

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Diseño de concreto simple incorporado con material PET reciclado, para obtener una resistencia a la compresión $f_c=175$ kg/cm², Provincia de Leoncio Prado – Huánuco 2020”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

AUTOR: Flores Cipriano, Juan

ASESORA: Navarro Vásquez, Llerme

HUÁNUCO – PERÚ

2022

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería estructural y municipal

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 48081441

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42669761

Grado/Título: Ingeniero agrónomo

Código ORCID: 0000-0003-0147-362X

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Abal García, Hamilton Denniss	Maestro en gerencia pública	43962001	0000-0002-8378-9152
2	Verastegui Ayala, Gaby	Maestro en ciencias con mención en ingeniería de transportes	44863958	0000-0002-8961-8215
3	Cárdenas Vega, José Antonio	Ingeniero en informática y sistemas	42878755	0000-0003-2365-566X

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
http://www.udh.edu.pe

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
FILIAL LEONCIO PRADO

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Tingo María, siendo las 11:30 horas del día **jueves 24 de noviembre de 2022**, en el Aula 301-EDIF2 de la Filial Leoncio Prado, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|---|-------------------|
| • MG. HAMILTON DENNISS ABAL GARCÍA | PRESIDENTE |
| • MG. GABY VERASTEGUI AYALA | SECRETARIO |
| • MG. JOSÉ ANTONIO CÁRDENAS VEGA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2293-2022-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO, PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION $FC=175$ kg/cm², PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO 2020". presentado por el (la) Bachiller. **Juan FLORES CIPRIANO** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) ~~APROBADO~~ por ~~UNANIMIDAD~~ con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47).

Siendo las 12:20 horas del día jueves 24 de noviembre de 2022, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TURNITIN

Yo, Llerme Navarro Vasquez, asesora del PA de Ingeniería Civil y designado mediante Resolución N°443-2021-D-FI-UDH de fecha 23-04-2021 del Bachiller Juan Flores Cipriano, de la investigación titulada "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO, PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION $FC=175 \text{ kg/cm}^2$, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO 2020"

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Tingo María, 07 de diciembre del 2022

Llerme Navarro Vásquez
N° Reg. CIP- 202423

DESPUES DE LA SUSTENTACIÓN

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

24%

INTERNET SOURCES

2%

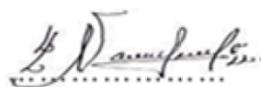
PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	hdl.handle.net Internet Source	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	3%
3	repositorio.udh.edu.pe Internet Source	2%
4	repositorio.urp.edu.pe Internet Source	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	1%
6	distancia.udh.edu.pe Internet Source	1%
7	repository.unimilitar.edu.co Internet Source	1%
8	www.uca.edu.sv Internet Source	1%
9	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Internet Source	1%



Llerme Navarro Vásquez
N° Reg. CIP - 202423

Navarro Vásquez, Llerme

DNI: 42669761

ORCID: 0000-0003-0147-362X

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a Dios quien me dio vida, sabiduría, conocimiento y bendición, para hacer posible este gran anhelo que existió en mi corazón y me lo dio en un tiempo perfecto.

A mis padres adorados Eufracio Flores y Fermina Cipriano, quienes han estado en todo tiempo, aun cuando más los necesité brindándome su apoyo incondicional sobre todo su calor paternal, también a mi tía Florencia y a mis hermanos Nildo, Milton, Oscar, Iván y María quienes también formaron parte de este gran logro con amor para todos ellos.

Y a toda mi familia y amigos por haberme brindado su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la universidad de Huánuco – Facultad de Ingeniería – E.A.P. de Ingeniería Civil, y a los docentes por haber compartido sus conocimientos durante el periodo universitario que se conlleva a lo largo de los años.

A Navarro Vásquez, Llerme, asesora y mentora en la elaboración de mi trabajo de investigación (Tesis), por su destreza, paciencia durante las inquietudes planteadas.

En especial a mi tía Florencia Cipriano quien formó una pieza muy importante durante los años de mi educación, incentivándome, aconsejándome en momentos cuando más los necesitaba, a mis amigos que también formaron parte de este logro, nunca se borrarán los momentos vivos dentro de la universidad.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. OBJETIVO GENERAL	16
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1. NIVEL INTERNACIONAL	19
2.1.2. NIVEL NACIONAL	21
2.1.3. NIVEL LOCAL	24
2.2. BASES TEÓRICAS	24
2.2.1. CONCRETO	24
2.2.2. POLIETILENO TEREFALATO (PET)	40
2.2.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	48
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	49
2.4. HIPÓTESIS	52

2.5.	VARIABLES	52
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	52
2.5.2.	CONCRETO VARIABLE DEPENDIENTE	52
2.1.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	53
CAPÍTULO III		54
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		54
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
3.1.1.	ENFOQUE	54
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	54
3.1.3.	DISEÑO	55
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	56
3.2.1.	POBLACIÓN	56
3.1.4.	MUESTRA	57
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	58
3.1.5.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	58
3.1.6.	TÉCNICA PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	59
3.1.7.	TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	59
3.4.	TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	60
3.1.8.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO	60
3.1.9.	PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	61
CAPÍTULO IV		75
RESULTADOS		75
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	75
4.1.1.	PRUEBA ESTADÍSTICA DE NORMALIDAD	75
4.1.2.	PRUEBA DE ANOVA PARA COMPARACIÓN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA	76
4.1.3.	PRUEBA DE COMPARACIÓN MEDIANTE PROMEDIOS ...	78
4.1.4.	COMPORTAMIENTO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN LOS CONCRETO CON ADICIÓN DE PET	80
4.1.5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	86
4.1.	CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	91

4.1.6. HIPÓTESIS DE DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS DATOS DE RESISTENCIA.....	91
4.2. CONTRASTACIÓN HIPÓTESIS.....	93
4.2.1. HIPÓTESIS NULA.....	93
4.2.2. HIPÓTESIS ALTERNANTE.....	93
CAPÍTULO V.....	95
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	95
5.1. CONTRASTACIÓN DE DATOS.....	95
5.1.1. RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL.....	95
5.1.2. RESPECTO A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	97
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisito granulométrico del agregado fino.....	26
Tabla 2 Requisitos granulométricos del agregado grueso	28
Tabla 3 Propiedades físicas del PET	42
Tabla 4 Comportamiento del PET frente a la Temperatura	43
Tabla 5 Propiedades Químicas del PET	44
Tabla 6 Dosificación de Concreto con Agregado PET	48
Tabla 7 Operacionalización de las variables.....	53
Tabla 8 Esquema de diseño experimental.....	55
Tabla 9 Población de probetas a ensayar.....	57
Tabla 10 Muestras ensayadas en edad de 7 días de curado	57
Tabla 11 Muestras ensayadas en edad de 14 días de curado	58
Tabla 12 Muestras ensayadas en edad de 28 días de curado	58
Tabla 13 Granulometría del agregado fino	61
Tabla 14 Granulometría del agregado grueso	62
Tabla 15 Granulometría del PET	63
Tabla 16 Resumen de las características de los materiales	64
Tabla 17 Proporción de materiales para diseño patrón 0 % PET reciclado .	64
Tabla 18 Proporcionamiento de materiales para 5 % de PET reciclado	65
Tabla 19 Proporcionamiento de materiales para 8 % de PET reciclado	65
Tabla 20 Proporcionamiento de materiales para 11 % de PET reciclado	66
Tabla 21 Valores de asentamiento del concreto	69
Tabla 22 Prueba de distribución normal según Shapiro – Wilks, para la resistencia a compresión en los diseños de mezcla.	75
Tabla 23 Análisis de variancia según Kruskal-Wallis, para resistencia a compresión, a los 7, 14 y 28 días, en los diseños de mezcla evaluadas...	77

Tabla 24 Media, intervalos de confianza al 95% de confianza, para la resistencia a compresión en kg/cm ² , a los 7, 14 y 28 días, para los diseños de mezcla.	77
Tabla 25 Análisis de Variancia según Kruskal-Wallis, para resistencia a la compresión total.....	78
Tabla 26 Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza, de la resistencia a compresión total en kg/cm ² , para los diseños de mezcla.....	79
Tabla 27 Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza para la resistencia a compresión en el diseño patrón al 0 %	80
Tabla 28 Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza para la resistencia a compresión en el PET al 5 %.....	82
Tabla 29 Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza para la resistencia a compresión en el PET al 8 %.....	84
Tabla 30 Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza para la resistencia a compresión en el PET al 11 %.....	85
Tabla 31 Prueba de distribución normal según Shapiro – Wilks, para la resistencia a compresión en los diseños de mezcla	92
Tabla 32 Análisis de variancia según Kruskal-Wallis, para resistencia a compresión, de los diseños de mezcla evaluadas	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Composición química del Clinker.....	30
Figura 2 Obtención de la materia prima.....	32
Figura 3 Trituración y transporte.....	33
Figura 4 Prehomogeneización.....	33
Figura 5 Molienda de crudo.....	34
Figura 6 Precalentado y Fabricación de Clinker.....	35
Figura 7 Fabricación del Clinker: Enfriador.....	35
Figura 8 Molienda de Clinker y fabricación de cemento.....	36
Figura 9 Envasado y transporte de cemento.....	36
Figura 10 Composición del PET.....	40
Figura 11 Producción del Material PET.....	41
Figura 12 Molde para medir el asentamiento.....	67
Figura 13 Medición de asentamiento.....	69
Figura 14 Muestra representativa de diseño de mezcla.....	70
Figura 15 Probetas cilíndricas después del llenado.....	72
Figura 16 Fotografía se ensayó de compresión.....	73
Figura 17 Distribución normal de la variable en estudio resistencia a compresión, para los cuatro diseños de mezcla, Patrón (0 %), PET (5 %), PET (8 %) y PET (11 %).	76
Figura 18 Promedio total para la resistencia a compresión en kg/cm ² , en cada diseño de mezcla evaluada.....	80
Figura 19 Evolución de la resistencia a compresión kg/cm ² en el diseño patrón al 0% a los 0, 7, 14 y 28 días.....	81
Figura 20 Evolución de la resistencia a compresión kg/cm ² en el PET al 5% a los 0, 7, 14 y 28 días.....	83

Figura 21 Evolución de la resistencia a compresión kg/cm ² en el PET al 8% a los 0, 7, 14 y 28 días.....	84
Figura 22 Evolución de la resistencia a compresión kg/cm ² en el PET al 11% a los 0, 7, 14 y 28 días.....	86
Figura 23 Comparación de evolución de la resistencia a la compresión kg/cm ² entre el diseño Patrón al 0 % versus el PET al 5 % a los 0, 7, 14 y 28 días.....	87
Figura 24 Comparación de evolución de resistencia a compresión kg/cm ² entre el diseño Patrón al 0 % versus el PET al 8 % a los 0, 7, 14 y 28 días	88
Figura 25 Comparación de evolución de resistencia a compresión kg/cm ² entre el diseño Patrón al 0 % versus el PET al 11 % a los 0, 7, 14 y 28 días	89
Figura 26 Comparación de evolución de resistencia a compresión kg/cm ² entre el PET al 5 %, 8 % y 11 % a los 0, 7, 14 y 28 días	90
Figura 27 Comparación de evolución de resistencia a compresión kg/cm ² para todos diseños. Patrón al 0 % PET, al 5 % PET al 8 % y PET al 11 % a los 0, 7, 14 y 28 días.....	91

RESUMEN

En esta investigación, se buscó evaluar la resistencia a la compresión del concreto endurecido incorporando el material “Polietileno Tereftalato” (PET) reciclado con el fin de obtener una resistencia a la compresión de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, en Tingo María 2020; para ello, se abarcó una población de 180 probetas cilíndricas de concreto, se partió elaborando cuatro diseños de mezclas 0 %, 5 %, 8 % y 11 % con incorporación de material PET para edades de curado de 7, 14 y 28 días. La metodología comprendió en realizar diseños de mezcla donde fue evaluado el asentamiento del concreto en estado fresco con adición de los porcentajes de material PET reciclado, cuyo resultados de asentamiento para los cuatro diseños de mezcla (0 %, 5 %, 8 % y 11 %) fueron de 4.53” (11.50 cm), 4.55” (11.56 cm), 4.59” (11.65 cm) y 4.63” (11.75 cm) respectivamente, de esto se puede deducir que el diseño de 5% es el que mejor comportamiento presentó en su evaluación, ya que este valor se acerca más al diseño patrón, seguidamente se determinó los resultados de resistencia a la compresión, donde se pudo demostrar, que sí, se puede obtener concretos con buena resistencia a la compresión adicionando material PET, los valores resultantes son; para el diseño patrón 343.60 kg/cm^2 , sin embargo, se observa que al incorporar PET, los valores de resistencia a la compresión decrecieron a 319.87 kg/cm^2 , 317.33 kg/cm^2 , y 316.20 kg/cm^2 respectivamente, cabe resaltar que, el que presenta adición de 5 % PET es el mejor comparado con los demás, indicando también según la Norma Técnica Peruana (NTP) los concretos con valores mayores a $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ son catalogados como concretos estructurales, esto corrobora que los valores de resistencia, muestran que son concretos estructurales,

Palabras claves: Concreto, Reciclado, Pet, Resistencia, Contaminación

ABSTRACT

In this investigation, we sought to evaluate the compressive strength of hardened concrete incorporating recycled "Polyethylene Terephthalate" (PET) material in order to obtain a compressive strength of $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$, in Tingo María 2020, for this, a population of 180 cylindrical concrete specimens was covered, it was started by elaborating mix four designs 0 %, 5 %, 8 % and 11 % with incorporation of PET material for curing ages of 7, 14 and 28 days. The methodology included making mix designs where the settlement of the concrete in the fresh state was evaluated with the addition of the percentages of recycled PET material, whose settlement results for the four mix designs (0 %, 5 %, 8 % and 11 %) were 4.53" (11.50 cm), 4.55" (11.56 cm), 4.59" (11.65 cm) and 4.63" (11.75 cm) respectively, from this it can be deduced that the 5 % design is the one that presented the best behavior in its evaluation, since this value is closer to the standard design, then the compressive strength results were determined, where it was possible to demonstrate that, yes, concrete with good compressive strength can be obtained by adding PET material, the resulting values are; for the standard design 343.60 kg/cm^2 , however, it is observed that by incorporating PET, the compressive strength values decreased to 319.87 kg/cm^2 , 317.33 kg/cm^2 , and 316.20 kg/cm^2 respectively, it should be noted that, the that presents the addition of 5 % PET is the best compared to the others, also indicating according to the Peruvian Technical Standard (NTP) the concretes with values greater than $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$ are classified as structural concretes, this corroborates that the resistance values that they are structural concrete,

Keywords: Concrete, Recycled, Pet, Resistance, Pollution

INTRODUCCIÓN

A consecuencia de la producción masiva del material “Polietileno Tereftalato” (PET) a nivel mundial, se genera contaminación ambiental, cuando estos son arrojados de forma descontrolada en lugares no adecuados, provocan desorden en las calles, botaderos, ríos, mares, etc. Esto ocurre a nivel de todo el mundo ya que el plástico es un material que se usa para cualquier tipo de empaque generalmente en bebidas, debido a su alto índice de uso y poco interés en rehusarlo, quedan desechadas en cualquier lugar, frente a esta problemática se ha implementado nuevas tecnologías en la ingeniería a nivel mundial, viendo la forma de cómo darle uso al plástico, por lo general se ha observado estudios que indicaron su uso en concretos ecológicos, ladrillos artesanales con buenas resistencias, así mismo en nuestro país existe diversos estudios que muestran resultados satisfactorios lo hace que sea viable la investigación.

Por ello en esta investigación se plantea una alternativa de reutilización del material PET reciclado como agregado fino, para generar concretos ecológicos con buena resistencia, el uso de este material es también con el objetivo de disminuir la explotación de cantera a cielo abierto que son usados en la construcción.

La presente tesis tiene como finalidad mostrar el uso de material PET, en el concreto como agregado fino, el cual tiene un comportamiento satisfactorio que no afecta significativamente la resistencia a compresión, con ello se demuestra que puede ser adicionado al concreto en porcentajes adecuada.

Finalmente, con el uso del material PET estaríamos protegiendo al medio ambiente.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde hace cientos de años el material PET empezó a expandir su uso a nivel de todo el mundo, cada vez más fueron desarrollando más fabricadas para producir este tipo de material en los diferentes países, a consecuencia de esto, deja claro que genera un problema de contaminación, en estos últimos años se ha observado incremento en la fabricación de empaques de plástico a base de restos de petróleo, frente a este suceso la naturaleza no tiene idea de cómo procesarlo.

Según estudio de Reyes (2018). tan solo el 9 % se ha podido reciclar. Y sin embargo el 79 % fueron quedándose en arroyos de mares y ríos como también abandonado en la superficie de tierra, lo que significa que tenemos un insuficiente porcentaje de material prima para volver a producir los envases de plástico. El restante 12 % del plástico son eliminadas por la incineración, lo cual es incorrecto para la solución del problema, si usamos este método de eliminación lo único que estamos haciendo es liberar toxinas al aire.

En vista a la magnitud del plástico que se acumula después del uso frecuente o diario, esto por arrastre de aguas pluviales o por alguna razón llegan a las playas, mares, lagunas y ríos, contaminando de forma incontrolada al recurso natural que es el agua, como también al suelo quedándose en ellas muchos años por su difícil degradación, frente a este problema, se ha notado la preocupación en estos últimos años, en dar uso al material PET reciclado en diferentes ramas de la ingeniería a nivel mundial y así disminuir la existencia de estos agentes contaminantes y generar impactos positivos al medio ambiente. Durante décadas la ingeniería ha desarrollado mejoras continuas en la preparación del concreto en sus diferentes resistencias usando como aditivos algunos materiales que ya son desechados.

El plástico junto al Tecnopor es considerado agentes contaminantes que ocupan el segundo lugar conforme la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Según Ministerio del Ambiente (Minam), solo se llega a reciclar el 1.9 % del total de residuos sólidos, por ello se considera que el porcentaje de reciclaje es tan pequeño, por consiguiente, es un problema que genera contaminación al usar materiales descartables que no pueden ser reutilizados, pues a lo largo de los años se acumulan y generan efectos negativos al medio ambiente.

Enfocándonos directamente al ámbito local el crecimiento del uso de plástico en los últimos años se ha incrementado por pequeñas empresas que distribuyen de forma masiva agua de mesa y otras bebidas envasadas en material PET desechables, estos residuos son usados por unos minutos y luego son tirados por las calles generando contaminación al río Huallaga, la fuerte acumulación de estos plásticos van a parar a los drenajes o escurrideros de aguas pluviales obstaculizando por completo su libre drenaje y consecuentemente inundando la ciudad, sin embargo frente a este problema, no existe medidas que pueden controlar y mitigar el crecimiento de estos desechos.

En vista a esta problemática el presente trabajo de investigación buscó, usar este material para elaborar concretos con una la resistencia a la compresión requerida de $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$, incorporando el material PET reciclado en diferentes porcentajes, buscando dar uso este material como agregado, mediante la trituración manual o artificial y posteriormente remplazar al agregado convencional en cantidades tal como sea posible.

Para la elaboración del concreto se tuvo en cuenta la calidad de los materiales según indica Norma Técnica Peruana (NTP) 400.010: ASTM D 75:1997 AGREGADOS, como también la dosificación del concreto respetando las tablas elaboradas por el comité American Concrete Institute ACI -211.1-91

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la influencia en la resistencia a la compresión del concreto simple al incorporar 5%, 8 % y 11 % de material PET reciclado, partiendo como base de un concreto con $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PE1: ¿Cuál es la influencia de adicionar un 5 %, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$?

PE2: ¿Cuál es la influencia de adicionar un 8 %, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$?

PE3: ¿Cuál es la influencia de adicionar un 11 %, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia en la resistencia a la compresión del concreto simple al incorporar 5 %, 8 % y 11 % de material PET reciclado, partiendo como base de un concreto con $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Determinar la influencia al adicionar un 5%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

OE2: Determinar la influencia al adicionar un 8%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

OE3: Determinar la influencia al adicionar un 11%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La preocupación acerca del efecto que viene generando la sobreproducción de desechos de plástico, cada año es más frecuente hasta el nivel que nos conlleva a proponer su uso de manera obligada para evitar la constante acumulación de estos desechos no reutilizables.

Por lo tanto, el reciclado del PET debería ser una de las prioridades fundamentales que tiene el mundo actual, y luego convertirlas en materia prima para la elaboración de elementos que sirven para construir obras civiles

(edificaciones, pistas), la mayor parte de estos desechos se van a parar a los rellenos sanitarios, ríos y mares y esto provoca problema al medio ambiente. Al dar uso este reciclado como agregado para la elaboración del concreto, se genera un impacto positivo ambiental y económico reduciendo la explotación de agregados pétreos de canteras usados en la construcción.

La justificación de la investigación tuvo como objetivo de dar a conocer cuál es el porcentaje de material PET reciclado que tiene mejores resultados al adicionar en el concreto y así obtener una resistencia igual o mayor a un $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$. Para el caso se abordó de acuerdo con todos los procesos que radica el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), así como también la NTP y American Society for Testing and Materials (ASTM).

Cabe resaltar que la presente investigación, asimismo posee una justificación practica que buscó la confiabilidad del uso del material PET reciclado en el concreto, por medio de la evaluación de resistencia a la compresión a las probetas realizadas con adición de PET, dicho proceso se realizó conforme a lo indicado en la norma ASTM C31 esta práctica se realiza con el fin de seguir los procedimientos correctos, donde también indica los pasos para el curado a las probetas que son sometidas a ensayo, por otro lado se tiene también como guía a la norma ASTM C39 que nos muestra los procedimientos para ensayo de resistencia a la compresión de las probetas elaboradas.

Por tal motivo, la tesis, es de gran aporte, porque contará con información fiable sobre la incorporación del material PET a un concreto convencional, como también mostrará con certeza el comportamiento de sus propiedades en estado fresco y endurecido, a su vez, servirá como elemento de consulta a instituciones públicas y privadas, así como también será de gran utilidad a estudiantes, profesionales, y para otras investigaciones posteriores.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Las limitaciones que se presentaron en la investigación para lograr los objetivos trazados fueron, primero el hecho de no contar con el material PET triturado disponible, puesto que dentro de la ciudad de Tingo María

existe acopiadores informales en pequeñas cantidades y otras limitaciones que se indican.

- No existió bibliografía sobre la incorporación del material PET reciclado en concreto en la ciudad de Huánuco - Tingo María.
- El tema se enfocó estudiar las propiedades del concreto con incorporación de material PET reciclado al concreto para obtener resistencia a la compresión de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
- La investigación se enfocó estudiar la influencia del material PET reciclado en concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Existen artículos científicos, tesis en diferentes tipos de aplicación del material PET en la ingeniería moderna, el uso de este material es de investigación constante y los resultados obtenidos son satisfactorios lo que impulsa más al investigador. Los estudios de aplicación de este material en diferentes aspectos son realizados en todo el mundo.

Durante la ejecución del trabajo de investigación se contó con el apoyo de la asesora en el área de estudio, estadística y metodología de investigación para la verificación del proceso de elaboración del trabajo, así mismo se contó con un especialista específico proveniente de laboratorio de concreto, en proceso del estudio no se generó, alteró ni causó ningún perjuicio a la población, individuo, ni ambiente, por el contrario, tuvo la finalidad de dar soluciones a problemas ambientales y su aplicación en la ingeniería.

La investigación se desarrolló en un plazo aproximado de un año y medio debido a la pandemia que trajo grandes consecuencias políticas y económicas, este tiempo se determinó para el desarrollo de todas etapas de trabajo: el planteamiento y corrección del problema; objetivos relacionados al tema de investigación, marco teórico, definiciones conceptuales que abarca el estudio, así también el diseño de investigación, por último, la ejecución, tabulaciones de resultados y conclusiones. Resaltar también que la investigación se desarrolló con recursos propios del investigador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. NIVEL INTERNACIONAL

Quintero y Mahecha (2016), en su trabajo de grado “Propiedades mecánicas de un concreto reforzado con fibras de PET reciclado” propone determinar una óptima proporción de PET reciclado en un diseño de mezcla de concreto incorporando ciertas proporciones de 0 %, 10 %, 20 % y 30 % y evaluar sus propiedades mecánicas en la que concluyó que no es posible utilizar estos porcentajes debido a que ocurrió un ligero aumento en la resistencia a la flexión, en función al aumento los porcentajes de PET (1.5 % en adición de 30 % PET), la resistencia del concreto disminuye, en la adición de la misma cantidad (6.9 % en adición de 30 %PET), de acuerdo a la investigación planteada se puede deducir que no es satisfactorio trabajar con este material.

Baldenebro (2015), en su tesis de doctorado “Estudio numérico-experimental de fibras de PET y su comportamiento en una matriz de concreto”. Propone estudiar el comportamiento mecánico que puede demostrar las fibras de PET mezcladas en bloque de concreto por medio de pruebas experimentales y el modelado por el método del elemento finito, en el trabajo de investigación el autor desarrolló y caracterizó indeliberadamente en una matriz de concreto adicionado con fibras PET como refuerzo, así mismo realizó trabajos experimentales donde desarrolló estudios numéricos utilizando el método de elemento finito bajo la herramienta del software computacional ANSYS y aplicó un análisis estadístico de los resultados teóricos y experimentales, de donde concluye el autor que los resultados obtenidos en este estudio demuestra que es factible adicionar en el concreto fibras obtenidas del material PET, e incluso indica que se puede fabricar concretos con mejores propiedades mecánicas.

Carreño (2020), en su investigación “Análisis técnico – económico del uso del PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones” y tuvo como objetivo analizar técnica y económicamente el uso del PET como reemplazo parcial de áridos finos en hormigón y concluye que es posible sustituir desde 0.5 % al 20 % de PET en la mezcla, como también indica la importancia de tipo de reciclado y sus características ya que de estos dependen su trabajabilidad, por otro lado menciona que al agregar mayor adición de PET la resistencia disminuye.

