadística de prueba \bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en los grupos σ^2_1, σ^2_2 : Desviación estándar de los grupos N_1, N_2 : Cantidad de muestras de los grupos </p>																	
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_0</td> <td style="text-align: right;">-9.32</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_0	-9.32													
Prueba Z : Z_0	-9.32																
<p>Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$</p>																	
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$																
<table border="1"> <tr> <td> Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-9.32 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de plástico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 28 días de edad) </td> </tr> </table>			Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-9.32 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de plástico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 28 días de edad)														
Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-9.32 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de plástico PET reciclado en un 2.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 28 días de edad)																	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 36 Prueba de Hipótesis: VDE – VD2 (5 Kg PET), a los 28 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	VDE - 28 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	VD2 (5% PET) - 28días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>5.00%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>43.00</td> <td>52.70</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>0.17</td> <td>0.06</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	5.00%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	43.00	52.70	Varianza(σ^2)	0.17	0.06
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	5.00%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	43.00	52.70															
Varianza(σ^2)	0.17	0.06															
2. HIPÓTESIS	:	$\bar{X}1$: fc Media del grupo 1 $\bar{X}2$: fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}1 \geq \bar{X}2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z=1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z=1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <p style="text-align: right;">Donde:</p> $Z_0 = \frac{\bar{X}1 - \bar{X}2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N1} + \frac{\sigma^2_2}{N2}}}$ <p style="text-align: right;"> Z_0 : Estadística de prueba $\bar{X}1, \bar{X}2$: Resistencia promedio en lo grupos σ^2_1, σ^2_2 : Desviación estándar de lo grupos $N1, N2$: Cantidad de muestras de los grupos </p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Prueba Z : Z_0</td> <td style="text-align: right;">-35.03</td> </tr> </table>	Prueba Z : Z_0	-35.03													
Prueba Z : Z_0	-35.03																
Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$ Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$																	
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: right;">Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-35.03 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 28 días de edad) </div>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}1 < \bar{X}2$																

Fuente: Elaboración propia.

Figura 37 Prueba de Hipótesis: VDE – VD3 (7.5 kg PET), a los 28 días.

MUESTRA ESTANDAR (1)	:	VDE - 28 días															
MUESTRA COMPARADA (2)	:	VD3 (7.5% PET) - 28días															
1. PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del análisis estadístico de la distribución de frecuencias para datos agrupados															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0%</th> <th>7.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras (N)</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media (\bar{X})</td> <td>43.00</td> <td>46.18</td> </tr> <tr> <td>Varianza(σ^2)</td> <td>0.17</td> <td>0.32</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado				0%	7.50%	Número de muestras (N)	3	3	Media (\bar{X})	43.00	46.18	Varianza(σ^2)	0.17	0.32
Cantidad de fibra plastica PET reciclado incorporado																	
	0%	7.50%															
Número de muestras (N)	3	3															
Media (\bar{X})	43.00	46.18															
Varianza(σ^2)	0.17	0.32															
2. HIPÓTESIS	:	\bar{X}_1 : fc Media del grupo 1 \bar{X}_2 : fc Media del grupo 2															
2.1 HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$ Se rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$ Ha unilateral con cola a la izquierda La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 2.5% en relación al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm ² (a los 7 días de edad).															
3. NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z = 1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$													
$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$																
4. ESTADÍSTICA DE PRUEBA	:	La estadística de prueba usas en la prueba de Hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <p style="text-align: right;">Donde:</p> $Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p style="text-align: right;"> Z_0 : Estadística de prueba \bar{X}_1, \bar{X}_2 : Resistencia promedio en lo grupos σ_1^2, σ_2^2 : Desviación estándar de lo grupos N_1, N_2 : Cantidad de muestras de los grupos </p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Prueba Z : Z_0</td> <td style="text-align: right;">-7.87</td> </tr> </table>	Prueba Z : Z_0	-7.87													
Prueba Z : Z_0	-7.87																
		Por lo tanto se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$ Rechazar Ho si: $Z_0 < -1.645$															
5. CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$													
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $\bar{X}_1 < \bar{X}_2$																
<table border="1"> <tr> <td> Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-7.87 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 7.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 280$ kg/cm² (a los 28 días de edad) </td> </tr> </table>			Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-7.87 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 7.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 28 días de edad)														
Puesto a la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{-7.87 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendose así que: La incorporación de fibras de plastico PET reciclado en un 7.5% relativo al peso del cemento, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ² (a los 28 días de edad)																	

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la hipotecis general “El uso de proporciones de fibra de plástico PET reciclado en forma de adiciones incorporadas al concreto mejorará sus propiedades mecánicas, abaratará los costos y reducirá la contaminación ambiental para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido,2020”, de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se puede observar que utilizando un diseño de mezcla con adición de fibras plásticas PET recicladas en un 5%, mostró mejores resultados en la resistencia a la compresión, que aumento en un 13.42%. en comparación a la del concreto estándar y mejoró, en un 22.99%, la resistencia a la flexión en relación a la del concreto estándar. Con los resultados de los ensayos mecánicos del concreto de procedio a dineñar un pavimento rígido con el método AASTHO-93, donde se calculo el espesor de losa de concreto estándar (23,0 cm) y de concreto reforzado (20,0 cm), obtenioendo una reducción en 3,0 cm de la losa que en consecuencia reduce el volumen y costos del hormigón hidraulico en el diseño estructural del pavimento rígido, y asu vez dando una solución más económica y amigable ambientalmente con la utilización de estos elementos.

Al-Hadithia, Noamana y Moslehb (2019), en su artículo científico acota que se emplearon una mezcla de concreto de referencia a partir de la cual obtuvieron todas las otras mezclas, para producir ocho mezcladores SCC que contienen diferentes porcentajes de proporciones volumétricas de fibras plásticas (0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.25%, 1.5%, 1.75% y 2%). Los experimentos mostraron que la inclusión de fibras de PET en SCC resulta en un aumento en fuerzas de compresión y flexión.

Como se demostró, los resultados obtenidos están dentro de las referencias encontradas en estudios previos, ya que el presente estudio al realizar los ensayos y estudios, como el diseño de mezcla con adición de fibras plásticas PET recicladas en un 5% comprobando las mejoras de las propiedades mecánicas del concreto, ya que aumenta la fuerza de compresión , que aumento en un 13.42%. en comparación a la del concreto estándar y mejoró, en un 22.99%, la resistencia a la flexión en relación a la del concreto estándar.

Acuerdo con la idea descrita por Al-Hadithia, Noamana y Moslehb (2019) con el beneficio de incorporar adecuadamente fibras plasticas PET, ayuda al concreto a lograr una mayor resistencia a la compresión y flexión.

Asimismo Khalid, Irwan, Wan Ibrahim, Othman y Shahidan (2018) en su artículo científico acota que un aumento en el contenido de fibras aumenta la resistencia a la tracción de la matriz de hormigón. El hormigón armado que contiene fibras de plástico en forma de anillo con un ancho de 10mm (RPET-10) exhibió resultados notables durante la primera carga de grietas con un incremento del 32.3%. Concluyen que los desechos en forma de anillo de PET producen fibras para el hormigón con un rendimiento comparable al de fibras sintéticas comerciales.

Como se demostró, los resultados obtenidos están dentro de las referencias encontradas en estudios previos, compartiendo ideas parecidas, en contraste con todo esto, el hormigón armado que contiene fibras plasticas PET en forma de tiras de 3mm de ancho y de largo de 40 mm lo que genero un buen rendimientos en las propiedades de concreto por lo que se recomienda con una dosificación de 5 Kg/m³ de adición de fibras plasticas PET, como lo explica Khalid, Irwan, Wan Ibrahim, Othman y Shahidan es decir mejoran el rendimiento del hormigón.

Lector y Villarreal (2017) concluyeron en su investigación que uno de los beneficios de usar plástico reciclado (PET) para hacer concreto es que puede aumentar en un 10% el volumen de hormigón, por lo que podemos usar estos diseños para reducir el daño ambiental a las actividades humanas.

Como se demostró, los resultados obtenidos están dentro de las referencias encontradas en estudios previos, los cuales constatan que el usos del plastico PET en forma de aditivos, es una solución más económica y amigable con el ambiente con la utilización de estos elementos, como lo explica Lector y Villareal que el suso de plastico PET en el hormigón reuducira em daño ambiental.