Giraldo y Prieto (2015), en su tesis de pregrado “Determinación de las propiedades mecánicas de una unidad de mampostería en bloque, elaborado en mortero según la norma NTC 4024 combinado con PET triturado” determinaron las propiedades mecánicas de un bloque de mampostería, que es elaborado a partir de combinación de mortero con PET triturado con tamaños de 2 mm y 5mm en diferentes porcentajes (60 % / 40 %, 70 % / 30 % y 80 % / 20 %) de mortero y PET respectivamente y concluye el autor, que al usar fibras de 2mm disminuye la resistencia a la compresión a un 20 % , de esto se puede obtener una resistencia promedio de 2.18 MPa, así mismo para un 50 % de contenido apenas se puede llegar a un aprox. 1.45 Mpa, lo que significa que decae un 33 % su resistencia original. Por otro lado el comportamiento de los resultados obtenidos al usar fibras de 5 mm los resultados de resistencia forma una parábola abierta hacia arriba, esto significa que para mejorar este resultado sería buscar un contenido óptimo, el cual es aquel que presente los mejores resultados en sus puntas y al cual pertenece el 40 %, obteniendo una resistencia de 3.71 Mpa y la cohesión de los datos es de 2 % haciéndolo “estable”, por lo contrario el contenido que afecta a este resultado sería la adición de 30 % en donde la resistencia a la compresión es de 2.47 MPa lo cual lo separa un 33 % y este tiene una variación de 22 % que se separa del anterior contenido en 20 %. Al incrementar 40% de PET y usando partículas de 5 mm de diámetro ayuda a mejorar el promedio, comparado con muestras que no presentan PET, esta diferencia de resistencia es de 3.23 MPa hasta 3.71 MPa es decir ayuda a mejorar hasta un 13.5%, en

vista a estos resultados no se recomienda el uso de las partículas de 2mm de diámetro, puesto que, al usarse baja el promedio de resistencia hasta 2.18 Mpa, En base al análisis anterior, se recomienda la implementación del PET pero considerando el tamaño adecuado. Y finalmente al ser comparados los resultados obtenidos de 3.23 Mpa con respecto al valor mínimo que exige la norma para mampostería no estructural es 5 Mpa, frente a esta comparación se concluye que los bloques elaborados con materia PET no cumplen los requisitos exigidos por norma. La aplicación del PET en los bloques de mampostería en diferentes tamaños de 2 mm y 5 mm fueron evaluados, donde las partículas de 2 mm reducen la resistencia a la compresión en un 33 %, mientras que aplicando el de 5mm mejora la resistencia con la aplicación de un porcentaje óptimo el cual es corresponde al 40 % alcanzando una resistencia de 3.71 Mpa, así mismo la cohesión es de 2 % lo cual lo hace estable.

2.1.2. NIVEL NACIONAL

Elías (2017), en la tesis de pregrado “Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico” en el estudio se analizó la incorporación del PET y Polietileno de alta densidad (PEAD) en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico. Concluye el autor indicando que el diseño de mezcla asfáltica en caliente desarrollada en esta investigación es aceptable para la fabricación de asfalto ecológico, reemplazando al cemento asfáltico por plásticos de PET en 3 %, 5.5 %, manteniendo el 45 % de agregado grueso y 52 % de agregado fino, por otro lado los desechos plásticos de tipo PEAD en 1 %, 3 % y 5 %, no es recomendable para su utilización, pues los resultados encontrados muestran que el plástico PEAD perjudica las propiedades del pavimento. En la tesis citada corrobora los objetivos presentados indicando que los resultados arrojados en la mezcla de asfalto en caliente reemplazando con material PET al cemento asfáltico en porcentajes de 3 % y 5.5 % es recomendable, por otro lado, al sustituir al cemento asfáltico por el por

material PEAD en los porcentajes de 1 %, 3 % y 5 % no es recomendable puesto que este material deteriora a las propiedades del pavimento.

Morales (2016), en su tesis de Pregrado “Estudio del comportamiento del concreto incorporado PET reciclado”, determinó el comportamiento del concreto endurecido como también en estado fresco, en su investigación reemplazó el agregado grueso por diferentes porcentajes PET. El autor concluye en su estudio que los ensayos de tiempo de fraguado para los concretos con mayor reemplazo de PET disminuye el valor del tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final, en cuanto a resistencia a la compresión axial con relación agua cemento de (0.60, 0.65, 0.70), edad a los 28 días, respecto a la muestra de 5 % PET, 10 % PET, y 15 % PET reduce su esfuerzo, con una medida de 24 %, 37 % y 67 % respectivamente, con respecto a la muestra patrón, haciendo análisis con las muestras de 5 % y 10 % PET se encontraron resistencias mayores de 175 kg/cm², esta resistencia obtenida demuestra lo suficiente para cumplir y ser empleada en la construcción de elementos tales como: tabiques, columnetas, cimientos, veredas. En la investigación Morales demuestra también el comportamiento en estado fresco del concreto con porcentajes de PET indicando que disminuye el tiempo de fraguado inicial y final, sin embargo, la resistencia a la compresión axial con PET de 5 % y 10 % superan la resistencia de 175 kg/cm².

Mas (2018), en su tesis de pregrado “Aplicaciones del concreto incorporando tereftalato de polietileno”, esta investigación es basada principalmente en reemplazar el peso del agregado fino por un porcentaje de material (PET) en forma triturada, la mezcla realizada con edición de PET será empleado en los elementos de la construcción. De esta investigación el autor concluye indicando que el concreto con material PET puede ser empleado en las estructuras que requieran una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, considerando una relación agua/cemento = 0.60 y 0.70. En la investigación expuesto por Mas, el reemplazo parcial del agregado fino por material PET resultó

satisfactorio siempre en cuando se mantiene la relación agua/cemento, para alcanzar un concreto de resistencia de 210 kg/cm².

Montoya (2018) en la tesis de pregrado “Resistencia y rigidez a la flexión de elementos no estructurales reforzado con fibras tereftalato de polietileno reciclado usada como refuerzo en concreto”, Estudio realizado con la finalidad de verificar las propiedades del concreto específicamente la resistencia a la compresión y la rigidez de elementos no estructurales adicionado con fibras de PET, este último es usado como refuerzo para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, de donde se concluye que la deformación unitaria obtenida en el límite elástico resultante en flexión es de 0.1577, de las muestras evaluadas, el momento limite elástico promedio alcanzado es 211.89 kg/cm², el momento máximo resistente promedio alcanzado es 222.58 kg/cm², como también se observó que las fibras PET presentan problemas para adherirse al concreto. el autor busca la resistencia a la flexión en un concreto adicionado material PET reciclado combinado con fibras de acero lo que indica y recomienda usar este tipo de concreto en elementos no estructurales.

Reyes (2018), en la tesis de pregrado “Diseño de un concreto con fibras de Polietileno Tereftalato (PET) reciclado para la ejecución de losas en el asentamiento humano Amauta - Ate - Lima Este (2018) esta investigación se base en determinar un diseño de mezcla de concreto de una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² para la ejecución de losas adicionando un porcentaje adecuado de PET reciclado. El autor concluye indicando que al ser aumentado en la dosificación el material PET en forma de fibras de 0.5 % al 1.5 % respecto al peso del cemento percibe que la resistencia a la compresión y el asentamiento disminuyen paralelamente, por otro lado, en el ensayo de tracción por compresión diametral no se percibe la influencia, mientras que al ensayo de flexión se optimiza la resistencia aumentando un 5 % respecto a los resultados de diseño patrón. Finalmente, con la adición del aditivo plastificante Visco Crete se mejora el asentamiento de los diferentes diseños,

aumentando la resistencia a compresión, flexión y tracción por compresión diametral. El autor precisa en su investigación que al incrementar la cantidad de fibras de PET de 0.5 % al 1.5 % con respecto al cemento, decrece la resistencia a la compresión y asentamiento, debido a que existe poca adherencia ya que las fibras presentan superficies lisas, en las pruebas de tracción por compresión diametral no tiene incidencia alguna por otro lado el ensaya de flexión crece la resistencia al 5 % con respecto al diseño patrón.

2.1.3. NIVEL LOCAL

No hay referencia de investigaciones ante el estudio que se planteó motivo por el cual y ante las situaciones de solucionar la problemática y de reducir este tipo de material PET, a través de alternativa de uso en el campo de la ingeniería civil que viabilicen a nivel de costo beneficio la utilización mediante un diseño de mezcla.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CONCRETO

En términos generales, el concreto es un conglomerado similar a la piedra producto del mezclado entre el cemento con áridos naturales arena, grava, piedra, agua y aire; el cual pasa por un proceso o interacción química entre el cemento y agua hasta endurecerse en formas y dimensiones moldeadas (Nilson, 2001).

2.2.1.1. MATERIALES DE CONCRETO

Cuando existe la necesidad de producir un concreto de buena calidad es indispensable saber las propiedades y las características de los elementos que forman parte de la mezcla, cuyo requerimiento debe cumplir con las exigencias que indica el manual de ensayos de materiales, ya que de estas serán producidos concretos que durables (Cerón et al., 1996).

Agregados

En la producción de concretos los agregados llegan a ocupar entre el 70 % y 75 % del volumen de la masa total de la mezcla endurecida; mientras que el resto es la pasta de cemento embebido y endurecido, el agua y el aire también forman como parte del agregado para la elaboración del concreto. en cuanto a agregados pétreos están clasificados como finos y gruesos, los cuales conforman elementos inertes en el concreto, porque no intervienen la reacción química entre el agua y el cemento (Chávez, 2003).

a) Agregado fino o arena

Sus partículas deben presentar un perfil preferentemente angular, compacto, duro y resistente (Pasquel, 1998). Este material no debe superar el 5 % de arcilla o limos, así mismo no debe exceder la materia orgánica más de 1.5 %. el tamaño de estas partículas generalmente es de $\frac{1}{4}$ " de pulgada cuya gradación debe satisfacer los requerimientos de la norma ASTM – C33 -99^a (Harmsen, 2005). Mayores detalles ver tabla 1.

En el agregado fino existe dos elementos a ser considerado, el módulo de finura (MF), y la granulometría de las partículas, los agregados aceptables deben tener módulos de finuras entre 2.2 y 3.1, si en caso carece de algún tipo de granulometría. Si únicamente consideramos el módulo de finura, se llega a tener dos situaciones perjudiciales: la primera situación es cuando el módulo de finura supera a 3.1 es área gruesa, cuando este material es usado puede ocurrir que las mezclas de concreto pueden no ser trabajables, así mismo la mezcla no tienen buena cohesión entre sus partículas, para solucionar esta situación es necesario aumentar la cantidad cemento para así mejorar su trabajabilidad; la segunda situación es cuando el módulo de finura es menor a 2.2 (arena fina), al usarse este material se puede conseguir mezclas pastosas y al mismo tiempo requiere más consumos de cemento y

agua para obtener la resistencia determinada, y también tiene probabilidades de que ocurran agrietamientos, (Alatorre y Uribe, 1998).

Tabla 1
Requisito granulométrico del agregado fino

Tamiz estándar	% en peso del material que pasa el tamiz
3/8"	100
#4	95 a 100
#8	80 a 100
#16	50 a 85
#30	25 a 60
#50	10 a 30
#100	2 a 10

Fuente: Harmsen (2005).

b) Agregado grueso o piedra

Llamado también cantos rodados, grava natural o piedra triturada, empleado para la preparación de concretos en general (Pasquel, 1998). Este material grueso al igual que el fino, no deben presentar arcillas a más de un 5 % al mismo tiempo los finos no deben exceder el 1.5 % de materias orgánicas u tras partículas extrañas que son perjudiciales para la elaboración de concretos; es adecuado que presente un tamaño máximo en su granulometría de menores de 1/5 de la distancia entre las paredes de encofrado, 3/4 de la distancia libre entre armaduras y 1/3 del espesor de las losas (Harmsen, 2005). Mayores detalles ver tabla 2.

El agregado grueso está compuesto por diferentes compuestos de rocas sienicas, dioríticas y graníticas. Para producir este de tipo de material se puede usar piedras seleccionadas o chancadas con equipos mecanizados o también se puede zarandear de los lechos de los ríos o yacimientos naturales. Este material no debe presentar arcillas mayores a 5 % y partículas finas, carbón, materias orgánicas no mayor de 1.5 %. Es adecuado

que el tamaño máximo sea menos 115 mm de la distancia entre el tablero del encofrado, 314 mm de la distancia libre entre armaduras y 113 mm del espesor de las losas (ACI-3.3.2). Para elaboración de concreto ciclópeo se puede usar piedras de hasta 15 y 20 cm. Se puede usar tamaños mayores según criterio, la norma La norma ASTM-C-33- 99a

Tabla 2
Requisitos granulométricos del agregado grueso

Tamaño nominal (mm)	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados												
	100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
90 a 37.5 3 ½" a 1 ½"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 5					
63.0 a 37.5 2 ½" a 1 ½"			100	90 - 100	35 70	0 - 15		0 - 5					
50.0 a 25.0 2" a 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5				
50.0 a 4.75 2" a #4				100	95 - 100		35 - 70		10 - 30		0 - 5		
37.5 a 19.0 2 ½" a ¾"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 15		0 - 5			
37.5 a 4.75 1 ½" a #4					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5		
25.0 a 12.5 1" a 1 ½"						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5			
25.0 a 9.50 1" a 3/8"						100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5		
25.0 a 4.75 1" a #4						100	95 - 100		25 - 60		0 - 10	0 - 5	
19.0 a 9.50 ¾" a 3/8"							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5		
19.0 a 4.75 ¾" a #4							100	90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5	
12.5 a 4.75 ½" a #4								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	
9.50 a 2.36 3/8" a #8									100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5

Fuente: Harmsen (2005)

Agua

Según Harmsen, (2005) elemento que debe ser limpia para la elaboración de mezclas de concreto, fuera de grasas, álcalis, ácidos, sales y materias orgánicas que perjudican. El agua para usar en concreto debe ser potable cuya función es hidratar al cemento como también se usa para dar la trabajabilidad y buena consistencia en concreto fresco.

Siendo el caso, que el agua no es potable para producir del concreto, será usado cuando se demuestre su idoneidad. Para demostrar su calidad de agua se procede la elaboración de cubos de mortero y con ella se ensaya en conformidad a la normativa ASTM-C-109/109M. Si los resultados obtenidos al evaluar en 7 y 28 días llegan por lo menos 90% de las deseadas, en morteros similares elaborados a base de agua potable, se puede decir que el agua es admisible (ACI-3.4.3). Es beneficioso constatar simultáneamente, que el agua no contenga agentes negativas que pueden perjudicar al concreto y al refuerzo. (Harmsen, 2005).

Cemento Portland

Es un material aglomerante que tiene como propiedad fundamental la acción de adherencia y cohesión, dichas propiedades le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para así formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas (Sánchez, 2001).

c) Componentes del Cemento Portland

a.1. Clinker

Según Sanjuan y Chinchón (2015) se obtiene mediante el proceso de sinterización de una mezcla uniforme de materias primas: arena, arcilla, caliza, compuestos de hierro y demás componentes en proporciones establecidas (crudo, pasta o harina) incluyendo elementos normalmente formulados de óxidos, CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ y en cantidades menores de otras materias. Esta mezcla se calienta hasta lograr rangos de la temperatura de sinterización formando nuevos compuestos (Ver figura 1).

El Clinker de Cemento Portland es un material hidráulico que debe estar constituido al menos en dos tercios de su masa por silicatos de calcio [$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$] y [$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$], lo restante está constituido por procesos del Clinker conteniendo hierro, aluminio y otros compuestos. La relación en masa $(\text{CaO})/(\text{SiO}_2)$ no será menor de 2,0 y el contenido de óxido de magnesio (MgO) no excederá del 5,0 % en masa. (Sanjuan y Chinchón, 2015)

Figura 1
Composición química del Clinker

Fase	Fórmula	Abreviatura	Rango	Valor medio
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	46-79	61
Silicato bicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	5-30	15
Ferritoaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	$\text{C}_4(\text{A},\text{F})$	4-16	8
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	6-18	12
Cal libre	CaO	C	0,1-4	1
Óxido de magnesio libre	MgO	M	0,7-1,5	1,5

Fuente: Sanjuan y Chinchón (2015)

a.2. Silicato tricálcico

Manifestándose en $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S), es el componente con más cantidad de CaO en el sistema binario $\text{CaO} - \text{SiO}_2$. Alfred Elis Törnebohm (1838– 1911) era un geólogo sueco que insertó términos Alita y Belita en 1897 tras investigar al Clinker por medio de un microscopio. Establece de modo determinante gran parte de las propiedades del cemento; endureciéndolo y alcanzando una resistencia cuando este sea triturado adecuadamente y sea embebida con agua hasta obtener una pasta, y finalmente pasa por un proceso de cambio en estado sólido entre el óxido de calcio y la sílice; asimismo puede producirse de caliza pura y cuarzo. La reacción es más rápida en presencia de una masa disuelta de óxidos de calcio, aluminio y hierro (III) a unos 1450°C . (Sanjuan y Chinchón 2015)

a.3. Silicato dicálcico

Manifestándose en $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S), se genera cuando el Clinker del Cemento no está completamente saturado de óxido de calcio, y no es un agente importante en el proceso del calor de hidratación. (Sanjuan y Chinchón, 2015)

a.4. Ferrito aluminato tetracálcico

Manifestándose $4\text{CaO} [\text{Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3]$ (C_4 [A, F]), es el compuesto que no aporta mucho al momento de obtener resistencia y la reacción hidráulica menora al generar aumento de Fe_2O_3 del C_4 [A, F]. además, presenta gran parte del hierro y del aluminio contenidos en el Clinker de cemento (Sanjuan y Chinchón, 2015).

a.5. Aluminato tricálcico

Manifestándose en $3\text{CaO} \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A), es el que presenta más contenido de CaO en los procesos de aluminato, este compuesto puro cristaliza en forma cúbica y el retículo puede unir diferentes iones (Mg_2+ , $\text{Na}+$, $\text{K}+$, Fe_3+ , Si_4+ , etc.) en disolución sólida (Sanjuan y Chinchón 2015).

a.6. Cal libre y periclasa

Manifestándose en Cal libre (CaO) y la periclasa (MgO), son con menos presencia en el Clinker. La cal libre, el óxido cálcico y la periclasa reaccionan al tener contacto con el agua para formar el hidróxido cálcico y el hidróxido de magnesio, estos predominan mayor espacio que los óxidos originales. Por tanto, generan expansiones dañinas; por tal motivo todas las normas del cemento limitan los contenidos de CaO y MgO libres. (Sanjuan y Chinchón 2015)

a.7. Metales alcalinos

Son compuestos (sulfatos de metales alcalinos y el aluminato cálcico con metales alcalinos) que representan menor cantidad en el Clinker de cemento que son provenientes de materiales crudos y de cenizas del combustible. El Clinker del cemento contempla hasta un 2% en peso de óxidos de metales alcalinos ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) y también un 2% en peso de sulfatos de metal alcalino (Sanjuan y Chinchón 2015).

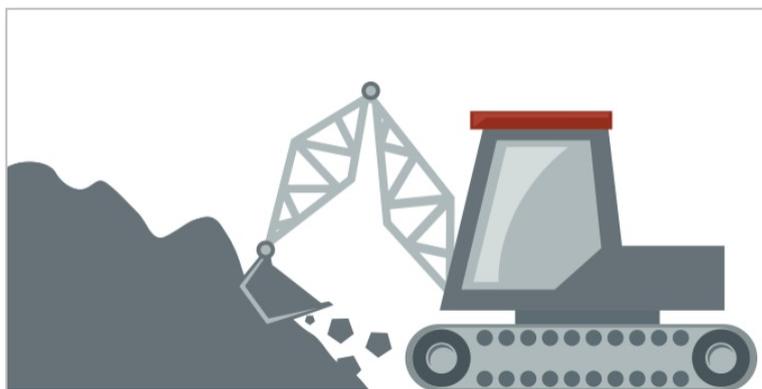
d) Proceso de fabricación del C. portland

Se detalla el proceso según criterio del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) – 2021:

b.1. Obtención de materias primas

Se realiza mediante la extracción en canteras a cielo abierto que se encuentran ubicadas próximas a la planta de procesamiento estos materiales por lo general son (caliza, margas y arcilla), los procesos de extracción se realizan mediante perforaciones de rocas, voladuras, excavaciones, etc. y finalmente estas son llevadas para trituración primaria, una vez triturada la materia prima es transportada a la planta de cemento para su almacenamiento y homogeneización y otras materias primas faltantes se abastecen a través de fuentes externas (minerales de hierro, arenas de fundición, etc.). Mayores detalles ver *figura 2*.

Figura 2
Obtención de la materia prima

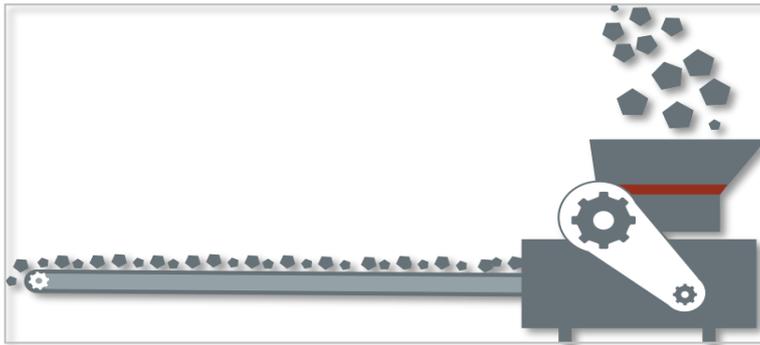


Fuente: IECA (2021).

b.2. Trituración

Ya extraído y seleccionado la materia prima, se inicia la trituración hasta lograra una granulometría apropiada para luego pasar a la molienda, seguidamente es transportado a la planta de procesos mediante fajas transportadoras o vehículos para el almacenamiento y prehomogeneización (Ver figura 3).

Figura 3
Trituración y transporte

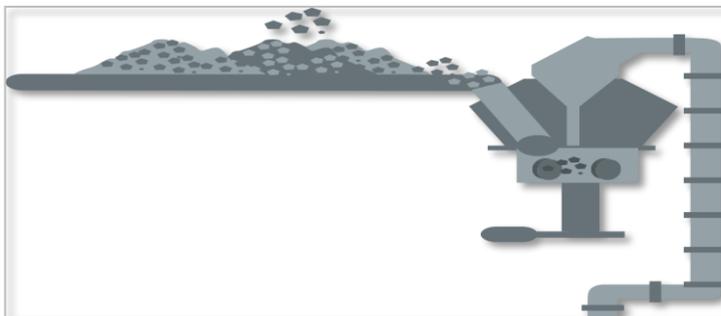


Fuente: IECA (2021).

b.3. Prehomogeneización

Todo el material triturado se almacena formando capas uniformes para luego seleccionarlas de forma controlada. Es un proceso que permite la dosificación adecuada de los diferentes componentes, así contar con una mezcla ligeramente homogénea (Ver figura 4).

Figura 4
Prehomogeneización



Fuente: IECA (2021).

b.4. Molienda de crudo

Los materiales son molidos para reducir su tamaño al mismo tiempo favorecer así su cocción ya dentro del horno, En el molino vertical es triturado el material mediante la presión que es ejercida por sus rodillos encima de una mesa giratoria. A partir de ahí, toda la materia prima (harina o crudo) saliente, se almacena en un silo para aumentar la homogeneización de la mezcla (Ver figura 5).

Figura 5
Molienda de crudo



Fuente: IECA (2021).

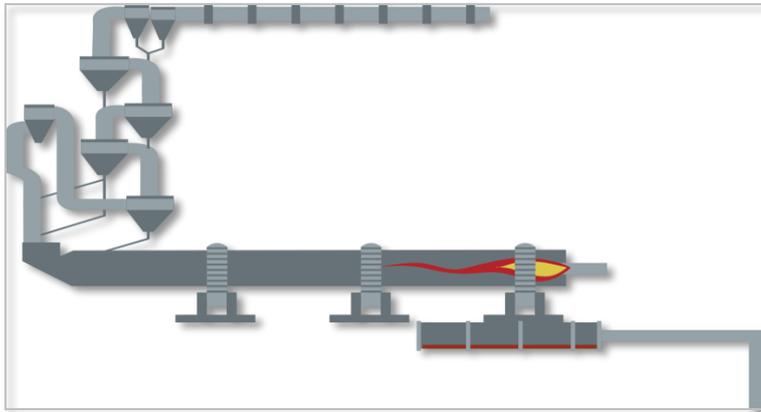
b.5. Precalentador de ciclones

La alimentación al horno principal es realizada por medio de precalentadores de ciclones, que estas se encargan calentar la materia prima de tal forma que logra facilitar su cocción, una vez pulverizada la materia prima se introduce por la parte superior de la torre y va descendiendo lentamente por ella. Por otro lado, los gases que son generadas en el horno se elevan a contracorriente precalentando así el crudo, que llega a alcanzar los 1000 °C antes de que ingrese al horno.

b.6. Fabricación del Clinker: horno

A medida que la harina va entrando al horno la temperatura va en crecimiento hasta llegar a los 1500 °C, produciéndose reacciones químicas muy complejas, que finalmente dan lugar al Clinker, se debe tener temperaturas suficientes para el proceso de cocción de las materias primarias como también la producción del Clinker, es indispensable que el horno que esté a una temperatura de 2000 °C

Figura 6
Pre calentado y Fabricación de Clinker

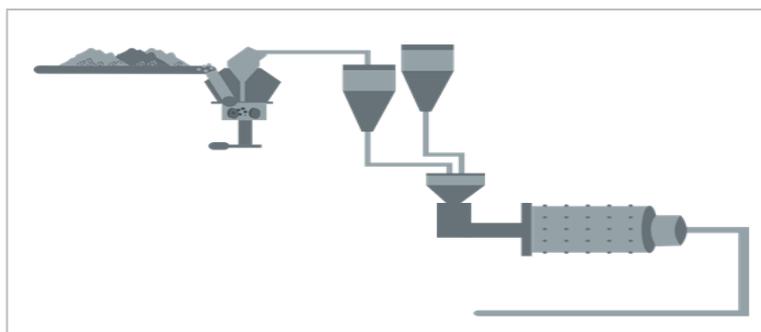


Fuente: IECA (2021).

b.7. Fabricación del Clinker: Enfriador

Una vez pasado por el horno, el Clinker es llevado al enfriador donde se inyecta aire frío de la parte exterior y así disminuir su temperatura de los 1400 °C aproximadamente hasta llegar a los 100 °C. El aire caliente producido en este dispositivo se lleva nuevamente al horno para facilitar la combustión, mejorando así la eficiencia del proceso y disminuyendo el consumo energético.

Figura 7
Fabricación del Clinker: Enfriador



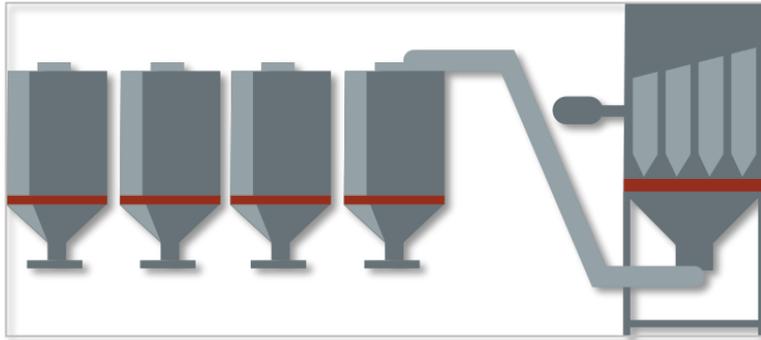
Fuente: IECA (2021).

b.8. Molienda de Clinker y fabricación de cemento

Finalmente, el Clinker es mezclado con yeso y otras adiciones de acuerdo con el tipo de cemento, este proceso es realizado dentro de un molino de cemento, para ello se puede contar con molinos de rodillos y de bolas. El

último proceso de molienda consiste en dejar completamente polvo fino y homogéneo a través de un tubo giratorio que se mueve sobre su mismo eje que a la vez tiene dentro de ella esferas de acero de alta resistencia. Al momento que el tubo comienza a rotar las esferas entran en acción entre sí generando fuerza para triturar al Clinker y otras adicciones.

Figura 8
Molienda de Clinker y fabricación de cemento



Fuente: IECA (2021).

b.9. Almacenamiento del cemento

Una vez obtenido el producto final (cemento) se almacena en depósitos, separado según tipo de cementos.

b.10. Envasado o expedición a granel

El cemento se ensaca en bolsas, estas pueden tener diferentes presentaciones en pesos y luego es transportado en un camión hasta el almacén de venta.

Figura 9
Envasado y transporte de cemento



Fuente: IECA (2021).

a) Tipos de cemento portland y sus usos

La definición de cada uno de estos tipos se da según la NTP 334.009 y ASTM: C-150):

- **Cemento Pórtland tipo I**, proporciona alta resistencia y buena durabilidad a largo de los años, las características que presenta este cemento son; buena trabajabilidad y mejor acabado en sus diferentes aplicaciones.
- **Cemento Pórtland tipo II**, son para construcciones de uso general y específicamente cuando se desea tener moderada resistencia frente a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Cemento Pórtland tipo III**, brinda alta resistencia a edades tempranas es decir el proceso endurecimiento es rápida, el tiempo de fraguado transcurre aproximado una semana o menos para lograr altas resistencias. Este tipo de cemento es parecido al Tipo I a excepción de que sus partículas son más finas y son usadas para estructuras que van a ser usadas tan pronto como sea posible.
- **Cemento Pórtland tipo IV**, minimiza la tasa y cantidad de calor hidratación generado por grandes volúmenes de concreto, este cemento desarrolla un tiempo de fraguado lento a diferencia de los otros tipos. Por lo general son usados para estructuras de concreto de gran volumen donde se genera temperaturas altas de calor durante el proceso de endurecimiento y este debe ser minimizado en lo posible.
- **Cemento Pórtland tipo V**, se utiliza en concretos que serán expuestos a sulfatos agresivos, generalmente donde el suelo y agua contienen gran concentración de sulfatos o sales. La alta resistencia a los sulfatos de este cemento es debido a la baja concentración de aluminato tricálcico, que no supera el 5 %

A continuación, se describir a nivel de conceptos regidos a la NTP: 334.090 y ASTM: C-595):

- **Cemento Pórtland tipo IP.** Cemento de uso general, facilita comodidad para la colocación en los encofrados y pueden usarse en cimentaciones, asentado de ladrillos y revoques o revestimientos, etc.
- **Cemento Pórtland tipo IPM.** Recomendado para uso general, este tipo de cemento también facilita la colocación del concreto en los encofrados, y sus aplicaciones pueden ser para cimentaciones, colocación de ladrillos y otros usos, por otro lado, permite tener concretos más plásticos e impermeables y favorece mejor calor de hidratación.
- **Cemento Pórtland tipo ICo,** Cemento fabricado para uso general en estructuras y construcciones que exijan alta resistencia. Específicamente elaborado para construcciones estructurales esenciales que necesitan solidez.

e) Propiedades físicas del cemento portland

Se determinan mediante ensayos del mismo cemento puro, para evaluar se forma pasta de cemento o el mortero según sea el caso y son realizadas en laboratorios confiables tanto de fábricas como de los clientes con el fin de garantizar que este producto cumpla con lo indicado en la norma NTC 121 y posea la calidad esperada para cumplir su finalidad y que así mismo cumpla con las Normas Técnicas ASTM Y NTP de Indecopi.

- **Finura,** es considerada propiedad relevante del cemento, ya que a partir de esto depende el tiempo y la velocidad en que se hidrata, el incremento del calor de hidratación, la retracción y la obtención de resistencia del cemento. Un cemento sumamente fino tiende a hidratarse con mayor facilidad. Esta característica física del cemento es estudiado o determinado con el método indirecto usando el aparato Blaine, este proceso determina el tiempo necesario para que una cantidad de aire atraviese en una muestra de densidad conocida ASTM C-115; AASHTO T-98

- **Tiempo de fraguado**, consta en dos partes; fraguado inicial es definida como el tiempo que comienza a transcurrir desde el momento que el cemento entra en contacto con el agua formando una pasta y va perdiendo fluidez hasta perder toda su viscosidad e inicia a elevar su temperatura. El fraguado final inicia desde que la pasta de cemento ya no es moldeable por la fuerza ligeramente pequeña es decir que este proceso ya se encuentra pasando al endurecimiento, así mismo consigue alcanzar temperatura más elevada, a su vez esta se vuelve completamente dura, Este proceso es controlado mediante el ensayo de la aguja de Vicat según Norma Técnicas ASTM C 191; NTP 334.006:2003; NTP 334.009:2002; AASHTO T 131.
- **Resistencia mecánica**, se usa para la medición de la resistencia mecánica de los cementos es supuestamente, sobre probetas hechas a base de pasta, este procedimiento limita la disgregación que puede mostrarse en los resultados cuando por ejemplo son usadas probetas de concreto, por tanto, los resultados obtenidos son afectados por el cambio de particularidades de los agregados que se emplearon, para la correcta medición de esta propiedad se debe tener en cuenta la Normativa AASHTO T 132; NTP 344.060
- **Solidez o dureza**, una vez que el concreto haya alcanzado su resistencia, es preciso asegurarse de que no ocurran cambios volumétricos. Se puede decir que el cemento no es sólido, siempre en cuando presenta inestabilidad en su volumen después de haber alcanzado su resistencia. El código IS sugiere probar con el molde Le Chatelier para evidenciar esta propiedad. Al finalizar la prueba, el indicador del molde de Chatelier no debe superar más de 10 mm.

2.2.2. POLIETILENO TEREFALATO (PET)

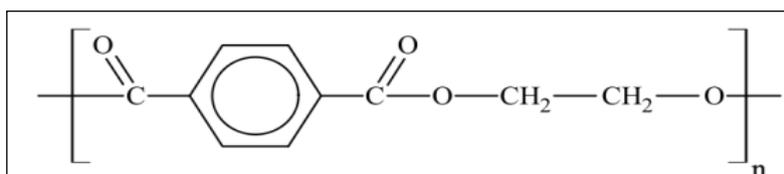
Es un termoplástico de buena calidad y tiene como identificación al número 1 o las siglas PET o PETE, gráficamente se puede identificar como rodeado por tres flechas en la presentación en parte fondo de los envases según la clasificación o sistema de identificación la Sociedad de Industrias de Plástico, químicamente corresponde a la familia de los poliésteres, cuya principal característica es la Presencia de enlaces tipo éster ($-\text{CO}-\text{O}-$). El PET se constituye por grupos etileno y tereftalato (Martínez et al., 2015).

Está formado por resina termoplástica se obtiene a partir de la reacción de dos Petroquímicos secundarios, el ácido tereftálico y el monoetilenglicol. La combinación de estos da lugar a formación de gránulos o pellets blanquecinos que son utilizados para la fabricación de envases. Inicialmente se utilizó como materia fundamental para hacer fibras y ser usadas en la industria textil, así mismo se produjeron de este mismo material películas fotosensible (Muñoz, 2012).

a) Fabricación del PET

El PET es grupo de los materiales sintéticos en su mayoría son termoformables y presentan diversidad de aplicaciones; entre ellos los más comunes son; fibras, empaques misceláneos y envases. Este producto es la combinación de ácido tereftálico y el etilenglicol, para generar el compuesto que se muestra en la Figura 9 (Juárez et al., 2011).

Figura 10
Composición del PET

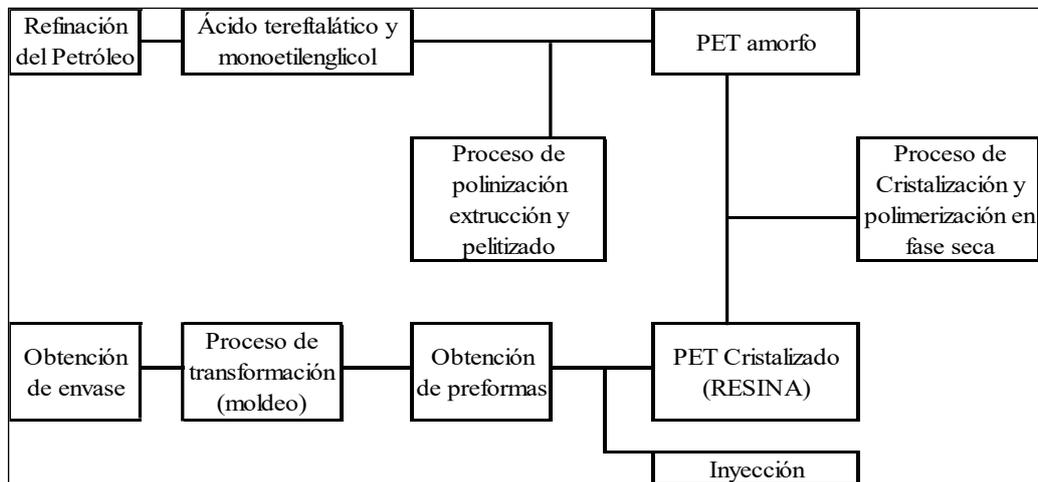


Fuente: Muñoz (2012).

El PET es un plástico derivado principalmente de restos de petróleo. Y está compuesta de petróleo crudo, gas y aire. Según datos

de la Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica, ALIPLAST, 1 kg de PET contiene 64 % de Petróleo, 23 % de derivados líquidos del gas natural y 13 % de aire (Muñoz, 2012).

Figura 11
Producción del Material PET



Fuente: Juárez, et. al (2011).

b) Propiedades de material PET

b.1. Físicas del PET

Capacidad para satisfacer o cumplir múltiples exigencias y especificaciones técnicas, esta propiedad le ha permitido que tenga un desarrollo donde se alcanzó a producir diversidad de tipos y formas de envases, principalmente botellas de plástico para el envasado de bebidas. Según Muñoz (2012), entre las características más resaltantes que presenta el PET están:

- Excelente reacción cuando es sometido a esfuerzos constantes
- Buena resistencia cuando existe agentes de desgaste y corrosión.
- Capacidad de deslizamiento eficiente
- Propiedades térmicas reciclable
- Buena resistencia a la fluencia y rigidez

- Buena superficie exterior, gran estabilidad dimensional
- Sirve como aislante eléctrico

En consecuencia, se puede considerar que el PET tiene propiedades físicas apropiadas para ser utilizado como material alternativo para la producción de concreto ecológico.

Tabla 3
Propiedades físicas del PET

Densidad Bruta	520 kg/m ³
Densidad neta	1400 kg/m ³
Módulo de Young	2800 – 3100 Mpa
Resistencia a la tracción	900 kg/cm ²
Resistencia a la tensión	0.60 - 0.74 kg/cm ²
Resistencia a la compresión	260 – 480 kg/cm ²
Resistencia al calor	80 – 120°C
Resistencia a la flexión	1450 kg/cm ²

Fuente: Lector y Villarreal (2017)

- **Comportamiento frente a la temperatura**, los poliésteres cuando son sometidas a temperaturas a más de 70 grados centígrados tienden a cambiar de forma dejando su forma original. La temperatura máxima que puede soportar el PET sin ser deformado es 71 °C. sin embargo el PET cristalizado (opaco) presenta una buena resistencia frente a la temperatura puede soportar hasta 230 °C. (Muñoz, 2012), tiene una temperatura de transformación vítrea baja (Ver tabla 4), todos los productos hechos de este material no tienen necesidad de calentarlos para su esterilización y reutilización, por tanto, el PET una vez reciclado se puede reutilizar para la fabricación de nuevos productos que pueden servir como empaques de alimentos y bebidas (Muñoz, 2012).

Tabla 4
Comportamiento del PET frente a la Temperatura

Concepto	Valor	Unidad
Punto de fusión	250 / 260	°C
Punto de ablandamiento según la prueba Vicat B	170	°C
Calor específico	1.04 / 1.05	kJ / (kg*K)
Coefficiente de expansión lineal	$<6.10^{-5}$	°C ⁻¹
Temperatura de transición vítrea	80	°C
Expansión Térmica	70	E-6/K
Temperatura de servicio	-40 / 100	°C

Fuente: Muñoz (2012).

- **Comportamiento frente a factores atmosféricos**, los productos de este material no son afectados por los ácidos tampoco por los gases atmosféricos porque presentan una excelente estabilidad frente a los agentes atmosféricos, dichos objetos a base PET pueden estar expuestos al aire libre sin problemas. Aunque los productos, empaques de este material se encuentran expuestos al aire libre por mucho tiempo no tienen problemas, por otro lado, cuando son expuestas por años tienden a perder su tenacidad, se fragmentan y dispersan. Pero cuando los embaces son puestas bajo tierra tienen tiempo de vida más prolongada (Acevedo y Posada, 2019).

b.2. Químicas del PET

Estas propiedades químicas del PET representan una buena solidez frente a las sustancias alcohólicas, aceites que contienen sustancias esenciales, así mismo presenta buena resistencia a múltiples agentes químicos, pueden ser usados para el envasado de diversos productos que contenga grasas y aceites que se encuentran presentes en los alimentos, disoluciones de ácidos minerales, álcalis, jabones, sales, alcoholes e hidrocarburos alifáticos. Por otro lado, hay desventaja para envasar sustancias aromáticas, halogenados, cetonas de bajo peso molecular y bases. El PET es muy bueno frente a diversos agentes químicos agresivos, de tal modo no son resistentes por otros materiales. A continuación, en la tabla 5 se muestra su resistencia a múltiples agentes químicos (Muñoz, 2012).

Tabla 5
Propiedades Químicas del PET

Alcoholes	Característica
Metanol	Muy resistente
Etanol	Muy resistente
Isopropanol	Resistente
Ciclohexano	Muy resistente
Glicol	Muy resistente
Glicerina	Muy resistente
Alcohol bencílico	resistente
Aldehidos	
Acetaldehído	Muy resistente
Formaldehído	Muy resistente
Hidrocarburos	
Benceno	Resistente
Tolueno	Resistente
Xileno	Resistente
Hidrocarburo alifático	Resistente
Gasolina	Resistente
Aceite mineral	Resistente
Hidrocarburos Clorados	
Tetracloruro de carbono	Muy resistente
Cloroformo	Resistencia
Difenil clorado	Muy resistente
Tricloruro etileno	Muy resistente
Disolventes	
Éter	Muy resistente
Acetona	No resistente
Nitrobenceno	No resistente
Fenol	No resistente
Ácidos	
Ácido formica	Muy resistente
Ácido acético	Muy resistente
Ácido clorhídrico 10%	Resistente
Ácido clorhídrico 30%	Resistente
Ácido fluorhídrico 10 y 35%	Muy resistente
Ácido nítrico 10%	Muy resistente
Ácido nítrico 65 y 100%	No resistente
Ácido fosfórico 30 y 85%	Muy resistente
Ácido sulfúrico 20%	Resistente
Ácido sulfúrico 80 % o más	No resistente
Anhídrido sulfuroso seco	Muy resistente
Dióxido de azufre gaseoso (seco)	No resistente
Soluciones Salinas	

Dicromato	Muy resistente
Carbonatos alcalinos	Muy resistente
Cianuros	Muy resistente
Fluoruros	Muy resistente
Bicarbonato	Resistente
Sustancia Varias	
Cloro	Muy resistente
Agua	Muy resistente
Peróxido de hidrogeno	Muy resistente
Oxígeno	Muy resistente

Fuente: Muñoz (2012).

2.2.2.1. APLICACIÓN DE PET EN EL CONCRETO

Es un agregado no convencional en la fabricación de concreto en la presente investigación. Este material usualmente tiene un uso como envases para envasar diferentes tipos de bebidas en todo el mundo lo cual muchos de estos productos son desechables en su primer uso a consecuencia existe acumulación masiva en botaderos, ríos, mares, etc.

Según la Ley N°30884 regula a envases descartables y plásticos de un solo uso, prohibiendo su consumo excesivo de estos productos de plásticos que son innecesarios, que la gran parte no pueden reciclarse o que estas presentan un peligro para la salud pública y ambiente, sin embargo, hasta la actualidad la prohibición quedó sin éxito por ende el consumo del plástico sigue en crecimiento.

En vista a este problema que afecta al mundo se planteó usar plástico reciclado como alternativa para la fabricación de concreto ecológico, reemplazando al agregado fino que a continuación se indica los pasos para obtener el PET como agregado.

a) Proceso de obtención del PET

- **Recolección de PET.**
- **Acopio**, se dispone un lugar o ambiente adecuado, seco en el cual se almacena el material PET reciclado.
- **Separación**, el objetivo es contar con un producto limpio, por medio de la eliminación de impurezas que estas contengan de otros materiales, en esta etapa se selecciona según tipos de material (PP, PVC, PE y otros).

b) Preparación del PET como agregado

Se obtiene material procesado botellas trituradas en forma irregular (escamas) mediante un molino, llamado también método

de reciclado mecánico, reciclado corte manual y mecánico

c) Análisis granulométrico del PET (NTP 400.012:2013)

Este proceso se realiza mediante tamizado del material triturado obteniendo el peso retenido en una serie de tamices. Así, para la investigación se adquirió el material triturado y se procedió a tamizar y pesar las cantidades retenidas en las diferentes mallas adecuándose a la normativa NTP 400.012:2013 donde menciona la granulometría los materiales”.

Méndez (2012) en su investigación “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”, indica lo siguiente: al realizar la propuesta llega a una conclusión satisfactorio demostrando que el diseño planteado para el concreto y mortero sea puesto en obra, con la finalidad de lograr concretos aplicables en estructuras al mismo tiempo que brinden calidad y seguridad. En dicha investigación se planteó distintas proporciones, variando los porcentajes de agregado grueso y fino convencional por plástico PET reciclado.

Una vez realizada la dosificación de mezcla con diferentes porcentajes se procedió al realizar probetas cilíndricas de concreto, para luego ensayarlos en un laboratorio, por medio de pruebas a la compresión con una prensa hidráulica. En la tabla 6 se muestra la dosificación de los materiales agregados (gruesos, finos y plásticos) como también el cemento, para elaborar el concreto se cuantificó los componentes que el concreto contiene, y finalmente se realizó 12 probetas para ensayarlos en diferentes edades, y cada probeta contine proporciones distintos de agregados pétreos y plásticos.

Tabla 6
Dosificación de Concreto con Agregado PET

Concreto F´C=150 kg/cm²						
Proporción Agregado natural	Proporción Agregado plástico	Cemento (kgs)	Grava natural (kgs)	Grava plástica (kgs)	Arena (kgs)	Agua (lts)
90%	10%	8.125	17.550	1.950	6.00	4.00
80%	20%	8.125	15.600	3.900	6.00	4.00
70%	30%	8.125	13.650	5.850	6.00	4.00

Fuente: Méndez (2012).

Se elaboró un total de 12 probetas cilíndricas de concreto para cada diseño de mezcla, teniendo en consideración los pasos; el varillado a mano en tres capas similares hasta llenar el molde y enrasarlo con cuidado, dichos procedimientos estandarizados estas descritas en las normativas (ASTM C 192, NMX-C-083 ONNCCE y NMX-C-160, Capítulo 3). Las probetas de concreto se llevaron a curar por un periodo de 24 horas y seguidamente se procedió a quitar los moldes y se llevaron al recipiente con agua para el curado por 14 días, a una temperatura ambiente promedio de 21 °C.

2.2.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Según Rivva (2013), es el máximo esfuerzo que soporta el concreto antes de producirse una falla, esta propiedad del concreto es una de las más importantes para evaluar la calidad de este, siendo el indicador para el rechazo o la aceptación. Para McCormac y Brown (2017), la resistencia del concreto se determina mediante pruebas a la falla de los especímenes cilíndricas (probetas) en una edad determinada de 7, 14 y 28 días, sometiendo a una carga con velocidad especificada, antes de ser sometidas dichas pruebas suelen mantenerse embebidos en agua a lo que llama generalmente proceso de curado, así mismos los valores de resistencia a compresión dependen del tamaño y formas de los especímenes de prueba, dichas medidas están representadas en F´c (Kg/cm²). De acuerdo la Norma Técnica E.060 (2016) exige que el concreto estructural no debe tener una resistencia inferior a 17 MPa.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Diseño de mezcla**, es cuantificar las proporciones de los componentes que intervienen en la mezcla de concreto para lograr de ciertas metas en particular (Ticlla, 2018).
- **Análisis granulométrico**, consiste en buscar distribución del tamaño de las partículas de un agregado fino y grueso, este proceso es determinado por medio del análisis de los tamices (Steven et al., 2010).
- **Peso específico**, es la relación que existe entre el peso y el volumen unitario de un material (Steven et al., 2010).
- **Absorción**, la composición del agregado natural está formada de materia consistente y compacta con algunos vacíos que pueden contener o no agua en su interior. La absorción y la humedad de los agregados gruesos y finos son determinados de conformidad a las normativas ASTM C 70, NTP 339.185 (Steven et al., 2010).
- **Determinación de la relación a/c**, es la relación existente entre agua-cemento hace referencia a la cantidad de agua que contiene la mezcla de concreto, para su determinación se es necesario tener consideración la humedad que presentan los agregados naturales (Rivva, 1992).
- **Tamaño máximo del agregado grueso**, la normativa INTENTEC 400.037, lo define como tamaño máximo nominal de agregado, es el material retenido en el primer tamiz que representa con mayor diámetro dentro de la serie del tamizado (Rivva, 1992).
- **Contenido de agua**, consiste en la determinación de la cantidad de volumen unitario de agua para incorporar a la mezcla, dicho elemento es medida en litros, generalmente se determina la cantidad de agua para un metro cubico de concreto, y adicionar para obtener mezcla con buena consistencia (Rivva, 1992).
- **Asentamiento (SLUM)**, es un ensayo que se realiza con la finalidad de conocer el asentamiento del concreto en estado fresco, este ensayo se realiza una vez en las obras como también en el laboratorio (NTP 339.035).

- **Resistencia a compresión**, este ensayo consiste en evaluar la capacidad de soportar cargas y esfuerzos de una probeta sometida a una prensa hidráulica, mostrando su máximo soporte en compresión en comparado con la tracción, esta resistencia es principalmente debido a las propiedades adherentes que presenta la pasta de cemento (Rivva, 2000).
- **Curado del concreto**, consiste en sumergir o saturar al concreto en agua hasta que los espacios vacíos del concreto estén llenados de agua, originalmente se curaba con agua, sin embargo, en la actualidad existen productos que ayudan a minimizar estos trabajos. Con el curado lo que se hace es controlar la variación de temperatura y humedad del concreto ya sea la parte inferior y superior en proceso de fraguado, como también se busca, evitar la contracción del fraguado del concreto (Harmsen, 2005).
- **Asentamiento del concreto fresco**, indica al de estado de fluidez de un concreto fresco, lo que manifiesta, que tan compacto o moldeable es una mezcla de concreto cuando se encuentra en su estado plástico, así mismo se indica el grado de humedad o consistencia de la mezcla (Sánchez, 2001).
- **Material PET reciclado**, es un material de plástico en desuso que ya cumplió su función de servicio, estos materiales son reciclados y puestas en marcha para la fabricación de nuevos elementos de empaque, por general son reutilizados para envasado de bebidas.
- **Mezclado del concreto**, es el proceso en el que los componentes del concreto son mezclados es decir que los agregados son embebidos con la pasta de cemento hasta encontrar masa completamente uniforme. Este procedimiento se efectúa mediante equipos, mixer o mezcladoras. Para la elección del tamaño de mezcladora depende de la cantidad en volumen de concreto a producir (Harmsen, 2005).
- **Concreto estructural**, es todo aquello que es utilizado con el propósito estructural, estas pueden ser concreto simple y concreto reforzado según sea el caso (RNE, 2019).
- **Concreto simple**, es un tipo de concreto no estructural, está formado básicamente por compuestos de concreto (agregados finos, grueso,

piedras, agua y cemento), sin adición de refuerzos u otros elementos de armadura. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019).