Pablo (2017), tuvo como objetivo mejorar el desempeño del hormigón mediante la incorporación de fibras de polietileno obtenidas a partir de envases de plástico recicladas, las cuales reflejarán el mejor diseño de concreto hidráulico, que pueda soportar la carga y transmitirla al suelo para lograr un buen desempeño estructural donde se realizaron cuatro diseños de igual resistencia y se agregaron fibras de polietileno reciclado a cada muestra de hormigón. Las cantidades fueron 500gr, 1000gr, 1500gr y 2000gr de fibra respectivamente, y finalmente compradas. Al agregar la ración ideal de fibras de polietileno recuperadas de botellas plásticas al hormigón, se puede concluir que son beneficiosas para mejorar las propiedades mecánicas, es decir, la resistencia a la flexión del concreto expresada por el módulo de ruptura (M_r) del concreto, logrando así una reducción en el espesor de las losa de hormigón, lo que crea una opción económica y ecológica.

Como se demostró, los resultados obtenidos están dentro de las referencias encontradas en estudios previos, compartiendo ideas similares; en contraste con todo esto, el presente estudio sugiere la incorporación de fibras plásticas PET recicladas en la mezcla de hormigón y lo sugiere como una alternativa para comprobar su influencia en la resistencia a través de la compresión y verificación que permita determinar el espesor óptimo de la losa de concreto hidráulico.

En la actualidad, existen pocas investigaciones sobre la mejora del diseño de pavimentos rígidos mediante la adición de fibras plásticas PET en el hormigón en nuestro país.

VI. CONCLUSIONES .

6.1. Conclusión general.

Las fibras de plástico PET reciclado influyen en el mejoramiento del diseño del pavimento rígido en el 2020, ya que al evaluar la incorporación de fibras de plástico PET reciclado en el concreto hidráulico, se obtuvo incrementos de resistencia a la compresión, modulo de rotura (resistencia a la flexión); produciendo así una disminución de el espesor de losa "D", generando consecuentemente una reducción de costos en el pavimento rígido de $f'c=280$ Kg/cm² y a su vez pudiendo mitigar los impactos ambientales mediante el uso de materiales reciclados.

6.2. Conclusiones específicas.

- Las fibras de plástico PET reciclado como adición del concreto mejoran sus propiedades mecánicas aumentando $F'c$ y M_r . Se encontró que el concreto reforzado con 5 % de PET mostró mejores resultados en la resistencia a la compresión, en un 13.42%. mayor a la del concreto estándar; mejoró, en un 22.99%, la resistencia a la flexión en relación a la del concreto estándar.
- Con la incorporación de fibras de plástico PET reciclado al concreto, en dosis diferentes se observa que añadiéndola en un 5 % se obtiene una dosis optima de fibras de plástico que a su vez provee mayor fuerza de compresión y flexión en relación al concreto estandar.
- Se calculo el espesor de la losa de un pavimento rígido mediante el método AASHTO-93, utilizando concreto estándar y reforzado con fibras plásticas PET recicladas con la dosis mas óptima, obteniendo un espesor de 23 cm para el concreto estándar y un espesor 20 cm para el concreto reforzado con fibras plásticas PET. Obteniendose una diferencia de 3 cm.
- La reducción de costos en pavimento rígido se analizó con el software S10, obteniendo una reducción de costos de alrededor de S / 39.81 por metro lineal de pavimento rígido, al agregar una dosis óptima de fibras en un 5%.

VII. RECOMENDACIONES

- Con el fin de realizar la misma investigación sobre fibras plásticas de PET recicladas para futuras investigaciones, se recomienda estudiar dosis superiores a 7.5 %, en los ensayos de resistencia a la compresión y flexión.
- Desde un punto de vista ambiental, se recomienda este método alternativo porque puede disminuir los residuos sólidos.
- Se recomienda que las empresas de construcción, municipios, gobiernos regionales, entre otros realicen el diseño de sus pavimentos rígidos utilizando los datos del concreto reforzado con fibras plásticas PET en un 5 % ya que prestando atención al mismo se obtendrá mejores resultados tanto técnicamente, económicamente y ambientalmente.

REFERENCIAS

- Al-Hadithia A., Noamana A. y Moslehb W. (2019). Mechanical properties and impact behavior of PET fiber reinforced self-compacting concrete (SCC). Ambar, Iraq: Composite Structures Vol 224 (2019)
- Strong, A. (2006). *Plastics: materials and processing*, 3° ed., Nueva Jersey: Pearson Prentice Hall, pp 834
- Echevarría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. [Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.]
- Fernández Altamirano, E, J. (2017). *Evaluación de las proporciones del residuo pvc de tapicería sobre la resistencia a la compresión, flexión, asentamiento y costos en un concreto para pavimento rígido, trujillo – la libertad, 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Perú].
- Fernández, M. (2011). Hormigón, Novena edición: Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Madrid. España.
- Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. Revista INVI, Vol 23 N°063, pp. 137-163.
- Hernández, J. (2011). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas. [Tesis de Ingeniería, Universidad de San Carlos, Guatemala].
- Hernández, S. (2010). *Metodología de la investigación*. México: MC Draw Hill.
- Ismail, Z., Al-Hashmi, E. (2011)“*Use of waste plastic in concrete mixture aggregate replacement*”, *Waste Management*, vol 28, n° 11, pp. 1009-1012.
- Irías Pineda, Ana. (2013). Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras. [Tesis de maestría, Escuela Técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos, Madrid].

- Khalid F.S., Irwan J.M., Wan M.H. Ibrahim, Othman N. y Shahidan S. (2018) Performance of plastic wastes in fiber-reinforced concrete beams, Malasia: Construction and Building Materials vol. 183 (2018) pp.451–464
- Kien Bui, Satomi T. y Takahashi H. (2018), Recycling woven plastic sackwaste and PET bottle waste as fiber in recycled aggregate concrete: An experimental study, Miyagi, Japón: Waste Management vol. 78 (2018) pp. 79–93
- López, J. (2015). Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. México].
- Méndez, E. (2012). *Propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados PET, en diseño de mezcla de concreto con resistencia $f'c=150\text{kg/cm}^2$, usado para banquetas, guarniciones y firmes.* [Tesina de Especialista en construcción. Universidad Veracruzana, México].
- McCormac, J. y Brown, R. (2011). Diseño de concreto reforzado, 8° ed, Ciudad de México: Alfaomega.
- Morales Olivares, J. (2005). Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo. Universidad de Piura, Piura.
- Norma Técnica Peruana E060 (2009). Concreto Armado [en línea] Recuperado el 02 de mayo de 2016, de:
<http://www.construccion.org.pe/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de Tecnología de Concreto.* Lima: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
- Peñaloza, C. (2015). Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto reciclado usando neumáticos triturados como reemplazo del 10% y 30% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso

estructural. [Tesis de Ingeniería, Universidad católica de Colombia, Colombia, Bogotá].

Rendón, L. (2008). *Diseños de mezclas de Tereftalato de polietileno (PET)-cemento*. [Tesis de pre-grado. Universidad Central de Venezuela, Venezuela].

Rivva López (2010). *Tecnología del concreto*. Lima.

Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. (A. Gomez, K. Ramos, & R. Herrera, Edits) Lima: ACI Peru.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimntos*. Lima MTC.

Muñoz Cebrian, F. (2011). *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de polipropileno multifilamento: Influencia del porcentaje de fibra adicionado*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia, España].

Vivar R., G. (1995). *Diseño y Construcción de Pavimentos* (2da ed., Vol. Libro 6). Lima: Colección del Ingeniero Civil - CIP.