- **Fibra**, es usado como un componente en la construcción ya hace muchos años, en concreto son usadas principalmente con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas, estas son usadas en concretos prefabricados, pavimentos, shotcrete. Y estas fibras pueden ser de diferentes materiales como el acero, plásticos, vidrio o madera. (Harmsen, 2005).
- **Agregado grueso**, presenta partículas de mayor diámetro que el al agregado fino, por lo general para producir este tipo de agregado se usa piedra partida mediante chancadoras y gravas seleccionadas a través del zarandeo o también se pueden obtener de lechos de ríos, yacimientos naturales a cielo abierto. (Harmsen, 2005)
- **Agregado fino o arena**, presenta partículas con menor diámetro, en gran parte son obtenidas de los lechos de los ríos y canteras naturales y son usadas básicamente para acabados en la construcción. Las partículas que presenta deberán estar fuera de agentes contaminantes que perjudican al mismo, como también deben tener estructuras duras, resistentes y compactos (Pasquel, 1998).
- **Plasticidad**, propiedad que presenta el concreto en estado fresco, es decir, es la consistencia de la mezcla para ser moldeado con gran facilidad, al mismo tiempo que el concreto cambie de forma adecuándose al molde, si esto no llega a ocurrir se considera como mezcla que no presenta consistencia plástica, el concreto fresco no debe ser muy seca ni muy fluida (Sánchez, 2001).
- **Segregación**, es definida como la separación mecánica que ocurre el en concreto fresco, es decir, el agregado grueso comienza a separarse del agregado fino, esto ocurre debido a que la mezcla está compuesta por materiales de diferentes tamaños, como también con diferente gravedad específica, a causa de esto ocurre una fuerza al interior de este separando a los componentes aun cuando la mezcla no está endurecida (Rivva, 2000).

- **Concreto**, es un conglomerado de materiales endurecido que tiene una forma similar a una piedra, producto de la combinación de proporciones de cemento, agregado grueso, fino, agua, aire y otros aditivos; la cual puede ser moldeado por encofrados y dar formas deseadas antes de que la mezcla endurezca. Este bloque de concreto es proporcionado por los agregados, en combinación de partículas y la interacción química del cemento con el agua, la cual enlaza a todas las partículas y finalmente forman un cuerpo sólido (Nilson, 2001).
- **Cemento**, se obtiene a través de la molienda del Clinker, que es elaborado por la calcinación hasta encontrar la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. Está compuesto por los siguientes elementos. Ferrito Tetracálcico, Aluminato Tricálcico, Silicato Dicálcico, Silicato Tricálcico, Aluminio – y otros componentes con cantidades menores como manganeso, potasio, titanio, óxidos de magnesio y sodio (Harmsen, 2005).

2.4. HIPÓTESIS

Ho: El diseño de mezcla de concreto simple incorporado material PET reciclado con 5 %, 8 % y 11 % **NO** influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto superiores a $F'c=175\text{kg/cm}^2$.

Ha: El diseño de mezcla de concreto simple incorporado material PET reciclado con 5 %, 8 % y 11 % influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto superiores a $F'c=175\text{kg/cm}^2$.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

A: Porcentaje de PET en mezcla de concreto

2.5.2. CONCRETO VARIABLE DEPENDIENTE

B: Resistencia a la compresión del concreto con material PET

2.1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 7

Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>Variable Independiente</p> <p>Porcentaje de PET en mezcla de concreto</p>	<p>Es un tipo de materia plástica procedentes del petróleo, se logra a través de la reacción generada por dos Petroquímicos secundarios, ácido tereftálico y el monoetilenglicol</p>	<p>Diseño de mezcla con adición de porcentajes de PET</p> <p>Normativa PET como agregado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis granulométrico • Cantidad de materiales (agregado) • Contenido de humedad • Determinación de la relación a/c • Gravedad espf. y absorción de agregados • Peso unitario suelto y compactado • Consistencia NTP 339.035 (SLUMP) • Análisis granulométrico 	<p>Tamices</p> <p>Balanza</p> <p>Balanza</p> <p>Cono de Abrams</p> <p>Tamices</p>
<p>Variable Dependiente</p> <p>Resistencia a la compresión del concreto con material PET</p>	<p>Es la cualidad de soportar a una fuerza por unidad de área, queda expresada en términos de esfuerzo y expresad en (kg/cm²)</p>	<p>Control de calidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Curado de probetas cilíndricas • Resistencia a la compresión NTP 339.034 	<p>Recipiente- agua</p> <p>Equipo Hidráulico</p>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es de tipo Aplicada, debido a que se pretende hallar estrategias o mecanismos que permiten lograr el objetivo general, para resolver o mejorar una situación específica, para el caso del ámbito de aplicación es específico y delimitado, observar la funcionalidad de la incorporación del PET reciclado a un tipo de diseño de concreto convencional.

3.1.1. ENFOQUE

Es cuantitativo debido a que abarca el ámbito estadístico donde se puede fundamentar el enfoque, basado en un estudio de una realidad objetiva partiendo de mediciones numéricas con el fin de determinar los comportamientos del fenómeno planteado. Para el análisis se utilizó la recolección de datos para probar las hipótesis previamente planteadas con anticipación en el proceso metodológico. Por otro lado, la particularidad de este enfoque es analizar causa efecto, arraigando un proceso secuencial y deductivo (Sampieri, 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Es explicativa que conlleva más allá que simple descripción de términos conceptuales o fenómenos que relacionan entre conceptos; significa que, están dirigidos a exponer por las causas de los sucesos y fenómenos físicos o sociales., es decir, su objetivo se focaliza en explicar por qué sucede un fenómeno y en qué circunstancias se manifiesta o por qué se asocian dos o más variables (Hernández et al., 2014).

Para ello, las muestras del diseño de mezcla resultante para cada porcentaje de PET estudiado, mediante el ensayo de resistencia a la compresión, la cual representa la variable dependiente, en tanto que la variable independiente tendrá los porcentajes de material PET reciclado,

los cuales influyeron en la variable dependiente mencionada. Todo lo manifestado fue explicado según la relación causa efecto en las discusiones de los resultados obtenidos.

3.1.3. DISEÑO

Fue experimental, caracterizado como aquel donde se manipula la variable en estudio no demostrada en situaciones controladas de forma rigurosa, con la finalidad de analizar de qué manera o por qué ocurre un evento o comportamiento específico. Este estudio es inducido por el observador para incluir ciertas variables de análisis, las cuales se manipula para observar el incremento o decrecimiento de estas y su consecuencia en los comportamientos observados Tamayo (2003). Asimismo, el diseño se caracterizó como post prueba y grupo de control, para lo que Hernández et al. (2014), describe como grupo experimental (GE), siendo el que recibe el tratamiento o estímulo experimental, y al grupo de control (GC) como el grupo testigo, es decir, mediante el cual se comparan los efectos producidos sobre el GE (Tabla 8).

Tabla 8
Esquema de diseño experimental

GE	Y	O1
GC	-	O2

Fuente: Elaboración propia 2021

Donde:

GE: grupo experimental estuvo formado por las probetas a diferentes diseños de mezcla, resultantes de la incorporación de 5 %, 8 % y 11 % de PET reciclado.

GC: grupo de control, mezcla de concreto sin adición de material PET reciclado (0 %), es decir, la probeta patrón.

Y: variable independiente, los diferentes porcentajes de PET reciclado utilizados para los diseños de mezcla, siendo 5 %, 8 % y 11 %.

O1, O2: Post pruebas, se evaluaron a ambos (GC y GE), comprendieron a detalle las mediciones de la variable dependiente resistencia a la compresión.

De esta manera, el proceso de tratamiento de las variables en el experimento se dio de la siguiente manera:

- Se elaboraron cuatro diseños de mezclas, uno de control llamado patrón con 0 % de PET reciclado, y tres diseños para 5 %, 8 % y 11 % de agregado PET reciclado respecto al peso de agregado fino, denominados grupos experimentales.
- Los diseños de mezclas mantuvieron las mismas propiedades (agua, cemento, agregados), variando sólo los porcentajes de material PET.
- La variable independiente fue manipulada en tres diferentes porcentajes de PET, dio lugar a tres diseños de mezclas y para tres edades de curado (7, 14 y 28 días), para lo cual se obtuvo un comportamiento de la variable dependiente resistencia a la compresión del concreto simple $F'c$ 175 Kg/cm², cuyos valores influenciados, fueron medidos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Comprendió cuatro diseños de mezcla, de los cuales uno consistió en el diseño patrón (0 % de PET reciclado), y los tres con adición de PET al 5 %, 8 % y 11 %. La relación agua cemento a empleada fue para el factor $a/c = 0.71$.

De los cuatro diseños de mezcla se particionó por grupos con el objetivo de cuantificar el número de probetas, es decir que para cada diseño se realizó 45 probetas, contando un total de 180 probetas se considera población.

- **Sección de proporciones de muestra de prueba**, para cada diseño se realizó 45 probetas, así mismo se procedió hacer el curado hasta la edad de ensayo. Se siguió este precepto el cual hace referencia a la Norma ASTM C192. En base a ello, la investigación contó con un total de 180 probetas de concreto cilíndricas, distribuidas por diseño (Tabla 9).

Tabla 9
Población de probetas a ensayar

Mezcla	PET (%)	Edad de ensayo			Parcial
		7	14	28	
X	0%	15	15	15	45
X1	5%	15	15	15	45
X2	8%	15	15	15	45
X3	11%	15	15	15	45
Total					180

3.1.4. MUESTRA

No se seleccionaron probabilísticamente, fueron seleccionadas de forma directa llamadas muestras dirigidas, usando un método de elección determinado por las características del estudio, ya que todas probetas fueron necesarias a ser analizadas. De esto se puede decir que al momento de elegir a las probetas no dependió de la probabilidad, sino más bien de causas relacionadas con las características del estudio. Entonces se puede indicar que la acción tomada no es mecánico ni basada en técnicas probabilísticas, sino que la decisión de un investigador (Hernández et al., 2014). En este sentido, se analizó las características a toda la población, se aplicó el ensayo al total de 180 probetas, cuyo esquema se representa en las tablas, que se presentan a continuación:

Tabla 10
Muestras ensayadas en edad de 7 días de curado

Mezcla	PET (%)	Edad de ensayo		Parcial
		X		
X	0%	15		15
X1	5%	15		15
X2	8%	15		15
X3	11%	15		15
Total				60

Tabla 11
Muestras ensayadas en edad de 14 días de curado

Mezcla	PET (%)	Edad de ensayo	
		X	Parcial
X	0%	15	15
X1	5%	15	15
X2	8%	15	15
X3	11%	15	15
Total			60

Tabla 12
Muestras ensayadas en edad de 28 días de curado

Mezcla	PET (%)	Edad de ensayo	
		X	Parcial
X	0%	15	15
X1	5%	15	15
X2	8%	15	15
X3	11%	15	15
Total			60

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1.5. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica, fue la “observación”; pues esta técnica es útil y provechosa para el analista durante el proceso del desarrollo del trabajo de investigación, esto consiste en observar las diferentes circunstancias durante el desarrollo un trabajo. El objeto del método de la observación de un estudio es muy amplio, pues faculta al investigador a verificar que se está llevando a cabo, como se está llevando a cabo, quien lo está realizando, en qué circunstancias se está realizando, cuanto tiempo dura el proceso, donde se realiza y sobre todo ¿por qué se realiza?, de ello se puede decir que es una técnica eficiente para recolectar datos que involucren en las relaciones (Palomino, et al., 2015). Partiendo de esta técnica, se aplicaron los siguientes pasos para la recopilación de datos:

- Caracterización del agregado y PET: se obtuvo las propiedades de granulometría (NTP 400.012), peso unitario y vacíos (NTP 400.017),

absorción de agregados finos y agregados gruesos y gravedad específica (NTP 400.022 y NTP 400.021 respectivamente).

- Diseño de mezcla de concreto: se realizó según el procedimiento estándar de la ACI 211, obteniéndose 4 diseños experimentales, uno patrón con 0% de PET y 3 experimentales para 3%, 8% y 11% de PET. Con una relación de a/c de 0.71, con proporciones de diseño de 1:3.21:2.15 para el patrón, 1:3.11:3.15, 1:3.05:3.15 y 1:2.99:3.15 para los 3 diseños experimentales.
- Para elaboración de probetas cilíndricas y curado del mismo: la guía para este procedimiento estandarizado fue ASTM C192. Con el cual se elaboraron un total de 180 probetas, sometidas al proceso de curado de 7, 14 y 28 días de edad (45 probetas por cada edad).
- Obtención de la resistencia a la compresión: se realizó considerando los procedimientos estándar de la ASTM C-39 y NTP 330.034, los cuales incluyen el tratamiento de las probetas sometidas a procesos de carga sobre el área transversal de las circunferencias de las probetas, obteniéndose la relación kg/cm².

Instrumentos, se basaron en; ensayos mecánicos del Manual de Ensayo de Materiales (2016) que, a su vez, cuentan con su norma respectiva, incluidas NTP, ASTM y ACI 211. A través de las cuales se emplearon como instrumentos fichas técnicas de observación (anexo 4).

3.1.6. TÉCNICA PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se basó en la utilización de cuadros con datos comparativos, así mismo con imágenes o graficas que muestran el comportamiento del objeto en estudio.

3.1.7. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Se basó en los requerimientos establecidos para cada ensayo de laboratorio, mediante el enfoque cuantitativo siguiendo la hipótesis planteada en la investigación. De esta manera, se consideró lo establecido

en las normas ACI 211, ASTM C33, ASTM C 192 y NTP 339.034. Asimismo, se empleó la estadística descriptiva que condujo a los valores promedio de resistencia a la compresión.

3.4. TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se ha utilizado equipos de laboratorio, hojas de cálculo Excel, programa estadístico, entre otros con el fin de obtener resultados confiables indicando que los datos obtenidos son cuantitativos.

3.1.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO

En esta investigación experimental (elaboración de especímenes de concreto, desarrollo del ensayo experimental y recopilación de datos) se aplicó el procedimiento indicado según Manual de ensayo de materiales RD N°18 – 2016 - MTC/14.

Para el procedimiento del ensayo de muestras, se contó con la supervisión de la asesora juntamente con el tesista y el encargado del laboratorio con el fin de lograr un correcto análisis en todos los procesos que se realizó, así mismo garantizar los resultados obtenidos, mediante:

- **Observación**, se procedió a realizar la observación directa a todas aquellas que requieren ensayos de laboratorio para la investigación se cumplió con las normas NTP, ASTM y ACI 211.
- **Análisis documental**, se recopilaron información de varias fuentes, tesis pregrado, posgrado y artículos científicos concernientes al tema de investigación que se encuentran situadas en presente investigación.
- **Ensayo de laboratorio**, mediante análisis granulométrico, ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes de concreto a los 7, 14 y 28 días de edad.

3.1.9. PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo granulométrico de agregados

Para diseñar la mezcla se determinó las propiedades físicas de los agregados (fino, grueso) y el PET, según los procedimientos y requisitos de las normas ASTM, AASTHO, SUCS y del manual de ensayo del MTC 2016. Estas comprenden prácticamente, la granulometría, el contenido de humedad, los pesos unitario suelto y compactado, pesos específicos y absorción, cuyos resultados se presentan a continuación.

- **Agregado fino**, se basaron principalmente, en el degradado de las partículas del agregado, así también el módulo de finura y por último la comparación gráfica dentro de los parámetros máximos y mínimos de los mismos según la norma NTP 400.037, AASTHO T88, ASTM D-422, MTC E-107.

Tabla 13
Granulometría del agregado fino

Descripción: Arena con limo		Tamaño máx.:		3/8"	
		Módulo de finura (MF)		3.033	
Tamices (partículas)		% Retenido acumulado	% Que pasa	Especificaciones ASTM D - 422	
ϕ	mm			Mínimo	Máximo
3/8"	9.525	0%	100%	100%	100%
N° 4	4.760	5.47%	94.53%	95%	100%
N°8	2.380	24.34%	75.66%	80%	100%
N°16	1.190	47.82%	52.18%	50%	85%
N°30	0.590	64.24%	35.76%	25%	60%
N°50	0.297	75.53%	24.47%	10%	30%
N°100	0.149	85.85%	14.15%	2%	10%
N°200	0.074	94.31%	5.69%	0%	3%
Fondo	--	100.00%	0.00%	--	--

Fuente: Laboratorio Suelos y Concretos S.A.C. (Suconsac) (2020).

El análisis granulométrico del agregado fino (Tabla 13), muestra un agregado tipo arena limo (fino) con un tamaño máximo de partícula de 3/8" y un MF de 3.033, cuya representación gráfica se presenta en Anexo 4, donde presenta una curva sigmoideal desplazada entre las curvas de los

límites máximo y mínimos normados. Manifestando un comportamiento alineado al límite inferior en la primera mitad de tamices que tiende hacia la curva del límite superior, a excepción de dos puntos que se desvían ligeramente de estos, cuyos valores corresponden a los porcentajes pasantes tamiz (100 y 200); sin embargo, el comportamiento general coincide con las características del agregado fino presentado diseño ACI.

- **Agregado grueso**, resultados se muestran en tabla 14. Estos resultados presentan un agregado de tipo grava, de ¾" el cual es el tamaño máximo, así mismo, presenta módulo de fineza de 6.516, este valor es característico de este tipo de agregados.

Tabla 14
Granulometría del agregado grueso

Descripción: Grava		Tamaño máx.: ¾"		Módulo de finura (MF) 6.515	
Tamices (partículas)	% Retenido acumulado	% Que pasa	Especificaciones ASTM D - 422		
			Mínimo	Máximo	
φ	mm				
1"	25.400	0%	100%	100%	100%
¾"	19.050	1.83%	98.17%	90%	100%
½"	12.700	8.96%	91.04%	--	--
⅜"	9.525	63.58%	36.42%	20%	65%
N° 4	4.760	97.45%	2.55%	0%	10%
N°8	2.380	97.74%	2.26%	0%	5%
N°16	1.190	97.74%	2.26%	--	--
N°30	0.590	97.74%	2.26%	--	--
N°50	0.297	97.74%	2.26%	--	--
N°100	0.149	97.74%	2.26%	--	--
N°200	0.074	97.74%	2.26%	--	--
Fondo	--	100%	0.00%	--	--

Fuente: Laboratorio Suconcsac (2020).

El comportamiento granulométrico del agregado grueso de la tabla 14, se puede observar gráficamente mediante la curva sigmoideal (anexo 4), en la que se aprecia un punto por fuera de los límites establecidos, cuyo valor corresponde al tamiz ½". Es decir, el comportamiento es el esperado para este tipo de material según normas ACI.

- **PET**, se observa en la tabla 15; la cual describe el tamaño máximo del material reciclado (4.760 mm) y su módulo de fineza de 4.453; siendo este material mucho más pequeño que el agregado fino empleado (9.525 mm).

Tabla 15
Granulometría del PET

Descripción: material PET		Tamaño máx.:		4.760 mm	
		MF		4.453	
Tamices (partículas)		% Retenido acumulado	% Que pasa	Especificaciones ASTM D - 422	
ϕ	mm			Mínimo	Máximo
3"	76.200	0.00%	100.00%	N/A	N/A
2"	50.800	0.00%	100.00%	N/A	N/A
1 1/2"	38.100	0.00%	100.00%	N/A	N/A
1"	25.400	0.00%	100.00%	N/A	N/A
3/4"	19.050	0.00%	100.00%	N/A	N/A
1/2"	12.700	0.00%	100.00%	N/A	N/A
3/8"	9.525	0.00%	100.00%	N/A	N/A
N° 4	4.760	0.00%	100.00%	N/A	N/A
N°8	2.380	54.00%	46.00%	N/A	N/A
N°16	1.190	95.00%	5.00%	N/A	N/A
N°30	0.590	98.49%	1.51%	N/A	N/A
N°50	0.297	98.83%	1.17%	N/A	N/A
N°100	0.149	99.00%	1.00%	N/A	N/A
N°200	0.074	99.03%	0.97%	N/A	N/A
Fondo	--	100.00%	0.00%	N/A	N/A

Fuente: Laboratorio Suconcsac (2020).

El comportamiento granulométrico del material PET, resulta una curva sigmoideal menos abierta ver (Anexo 4 curva granulométrica del material PET), la cual no se compara con límites mínimos ni máximos, ya que este material, no es considerada como un tipo de agregado estándar de la normativa.

- **Resumen de análisis granulométrico**, se presenta en la tabla 16, los resultados de la tipología de los componentes para el diseño de mezcla a utilizar en la presente investigación.

Tabla 16*Resumen de las características de los materiales*

	Descripción	Fino	Grueso	PET
	Tamaño máximo	3/8" (9.525mm)	3/4" (19.05mm)	1.19 mm
	Módulo de fineza	3.033	6.516	4.453
	Humedad natural	1.90%	0.35%	0%
	Descripción de muestra	Arena con limo	Grava	Mat. PET
Agregado	peso específico Nominal	2.67	2.68	
	Porcentaje de absorción	1.08	0.53	
	peso específico	2.6	2.64	
	peso unitario suelto (kg/m ³)	1650	1446	
	peso unitario compactado (kg/m ³)	1935	1603	
	Cemento tipo I (42.5 kg)			
Cemento	Cemento Andino			
	Peso específico (gr/cm ²)	3.15		
Agua	Potable			

DOSIFICACIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO– Patrón ($F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) más 0 % PET**Tabla 17***Proporción de materiales para diseño patrón 0 % PET reciclado*

Dosificación	Proporción	Peso (kg/bolsa)	Volumen (kg/m³)
Cemento	1.00	42.50	323.00
Material PET	0.00	0.00	0.00
Agregado fino	2.87	136.50	1037.00
Agregado grueso	2.23	91.50	695.00
Agua	0.29	29.20	222.00

La tabla 17 presenta las cantidades de material que se obtuvo en el diseño de mezcla 0 % PET llamado diseño patrón $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$, estas cantidades calculadas presentan; la columna tres presenta cantidades para una bolsa de cemento (42.5 kg), mientras que la columna cuatro presenta cantidades para elaborar un metro cúbico (1 m³) de concreto. estas proporciones se aplicarán para todos los diseños, relación agua cemento (A/C) igual a 0.71.

– **Diseño de mezcla ($F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) más 5 % de PET reciclado**

Tabla 18

Proporcionamiento de materiales para 5 % de PET reciclado

Dosificación	Proporción	Peso (kg/bolsa)	Volumen (kg/m³)
Cemento	1.00	42.50	323.00
Material PET	0.11	2.10	16.00
Agregado fino	2.78	132.20	1021.00
Agregado grueso	2.23	91.50	695.00
Agua	0.29	29.30	222.00

Tabla 18 muestra la dosificación de materiales que se obtuvo del diseño de mezcla para un $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 5 % material PET, se observa que al adicionar 2.10 kg PET, el agregado fino disminuye de 136.50 a 132.20 en unidades de kg.

– **Diseño de mezcla ($F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) más 8 % de PET reciclado**

Tabla 19

Proporcionamiento de materiales para 8 % de PET reciclado

Dosificación	Proporción	Peso (kg/bolsa)	Volumen (kg/m³)
Cemento	1.00	42.50	323.00
Material PET	0.18	3.40	26.00
Agregado fino	2.72	129.60	1011.00
Agregado grueso	2.23	91.50	695.00
Agua	0.29	29.30	222.00

La tabla 19 muestra las proporciones en peso y volumen de materiales que componen para un diseño de mezcla de $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 8 % material PET y se observa que al incrementar el material PET la cantidad del agregado fino disminuye, hace una diferencia de 6.9 kg/bolsa con respecto al diseño patrón.

– **Diseño de mezcla ($F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) más 11 % de PET reciclado**

En la tabla 20 se muestra la cantidad de materiales que se obtuvo del diseño de mezcla para un $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 11 % material

PET. se observa que decrece de forma constante al adicionar material, es decir a mayor PET menos agregado fino; sin embargo, los componentes que son constantes son; agua, agregado grueso y cemento.

Tabla 20

Proporcionamiento de materiales para 11 % de PET reciclado

Dosificación	Proporción	Peso (kg/bolsa)	Volumen (kg/m³)
Cemento	1.00	42.50	323.00
Material PET	0.25	4.70	36.00
Agregado fino	2.67	127.10	1001.00
Agregado grueso	2.23	91.50	695.00
Agua	0.29	29.30	222.00

ENSAYO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

En la presente investigación se realizó ensayo de muestreo de mezcla y asentamiento del concreto, los procedimientos de ensayo mencionados son aplicadas en todos los diseños de mezcla 0 %, 5 %, 8 % y 11 %, cabe indicar que en los tres últimos diseños se adicionaron material PET reciclado en diferentes porcentajes, para realizar los ensayos se tomó como guía Manual de Ensayo de Materiales, NTP y las normas del ASTM.

- **Ensayo de asentamiento (SLUMP)**, fue realizado bajo procedimientos de la Norma Técnica Peruana 339.035 (CONCRETO) y ASTM C 143, para los cuatro diseños de mezcla, el método empleado es ensayo de “Cono de Abrams” – “Slump” que muestra el asentamiento de la mezcla cuya medición está establecida en pulgadas o en centímetros, los procedimientos a seguir son:

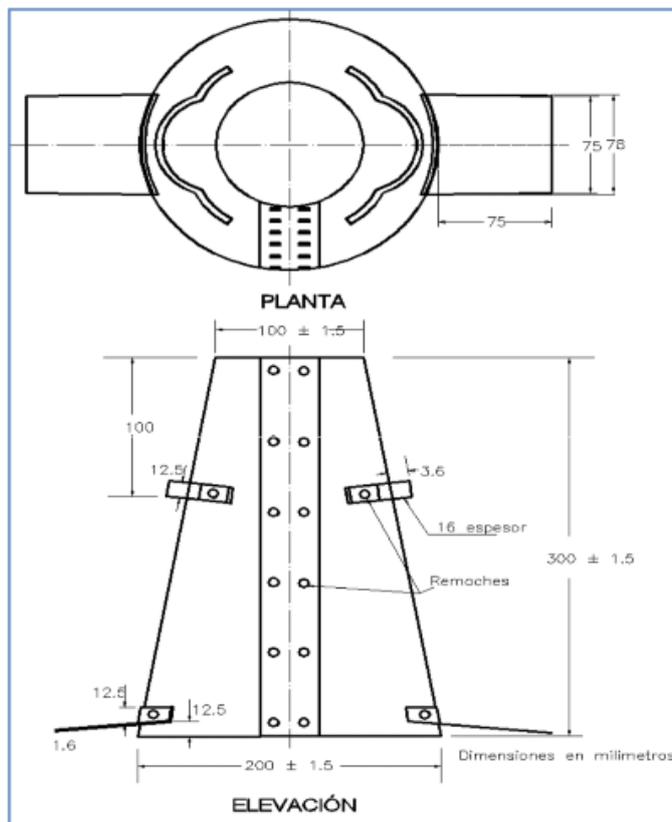
Equipos

- **Molde**, metálico con espesor de lámina no menores a 1,14 mm (0,045”), su forma debe ser como un cono y presentar una superficie lateral de unas dichas medidas serán 203 ± 2 mm ($8" \pm 1/8"$) de diámetro en la base mayor es, 102 ± 2 mm ($4" \pm 1/8"$) de diámetro en la base menor y 305 ± 2 mm ($12" \pm 1/8"$) de altura. Las bases deben ser abiertas,

paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar provisto de agarraderas y de dispositivos para sujetarlo con los pies (MTC – 2017), ver figura 11.

- **Varilla compactadora**, Debe ser de acero liso, en forma de cilindro de 16 mm (5/8") de diámetro y de longitud aproximada de 60 cm (24"); el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm (5/16").

Figura 12
Molde para medir el asentamiento



Fuente: Manual de ensayo de materiales – MTC -2017

Procedimiento

- Antes de ser usado el molde será humectado y ser coloca sobre una superficie plana horizontal, rígida, húmeda mismo que no es absorbente, seguidamente se pasa a sujetar firmemente con los pies al apoyo exterior del molde y se llena la muestra de concreto en tres

capas, cada capa debe ocupar un tercio volumen del molde, aproximadamente.

- Una vez llena la primera capa debe ser compactada con 25 golpes usando la varilla de acero indicado anteriormente, dichos golpes estarán repartidos uniformemente sobre toda la sección del cono.
- Al momento de llenar las capas superiores se debe tener la certeza de haber compactado la capa inferior y luego recién apilar concreto sobre la capa anterior compactada. Al llegar a la última capa se debe tener cuidado que este lleno y que no se asiente excesivamente el concreto, si en caso ocurre que la capa adicionada se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde, luego se pasa compactar la última capa y proceder a enrazar al ras de la base superior del molde, seguidamente el molde es retirado alzándolo cuidadosamente hacia arriba. El alzado del molde debe durar un tiempo aproximado de 5 ± 2 segundos, el movimiento del molde debe ser uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento de torsión al concreto, (MTC – 2017),
- Una vez retirado el molde inmediatamente se mide el asentamiento, para la medición se coloca el molde al costado de la muestra y sobre ella se coloca una regla que sirve de base para determinar la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior de la muestra.

Figura 13
Medición de asentamiento



- En la investigación se procedió conforme a lo indicado por el Manual de Ensayo de Materiales MTC – 2017; donde indica, cuando el concreto presenta asentamientos que están por debajo de 15mm (1/2”) no presentas una adecuada plasticidad, así mismo los concretos que presenten asentamientos superiores a 230 mm (9”) estos concretos muestran que no tienen una adecuadamente cohesión, la tabla 21 indica los valores de asentamiento de los cuatro diseños de mezcla.
- La tabla 21 presenta los valores de asentamiento medidas en pulgadas y centímetros de cada diseño de mezcla, donde se observa al diseño patrón que tiene menor valor (4.53”) comparado con los demás diseños, como se puede indicar también que, al incrementar la cantidad de PET, el concreto fresco tiende a aumentar su asentamiento, sin embargo, los valores mostrados se ubican en el rango por establecido Manual de Ensayos de Materiales, estos resultados muestran que se tiene concretos con buena consistencia.

Tabla 21
Valores de asentamiento del concreto

Diseños	Asentamiento (Pulgadas)	Asentamiento (cm)
0% Diseño Patrón	4.53	11.50
5 PET	4.55	11.56
8 PET	4.59	11.65
11 PET	4.63	11.75

- **Elaboración de probetas cilíndricas**, para el procedimiento de elaboración se respetó la Norma Técnica Peruana 339.036 – 2017 “Práctica Normalizada”, esta práctica se realiza con el objeto de tener muestras representativas de concreto fresco y ver el cumplimiento los requisitos de calidad de este como la trabajabilidad, uniformidad de consistencia y eficiencia del mezclador.

Se puede observar en la figura 13 la muestra representativa del diseño patrón 0%, al ser manipulada presentó las condiciones favorables indicados en la NTP 339.036, buena consistencia presentando un asentamiento de 4.53” es decir presentó uniformidad en el proceso mezclado dicho valor se encuentra dentro del parámetro establecido por la NTP 339.035, así mismo se puede decir de los demás diseños de mezcla incorporado material PET 5 %, 8 % y 11 %, también presentaron las mismas características que el diseño patrón.

Por otro lado, para la elaboración de las probetas cilíndricas, indica la norma que las muestras deberán tener como mínimo 28 L (1 pie³); así mismo, se tendrá los cuidados para obtener muestras realmente representativas.

Figura 14

Muestra representativa de diseño de mezcla



Moldes (Manual de Ensayo de Materiales – 2017)

- Por lo general los moldes son de acero, hierro que absorbe el contenido de humedad del concreto fresco, que no reaccione con los componentes del concreto (agregados, cemento, agua) Los moldes de

ensayo no tienen por qué ser modificados sus dimensiones al momento de ser usado en condiciones severas.

- Barra de acero liso que sirve para compactar, esta debe ser recta 16 mm (5/8 pulg) de diámetro, y tener una longitud 60 cm aproximadamente, como también debe presentar una punta semiesférica.
- Comba de goma debe tener un peso aproximado de 600 g.
- Cucharón de muestreo y espátula de albañilería

Procedimiento

- La preparación de las probetas debe tardar más tarde de diez minutos después del muestreo y debe estar ubicado zonas que exista vibraciones.
- En el proceso de llenado de las probetas debe evitarse la segregación, es importante también que el concreto vertido con la cuchara al llenarse, la misma que se moverá alrededor del borde superior del molde.
- Antes de ser llenado los moldes se procederá a homogenizar toda la mezcla de la muestra que se encuentra en la mezcladora o recipiente de mezclado, luego se llena de inmediato al molde formando una capa hasta la tercera parte de su altura, y a continuación se procede a compactar de manera enérgica con la barra de acero haciendo un total de 25 golpes de forma vertical y uniformemente repartidos en toda la sección, comenzando por el borde y terminando en el centro.
- El proceso anteriormente indicado se repite en las dos capas siguientes, de manera que la barra de acero penetre hasta llegar a la capa precedente sin pasar a más de 1 pulg. En la última etapa del proceso se excede el llenado de mezcla para luego compactar y enrasar al tope.

- Luego de ser llenado las capas, se procederá a golpear ligeramente todo el borde el molde, para este proceso se utiliza el martillo de goma establecido, esto también ayuda a expulsar los vacíos que existe dentro del concreto.
- Otros puntos a considera; antes de ser llenado el concreto a los moldes estas estarán sobre una superficie horizontal completamente nivelada y al mismo tiempo rígida fuera de vibraciones, todas probetas serán protegidos del viento y del sol o otros agentes que pueden perjudicar.
- Los primeros 24 h después del moldeo, son almacenadas todas las probetas bajo condiciones que mantengan la temperatura ambiente entre 16 °C y 27 °C y que prevengan toda perdida de humedad.

Figura 15
Probetas cilíndricas después del llenado



Se puede observar en la figura 14, las probetas cilíndricas en estado fresco, para su obtención y manipulación se abordó bajo los procedimientos antes indicados.

- Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas

Objetivos

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto con adición de polietileno de tereftalato así mismo comparar el comportamiento de los resultados con respecto al diseño patrón.

Instrumentos

- Maquina hidráulica para ensayo de compresión
- Balanza aproximación 0.1g
- Otros equipos de laboratorio

Procedimiento

- Se tuvo una población total de 180 probetas los cuales fueron sometidas a prueba de resistencia a la compresión mediante una maquina hidráulica correctamente calibrada y manipulada por el técnico laboratorista, para las pruebas se separaron en tres grupos:
 - Ensayo a los 7 días de edad
 - Ensayo a los 14 días de edad
 - Ensayo a los 28 días de edad

Figura 16

Fotografía se ensayó de compresión



Una vez sometida a prueba se pasó a tomar lectura (ver ANEXO 4) para su respectivo análisis e interpretación.

Análisis de información

Para el procesamiento de información se empleó el software SPSS, Excel entre otros, en cuanto al análisis estadístico y la prueba de contrastación de hipótesis fue necesario realizar la prueba de normalidad con Shapiro Wilk de donde se determina que los datos presentan estadística no paramétrica, como también para el análisis de variancia de la resistencia a comprensión, a los 7, 14 y 28 días se aplicó según Kruskal-Wallis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. PRUEBA ESTADÍSTICA DE NORMALIDAD

En el Tabla 22, se presenta los resultados de la prueba estadística Shapiro – Wilks, para la variable resistencia a compresión en los diseños de mezcla (Diseño patrón al 0 %, PET al 5 %, PET al 8 % y PET al 11 %).

Tabla 22

Prueba de distribución normal según Shapiro – Wilks, para la resistencia a compresión en los diseños de mezcla.

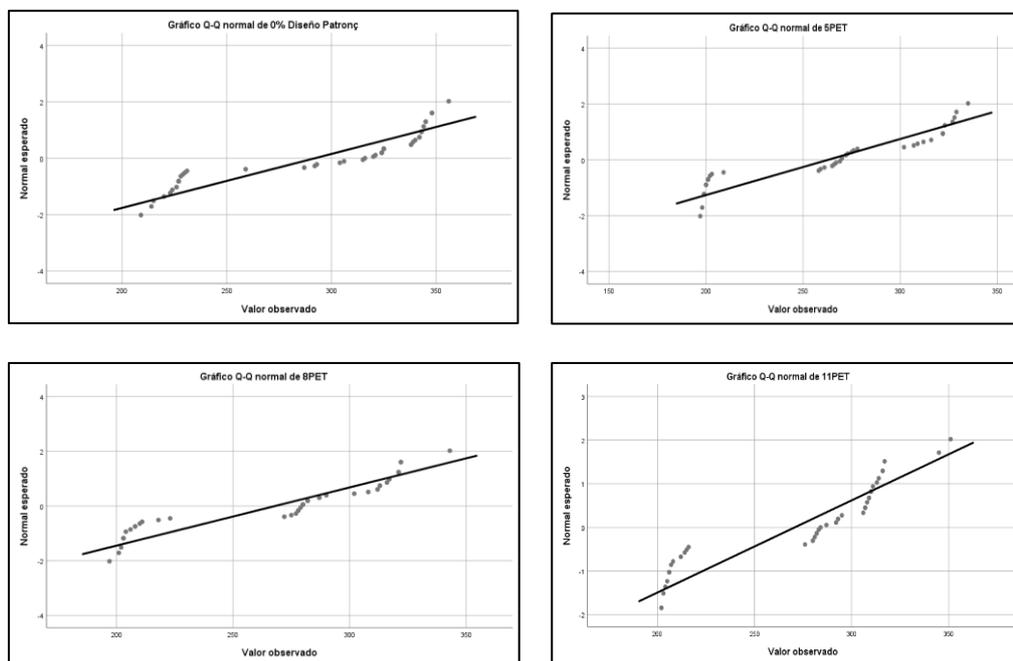
Diseño	Estadístico	n	P-value
0% Diseño Patrón	0,820	45	0,04
5 PET	0,856	45	0,000
8 PET	0,855	45	0,000
11 PET	0,837	45	0,000

Se observa, que la variable en estudio no presenta distribución normal a un nivel del 1 % de significancia (P-value = 0,000), en cada diseño de mezcla. Estos resultados nos permitieron realizar la prueba estadística no paramétricas, correspondiente.

En la figura 16, se puede observar la separación de los datos de resistencia a compresión, respecto a la línea promedio de la distribución normal, los datos no presentan distribución normal, en los cuatro diseños de mezcla evaluados (diseño patrón al 0 %, PET al 5 %, PET al 8 % y PET al 11 %). Estos resultados coinciden con los obtenidos en la prueba estadística de Shapiro – Wilks (tabla 22).

Figura 17

Distribución normal de la variable en estudio resistencia a comprensión, para los cuatro diseños de mezcla, Patrón (0 %), PET (5 %), PET (8 %) y PET (11 %).



4.1.2. PRUEBA DE ANOVA PARA COMPARACIÓN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA

En el Tabla 23, se presenta el análisis de la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis, para la resistencia a comprensión a los 7, 14 y 28 días, en los diseños de mezcla (diseño patrón al 0 %, PET al 5 %, PET al 8 % y PET al 11 %).

Tabla 23

Análisis de variancia según Kruskal-Wallis, para resistencia a comprensión, a los 7, 14 y 28 días, en los diseños de mezcla evaluadas.

Edad	H de Kruskal-Wallis	gl.	P-value
Resistencia_7_días	41.437	3	0.000
Res_14_días	40.579	3	0.000
Res_28_días	29.062	3	0.000

Se observa, que la resistencia a comprensión evaluada presenta diferentes comportamientos en las edades de 7, 14 y 28 días, mostrando alta significación estadística.

En el Tabla 24, se presenta los resultados de la media, intervalos de confianza al 95% de resistencia a comprensión en kg/cm², para los 7, 14 y 28 días, en cada diseño de mezcla (diseño patrón al 0 %, PET al 5 %, PET al 8 % y PET al 11 %).

Tabla 24

Media, intervalos de confianza al 95% de confianza, para la resistencia a comprensión en kg/cm², a los 7, 14 y 28 días, para los diseños de mezcla.

Edad	Diseños	n	Media kg/cm²	Límite inferior	Límite superior
RES_7_DIAS	0% Diseño Patrón	15	223.80	220.21	227.39
	5% de PET	15	200.47	198.90	202.03
	8% de PET	15	206.67	202.93	210.40
	11% de PET	15	207.87	205.24	210.50
RES_14_DIAS	0% Diseño Patrón	15	309.07	298.47	319.67
	5% de PET	15	268.60	265.27	271.93
	8% de PET	15	280.33	277.71	282.96
	11% de PET	15	288.07	282.87	293.27
RES_28_DIAS	0% Diseño Patrón	15	343.60	341.04	346.16
	5% de PET	15	319.87	314.87	324.87
	8% de PET	15	317.33	312.29	322.38
	11% de PET	15	316.20	308.80	323.60

Se puede ver que el diseño patrón (0 %) presentó mayor promedio a los 7, 14 y 28 días, con 223.8 kg/cm², 309.07 kg/cm² y 343.6 kg/cm² respectivamente; comparado al PET (5 %), que presentó el menor promedio a los 7 y 14 días con 200.47 kg/cm² y 268.6 kg/cm² respectivamente; presentando un incremento a los 28 días en 319.87 kg/cm².

Dentro de las evaluaciones referente a las medidas de resistencia a compresión (kg/cm²), para los 7, 14 y 28 días, en cada diseño de mezcla, de modo general se puede observar que el diseño patrón (0 %) fue el que presentó mayor promedio referentes a los días de evaluación; mostrando diferencias estadísticas significativas.

La Tabla 25, se presenta los valores de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis, en la variable en estudio, resistencia a compresión en kg/cm², evaluada en los cuatro diseños de mezcla (Diseño patrón 0 %, 5 PET, 8 PET y 11 PET), durante todo el experimento.

Tabla 25

Análisis de Variancia según Kruskal-Wallis, para resistencia a la compresión total

H de Kruskal-Wallis	Resistencia a compresión	GI	P-value.
Edad a 28 días	16,771	3	0,0010

Se puede observar que los diseños evaluados, presentan diferentes comportamientos, mostrando alta significación estadística.

4.1.3. PRUEBA DE COMPARACIÓN MEDIANTE PROMEDIOS

A través del análisis de los datos para este ítem se presentan la Tabla 26, y la figura 18, donde en la presenta tabla se manifiestan los resultados de la media, intervalos de confianza al 95 % de resistencia a compresión total en kg/cm², ya en la figura mencionada solo se observan los promedios totales para la resistencia a compresión en kg/cm², en cada diseño de mezcla evaluada.

Tabla 26

Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza, de la resistencia a compresión total en kg/cm², para los diseños de mezcla

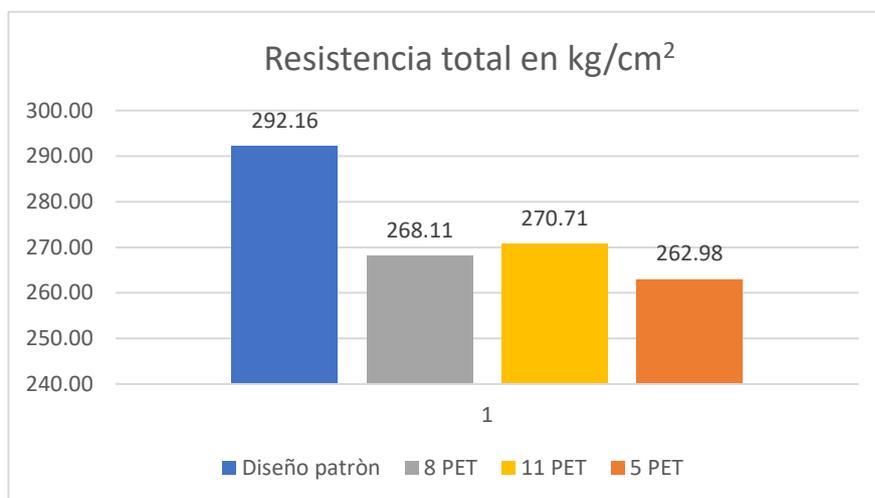
Diseños	Edad	Media de resistencia en kg/cm²	Límite inferior	Límite superior
Diseño patrón	28	292.16	276.46	307.85
5 PET	28	262.98	248.00	277.96
8 PET	28	268.11	253.98	282.24
11 PET	28	270.71	256.47	284.95

Se observa que el diseño patrón (0 %) presentó mayor resistencia en promedio con 292.16 kg/cm², con intervalos de confianza para la verdadera media que varía entre 276.46 y 307.85 kg/cm² respectivamente; seguido del 11 % de PET que alcanzó 270.71 kg/cm², con intervalos de confianza para la verdadera media que varía entre 256.47 y 284.95 kg/cm²; continuado con el 8 % de PET se obtuvo un promedio de 268.11 kg/cm², con intervalos de confianza para la verdadera media que varía entre 253.98 y 282.24 kg/cm². Uno de los diseños que tuvo el más bajo promedio de resistencia fue el diseño del 5 % PET con 262.98 kg/cm², con intervalos de confianza para la verdadera media que varía entre 248.00 y 277.96 kg/cm².

En la figura 18, se observa que el diseño patrón (0 %) > 11 % de PET > a 8 % de PET > 5 % de PET

Figura 18

Promedio total para la resistencia a compresión en kg/cm², en cada diseño de mezcla evaluada



4.1.4. COMPORTAMIENTO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN LOS CONCRETO CON ADICIÓN DE PET

a) Resistencia con adición de 0 % (diseño patrón)

La Tabla 27, se presenta la media y los intervalos de confianza al 95 % de la resistencia a compresión en kg/cm² encontrados en el diseño patrón al 0 %, evaluados en 15 muestras, a la edad de 7, 14 y 28 días.

Tabla 27

Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza para la resistencia a compresión en el diseño patrón al 0 %

DISEÑO	Edad (Días)	Media Kg/cm ²	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Diseño patrón al 0%	0	0.00	0.00	0.00
	7	223.80	220.21	227.39
	14	309.07	298.47	319.67
	28	343.60	341.04	346.16

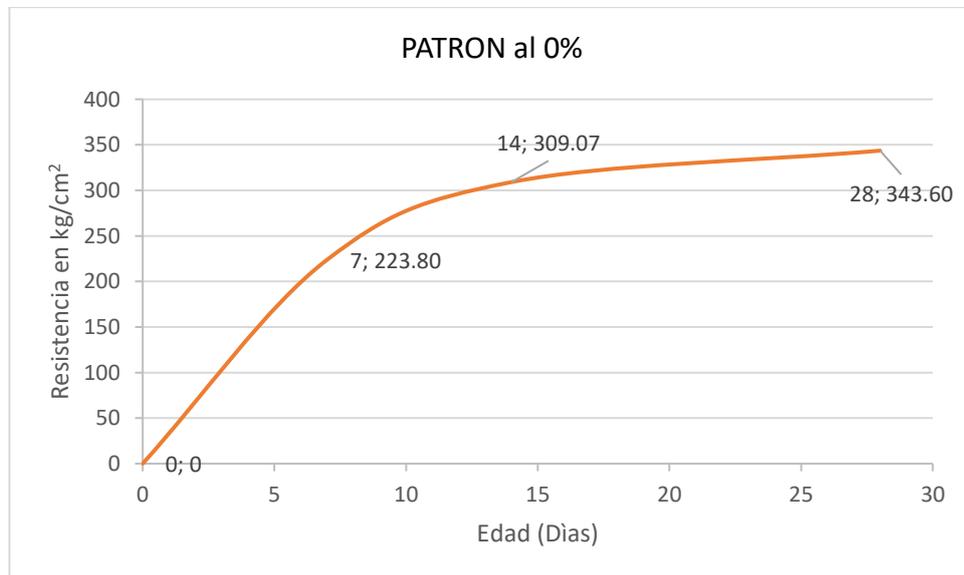
A los 7 días presentó una media de 223.8 kg/cm² con intervalos confianza que puede fluctuar entre 220.21 kg/cm² y 227.39 kg/cm², ya

para los 14 días la media se aumentó a 309.07 kg/cm² con intervalos confianza, que oscilan entre 298.47 kg/cm² y 319.67 kg/cm², finalmente para los 28 días se obtuvo una media de 343.61 kg/cm² con intervalos confianza que fluctúan entre 341.04 kg/cm² y 346.16 kg/cm².

Así mismo para complementar el entendimiento de la resistencia a la compresión en base a las medias, la figura 19 muestra su evolución en relación con los días de evaluación ya planteado.

Figura 19

Evolución de la resistencia a compresión kg/cm² en el diseño patrón al 0% a los 0, 7, 14 y 28 días



Se observa que la resistencia, presentó un incremento logarítmico, donde a los 7 días logro 223.8 kg/cm², a los 14 días presento 309.07 kg/cm² y a los 28 días mostró 343.6 kg/cm².

b) Resistencia con adición de 5 % PET

La Tabla 28, presenta la media y los intervalos de confianza al 95% de la resistencia a compresión en kg/cm² encontrados en PET al 5%, estimados en 15 muestras, a la edad de 7, 14 y 28 días.

Se observa que a los 7 días presentó una media de 200.47 kg/cm² con intervalos confianza que puede fluctuar entre 198.9 kg/cm² y 202.03 kg/cm². A los 14 días la media se aumentó a 268.6 kg/cm² con intervalos confianza, que oscilan entre 265.27 kg/cm² y 271.93 kg/cm². A los 28 días se obtuvo una media de 319.87 kg/cm² con intervalos confianza que fluctúan entre 314.87 kg/cm² y 324.87 kg/cm².