ANEXOS

ANEXO 01. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 44 Operalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
VARIABLE INDEPENDIENTE				
X1: Fibras de plástico PET reciclado	El PET es el material plástico con el cual se elaboran los envases de bebidas gaseosas y aguas minerales, entre otras. Las botellas son desechables, por lo que su destino suele ser la bolsa de basura y, por extensión, los rellenos sanitarios	Es la cantidad de fibras plástico PET reciclado que será agregado a la mezcla de concreto.	Porcentaje de adición de fibras de plástico PET reciclado: - 2.5 % - 5 % - 7.5 %	Peso en Kg con respecto al cemento
VARIABLE DEPENDIENTE				
Y1: Propiedades mecánicas de un concreto adicionado con fibras de plástico PET reciclado.	Son las propiedades y la calidad del hormigón en su estado plástico, que dependen de la calidad del árido y de los aditivos utilizados para su fabricación.	Se obtendrá resultados de la resistencia a la compresión axial para muestras cilíndricas y módulo de rotura para viguetas de hormigón endurecido mediante ensayos estándar de laboratorio.	Resistencia a la compresión (F'c)	Kg/cm ²
			Módulo de rotura (Mr)	Kg/cm ²
Y2: Diseño de un pavimento rígido	Los pavimentos son diseñados para obtener en forma económica un buen comportamiento durante una larga vida de servicio.	Se realizará una comparación técnico económica del diseño de un pavimento rígido con el método AASHTO 93 adicionando al concreto fibras de plástico PET reciclado con respecto a un concreto tradicional.	Espesor de concreto	cm
			Costo del pavimento rígido	Soles (S/.)

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 02. CONSTANCIA DE ENSAYOS DE LABORATORIO.



CONSTANCIA DE ENSAYOS DE LABORATORIOS

El que suscribe, Jober Janampa Aguado, hace constar por medio de la presente que el Sr. Pablo Esteban Valer Pacheco, identificado con DNI N° 70842074, ha realizado ensayos de compresión, flexión en las instalaciones del laboratorio **INGEOTECON** especialistas en **Geotecnia y Concreto**, requeridos para la Tesis: "**Mejoramiento en el Diseño de un Pavimento Rígido Incorporando Fibras de Plástico PET Reciclado, 2020**", los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide este certificado a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 15 de enero del 2021.

INGEOTECON

JOBER JANAMPA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. INGS. N° 74407
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYOS PARA LA
DETERMINACION DE LA
RESISTENCIA A LA
COMPRESION SIMPLE DEL
CONCRETO ENDURECIDO**

**INFORME N° 001-2021 / ING-CON-21-O-
005/INGEOTECON-0077-21**

PROYECTO

*"MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN
PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO
FIBRAS DE PLASTICO PET REICLADO,
2020"*

SOLICITANTE

PABLO ESTEBAN VALER PACHECO

Fecha

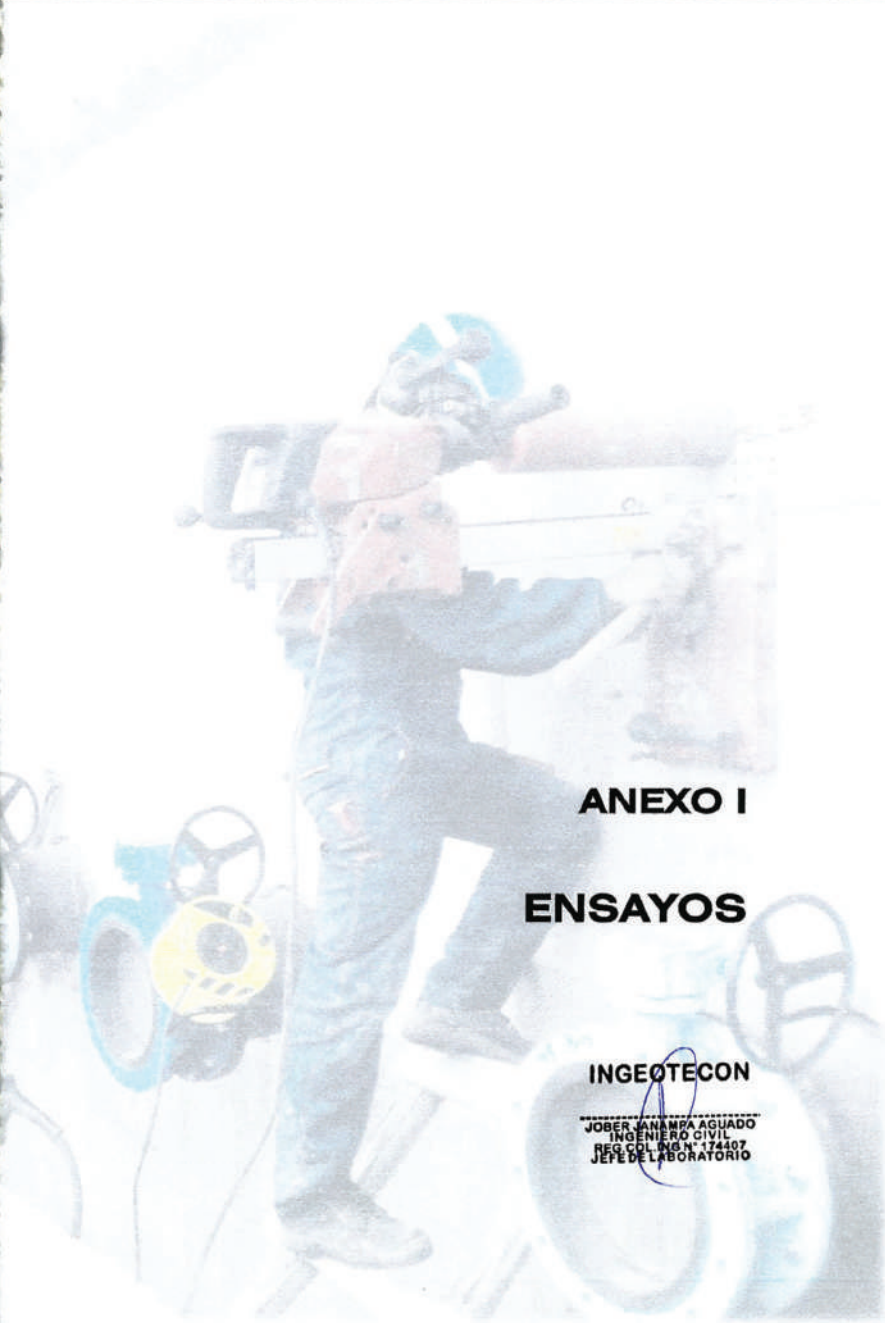
ENERO DEL 2021

INGEOTECON

**JOBER JANAMPA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. INS. N° 174407
JEFE DE LABORATORIO**



CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA



ANEXO I

ENSAYOS

INGEOTECON

JOSER SANMAMA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. ING. N° 174407
JEFE DE LABORATORIO

AL SE COVENDES ME P2 L08 SI CRI: #999402099 EXPLA # 898-448 FAXO: 3182257 EMB018079P@BLOCOMAH0008 WWW.INGEOTECON.COM

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO
(NTP 399.034 / MTO E 704)**



PROYECTO : MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020*
 CÓDIGO : INFORME N° 001-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECN-0077-21
 SOLICITA : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO
 MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 FECHA : ENERO DEL 2021
 REGIÓN : AYACUCHO
 PROVINCIA : AYACUCHO
 DISTRITO : HUAMANGA
 LUGAR : AYACUCHO

N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. (gr)	PESO UNITARIO APARENTE (tn/m3)	FUERZA (kN)	RESISTENCIA DEL ESPECIMEN f_c (kg/cm2)	RESISTENCIA DEL ENSAYO f_c (kg/cm2)	RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2)	% RESIST. RESIST. TESTIGO	% RESIST. DEL ENSAYO
1	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	08/12/2020	7	149,78	300,75	12,377	2,34	476,00	275,68		280,00	98	98
2	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	08/12/2020	7	150,53	300,03	12,338	2,31	471,94	270,62	273,0	280,00	97	97
3	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	08/12/2020	7	149,88	301,65	12,416	2,33	471,90	272,56		280,00	97	97
4	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	151,71	301,45	12,212	2,24	509,87	287,82		280,00	103	103
5	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	150,14	300,84	12,312	2,31	502,10	289,39	288,6	280,00	103	103
6	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	148,52	299,12	12,611	2,40	496,80	288,71		280,00	103	103
7	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	150,76	300,54	12,412	2,31	540,92	309,20		280,00	110	110
8	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	151,09	299,80	12,098	2,25	542,02	308,48	309,7	280,00	110	111
9	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	150,11	300,12	12,152	2,29	540,17	311,46		280,00	111	111