Tabla 28

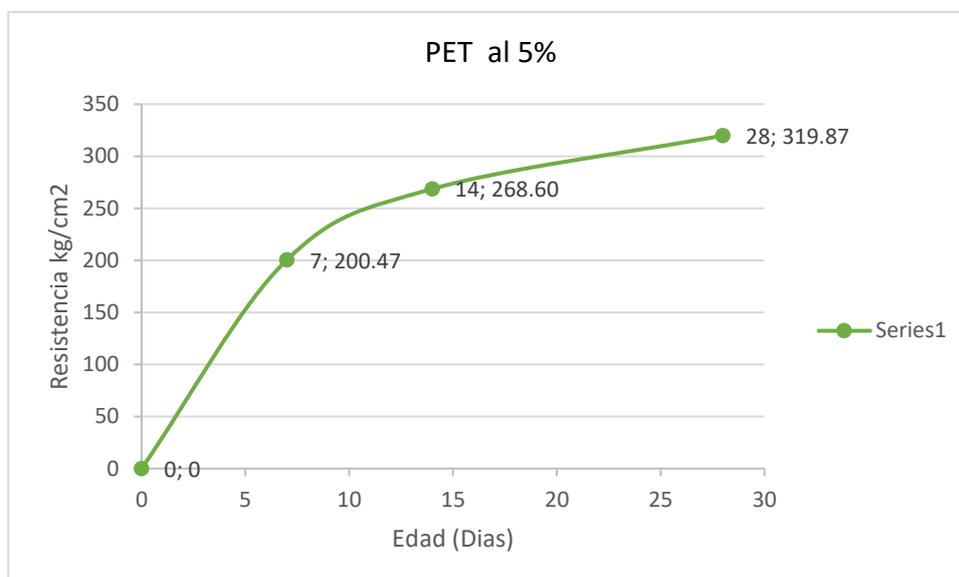
Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza para la resistencia a compresión en el PET al 5 %

Diseño	Edad (días)	Media	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
PET al 5%	0	0.00	0.00	0.00
	7	200.47	198.90	202.03
	14	268.60	265.27	271.93
	28	319.87	314.87	324.87

Así mismo para complementar el entendimiento de la resistencia a la compresión en base a las medias, la figura 20 muestra su evolución en relación con los días de evaluación ya planteado.

Figura 20

Evolución de la resistencia a compresión kg/cm² en el PET al 5% a los 0, 7, 14 y 28 días



Se observa que la resistencia que presentó un incremento logarítmico, donde a los 7 días logro 200.47 kg/cm², a los 14 días presento 268.6 kg/cm² y a los 28 días mostró 319.87 kg/cm².

c) Resistencia con adición de 8 % PET

La Tabla 29, se presenta la media y los intervalos de confianza al 95 % de la resistencia a compresión en kg/cm² encontrados en PET al 8 %, estimados en 15 muestras, a la edad de 7, 14 y 28 días.

Se observa que a los 7 días presentó una media de 206.67 kg/cm² con intervalos confianza que puede fluctuar entre 202.93 kg/cm² y 210.4 kg/cm². A los 14 días la media se aumentó a 280.33 kg/cm² con intervalos confianza, que oscilan entre 277.71 kg/cm² y 282.96 kg/cm². A los 28 días se obtuvo una media de 317.33 kg/cm² con intervalos confianza que fluctúan entre 312.29 kg/cm² y 322.38 kg/cm².

Tabla 29

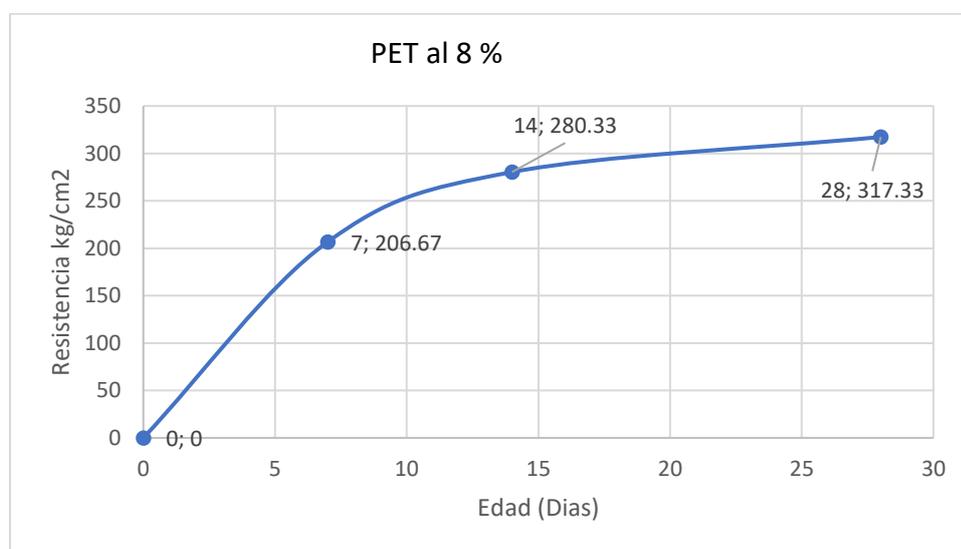
Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza para la resistencia a compresión en el PET al 8 %

DISEÑO	EDAD (Días)	Media	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
PET al 8%	0	0.00	0.00	0.00
	7	206.67	202.93	210.40
	14	280.33	277.71	282.96
	28	317.33	312.29	322.38

Así mismo para complementar el entendimiento de la resistencia a la compresión en base a las medias, la figura 21 muestra su evolución en relación con los días de evaluación ya planteados.

Figura 21

Evolución de la resistencia a compresión kg/cm² en el PET al 8% a los 0, 7, 14 y 28 días



Se observa que la resistencia, presentó un incremento logarítmico, donde a los 7 días logro 206.67 kg/cm², a los 14 días presento 280.33 kg/cm² y a los 28 días mostró 317.33 kg/cm².

Resistencia con adición de 11% PET

La Tabla 30, se presenta la media y los intervalos de confianza al 95 % de la resistencia a compresión en kg/cm² encontrados en PET al 8 %, estimados en 15 muestras, a la edad de 7, 14 y 28 días.

Se observa que a 7 días presentó una media de 207.87 kg/cm² con intervalos confianza que puede fluctuar entre 205.24 kg/cm² y 210.4 kg/cm². A los 14 días la media se aumentó a 288.07 kg/cm² con intervalos confianza, que oscilan entre 282.87 kg/cm² y 293.27 kg/cm². A los 28 días se obtuvo una media de 316.20 kg/cm² con intervalos confianza que fluctúan entre 308.8 kg/cm² y 323.6 kg/cm².

Tabla 30

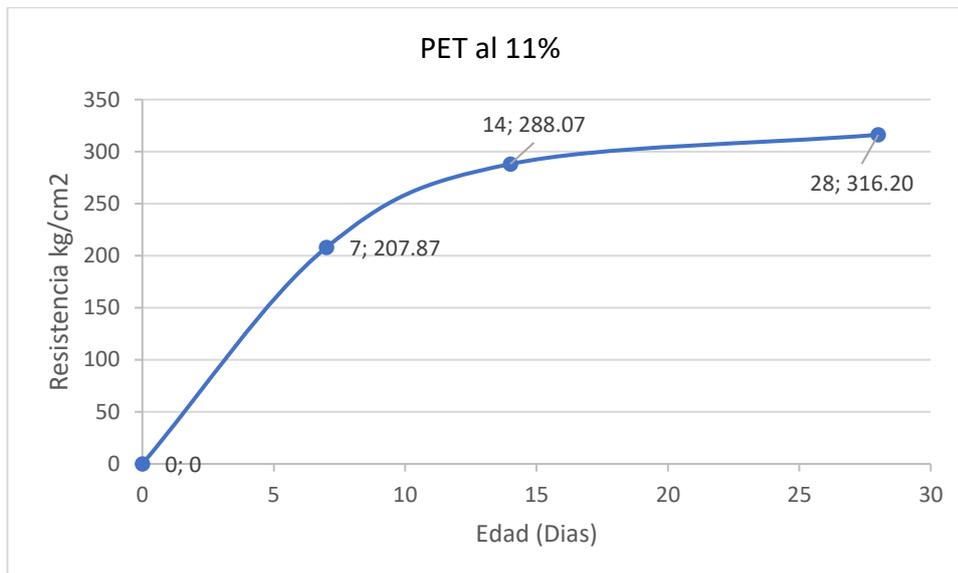
Media, intervalos de confianza al 95 % de confianza para la resistencia a compresión en el PET al 11 %

Diseño	Edad (Días)	Media	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
PET al 11%	0	0.00	0.00	0.00
	7	207.87	205.24	210.50
	14	288.07	282.87	293.27
	28	316.20	308.80	323.60

Así mismo para complementar el entendimiento de la resistencia a la compresión en base a las medias, la figura 22 muestra su evolución en relación con los días de evaluación ya planteado.

Figura 22

Evolución de la resistencia a compresión kg/cm² en el PET al 11% a los 0, 7, 14 y 28 días



Se observa que la resistencia, presentó un incremento logarítmico, donde a los 7 días logro 206.67 kg/cm², a los 14 días presento 280.33 kg/cm² y a los 28 días mostró 317.33 kg/cm².

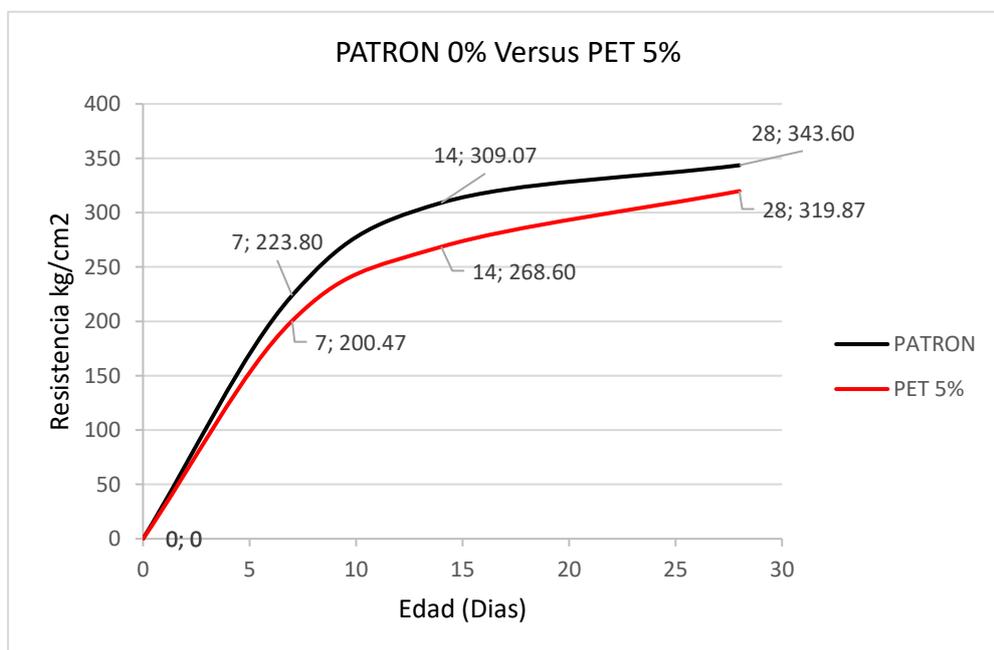
4.1.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

a) Resistencia entre el diseño patrón al 0 % versus PET al 5 %

A través del análisis comparativo entre ambos diseños de mezcla se busca visualizar si existe una diferenciación respecto a la evolución de su respectiva resistencia a la compresión (Figura 23)

Figura 23

Comparación de evolución de la resistencia a la compresión kg/cm^2 entre el diseño Patrón al 0 % versus el PET al 5 % a los 0, 7, 14 y 28 días



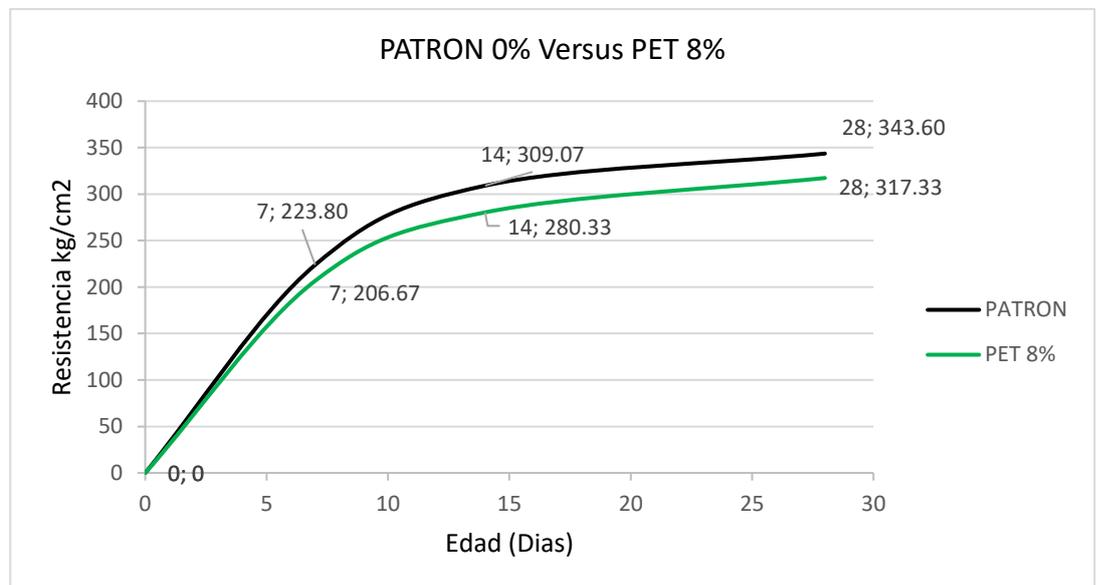
Se observa una marcada diferencia, entre ambos diseños evaluados. El diseño patrón al 0 % presentó mayor resistencia en los días de evaluación, alcanzando en promedio valores de 223.80 kg/cm^2 , 309.07 kg/cm^2 , y 343.60 kg/cm^2 . Mientras que el PET al 5 % obtuvo en promedio valores de resistencia inferiores con 200.47 kg/cm^2 , 268.60 kg/cm^2 y 319.87 kg/cm^2 , respectivamente.

b) Resistencia entre el diseño patrón al 0 % versus PET al 8 %

A través del análisis comparativo entre ambos diseños de mezcla se busca visualizar si existe una diferenciación respecto a la evolución de su respectiva resistencia a la compresión (Figura 24)

Figura 24

Comparación de evolución de resistencia a compresión kg/cm^2 entre el diseño Patrón al 0 % versus el PET al 8 % a los 0, 7, 14 y 28 días



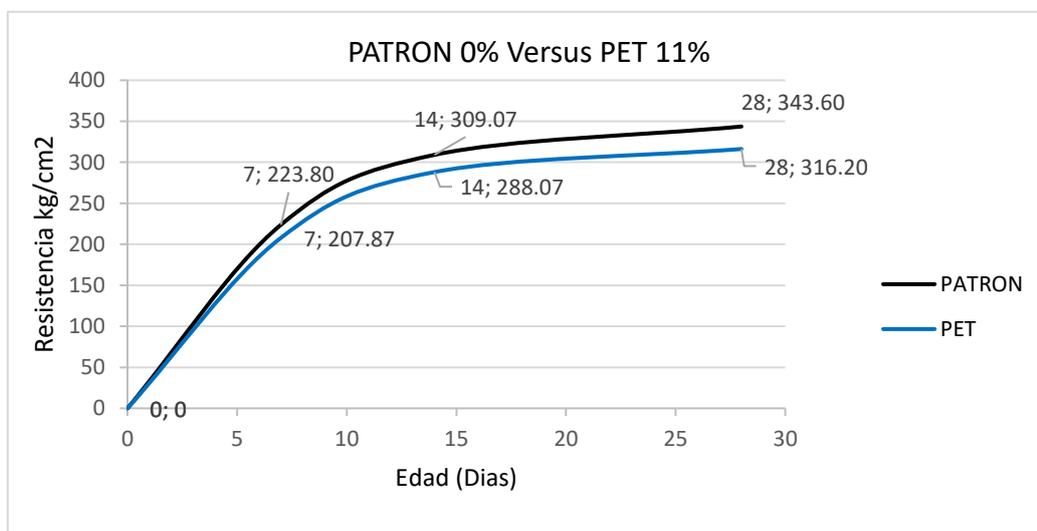
Se observa en ambos diseños evaluados existe diferenciación, siendo el diseño patrón al 0 % el que presenta mayor resistencia en los días de evaluación, alcanzando en promedio valores de 223.80 kg/cm^2 , 309.07 kg/cm^2 , y 343.60 kg/cm^2 . Mientras que el PET al 8 % obtuvo en valores de resistencia inferiores con 206.67 kg/cm^2 , 280.33 kg/cm^2 y 317.33 kg/cm^2 , respectivamente.

c). Resistencia entre el diseño patrón al 0 % versus PET al 11 %

A través del análisis comparativo entre ambos diseños de mezcla se busca visualizar si existe una diferenciación respecto a la evolución de su respectiva resistencia a la compresión (Figura 25)

Figura 25

Comparación de evolución de resistencia a compresión kg/cm^2 entre el diseño Patrón al 0 % versus el PET al 11 % a los 0, 7, 14 y 28 días



En la presente figura se observa que el diseño patrón 0 % continúa presentando mayor resistencia en relación con los días de evaluación (7, 14 y 28), mediante los siguientes valores 223.80 kg/cm^2 , 309.07 kg/cm^2 , y 343.60 kg/cm^2 respectivamente, mientras que el PET al 11 % obtuvo en promedio valores de resistencia inferiores con 207.87 kg/cm^2 , 288.07 kg/cm^2 y 316.20 kg/cm^2 .

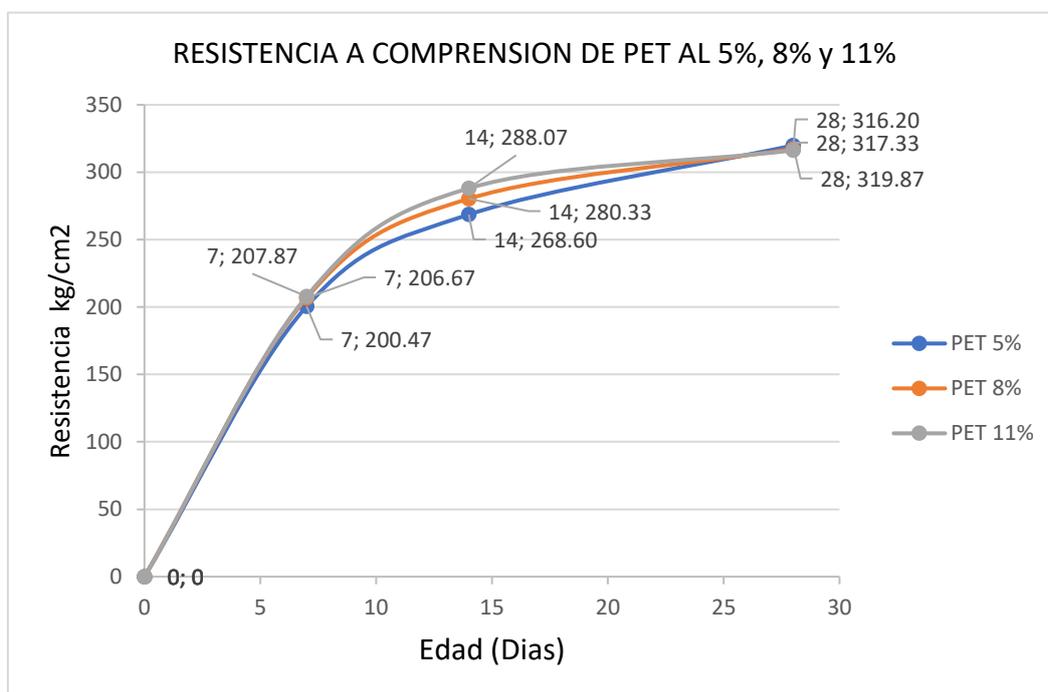
d) Análisis comparativo de resistencia a la compresión entre los PETs

Mediante este análisis se presenta la variación y evolución entre los PET al 5 %, 8 % y 11 % (Figura 26).

De modo general se observa que no existen diferencias, entre los tres PETs, por presentar promedios muy similares en los días de evaluación (7, 14 y 28), cabe resultar que existe un sutil despliegue de valores al día 14 de evaluación en relación con los otros dos días (7 y 28), donde la resistencia a la compresión se encuentra en forma decreciente para 11 %, 8 % y 5 % a través de los valores 288.07 kg/cm^2 , 280.33 kg/cm^2 y 268.60 kg/cm^2 , respectivamente

Figura 26

Comparación de evolución de resistencia a compresión kg/cm² entre el PET al 5 %, 8 % y 11 % a los 0, 7, 14 y 28 días



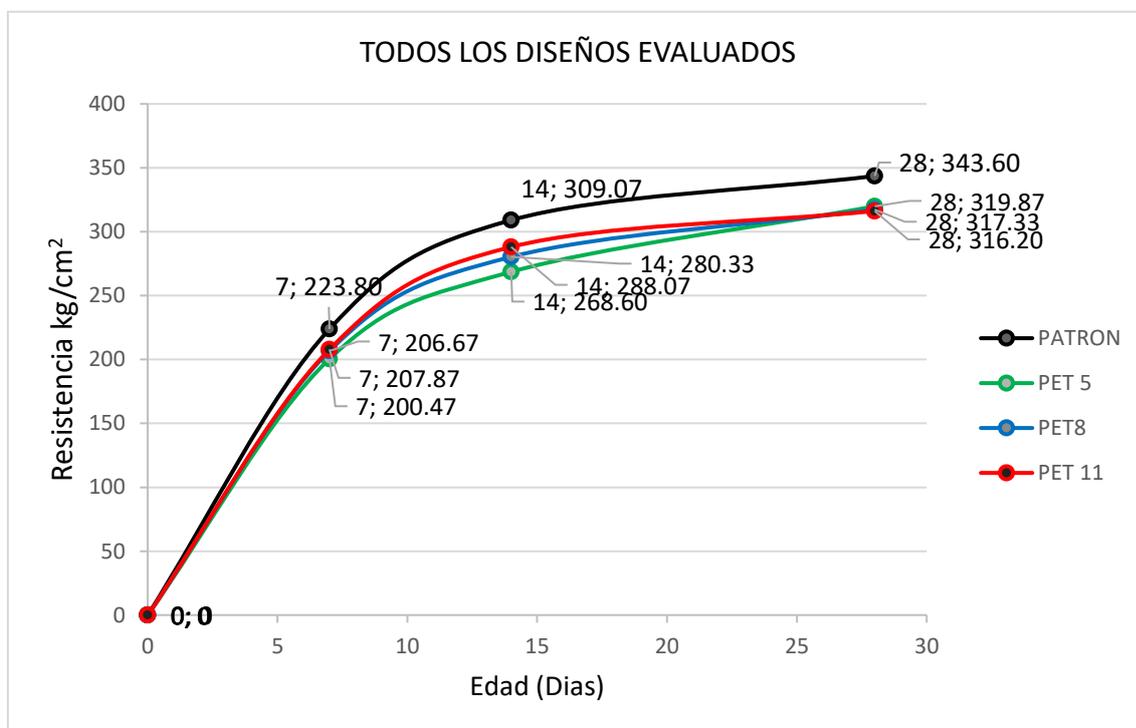
Análisis de compresión de resistencia para todos los diseños

Mediante este análisis se presenta la variación y evolución de todos los diseños estudiados (Patrón al 0 % y los PET al 5 %, 8 % y 11 %), en relación de días de evaluación (0, 7, 14 y 28) mayores detalles se observa en la figura 27.

De modo general se observa que el diseño patrón 0 % tiene una mayor diferenciación en relación con los diseños PET, la tendencia de evolución entre todos los diseños son progresivos en los días de evaluación.

Figura 27

Comparación de evolución de resistencia a compresión kg/cm^2 para todos diseños. Patrón al 0 % PET, al 5 % PET al 8 % y PET al 11 % a los 0, 7, 14 y 28 días



4.1. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.1.6. HIPÓTESIS DE DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS DATOS DE RESISTENCIA.

Para la realización de la prueba de la hipótesis fue fundamental determinar primero el procedimiento estadístico a ser usado, indicando que la variable es numérica, por tanto, fue necesario realizar la prueba estadística de normalidad de los datos, constatando que la estadística es no paramétrica

En la tabla 31 se puede observar que existe una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk que son para muestras menores de 50 datos, cabe indicar que las muestras en estudio por cada porcentaje 0 %, 5 %, 8 % y 11 % de PET son en total 45 datos de los cuales son distribuidos en partes iguales para ser evaluados a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 31

Prueba de distribución normal según Shapiro – Wilks, para la resistencia a compresión en los diseños de mezcla

Diseño	Estadístico	n	P-value
0% Diseño Patrón	0,820	45	0,04
5 PET	0,856	45	0,000
8 PET	0,855	45	0,000
11 PET	0,837	45	0,000

- **Ítems para la interpretación:**

$\alpha = 0.05$ nivel de significación

P-valor $\geq \alpha$ entonces los datos corresponden de una distribución normal

P-valor $\leq \alpha$ entonces los datos NO corresponden de una distribución normal

Interpretación

- ✓ El P-value de 0 % PET (diseño patrón) a los 28 días de edad es igual a 0.04. es menor que 0.05, significa que los datos NO corresponden de una distribución normal, por tanto, se aplica procedimiento no paramétrico en su análisis.
- ✓ El P-value de 5 % PET a los 28 días de edad igual a 0.00. es menor que 0.05, es significa que los datos NO corresponden de una distribución normal, por tanto, se aplica procedimiento no paramétrico en su análisis.
- ✓ El P-value de 8 % PET a los 28 días de edad es igual a 0.00. es menor que 0.05, es decir que los datos NO corresponden de una distribución normal, por lo cual se aplica procedimiento no paramétrico en su análisis.
- ✓ El P-value de 11 % PET reciclado a los 28 días de edad es igual a 0.00. es menor que 0.05, es decir que los datos NO corresponden de

una distribución normal, por lo cual se aplica procedimiento no paramétrico en su análisis.

Por tener en cada uno de los casos, que NO corresponden a una distribución normal la prueba concuerda a la hipótesis planteada, por consiguiente, utilizaremos para la contratación de datos H de Kruskal-Wallis para muestras relacionadas de comparación.

4.2. CONTRASTACIÓN HIPÓTESIS

4.2.1. HIPÓTESIS NULA

H0: El diseño de mezcla de concreto simple incorporado material PET reciclado con 5 %, 8 % y 11 % **NO** influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto superiores a $F'c = 175\text{kg/cm}^2$.

4.2.2. HIPÓTESIS ALTERNANTE

Ha: El diseño de mezcla de concreto simple incorporado material PET reciclado con 5 %, 8 % y 11 % influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto superiores a $F'c = 175\text{kg/cm}^2$.

En tabla 32 se presenta los resultados de la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis, para la resistencia a compresión de los diseños de mezcla (diseño patrón al 0%, PET al 5 %, PET al 8 % y PET al 11 %).

Tabla 32

Análisis de variancia según Kruskal-Wallis, para resistencia a compresión, de los diseños de mezcla evaluadas

	H de Kruskal-Wallis	gl	P-value
0% PET – 5% PET	41.437	3	0.000
0% PET – 8% PET	40.579	3	0.000
0% PET - 11% PET	29.062	3	0.000

En la tabla 32, los resultados indican que se logró demostrar la hipótesis alternante con un nivel de significancia de 0.05, con esto se

manifiesta, que al incorporar un porcentaje de PET reciclado al diseño patrón 0 % PET, se conseguirá obtener un concreto con resistencia a la compresión superior a $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, de lo indicado, se puede constatar que los valores de P-value con diseño de mezcla evaluados a través de su análisis de varianza todos poseen un mismo P-value (0.000) los cuales con valores menores que 0.05 razón por la cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternante.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el País según el Ministerio del Ambiente (Minam) solo se recicla 1.9 % del total de residuos sólido reaprovechables; por consiguiente, se convierte en un problema ambiental al provocar la contaminación; pues, el exceso de estos residuos, terminan en las fuentes de agua, contaminándolas al depositarse en los márgenes de los ríos y mares o muchas veces directamente en ellos de manera desordenada; hay que mencionar, además en el suelo cuando son desechados en la calles o terrenos donde se acumulan y estos no se degradan.

En vista a lo anterior, la presente investigación buscó determinar un diseño de mezcla de concreto simple con $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ incorporado a porcentajes de 0 %, 5 %, 8 % y 11 % de material PET reciclado. Si se considera este material como agregado para los diseños de mezcla de concretos simples, este podría aportar no sólo la resistencia requerida para las buenas prácticas en la construcción de edificaciones, así como también nos permitirá reutilizar el material PET; de esta manera estaremos contribuyendo en la disminución de la contaminación por los plásticos, a la vez, se aprovechará estos residuos sólidos (PET) para darle un uso tecnológico y sustentable dentro de la ingeniería.

5.1. CONTRASTACIÓN DE DATOS

5.1.1. RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

Los resultados correspondientes a este objetivo fueron basados en la evaluación de cuatro (4) diseños de mezcla: 0% (diseño patrón sin adición de PET) y con adición de material PET reciclado a un 5 %; 8 % y 11 %, los cuales fueron evaluadas hasta los 28 días según Normativa Técnica Peruana - NTP 339.034, dichos resultados se manifiestan en la tabla N° 26, donde se constata que los valores de resistencia del concreto superan a la propuesta planteada del objetivo general (175 kg/cm^2) con una resistencia de 343.60 kg/cm^2 , 319.87 kg/cm^2 , 317.33

kg/cm² y 316.20 kg/cm² respectivamente en base a los diseños de mezcla, así mismo se manifiesta que a mayores porcentajes adicionados de material PET existe una disminución de resistencia a la compresión.

Resultados semejantes también fueron observados por Quintero y Mahecha (2016), los autores verificaron que a mayor adición del material PET, la resistencia disminuye (adicionan el 10 %, 20 % y 30 %) de material PET, buscando tener una resistencia a la compresión de 215.518 kg/cm² como diseño patrón, donde al adicionar un 10 % PET se obtienen una resistencia de 211.845 kg/cm², así como también a un 20 % (189.803 kg/cm²) y 30% (183.680 kg/cm²); esto quiere decir que independientemente de la forma que es trabajado y/o adicionado el material PET mantiene esa disminución de la resistencia a mayor proporción de PET colocado, ya que Quintero y Mahecha (2016) utilizaron material PET en forma de escama proveniente de una trituración manual y la presente tesis usó un equipo industrial que realiza el proceso de trituración.

A su vez, Carreño (2020), corrobora lo mencionado por Quintero y Mahecha (2016), el cual, informa que al adicionar el material PET al concreto, la resistencia también disminuye progresivamente, dicha manifestación observada por el autor al elaborar diseños de mezcla desde 0.5 % hasta un 20 % de PET reciclado con la finalidad de obtener la resistencia a la compresión aceptable, para conseguir este último depende principalmente de la cantidad y la calidad de cemento que se incorpore, así también relación (a/c) debe oscilar entre 0.45 y 0.50 para un concreto de $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Ante lo manifestado, la presente investigación también se relaciona con lo que verifica Carreño (2020) una la disminución de resistencia a la compresión se da cuando el material PET adicionado aumenta, independientemente de la cantidad y calidad se incorpore y la relación agua cemento ya que Carreño adicionó (350 a 410 kg/m³ de concreto), y en la presente investigación se utilizó la cantidad de 323 kg/m³ (mayores detalles se presentan en la tabla 17)

Es importante resaltar que existen estudios referentes al material PET en forma de escamas en las cuales los autores trabajaron con diferentes proporciones de diseño de mezcla y tamaños de tamiz para clasificar el PET utilizado en dichas investigaciones como las que son Quintero y Mahecha (2016), al utilizar tamiz \varnothing 3/8" (4.760 mm),—así mismo Giraldo y Prieto. (2018), usaron 2 mm y 5 mm; estos autores escogieron este tipo de trituración (formato de escamas) porque permite tener un agregado en capas para adherirse sin problemas con la pasta de cemento por poseer superficies rugosas al igual que un agregado convencional.

Los resultados en dichos trabajos indican que a mayor proporción de material PET menor resistencia independientemente del tipo de tamiz que hayan utilizado para lo cual podemos atribuir una vez más que sin importar el tipo de trituración, y el tamaño de tamiz los resultados se asemejan con lo manifestado en la presente investigación.

5.1.2. RESPECTO A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Morales (2016) evaluó en su investigación la resistencia del concreto en diferentes diseños de mezcla con adición al 5 %, 10 % y 15 % de PET reciclado, teniendo una muestra patrón con 0 % PET, cuyo valor evaluado a los 28 días la resistencia fue 203.96 kg/cm², y la relación agua cemento (a/c) fue 0.70, ya los resultados para los demás diseños con adición de PET presentaron una disminución de resistencia a la compresión de 164.58 kg/cm², 128.31 kg/cm² y 72.48 kg/cm² respectivamente, en vista a lo analizado, el autor manifestó que dichos resultados no alcanzaron a obtener un concreto con $F'c = 175$ kg/cm², este valor es lo que exige la norma NTP, según la norma el valor de exigencia son estipulados para concretos estructurales, sin embargo los valores de la investigación según NTP pueden ser usados para concreto no estructural. por su parte Mas (2018) en su investigación logra demostrar que es posible obtener concreto con buena resistencia a la compresión al adicionar material PET en porcentajes de 5 %, 7 % y 10 %, que tienen valores de 245.90 kg/cm², 217.81 kg/cm², 218.79 kg/cm²

respectivamente, aunque el diseño patrón 0 % PET no llega a ser superado ($F'c = 330.57 \text{ kg/cm}^2$), de esta investigación se puede resaltar que el diseño de 5 % es el que presenta un mejor resultado que se encuentra tan solo a 11.4 % por debajo del concreto patrón, por lo cual los datos del presente autor están por encima de la NTP, al igual que los autores mencionados anteriormente Reyes (2018) llega a una conclusión que la incrementar PET 0.5 %, 1 % y 1.5 % al concreto, la resistencia a la compresión tiende a disminuir progresivamente, desde 407 kg/cm^2 (Diseño patrón) a 394 kg/cm^2 , 380 kg/cm^2 , 377 kg/cm^2 respectivamente con relación agua cemento 0.56 en todos los diseños de mezcla, donde también concluye que al adicionar menor cantidad de PET (0.5 %) se tienen mejor valor en la resistencia, así mismo Márquez (2019) evalúa la resistencia a la compresión adicionando PET las mismas cantidades que Reyes (2018) llega a obtener los siguientes valores; diseño patrón, 0 % PET 288.40 kg/cm^2 , 291.77 kg/cm^2 , 310.38 kg/cm^2 , 294.21 kg/cm^2 , con relación agua cemento 0.56 por lo cual se manifiesta que para ambos autores existe una semejanza de resultados al encontrarse valores altos de lo que establece la norma en estudio.

La presente investigación, en la tabla 26 y figura 26 se muestran el comportamiento del concreto a los 28 días de edad, donde se observa al diseño patrón que toma el mayor valor (343.60 kg/cm^2), comparado a los 3 diseños de mezcla incorporado con PET al 5%, 8% y 11%, mediante los siguientes resultados 319.87 kg/cm^2 , 317.33 kg/cm^2 , y 316.20 kg/cm^2 respectivamente, con relación agua cemento 0.71, con los valores obtenidos se demuestra que si se puede obtener concretos con buena resistencia la compresión al adicionar el material reciclado, cabe mencionar el que más se acerca al diseño patrón es la adición de 5% PET con una diferencia de 6.9%, referente a la norma NTP; mientras tanto Morales (2016) no consigue obtener buena resistencia del concreto con adición de PET, esto ocurre probablemente debido a las características físicas de los agregados que fueron usados en su investigación, se puede mencionar el módulo de finura del agregado grueso 7.64, agregado fino 3.10, mientras que en esta investigación tiene

valores de 6.516 del agregado grueso y 3.033 del fino dichos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.037, esta variación puede hacer que el concreto tenga diferente comportamiento al ser evaluado en estado fresco como también en estado endurecido.

CONCLUSIONES

- Se determinó el diseño de concreto simple incorporado con material PET reciclado en porcentajes de 0 %, 5 %, 8 % y 11 %, donde el objetivo principal fue obtener con dichas adiciones un concreto, el cual tenga una resistencia a la compresión mayor o igual a un ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$), en este estudio se logró obtener diseños de concretos con buena resistencia a la compresión, cuyo valores resultantes superaron a la resistencia base $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, observando que a más adición de material PET reciclado la resistencia a la compresión disminuye sustancialmente.
- Se evaluaron cuatro diseños de mezclas de concreto 0 %, 5 %, 8 % y 11 % de PET donde relación agua cemento (a/c) fue de 0.71, los cuales fueron evaluados a nivel del asentamiento en estado fresco, observando diseño patrón tuvo un asentamiento de 4.53" (11.50 cm), 4.55" (11.56 cm), 4.59" (11.65 cm) y 4.63" (11.75 cm) respectivamente, estos valores obtenidos se encuentran dentro del parámetro establecido por Manual de Ensayo de Materiales que muestra que el concreto posee uniformidad de consistencia plástica y buena trabajabilidad.

Cabe resaltar que el diseño de mezcla con adición de 5 % es el que presentó mejor comportamiento en el asentamiento ya que esto se asemeja más al diseño patrón.

- Se logró demostrar que se puede tener concretos con buena resistencia a la compresión, teniendo como referencia a un diseño patrón con 343.60 kg/cm^2 , sin embargo al incorporar material PET reciclado 5 %, 8 % y 11 %, los valores de resistencia a la compresión decrecieron a 319.87 kg/cm^2 , 317.33 kg/cm^2 , y 316.20 kg/cm^2 respectivamente, según la NTP los concretos con valores mayores a $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ son catalogados como concretos estructurales, esto corrobora a lo que fue encontrado en la presente investigación al trabajar con material PET al 5 %, 8 % y 11 %. De estos tres diseños el que tuvo mejor resultado fue el de 5 %.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda adicionar en pocas cantidades de material PET reciclado al concreto, ya que este material hace que la resistencia a la compresión del concreto decrece.
- Se recomienda utilizar al material PET reciclado de forma triturada con superficies rugosas y que tenga características físicas parecidas al agregado fino ya que esto es importante para la adherencia entre al material PET con la pasta de cemento.
- Se recomienda a seguir investigando con finalidad de obtener mejores resultados proponiendo otros porcentajes de adición de PET al concreto para poder tener mejores índices de factibilidad económica, ya que por ser una tecnología aparentemente nueva y poco común es necesario seguir investigando, siempre en cuando los valores obtenidos de resistencia la compresión esté dentro de lo especificado por la NTP
- Se recomienda realizar una investigación de mercado de las empresas recicladoras que producen pellets o material PET triturado para obtener un precio más preciso y verificar la calidad de los materiales, para que en un futuro estas investigaciones estén dentro de las técnicas que adopten tecnologías sostenibles con reducidos costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. y Posada, F. (2019). Polyethylene terephthalate as a partial replacement for the fine aggregate in concrete mixes. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(34), 45-56. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n34a3>
- Alatorre, J. y Uribe, R. (1998). Agregados para concreto: cada cual por su nombre. *Revista de Construcción y tecnología en Mexico*, 10 (121), 13-14.
- Arias, F. (2012). El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica (6.º ed.). Editorial Episteme. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Baldenebro Lopez, F. (2015). Estudio numérico-experimental de fibras de PET y su comportamiento en una matriz de concreto [Tesis doctoral, Centro de Investigación en Materiales Avanzados]. Repositorio institucional CIMAV. <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/34>
- Pasquel, E. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto (2.º ed.). Editorial Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Nacional. <https://mega.nz/file/AxZikShC#RnmpNAinK6wCdhjyngi22yyB7xmXNEbqX0xZpIoy9uU>
- Carreño Cornejo, F. (2020). Análisis técnico – económico del uso del PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio institucional UCHILE. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/177847/Analisis-tecnico-economico-del-uso-de-Pet-reciclado-como-reemplazo-parcial-de-aridos-finos-en-hormigones.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cerón, M., Duarte, F. y Castillo, W. (1996). Propiedades físicas de los agregados pétreos de la ciudad de Mérida. *Ingeniería Revista Académica*, 31, 27-40.

- Cerquin, C. y Oruna, Y. (2019). La Capacidad Exportadora de la Empresa Consorcio Reciclador del Norte SAC del Milagro, Huanchacho para la Exportación de PET Molido Reciclado al Mercado de Chile - Trujillo 2019. [Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/15137>
- Chan, J., Solís, R. y Moreno, E. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Ingeniería Revista Académica, 7(2), 39-46. <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/influencia.pdf>
- Chávez, S. (2003). Concreto armado. Fondo Editorial Universidad Nacional de San Martín. https://dlscrib.com/queue/libro-de-concreto-armado-santiago-chavez-cachaypdf_5ac66d96e2b6f56e668c2f4c_pdf?queue_id=5ac66dc2e2b6f569358c2e07
- Chero, E. (2017). Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico. [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/10227>
- Cuervo, A., Bautista, M. y Tibaduiza, O. (2017). Manual de ejercicios: APLICACIÓN DE LAS NORMAS APA. Editorial Corporacion universitaria minuto de dios.
- Echeverría, E. (2017). Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1501>
- Giraldo, M. y Prieto, O. (2015). Determinación de las propiedades mecánicas de una unidad de mampostería en bloque, elaborado en mortero según la norma NTC 4024 combinado con PET triturado. [Tesis pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UNIMILITAR. <http://hdl.handle.net/10654/16846>.

- Harmsen, T. (2005). Diseño de estructuras de concreto armado. (5a ed.). Fondo Editorial PUCP. <https://civilparaelmundo.com/disenio-de-estructuras-de-concreto-armado/>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6a ed.). Editorial McGraw-Hill Interamericana. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Juárez, M., Santigao, M., y Vera, J. (2011). Estudio de Factibilidad para la Manufactura de Empuñaduras de PET Reciclado. e - Genosis, 9, 1-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73020063002>.
- Lector, M. y Villarreal, E. (2017). Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de nuevo chimbote. [Tesis pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional UNS. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2799>
- Martínez, G., Hernández, J., López, T., y Menchaca, C. (2015). Materiales sustentables y reciclados en la construcción. Fondo Editorial OmniaScience. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Urena-Nunez/publication/289538389_Materiales_provenientes_del_reciclado_de_envases_de_Tetra_Pak_y_su_uso_en_concreto/links/568fe6d008aee91f69a13812/Materiales-provenientes-del-reciclado-de-envases-de-Tetra-Pak-y-su-uso-en-concreto.pdf
- Mas, S. (2018). Aplicaciones del concreto incorporando tereftalato de polietileno. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Institucional UNTRM. <http://hdl.handle.net/20.500.14077/1647>
- 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. [Tesis pregrado, Universidad Veracruzana]. Repositorio Institucional UV. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/30611>

Montoya, M., y Tantaraico, E. (2019). Resistencia y rigidez a la flexión de elementos no estructurales reforzado con fibras tereftalato de polietileno reciclado usada como refuerzo en concreto. [Tesis pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4766>

Morales, M. (2016). Estudio del comportamiento del concreto incorporado PET reciclado. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5542>

Muñoz, L. (2012). Estudio del uso del polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga. [Tesis licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000686328

Nilson, A. (2001). Diseño de estructuras de concreto. (12a ed.). Editorial McGraw-Hill Education. <https://marodyc.files.wordpress.com/2014/06/disec3b1o-de-estructuras-de-concreto-nilson-arthur.pdf>

Palomino, J., Peña, J., Zevallos, G. y Orizano, L. (2015). Metodología de la investigación. Editorial San Marcos. <https://isbn.cloud/9786123152628/metodologia-de-la-investigacion/>

Quintero, C. y Mahecha, J. (2016). Propiedades mecánicas de un concreto reforzado con fibras de PET reciclado. [Tesis pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UNIMILITAR. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15477/MahechaRicoJeisson2016%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Reyes, I. (2018). Diseño de un concreto con fibras de Polietileno Tereftalato (pet) reciclado para la ejecución de losas en el asentamiento humano Amauta - Ate - Lima Este (2018). [Tesis pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/1635>
- Rivva, E. (1992). Tecnología del Concreto. Diseño de Mezclas. Fondo Editorial Universidad Nacional de Ingeniería. <https://baixardoc.com/preview/diseo-de-mezclas-enrique-rivva-lopez-5ca90c7878a0a>
- Rivva, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. II Congreso Nacional de Estructuras y construcción. Fondo Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia. <https://www.yumpu.com/es/document/view/63290940/rivva-e-naturaleza-y-materiales-del-concreto-1ra-ed-2000>
- Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. (5a ed.). Editorial Pontificia Universidad Javeriana. https://books.google.com.co/books?id=EWq-QPJhsRAC&pg=PA3&hl=es&source=gbv_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false
- Sanjuan, M. y Chinchón, S. (2015). Introducción y la fabricación y normalización del cemento portland. Editorial Universidad de Alicante. <https://core.ac.uk/download/pdf/32322379.pdf>
- Steven, K., Kerkhonff, B. y Tanesi, J. (2010). Diseño y Control de Mezclas de concreto. Editorial Portland Cement Association. https://elingeniero.pe/wp-content/uploads/2020/06/Diseno_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto-1.pdf
- Tamayo, M. (2003). El proceso de la Investigación Científica. (4a ed.). Editorial Limusa Noriega Editores. [.https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/EI_proceso_](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/EI_proceso_)

_de_la_investigaci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf

Ticlla , J. (2018). TECNOLOGIA DEL CONCRETO: Diseño de mezclas de concreto - I parte.
https://www.academia.edu/36727455/Disen_o_de_Mezcla_I_Parte_2018_I

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Flores Cipriano, J. (2022). *Diseño de concreto simple incorporado con material PET reciclado, para obtener una resistencia a la compresión $f_c=175$ kg/cm², Provincia de Leoncio Prado – Huánuco 2020* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1
RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N^o 428-2020-D-FI-UDH

Huánuco, 21 de agosto de 2020

Visto, el Oficio N° 065-2020-PAIC-CIC-UDH.FLP, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado, remite el dictamen de los jurados revisores, del proyecto de Tesis titulado **“DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020”**, presentado por el Bach. **Juan, FLORES CIPRIANO**.

CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo n° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 065-2020-D-FI-UDH, de fecha 04 de febrero de 2020, perteneciente al Bach. **Juan, FLORES CIPRIANO** se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Ing. José Antonio Cardenas Vega, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 065-2020-PAIC-CIC-UDH.FLP, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del proyecto de Tesis titulado: **“DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020”** presentado por el Bach. **Juan, FLORES CIPRIANO**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Ing. Víctor Bernardino Marín Alva (Secretario) y Ing. Jaime Porfirio Flores Ampudia (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el proyecto de Tesis, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Proyecto de Investigación y su ejecución titulado: **“DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020”** presentado por el Bach. **Juan, FLORES CIPRIANO** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Johnny B. Jacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC-FLP – Asesor – Exp. Graduando – Interesado - Archivo.
BCR/JJR/nto.

ANEXO 2
RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 443-2021-D-FI-UDH

Huánuco, 23 de abril de 2021

Visto, el Oficio N° 284-2021-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente S/N, del Bach. **Juan, FLORES CIPRIANO**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente S/N, presentado por el (la) Bach. **Juan, FLORES CIPRIANO**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 065-2020-D-FI-UDH, de fecha 04 de febrero de 2020, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. **Juan, FLORES CIPRIANO** al Ing. José Antonio Cárdenas Vega; el mismo que no cuenta con el grado de maestro y que para el Registro Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI, es requisito que el asesor cuente con dicho grado, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 065-2020-D-FI-UDH, de fecha 04 de febrero de 2020.

Artículo Segundo.- DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. **Juan, FLORES CIPRIANO** a la Mg. Llerme Navarro Vasquez, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Johnny P. Jacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA REDE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIC-FLP - Asesor- Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BCR/JP/R/nto

ANEXO 3
MATRIZ DE CONCISTENCIA

MATRIZ MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODO	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	
General	General	Ho: Nula	Independiente					
PG: ¿Cuál es la influencia en la resistencia a la compresión del concreto simple al incorporar 5%, 8% y 11% de material PET reciclado, partiendo como base de un concreto con $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$?	OG: Determinar la influencia en la resistencia a la compresión del concreto simple al incorporar 5%, 8% y 11% de material PET reciclado, partiendo como base de un concreto con $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	HO: El diseño de mezcla de concreto simple incorporado material PET reciclado con 5%, 8% y 11% NO influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto superiores a $F'c=175\text{kg/cm}^2$	Porcentaje de PET en la mezcla de concreto		<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de mezcla con adición de porcentaje de PET • Normativa • PET agregado como 	Método según comité A.C.I. 211.1-91	-----	Tipo de Investigación <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada
Específicos	Específicos	Ha: Alternante	Dependiente					
PE1: ¿Cuál es la influencia de adicionar un 5%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$?	OE1: Determinar la influencia al adicionar un 5%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	Ha: El diseño de mezcla de concreto simple incorporado material PET reciclado con 5%, 8% y 11% influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto superiores a $F'c=175\text{kg/cm}^2$.	Resistencia a la compresión del concreto con material PET					
PE2: ¿Cuál es la influencia de adicionar un 8%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$?	OE2: Determinar la influencia al adicionar un 8%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$				<ul style="list-style-type: none"> • Control de calidad 	NTP 339.034 Y ASTM C39	Kg/cm ²	Enfoque <ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa
PE3: ¿Cuál es la influencia de adicionar un 11%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$?	OE3: Determinar la influencia al adicionar un 11%, de PET en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$					NTP 339.033 y ASTM C31		Alcance o nivel <ul style="list-style-type: none"> • Explicativo
					Diseño <ul style="list-style-type: none"> • Experimental 			

Fuente: Elaboración propia. Nota: Cuadro según modelo APA (Cuervo Bojacá, Bautista Pinzón, & Tibaduiza Rodriguez, 2017).