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

PRENSA DOBLE RANGO PARA CONCRETO. MARCA PINZUAR, MODELO PC-42D, SERIE: 284, CALIBRACION: CERTIFICADO F.20226-001 RO ISO 17025 / BALANZA MARCA OHAUS MOD. R31P30 SER. 8337420343 CALIBRACION: M - 20226-004 IS

INGEOTECON
 JOSEF VASQUEZ GUADO
 INGENIERO CIVIL
 JEFE DEL LABORATORIO

	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (NTP 399.034 / MTC E 704)	
	Formato base: FOR-SIG-01.00	Código documento FOR-OPF-78.00
Página 2 de 1		

PROYECTO : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

CÓDIGO : INFORME N° 001-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21
 SOLICITA : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO
 MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 FECHA : ENERO DEL 2021

REGIÓN : AYACUCHO
 PROVINCIA : AYACUCHO
 DISTRITO : HUAMANGA
 LUGAR : AYACUCHO

N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. (gr)	PESO UNITARIO APARENTE (tr/m ³)	FUERZA (KN)	RESISTENCIA DEL ESPECIMEN f _c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DEL ENSAYO f _c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% RESIST. TESTIGO	% RESIST. DEL ENSAYO
10	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	150.63	301.34	12.356	2.30	508.80	291.36		280.00	104	
11	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	150.95	301.37	12.445	2.31	514.06	293.13	293.2	280.00	105	105
12	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	08/12/2020	7	149.09	300.30	12.694	2.42	504.60	294.96		280.00	105	
13	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	15/12/2020	14	149.28	300.13	12.334	2.35	591.20	344.68		280.00	123	
14	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	15/12/2020	14	148.78	301.68	12.456	2.34	592.30	343.02	343.1	280.00	123	123
15	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	15/12/2020	14	149.78	300.59	12.662	2.39	569.90	341.65		280.00	122	
16	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	151.20	300.30	12.333	2.29	624.80	355.08		280.00	127	
17	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	150.50	299.28	12.444	2.34	623.83	357.83	356.3	280.00	128	127
18	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	149.50	299.66	12.099	2.30	612.50	356.05		280.00	127	

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

PRENSA DOBLE RANGO PARA CONCRETO: MARCA FINZUAR, MODELO PC-42D, SERIE: 284, CALIBRACION: CERTIFICADO F-20226-001 RO ISO 17025 / BALANZA MARCA OHAUS MOD. R31E20 SER. 8337420343 CALIBRACION: M.-20226-004 IS



 INGEOTECON <small>LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO</small>	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO	
	(NTP 339.034 / MTC E 704)	
	Formulario base: FOR-SIG-01.00 Código documento FOR-OPF-75.00 Página 3 de 1	

PROYECTO : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLÁSTICO PET RECICLADO, 2020"

CÓDIGO : INFORME N° 001-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21
 SOLICITA : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO
 MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 REGIÓN : AYACUCHO
 PROVINCIA : AYACUCHO
 DISTRITO : HUAMANGA
 LUGAR : AYACUCHO

N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. (gr)	PESO UNITARIO APARENTE (ton/m3)	FUERZA (kN)	RESISTENCIA DEL ESPECIMEN f_c (kg/cm ²)	RESISTENCIA DEL ENSAYO f_c (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²)	% RESIST. DEL TESTIGO	% RESIST. DEL ENSAYO
19	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	151,02	301,14	12.145	2,25	692,17	394,33		280,00	141	
20	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	151,54	300,20	12,221	2,26	692,45	391,76	393,7	280,00	140	141
21	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	150,64	301,18	12,415	2,31	690,07	395,12		280,00	141	
22	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	151,51	300,73	12,785	2,36	655,40	370,95		280,00	132	
23	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	149,25	300,54	12,412	2,36	645,20	376,34	374,6	280,00	134	134
24	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	15/12/2020	14	148,59	300,49	12,554	2,41	699,70	376,43		280,00	134	
25	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	29/12/2020	28	149,06	300,78	12,415	2,37	625,12	365,56		280,00	131	
26	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	29/12/2020	28	149,11	300,51	12,123	2,31	630,20	368,28	366,4	280,00	132	131
27	MP-01 SIN ADICION PET	01/12/2020	29/12/2020	28	149,46	301,04	12,455	2,36	628,20	365,39		280,00	130	

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

PRENSA DOBLE RANGO PARA CONCRETO: MARCA PINZUAR, MODELO PC-42D, SERIE: 294, CALIBRACION: CERTIFICADO F-20226-001 RO ISO 17025 / BALANZA MARCA OHAUS MOD. R31P30 SER. 8337420343 CALIBRACION: M. - 20226-004 IS



	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (NTP 339.034 / MTC E 704)	
	Formato base:	FOR-SIG-01.00
	Código documento:	FOR-OPC-78.00
		Página 4 de 1

PROYECTO : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

CÓDIGO : INFORME N° 001-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21

SOLICITA : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO

MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

FECHA : ENERO DEL 2021

REGIÓN : AYACUCHO

PROVINCIA : AYACUCHO

DISTRITO : HUAMANGA

LUGAR : AYACUCHO

N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. (gr)	PESO UNITARIO APARENTE (tn/m ³)	FUERZA (KN)	RESISTENCIA DEL ESPECIMEN f _c (kg/cm ²)	RESISTENCIA DEL ENSAYO f _c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% RESIST. TESTIGO	% RESIST. DEL ENSAYO
28	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	150,71	300,95	12,652	2,36	665,63	380,74		280,00	136	136
29	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	150,84	300,55	12,623	2,35	668,80	381,90	382,5	280,00	136	137
30	MP-02 CON 2.5% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	150,22	300,66	12,335	2,31	668,20	384,71		280,00	137	
31	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	150,76	301,56	12,451	2,31	720,10	411,66		280,00	147	
32	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	150,60	300,85	12,602	2,35	732,06	419,36	415,6	280,00	150	148
33	MP-03 CON 5.0% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	150,53	301,20	12,111	2,26	725,10	415,78		280,00	148	
34	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	151,14	300,84	12,056	2,23	689,88	392,40		280,00	140	
35	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	150,50	301,28	12,099	2,26	692,20	397,05	396,3	280,00	142	142
36	MP-04 CON 7.5% PET	01/12/2020	29/12/2020	28	149,48	299,96	12,118	2,30	687,20	399,60		280,00	143	

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

PRENSA DOBLE RANGO PARA CONCRETO: MARCA PINZUAR, MODELO PC-422, SERIE: 284, CALIBRACION: CERTIFICADO F-20226-001 RO ISO 17025 / BALANZA MARCA CHAUS MOD. R31P30 SER. 4337420343 CALIBRACION: M - 20226-004 IS

INGEOTECON
 JOSE MANUEL AGUIAR
 INGENIERO CIVIL
 JEFE DE LABORATORIO



**RESISTENCIA A LA FLEXION DEL
CONCRETO EN VIGAS
SIMPLEMENTE APOYADAS CON
CARGAS A LOS TERCIOS DEL
TRAMO DEL CONCRETO
ENDURECIDO**

**INFORME N° 002-2021 / ING-CON-21-O-
005/INGEOTECON-0077-21**

PROYECTO

*“MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN
PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO
FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO,
2020”*

SOLICITANTE

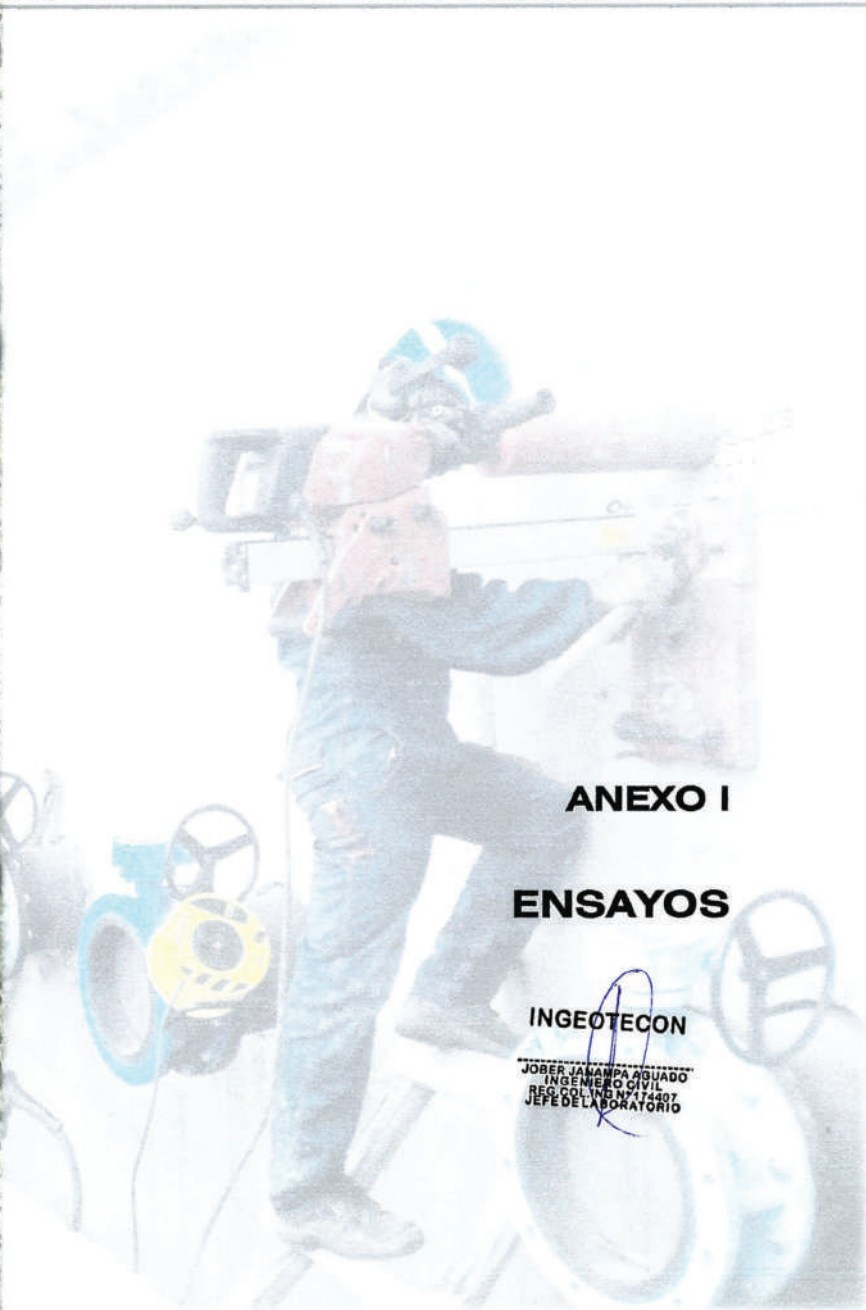
PABLO ESTEBAN VALER PACHECO

Fecha

ENERO DEL 2021

INGEOTECON

**JOBER JARAMPA AGUIADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. ING. N° 174407
JEFE DEL LABORATORIO**



ANEXO I

ENSAYOS

INGEOTECON



JOBER JANAMPA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. ING. N° 174407
JEFE DEL LABORATORIO

RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (NTP 339.078 / MTC E 709)



Página 1 de 1

PROYECTO : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

CÓDIGO : INFORME N° 002-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21
 SOLICITA : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO
 MUESTRA : VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS
 FECHA : ENERO DEL 2021

REGIÓN : AYACUCHO
 PROVINCIA : AYACUCHO
 DISTRITO : HUAMANGA
 LUGAR : AYACUCHO

N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD ESPECIM. (mm)	ANCHO ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. (gr)	PESO UNITARIO APARENTE (tn/m ³)	FUERZA (KN)	MODULO DE ROTURA R (Mpa)	MODULO DE ROTURA R (Kg/cm ²)
1	MP-01 SIN ADICION PET	02/12/2020	30/12/2020	28	532,25	150,10	150,10	27,895	2,32	26,50	4,14	42,25
2	MP-01 SIN ADICION PET	02/12/2020	30/12/2020	28	532,35	151,65	151,65	26,895	2,21	27,10	4,20	42,80
3	MP-01 SIN ADICION PET	02/12/2020	30/12/2020	28	532,60	150,80	150,80	27,412	2,24	28,00	4,27	43,53
4	MP-02 CON 2.5% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	530,35	150,70	150,70	27,569	2,28	29,90	4,60	46,94
5	MP-02 CON 2.5% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	532,20	150,80	150,80	28,102	2,31	29,20	4,49	45,78
6	MP-02 CON 2.5% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	530,70	150,40	150,40	26,999	2,25	28,80	4,50	45,93
7	MP-03 CON 5.0% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	530,70	151,55	151,55	26,765	2,21	33,60	5,17	52,76
8	MP-03 CON 5.0% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	532,45	150,25	150,25	27,451	2,27	33,12	5,13	52,28
9	MP-03 CON 5.0% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	532,30	151,10	151,10	27,449	2,24	34,20	5,19	52,97

NOTA : Los vigas de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

PRENSA DOBLE RANGO PARA CONCRETO: MARCA PINZUAR, MODELO PC-400, SERIE: 284, CALIBRACION: CERTIFICADO F-20228-001 RO ISO 17025 / BALANZA MARCA OHAUS MOD. R31P30 SER. 833740343 CALIBRACION: M.-20226-004 ISO 17025

INGEOTECON
 "JOBER JAVIERA" CALIFICADO
 INGENIERO CIVIL
 JEFE DEL LABORATORIO

A.H. Covadonga N° P2 Lt.8 Ayacucho, Tel: 066 318525 RPM 8939-02085, RPC 986900609, Correo: ingeotecn@hotmali.com, Web: www.ingeotecn.com



RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (NTP 339.078 / MTC E 709)

Página 1 de 1

PROYECTO : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

CÓDIGO : INFORME N° 002-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21
 SOLICITA : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO
 MUESTRA : VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS
 FECHA : ENERO DEL 2021

REGIÓN : AYACUCHO
 PROVINCIA : AYACUCHO
 DISTRITO : HUAMANGA
 LUGAR : AYACUCHO

N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD ESPECIM. (mm)	ANCHO ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. (gr)	PESO UNITARIO APARENTE (tn/m ³)	FUERZA (kN)	MODULO DE ROTURA R (Mpa)	MODULO DE ROTURA R (Kg/cm ²)
10	MP-04 CON 7.5% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	531,35	152,30	151,50	27.415	2,26	29,80	4,57	46,62
11	MP-04 CON 7.5% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	530,70	151,50	151,55	26.998	2,22	28,90	4,42	45,08
12	MP-04 CON 7.5% PET	02/12/2020	30/12/2020	28	532,45	151,55	150,40	27.103	2,24	29,30	4,57	46,59

NOTA : Los vigas de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

PRESA DOBLE RANGO PARA CONCRETO: MARCA PINZUAR, MODELO PC-427, SERIE: 284, CALIBRACION: CERTIFICADO F-20226-001 RO ISO 17025 / BALANZA MARCA OHAUS MOD. R31P90 SER. 8337420343 CALIBRACION: M - 20225-004 ISO 17025



A.H. Covedenga Mz P2 L1 6 Ayacucho, Tel: 066 316525 RPM #999402095, RPC 988900608, Correo: ingeotecvcp@hotmail.com, Web: www.ingetecon.com

ANEXO 04. INFORME 03: DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DEL
CONCRETO.



**DISEÑO ANALITICO DE
MEZCLA DE CONCRETO**

**INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-
005/INGEOTECON-0077-21**

PROYECTO

"MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE
UN PAVIMENTO RIGIDO
INCORPORANDO FIBRAS DE
PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

SOLICITANTE

PABLO ESTEBAN VALER PACHECO

Fecha

ENERO DEL 2021

INGEOTECON

JOBER JANN MPA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. POL. INGEN. N° 174407
JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

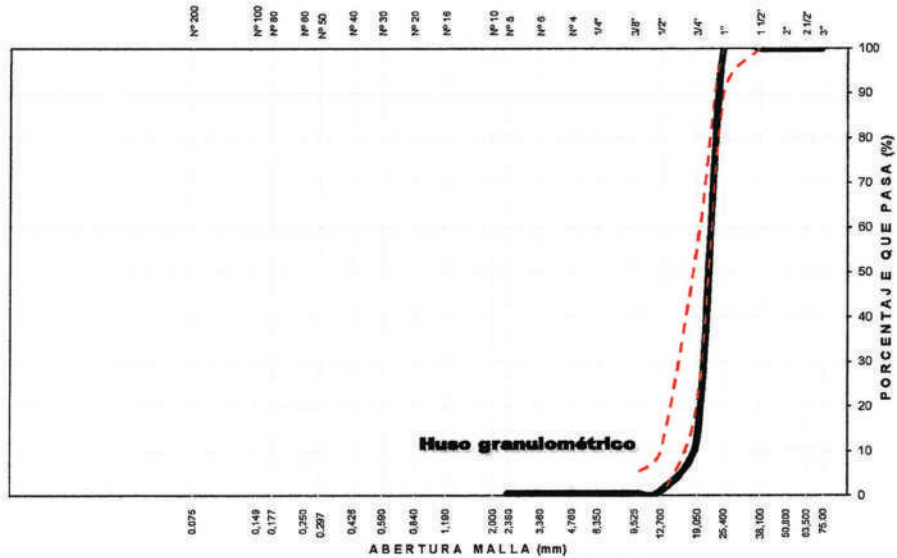
Trazabilidad : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21 Región/Provin. : AYACUCHO / HUAMANGA
 Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO Distrito : AYACUCHO
 Cantera : CHILLICO Lugar : AYACUCHO
 Material : PIEDRA CHANCADA Fecha : ENERO DEL 2021

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO 5 (1" a 1/2")	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
							PESOS (gr)	
3"	75,000	-	-	-	100,00		Peso seco inicial 2476,4	
2 1/2"	63,500	-	-	-	100,00		Peso seco lavado 2468,7	
2"	50,800	-	-	-	100,00		Pérdida por lavado 7,7	
1 1/2"	38,100	-	-	-	100,00	100 - 100	ENSAYOS ESTÁNDAR	
1"	25,400	-	-	-	100,00	90 - 100	% Grava 99,5	
3/4"	19,000	2.165,50	87,45	87,45	12,55	20 - 55	% Arena 0,2	
1/2"	12,700	284,80	11,50	98,95	1,05	0 - 10	% de Finos 0,3	
3/8"	9,500	13,60	0,55	99,50	0,50	0 - 5	D ₁₀ = D _{50(mm)} = 17,6006	
1/4"	6,350	0,70	0,03	99,52	0,48		D _{20(mm)} = 20,2768	
Nº 4	4,760	-	-	99,52	0,48		D _{40(mm)} = 22,4725	
Nº 8	2,360	0,40	0,02	99,54	0,46		Cu = 1,28	
Nº 10	2,000	0,20	0,01	99,55	0,45		Cc = 1,04	
Nº 16	1,100	0,30	0,01	99,56	0,44		D _{15(mm)} = 19,1790	
Nº 30	0,590	0,60	0,02	99,58	0,42		D _{50(mm)} = 21,7406	
Nº 40	0,425	0,30	0,01	99,60	0,40		D _{60(mm)} = 24,3022	
Nº 50	0,297	0,30	0,01	99,61	0,39		Clasificación SUCS GP	
Nº 100	0,149	0,90	0,04	99,64	0,36		GRAVA MAL GRADUADA	
Nº 200	0,075	1,10	0,04	99,69	0,31		Módulo de Fineza 7,84	
Lavado		7,70	0,31	100,00	-		Superficie específica (cm ² /gr) 3,06	
TOTAL		2476,4	100,0					

Tamaño Máximo (Pulg) = 1

Tamaño Máximo Nominal (Pulg) = 3/4

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUE
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

INGEOTECON

JOBER JARAMPA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. ING. N° 174407
JEFE DE LABORATORIO

TRACABILIDAD TALLERES CALIBRACION CERTIF. L-218/02/21940,21801,21832,1945,21830,21925,21700,21712,21713,21859,21711,21896,21837,21935,21706,21707, BALANZA OHNJI, ASOCIÉ SERIE 96447517 -LABORACION NS306

A. H. Covadonga Mz P2 Lt 8 Ayacucho, Tel: 066 318525 RPM #999402095, RPC: 989900609, Correo: ingeotecvpq@hotmail.com, Web: www.ingeocon.com

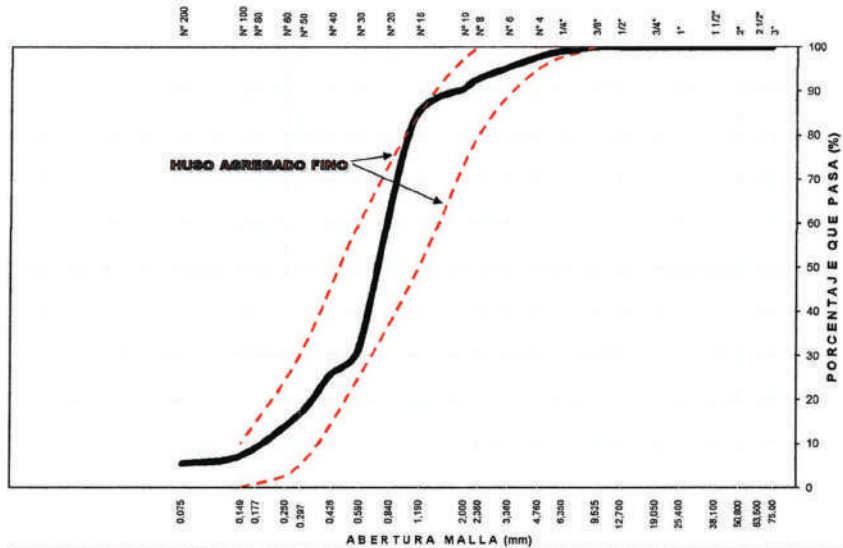
Proyecto : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

Trazabilidad : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21
 Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO
 Cantera : CHILLICO
 Material : ARENA ZARANDEADA

Región/Provi : AYACUCHO / HUAMANGA
 Distrito : AYACUCHO
 Lugar : AYACUCHO
 Fecha : ENERO DEL 2021


TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO NTP 400.637	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
							PESOS (gr)	
3"	75,000	-	-	-	100,00		Peso seco inicial 2104,0	
2 1/2"	63,500	-	-	-	100,00		Peso seco lavado 1989,6	
2"	50,800	-	-	-	100,00		Pérdida por lavado 114,4	
1 1/2"	38,100	-	-	-	100,00		ENSAYOS ESTÁNDAR	
1"	25,400	-	-	-	100,00		% Grava 2,2	
3/4"	19,000	-	-	-	100,00		% Arena 92,3	
1/2"	12,700	-	-	-	100,00		% de Finos 5,4	
3/8"	9,500	-	-	-	100,00	100	D ₁₀ = D _{60mm} = 0,1916	
1/4"	6,350	19,60	0,93	0,93	99,07		D ₃₀ = 0,5454	
N° 4	4,760	27,40	1,30	2,23	97,77	95 - 100	D _{40mm} = 0,8719	
N° 8	2,360	103,80	4,93	7,17	92,83	80 - 100	Cu = 4,55	
N° 10	2,000	46,10	2,19	9,36	90,64		Cc = 1,78	
N° 16	1,100	160,40	7,62	16,98	83,02	50 - 85	D _{60mm} = 0,2693	
N° 30	0,590	1.082,80	51,46	68,45	31,55	25 - 60	D _{75mm} = 0,7728	
N° 40	0,425	120,90	5,75	74,19	25,81		D _{85mm} = 1,3340	
N° 50	0,297	189,90	9,03	83,22	16,78	5 - 30	Clasificación SUCS SP-SM	
N° 100	0,149	200,30	9,52	92,74	7,26	0 - 10		
N° 200	0,075	38,40	1,83	94,56	5,44			
Lavado		114,40	5,44	100,00	0,00			
TOTAL		2.104,00	100,00				ARENA MAL GRADUADA CON LIMO	
		Módulo de Fineza = 2,71		Superficie específica (cm ² /gr) = 68,1				

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/BLOQUES
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

INGEOTECON
 JOBER JAMAMPA AGUADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. COL. ING. N° 174497
 JEFE DEL LABORATORIO

	CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 215), ABSORCIÓN EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL	Código formato base:
		FOR-SIG-01.00
		Código del documento
		FOR-OPE-80.00

Proyecto : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

Código : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21 Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANC
 Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO Distrito : AYACUCHO
 Cantera : CHILLICO: CHILLICO Lugar : AYACUCHO
 Material : AGREGADO GRUESO Y FINO Fecha : ENERO DEL 2021

HUMEDAD, ABSORCIÓN EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL		
IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	
Peso Húmedo de la muestra (gr)	3.180,17	3.018,85
Peso Seco de la muestra (gr)	3.176,87	3.006,75
Peso del agua en la muestra (gr)	13,30	12,10
Contenido de Humedad (%)	0,42	0,40
Contenido de Humedad (%)		0,41
% de absorción		1,04
Absorción Efectiva (%)		0,83
Humedad Superficial (%)		-
IDENTIFICACIÓN	Agregado Fino	
Peso Húmedo de la muestra (gr)	487,07	488,43
Peso Seco de la muestra (gr)	465,28	466,89
Peso del agua en la muestra (gr)	21,79	21,54
Contenido de Humedad (%)	4,68	4,61
Contenido de Humedad (%)		4,65
% de absorción		3,79
Absorción Efectiva (%)		-
Humedad Superficial (%)		0,85

Nota: La humedad del agregado corresponde al momento del ensayo, esta humedad puede variar en obra por lo que se recomienda hacer las correcciones por humedad de agregados a las dosificaciones del concreto.

PORCENTAJE DE VACIOS		
IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	Agregado Fino
Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm ³)	1.343	1.729
Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm ³)	1.537	1.837
Gravedad Especifica de Masa	2.68	2.72
Peso de los Sólidos (gr)	2.680	2.720
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado suelto	49,9	36,4
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado varillado	42,7	32,4


JOBER JANAMPA AGUADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. COL. PROF. N° 174407
 JEFE DE LABORATORIO

TRAZABILIDAD: HORNO MARCA PINZUAR PG190 SERIE 298 CALIBRACION CERTIF. T-3015, BALANZA MARCA OHAUS PAJA1102 SERIE B640110613 CALIBRACION CERTIFICADO M-5067 ISO 17025, BALANZA OHAUS AX8201/E SERIE B844227517 CERTIFICADO M-5096

A. H Covadonga Mz P2 Lt 8 Ayacucho, Tel: 068 318525 RPM #999402095, RPC: 989800609, Correo: ingeotecvpq@hotmail.com, Web: www.ingetecon.com



GRAVEDAD ESPECIFICA, PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Código formato base:
FOR-SIG-01.00
Código del documento
FOR-OPE-04.00

Proyecto : MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020*

Código : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21

Región/Provin. : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO

Distrito : AYACUCHO

Cantera : CHILLICO: CHILLICO

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : ENERO DEL 2021

AGREGADO GRUESO (MTC E 206)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca (gr)	2.689,76	2.170,02	
Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	2.718,37	2.192,06	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	1.688,00	1.359,00	
Peso Especifico de masa	2,61	2,60	2,61
Peso Especifico de masa SSS	2,64	2,63	2,63
Peso Especifico aparente	2,69	2,68	2,68
% de Absorción	1,06	1,02	1,04

AGREGADO FINO (MTC E 205)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
Peso al aire de la muestra seca (gr)	421,54	421,90	
Peso del Picnómetro aforado lleno de agua (gr)	669,80	643,73	
Peso del Picnómetro con la muestra y agua (gr)	974,51	948,92	
Peso de la muestra en SSS (gr)	500,00	500,00	
Temperatura del agua en el ensayo	21,00	21,00	
Corrección por temperatura (K)	0,9980	0,9980	
Peso Especifico de masa	2,46	2,47	2,46
Peso Especifico de masa SSS	2,56	2,56	2,56
Peso Especifico aparente	2,72	2,72	2,72
% de Absorción	3,83	3,76	3,79

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	50,88
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	49,12
Gravedad especifica de los sólidos (Bulk)	2,54
Gravedad especifica de los sólidos (Aparente)	2,70

INGEOTECON

JOBER JANAMPA AGUIADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. ING. N° 174407
JEFE DE LABORATORIO

TRAZABILIDAD: BALANZA MARCA OHAUS MODELO PAJA1102 SERIE B940110613 CALIBRACION CERTIFICADO M-5067 ISO 17025

A. H. Covadonga Mz P2 Lt 5 Ayacucho, Tel. 052 318525 RPM #999402095, RPC: 95990009, Correo: ingeotepq@hotmail.com, Web: www.ingetecon.com



**PESO UNITARIO DE LOS
AGREGADOS
(NTP 400.017, MTC E 203)**

Código formato base:
FOR-SIG-01.00
Código del documento
FOR-OPE-01.00

Proyecto : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET
RECICLADO, 2020"

Código : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECO Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO Distrito : AYACUCHO
Cantera : CHILLICO: CHILLICO Lugar : AYACUCHO
Material : AGREGADO GRUESO Y FINO Fecha : ENERO DEL 2021

AGREGADO FINO		
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	7.307,0	7.307,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	23.615,0	23.626,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	16.308,0	16.319,0
D Volumen del Molde (cm ³)	9.434,3	9.434,3
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.729	1.730
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1.729	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	7.307,0	7.307,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	24.632,0	24.650,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	17.325,0	17.343,0
D Volumen del Molde (cm ³)	9.434,3	9.434,3
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.836	1.838
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1.837	
AGREGADO GRUESO		
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	7.307,0	7.307,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	19.985,0	19.970,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	12.678,0	12.663,0
D Volumen del Molde (cm ³)	9.434,3	9.434,3
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.344	1.342
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1.343	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	7.307,0	7.307,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21.801,0	21.817,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	14.494,0	14.510,0
D Volumen del Molde (cm ³)	9.434,3	9.434,3
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.536	1.538
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1.537	

INGEOTECON

JOSER JANAMPA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. INGM. 174407
JEFE DEL LABORATORIO



DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO

INGEOTECON

JOBER JANARPA AGUIADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. ING. N° 174407
JEFE DEL LABORATORIO



GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL

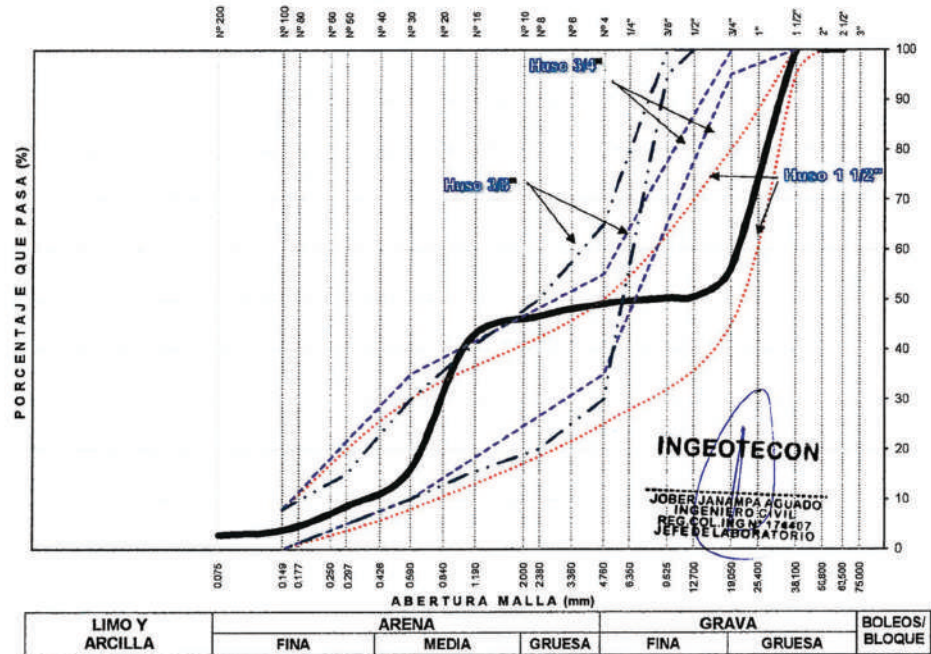
Código del formato base:
FOR-SIG-01.00
Código del documento
FOR-OP-14.00

Proyecto : 'MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020'

Código : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-21 Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO Distrito : AYACUCHO
Cartera : INDICADA Lugar : AYACUCHO
Material : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO Fecha : ENERO DEL 2021

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	% PASA (A. GRUESO)	% PASA (A. FINO)	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. HUSO 3/4	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
3"	75,000	100,00	100,00	0,0	100,00		RESULTADOS		
2 1/2"	63,500	100,00	100,00	0,0	100,00		% Grava	50,9	
2"	50,800	100,00	100,00	0,0	100,00		% Arena	46,2	
1 1/2"	38,100	100,00	100,00	0,0	100,00	100	% de Finos	2,9	
1"	25,400	100,00	100,00	0,0	100,00		D ₁₀ = D _{40(mm)} =	0,3370	
3/4"	19,000	12,55	100,00	43,7	56,28	95	D _{20(mm)} =	0,8676	
1/2"	12,700	1,05	100,00	49,5	50,53		D _{30(mm)} =	19,5449	
3/8"	9,500	0,50	100,00	49,7	50,25		Cu =	58,0	
1/4"	6,350	0,48	99,77	50,2	49,77		Cc =	0,1	
N° 4	4,760	0,48	97,77	50,9	49,12	35	D _{15(mm)} =	0,5335	
N° 8	2,360	0,46	92,83	53,4	46,65		D _{30(mm)} =	7,8434	
N° 10	2,000	0,45	90,64	54,5	45,55		D _{40(mm)} =	23,2043	
N° 16	1,100	0,44	83,02	58,3	41,73		Clasificación SUCS	GP	
N° 30	0,590	0,42	31,55	84,0	15,99	10	GRAVA MAL GRADUADA CON ARENA		
N° 40	0,425	0,40	25,81	86,9	13,11		Tamaño Máximo	1"	
N° 50	0,297	0,39	16,78	91,4	8,59		Tamaño Máximo Nominal	3/4"	
N° 100	0,149	0,36	7,26	96,2	3,81		Módulo de Fineza	5,28	
N° 200	0,075	0,31	5,44	97,1	2,87				
		% según análisis del Agregado Global		% del A.G. =	50,0	% del A.F. =	50,0		

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GLOBAL





**DISEÑO ANALÍTICO DE
MEZCLA DE CONCRETO
(CONSISTENCIA PLÁSTICA
ASENTAMIENTO de 3" a 4")**

Código formato base:
FOR-SIG-01.00
Código del documento
FOR-OPE-83.00

Proyecto : *MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020*

Código : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-0-005/INGEOTECON-0077-1; Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO

Distrito : AYACUCHO

Cantera : CHILLICO; CHILLICO

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : ENERO DEL 2021

DATOS DE LOS AGREGADOS		
CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: CHILLICO	: CHILLICO
MATERIAL	: PIEDRA CHANCADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB ANGULOSO	ZARANDEADO
PUS (kg/m ³)	1343	1729
PUCS (kg/m ³)	1537	1837
PESO ESPECIFICO	2,68	2,72
ABSORCIÓN (%)	1,04	3,79
HUMEDAD (%)	0,41	4,65
MÓDULO DE FINEZA	7,84	2,71
TAMAÑO MÁXIMO	1 "	--
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4 "	--
PUSH (kg/m ³)	1349	1810

DATOS DEL CEMENTO	
MARCA	: SOL
TIPO	: PORTLAND TIPO I
PESO ESPECIFICO	3,12

RESISTENCIA PROMEDIO f _{cr}			
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²) =	280	f _{cr} =	364 kg/cm ²

ASENTAMIENTO			
MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	3"-4" MEZCLA PLÁSTICA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE			
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4 "	CONTENIDO DE AIRE :	2,0 %

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA			
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4 "		
ASENTAMIENTO	3"-4"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	205 lt/m ³

ADITIVO			
ADITIVO 01 : ADITIVO 01		MARCA :	0
DENSIDAD (gr/cm ³):	1	DOSIS (% del peso de cemento) :	0,000
ADITIVO 02 : ADITIVO 02		MARCA :	0
DENSIDAD (gr/cm ³):	1	DOSIS (% del peso de cemento) :	0,000

INGEOTECON

JOBER JANAMPA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. ING. N° 174407
JEFE DEL LABORATORIO

	DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3' a 4')	Código formato base:
		FOR-SIG-01.00
		Código del documento
		FOR-OPE-83.00

Proyecto : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"
 Código : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-I Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA
 Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO Distrito : AYACUCHO
 Cantera : CHILLIGO: CHILLICO Lugar : AYACUCHO
 Material : AGREGADO GRUESO Y FINO Fecha : ENERO DEL 2021

RELACION AGUA/CEMENTO W/C - CEMENTO - ADITIVOS							
f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)	W/C	AGUA (lt/m3)	CEMENTO (kg/m3)	VOLUMEN ABS. CEM. (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 01 (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 02 (m3)
280	364	0,47	205	439,9	0,1410	-	-

SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS							
w/c o f'c (kg/cm2)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO (m3)	METODO A.C.I		MODULO DE FINEZA		AGREGADO GLOBAL	
		VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)
280	0,634	0,361	0,273	0,319	0,315	0,317	0,317

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR M3 DEL CONCRETO= 0,629
 MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO 2,71
 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO 3/4 "

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
280	10,35	5,29	49,7	50,3	280	43,1	56,9

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	50,0 %
% del A.F. =	50,0 %


INGEOTECON
 JOBER JAMAMPA AGUADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. COL. ING. N° 174607
 JEFE DEL LABORATORIO

	DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")	Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento FOR-OPE-83.00

Proyecto : "MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE PLASTICO PET RECICLADO, 2020"

Código : INFORME N° 003-2021 / ING-CON-21-O-005/INGEOTECON-0077-4 Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : PABLO ESTEBAN VALER PACHECO Distrito : AYACUCHO

Cantera : CHILLICO: CHILLICO Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO Fecha : ENERO DEL 2021

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
280	439,9	862,1	849,7	205,0	-	-	2356,7

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
280	Resistencia	1,00	1,96	1,93	19,8	-	-

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
280	439,9	902,2	853,2	203,0	-	-	2398,3

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
280	10,35	0,50	0,63	205,0	203,0	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)							
f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
280	Resistencia	1,0	1,7	2,2	19,6	-	-

INGEOTECON

JOBER JANAMPA AGUADO
INGENIERO CIVIL
REG. COL. ING. N° 174407
JEFE DEL LABORATORIO

ANEXO 05. PANEL FOTOGRÁFICO.

Figura 38 Fibras de plástico PET reciclado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 39 Ensayos de Análisis granulométrico (ASTM C -136).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40 Vaciado de la mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 41 Vigas luego de 2 días de curado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42 Testigos luego de 28 días de curado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 43 Testigos con concreto estándar a los 14 días de edad.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 44 Testigos de concreto reforzado con fibras en un 2.5% a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 45 Testigos de concreto reforzado con fibras en un 5% a los 28 días..



Fuente: Elaboración propia.

Figura 46 Ensayo de resistencia a la compresión.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 47 Preparación de la prensa para el ensayo a flexión.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 48 Ensayo a flexión de de un concreto estandar.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 49 Ensayo a flexión de un concreto reforzado con fibras en un 2.5%.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 50 Ensayo a flexión de un concreto reforzado con fibras en un 5%.



Fuente: Elaboración propia.


DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR

Yo, **VALER PACHECO, Pablo Esteban**, alumno de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo (filial Lima Este), declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado "Mejoramiento en el Diseño de un Pavimento Rígido Incorporando Fibras de Plástico PET Reciclado, 2020." son:

1. De mi autoría.
2. El presente Trabajo de Investigación / Tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El Trabajo de Investigación / Tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente Trabajo de investigación / Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 06 de febrero de 2021


.....
Valer Pacheco, Pablo Esteban
DNI: 70842074