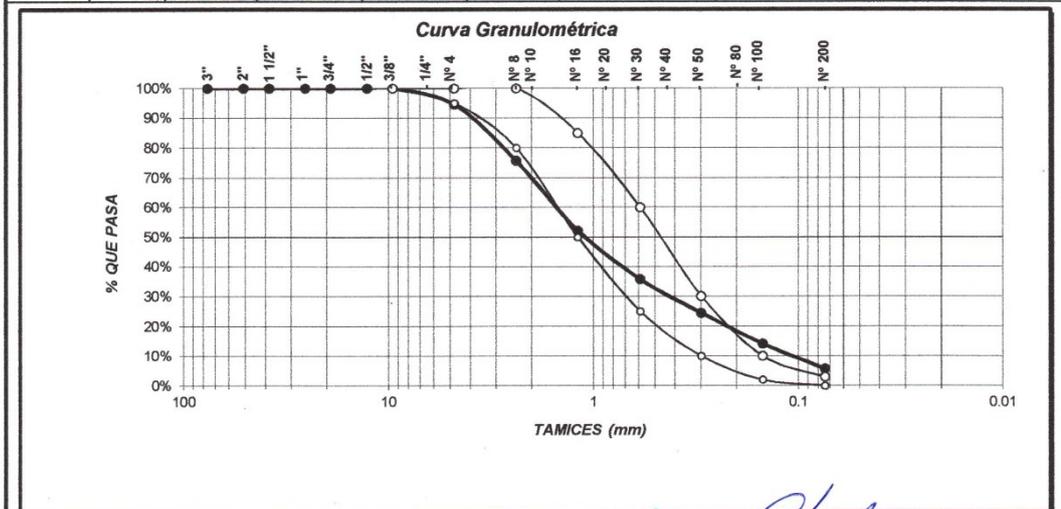
ANEXO 4

INSTRUMENTOS: FICHAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E-107, AASTHO T88, ASTM D-422

PROYECTO: "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUÁNUCO, 2020" MUESTRA: AF-01
AGREGADO FINO
UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD DE HUANUCO OPERADOR: Arnulfo Rosas G.
SOLICITADO POR: JUAN FLORES CIPRIANO, DNI 48081441 FECHA: 19-Nov-2020

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones		Tamaño Máximo: 3/8"
					Min.	Max.	
3"	76.20		0.00%	100.00%			Descripción Muestras: ARENA CON LIMO SUCS = SP-SM AASHTO = A-1b
2"	50.80		0.00%	100.00%			
1 1/2"	38.10		0.00%	100.00%			
1"	25.40		0.00%	100.00%			
3/4"	19.05		0.00%	100.00%			
1/2"	12.70		0.00%	100.00%			
3/8"	9.525		0.00%	100.00%	100% - - 100%		
Nº 4	4.760	127.00	5.47%	94.53%	95% - - 100%	LP = NP	
Nº 8	2.380	438.00	18.87%	75.66%	80% - - 100%	IP = NP M.F. = 3.033	
Nº 16	1.190	545.00	23.48%	52.18%	50% - - 85%	IG = 0	
Nº 30	0.590	381.00	16.42%	35.76%	25% - - 60%	HUM. NATURAL = 1.90 %	
Nº 50	0.297	262.00	11.29%	24.47%	10% - - 30%		
Nº 100	0.149	240.00	10.34%	14.13%	2% - - 10%		
Nº 200	0.074	196.00	8.44%	5.69%	0% - - 3%		
Fondo		132.00	5.69%	0.00%			
TOTAL		2321.00	100.00%				



SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

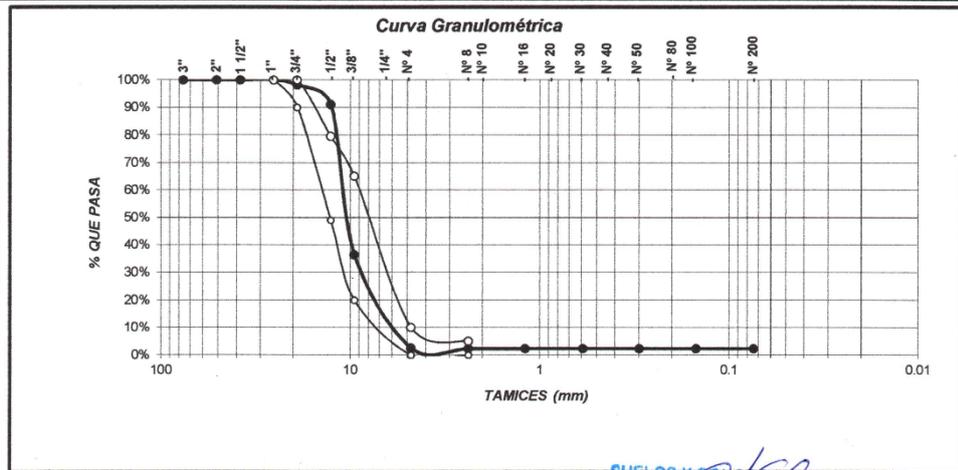
SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

Ing° Responsable Laboratorio

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E-107, AASTHO T88, ASTM D-422

PROYECTO:		"DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET REICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUÁNUCO, 2020"				MUESTRA:	AG-01				
UNIVERSIDAD:		UNIVERSIDAD DE HUANUCO				AGREGADO GRUESO					
SOLICITADO POR:		JUAN FLORES CIPRIANO, DNI 48081441				OPERADOR: Arnulfo Rosas G.					
						FECHA: 19-Nov-2020					
Tamices		Peso		% Retenido		% Que Pasa		Especificaciones		Tamaño Máximo: 3/4"	
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	Min.	Max.	Descripción Muestras:			
3"	76.20			0.00%	100.00%			GRAVA			
2"	50.80			0.00%	100.00%						
1 1/2"	38.10			0.00%	100.00%						
1"	25.40			0.00%	100.00%	100% - 100%					
3/4"	19.05	163.00	1.83%	1.83%	98.17%	90% - 100%					
1/2"	12.70	635.00	7.13%	8.96%	91.04%						
3/8"	9.525	4863.00	54.62%	63.58%	36.42%	20% - 65%					
Nº 4	4.760	3016.00	33.87%	97.45%	2.55%	0% - 10%					
Nº 8	2.380	26.00	0.29%	97.74%	2.26%	0% - 5%					
Nº 16	1.190	0.00	0.00%	97.74%	2.26%						
Nº 30	0.590	0.00	0.00%	97.74%	2.26%						
Nº 50	0.297	0.00	0.00%	97.74%	2.26%						
Nº 100	0.149	0.00	0.00%	97.74%	2.26%						
Nº 200	0.074	0.00	0.00%	97.74%	2.26%						
Fondo		201.00	2.26%	100.00%	0.00%			HUM. NATURAL = 0.35 %			
TOTAL		8904.00	100.00%					PIEDRA CHANCADA			



SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA
Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173
Ing° Responsable Laboratorio

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E-107, AASTHO T88, ASTM D-422

PROYECTO:		"DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUÁNUCO, 2020"					MUESTRA:	PET	
UNIVERSIDAD:		UNIVERSIDAD DE HUANUCO					OPERADOR:	Arnulfo Rosas G.	
SOLICITADO POR:		JUAN FLORES CIPRIANO, DNI 48081441					FECHA:	19-Nov-2020	
Tamices		Peso	% Retenido		% Que	Especificaciones		Tamaño Máximo:	
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	Min.	Max.	4.760 mm.	
3"	76.20			0.00%	100.00%			Descripción Muestras: MATERIAL PET	
2"	50.80			0.00%	100.00%				
1 1/2"	38.10			0.00%	100.00%				
1"	25.40			0.00%	100.00%				
3/4"	19.05			0.00%	100.00%				
1/2"	12.70			0.00%	100.00%				
3/8"	9.525			0.00%	100.00%				
Nº 4	4.760			0.00%	100.00%				
Nº 8	2.380	540.00	54.00%	54.00%	46.00%				
Nº 16	1.190	410.00	41.00%	95.00%	5.00%				
Nº 30	0.590	34.90	3.49%	98.49%	1.51%				
Nº 50	0.297	3.38	0.34%	98.83%	1.17%				
Nº 100	0.149	1.68	0.17%	99.00%	1.00%				
Nº 200	0.074	0.36	0.04%	99.03%	0.97%				
Fondo		9.68	0.97%	100.00%	0.00%				
TOTAL		1000.00	100.00%					SUCS = - AASHTO = -	
								LP = - M.F. = 4.453	
								IG = -	
								HUM. NATURAL = 0.00 %	

Curva Granulométrica

The graph plots the percentage of material passing through various sieve sizes. The x-axis represents sieve size in millimeters on a logarithmic scale from 100 to 0.01. The y-axis represents the percentage of material passing, from 0% to 100%. Key points on the curve include: 76.20 mm (100% passing), 4.760 mm (100% passing), 2.380 mm (46% passing), 1.190 mm (5% passing), and 0.074 mm (0% passing).

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA
Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 61173
Ing° Responsable Laboratorio

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
MTC E-108, ASTM D-2216

PROYECTO:	"DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020"	MUESTRA:	AF-01
		AGREGADO FINO	
UBICACIÓN:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO	OPERADOR:	Arnulfo Rosas G.
SOLICITADO POR:	JUAN FLORES CIPRIANO, DNI 48081441	FECHA:	19-Nov-2020

PERFORACIÓN			
MUESTRA N°	AF-01		
CÁPSULA N°	Q1		
PESO RECIPIENTE	255.00		
PESO RECIPIENTE + MATERIAL HUM.	2773.00		
PESO RECIPIENTE + MATERIAL SECO	2726.00		
PESO DEL AGUA	47.00		
PESO MATERIAL SECO	2471.00		
PORCENTAJE DE HUMEDAD	1.90		
HUMEDAD PROMEDIO		1.90	

OBSERVACIONES:

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C

Arnulfo A. Rosas Gargate
Tec. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

Ing° Responsable Laboratorio

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
MTC E-108, ASTM D-2216

PROYECTO:	“DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020”	MUESTRA:	AG-01 AGREGADO GRUESO
UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO	OPERADOR:	Arnulfo Rosas G.
SOLICITADO POR:	JUAN FLORES CIPRIANO, DNI 48081441	FECHA:	19-Nov-2020

PERFORACIÓN			
MUESTRA N°	AG-01		
CÁPSULA N°	A-01		
PESO RECIPIENTE	408.00		
PESO RECIPIENTE + MATERIAL HUM.	13683.00		
PESO RECIPIENTE + MATERIAL SECO	13637.00		
PESO DEL AGUA	46.00		
PESO MATERIAL SECO	13229.00		
PORCENTAJE DE HUMEDAD	0.35		
HUMEDAD PROMEDIO		0.35	

OBSERVACIONES:

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

Ing° Responsable Laboratorio

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

PROYECTO:	"DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020"	MUESTRA:	AG-01 PIEDRA CHANCADA 3/4" AF-01 AGREGADO FINO
UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO	OPERADOR:	Arnulfo Rosas G.
SOLICITADO POR:	JUAN FLORES CIPRIANO	FECHA:	19-Nov-2020

AGREGADO GRUESO
MTC E-206, AASHTO T185, ASTM C-127

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en el aire)	3217.00	
B	Peso Mat. Sat. (en el agua)	2006.00	
C	Vol. De Masas Vol. De Vacios	1211.00	
D	Peso Material Seco en Estufa (105° C)	3200.00	
E	Vol. De Masa	1194.00	
	Peso Especifico Aparente	2.64	
	Peso Especifico Aparente (Sat. Sup. Seca)	2.66	
	Peso Especifico Nominal	2.68	
	% de Absorción	0.53	

AGREGADO FINO
MTC E-205, AASHTO T184, ASTM C-128

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en el aire)	206.68	
B	Peso Frasco + Agua	665.00	
C	Peso Frasco + Agua + A	871.68	
D	Peso del Material + Agua en el Frasco	793.00	
E	Vol. de Masa + Vol. De Vacio	78.68	
F	Peso del Material Seco en Estufa (105° C)	204.48	
G	Vol. De Masa	76.48	
	Peso Especifico Aparente	2.60	
	Peso Especifico Aparente (Sat. Sup. Seca)	2.63	
	Peso Especifico Nominal	2.67	
	% de Absorción	1.08	

OBSERVACIONES:

AGREGADO GRUESO	
% GRAVA	100.00
P E A	2.64
P E A (SSS)	2.66
P E N	2.68
% ABSORCION	0.53

AGREGADO FINO	
% ARENA	100.00
P E A	2.60
P E A (SSS)	2.63
P E N	2.67
% ABSORCION	1.08

AGREGADO GLOBAL	
% HORMIGON	
P E A	
P E A (SSS)	
P E N	
% ABSORCION	

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

Ing° Responsable

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
MTC E-203, ASTM C-29

PROYECTO: "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020"
MUESTRA: AF-01
AGREGADO FINO

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD DE HUANUCO
SOLICITADO POR: JUAN FLORES CIPRIANO
OPERADOR: Arnulfo Rosas G.
FECHA: 19-Nov-2020

PESO UNITARIO SUELTO (Kg / m3)

ENSAYO N°		01	02
NUMERO DE MOLDE		I	I
PESO SUELO SECO + MOLDE (Kg)		8821.00	8733.00
PESO DEL MOLDE (Kg)		0.00	0.00
PESO SUELO SECO (Kg)		8821.00	8733.00
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)		5319.30	5319.30
PESO UNITARIO SUELTO (Kg / m3)		1658	1642
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg / m3)		1650	

PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg / m3)

NUMERO DE MOLDE		I	I
PESO SUELO SECO + MOLDE (Kg)		10330.00	10251.00
PESO DEL MOLDE (Kg)		0.00	0.00
PESO SUELO SECO (Kg)		10330.00	10251.00
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)		5319.30	5319.30
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg / m3)		1942.0	1927.1
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg / m3)		1935	

OBSERVACIONES:

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.


Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.


Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

Ing° Responsable

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

MTC E-203, ASTM C-29

PROYECTO: "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION $FC=175$ KG/CM², PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020"

MUESTRA: AG-01
AGREGADO GRUESO
PIEDRA CHANCADA 3/4"

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD DE HUANUCO

OPERADOR: Arnulfo Rosas G.

SOLICITADO POR: JUAN FLORES CIPRIANO, DNI 48081441

FECHA: 19-Nov-2020

PESO UNITARIO SUELTO (Kg / m³)

ENSAYO N°	01	02	
NUMERO DE MOLDE	I	I	
PESO SUELO SECO + MOLDE (Kg)	7727.00	7661.00	
PESO DEL MOLDE (Kg)	0.00	0.00	
PESO SUELO SECO (Kg)	7727.00	7661.00	
VOLUMEN DEL MOLDE (m ³)	5319.30	5319.30	
PESO UNITARIO SUELTO (Kg / m ³)	1453	1440	
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg / m ³)			1446

PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg / m³)

NUMERO DE MOLDE	I	II	
PESO SUELO SECO + MOLDE (Kg)	8545.00	8509.00	
PESO DEL MOLDE (Kg)	0.00	0.00	
PESO SUELO SECO (Kg)	8545.00	8509.00	
VOLUMEN DEL MOLDE (m ³)	5319.30	5319.30	
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg / m ³)	1606.4	1599.6	
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg / m ³)			1603

OBSERVACIONES:

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C

Arnulfo A. Rosas Gargate
Tec. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

Ing° Responsable

2.0 .- DISEÑO DE MEZCLA ($F'c = 175 \text{ Kg / Cm}^2$) DISEÑO PATRON

2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Denominación.....	$F'c = 175 \text{ Kg./Cm}^2$
Cemento.....	ANDINO Tipo I
Relación a/c de Diseño.....	0.71
Proporciones de Diseño en Peso.....	1.0 : 3.15 : 2.15
Proporciones de Obra en Peso.....	1.0 : 3.21 : 2.15
Factor Cemento.....	7.60 bolsas / m³
Asentamiento.....	4" - 5"

Mezcla de Consistencia plástica.

2.2 .- CANTIDAD DE MATERIAL POR m3 DE CONCRETO EN OBRA.

Cemento.....	323.00 Kg./m ³
Material PET.....	0.00 Kg./m ³
Agregado Fino.....	1037.00 Kg./m ³
Agregado Grueso.....	695.00 Kg./m ³
Agua.....	222.00 Lt./m ³

2.3 .- CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO DE OBRA.

Cemento.....	42.50 Kg./bolsa
Material PET.....	0.00 Kg./bolsa
Agregado Fino.....	136.50 Kg./bolsa
Agregado Grueso.....	91.50 Kg./bolsa
Agua.....	29.20 Lt./bolsa

2.4 .- PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN.

Proporciones.....	1.0 : 2.87 : 2.23 : 0.00
Agua.....	29.20 Lt./bolsa
Rendimiento de una tanda de un saco de cemento ...	0.132 m ³

2.5 .- DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	1 bolsa = 42.50 Kg.
Material PET	0.00 Kg.
Agregado Fino	3 x Cajones con las dimensiones 0.30 x 0.30 x 0.30
Agregado Grueso	2 x Cajones con las dimensiones 0.30 x 0.30 x 0.35

Todas las medidas en metros / Las medidas son interiores.

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Danilo A. Rojas Gargate
TEC. LABORATORISTA
Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173
Ing. Responsable

3.0 .- DISEÑO DE MEZCLA ($F'c = 175 \text{ Kg / Cm}^2$) + 5% PETT

3.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Denominación.....	$F'c = 175 \text{ Kg./Cm}^2$
Cemento.....	ANDINO Tipo I
Relación a/c de Diseño.....	0.71
Proporciones de Diseño en Peso.....	1.0 : 3.15 : 2.15
Proporciones de Obra en Peso.....	1.0 : 3.11 : 2.15
Factor Cemento.....	7.60 bolsas / m³
Asentamiento.....	4" – 5"
Mezcla de Consistencia plástica.	

3.2 .- CANTIDAD DE MATERIAL POR m3 DE CONCRETO EN OBRA.

Cemento.....	323.00 Kg./m ³
Material PET.....	16.00 Kg./m ³
Agregado Fino.....	1021.00 Kg./m ³
Agregado Grueso.....	695.00 Kg./m ³
Agua.....	222.00 Lt./m ³

3.3 .- CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO DE OBRA.

Cemento.....	42.50 Kg./bolsa
Material PET.....	2.10 Kg./bolsa
Agregado Fino.....	132.20 Kg./bolsa
Agregado Grueso.....	91.50 Kg./bolsa
Agua.....	29.30 Lt./bolsa

3.4 .- PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN.

Proporciones.....	1.0 : 2.78 : 2.23 : 0.11
Agua.....	29.30 Lt./bolsa
Rendimiento de una tanda de un saco de cemento ...	0.132 m ³

3.5 .- DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento.....	1 bolsa = 42.50 Kg.
Material PET.....	2.10 Kg.
Agregado Fino.....	3 x Cajones con las dimensiones 0.30 x 0.30 x 0.29
Agregado Grueso.....	2 x Cajones con las dimensiones 0.30 x 0.30 x 0.35
Todas las medidas en metros / Las medidas son interiores.	

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rojas Gargate
TEC. LABORATORISTA
Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173
Ing. Responsable

4.0.- DISEÑO DE MEZCLA ($F'c = 175 \text{ Kg / Cm}^2$) + 8% PETT

4.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Denominación.....	$F'c = 175 \text{ Kg./Cm}^2$
Cemento.....	ANDINO Tipo I
Relación a/c de Diseño.....	0.71
Proporciones de Diseño en Peso.....	1.0 : 3.15 : 2.15
Proporciones de Obra en Peso.....	1.0 : 3.05 : 2.15
Factor Cemento.....	7.60 bolsas / m³
Asentamiento.....	4" – 5"
Mezcla de Consistencia plástica.	

4.2.- CANTIDAD DE MATERIAL POR m3 DE CONCRETO EN OBRA.

Cemento.....	323.00 Kg./m ³
Material PET.....	26.00 Kg./m ³
Agregado Fino.....	1011.00 Kg./m ³
Agregado Grueso.....	695.00 Kg./m ³
Agua.....	222.00 Lt./m ³

4.3.- CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO DE OBRA.

Cemento.....	42.50 Kg./bolsa
Material PET.....	3.40 Kg./bolsa
Agregado Fino.....	129.60 Kg./bolsa
Agregado Grueso.....	91.50 Kg./bolsa
Agua.....	29.30 Lt./bolsa

4.4.- PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN.

Proporciones.....	1.0 : 2.72 : 2.23 : 0.18
Agua.....	29.30 Lt./bolsa
Rendimiento de una tanda de un saco de cemento ...	0.132 m ³

4.5.- DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento.....	1 bolsa = 42.50 Kg.
Material PET.....	3.40 Kg.
Agregado Fino.....	3 x Cajones con las dimensiones 0.30 x 0.30 x 0.28
Agregado Grueso.....	2 x Cajones con las dimensiones 0.30 x 0.30 x 0.35
Todas las medidas en metros / Las medidas son interiores.	

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rojas Gargate
TEC. LABORATORISTA
Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIF N° 51173
Ing. Responsable

5.0 .- DISEÑO DE MEZCLA ($F'c = 175 \text{ Kg / Cm}^2$) + 11% PETT

5.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Denominación.....	$F'c = 175 \text{ Kg./Cm}^2$
Cemento.....	ANDINO Tipo I
Relación a/c de Diseño.....	0.71
Proporciones de Diseño en Peso.....	1.0 : 3.15 : 2.15
Proporciones de Obra en Peso.....	1.0 : 2.99 : 2.15
Factor Cemento.....	7.60 bolsas / m³
Asentamiento.....	4" – 5"
Mezcla de Consistencia plástica.	

5.2 .- CANTIDAD DE MATERIAL POR m3 DE CONCRETO EN OBRA.

Cemento.....	323.00 Kg./m ³
Material PET.....	36.00 Kg./m ³
Agregado Fino.....	1001.00 Kg./m ³
Agregado Grueso.....	695.00 Kg./m ³
Agua.....	222.00 Lt./m ³

5.3 .- CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO DE OBRA.

Cemento.....	42.50 Kg./bolsa
Material PET.....	4.70 Kg./bolsa
Agregado Fino.....	127.10 Kg./bolsa
Agregado Grueso.....	91.50 Kg./bolsa
Agua.....	29.30 Lt./bolsa

5.4 .- PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN.

Proporciones.....	1.0 : 2.67 : 2.23 : 0.25
Agua.....	29.30 Lt./bolsa
Rendimiento de una tanda de un saco de cemento ...	0.132 m3

5.5 .- DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento.....	1 bolsa = 42.50 Kg.
Material PET.....	4.70 Kg.
Agregado Fino.....	3 x Cajones con las dimensiones 0.30 x 0.30 x 0.27
Agregado Grueso.....	2 x Cajones con las dimensiones 0.30 x 0.30 x 0.35
Todas las medidas en metros / Las medidas son interiores.	

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA
Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173
Ing. Responsable

ENSAYO A COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO

ASTM C-39, NTP 339.034

PROYECTO: "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020".											
SOLICITADO POR: JUAN FLORES CIPRIANO											
OPERADOR: Tec. Arnulfo Rosas Gargate											
MUESTRAS: PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO											
DEL EQUIPO: Prensa marca ORION/ LF-088											
Certificado de Calibración MT-LF-189-2020 Fecha: 12-10-2020											
ESTRUCTURA: DISEÑO PATRON F'c = 175 KG/CM2											
Probeta N°	Fecha		Resistencia Especificada f'c (Kg/cm2)	Edad (días)	Diámetro Nominal (cm)	Área Nominal (cm2)	Resistencia a la compresión			% f'c	Tipo de rotura
	Moldeo	Rotura					Lectura de Prueba (Kg)	Kg/cm2	Promedio Kg/cm2		
1	09-12-20	16-12-20	175	7	15.0	176.71	36990	209	224	128	D
2	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	37890	214			
3	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	40040	227			
4	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	40060	227			
5	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	39450	223			
6	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	37950	215			
7	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	38940	220			
8	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	40530	229			
9	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	39950	226			
10	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	40610	230			
11	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	40070	227			
12	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	40220	228			
13	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	40160	227			
14	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	39590	224			
15	09-12-20	16-12-20			15.0	176.71	40880	231			
16	09-12-20	23-12-20	175	14	15.0	176.71	53680	304	309	177	D
17	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	51570	292			
18	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	56780	321			
19	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	57400	325			
20	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	45760	259			
21	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	57440	325			
22	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	57410	325			
23	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	55840	316			
24	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	56480	320			
25	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	54040	306			
26	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	57210	324			
27	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	55630	315			
28	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	51860	293			
29	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	50730	287			
30	09-12-20	23-12-20			15.0	176.71	57210	324			
31	09-12-20	06-01-21	175	28	15.0	176.71	60150	340	344	196	D
32	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	59830	339			
33	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	60580	343			
34	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	60940	345			
35	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	60640	343			
36	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	60750	344			
37	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	60520	342			
38	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	59780	338			
39	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	60470	342			
40	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	59690	338			
41	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	62870	356			
42	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	61450	348			
43	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	60580	343			
44	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	61420	348			
45	09-12-20	06-01-21			15.0	176.71	61010	345			

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA
Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173
Ing° Responsable



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARÍA-HUÁNUCO - 962061050

ENSAYO A COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO

ASTM C-39, NTP 339.034

PROYECTO: "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020".

SOLICITADO POR: JUAN FLORES CIPRIANO
OPERADOR: Tec. Arnulfo Rosas Gargate
MUESTRAS: PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO
DEL EQUIPO: Prensa marca ORION/ LF-088
Certificado de Calibración MT-LF-189-2020 Fecha: 12-10-2020

ESTRUCTURA: DISEÑO F' C = 175 KG/CM2 + 5% PET

Probeta N°	Fecha		Resistencia Especificada f'c (Kg/cm2)	Edad (días)	Diámetro Nominal (cm)	Área Nominal (cm2)	Resistencia a la compresión			% f'c	Tipo de rotura
	Moledo	Rotura					Lectura de Prueba (Kg)	Kg/cm2	Promedio Kg/cm2		
1	10-12-20	17-12-20	175	7	15.0	176.71	35490	201	201	115	D
2	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35350	200			D
3	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35480	201			D
4	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35250	199			D
5	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	34980	198			D
6	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	34890	197			D
7	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	36980	209			D
8	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35960	203			D
9	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35120	199			D
10	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35260	200			D
11	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35230	199			D
12	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35210	199			D
13	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35700	202			D
14	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35210	199			D
15	10-12-20	17-12-20			15.0	176.71	35510	201			D
16	10-12-20	24-12-20	175	14	15.0	176.71	48520	275	268	153	D
17	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	45700	259			D
18	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	48230	273			D
19	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	47710	270			D
20	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	46980	266			D
21	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	47150	267			D
22	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	45510	258			D
23	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	47690	270			D
24	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	49090	278			D
25	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	48790	276			D
26	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	46130	261			D
27	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	47580	269			D
28	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	47680	270			D
29	10-12-20	24-12-20			15.0	176.71	46810	265			D
30	10-12-20	24-12-20	15.0	176.71	48110	272	D				
31	10-12-20	07-01-21	175	28	15.0	176.71	56860	322	320	183	D
32	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	57120	323			D
33	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	54310	307			D
34	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	57920	328			D
35	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	55110	312			D
36	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	56910	322			D
37	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	59170	335			D
38	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	56980	322			D
39	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	56970	322			D
40	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	56860	322			D
41	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	53410	302			D
42	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	55860	316			D
43	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	54650	309			D
44	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	57840	327			D
45	10-12-20	07-01-21			15.0	176.71	58160	329			D

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
Tec. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

Ing° Responsable



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARIA-HUANUCO - 962061050

ENSAYO A COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO

ASTM C-39, NTP 339.034

PROYECTO: "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020".

SOLICITADO POR: JUAN FLORES CIPRIANO

OPERADOR: Tec. Arnulfo Rosas Gargate

MUESTRAS: PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO

DEL EQUIPO: Prensa marca ORION/ LF-088
Certificado de Calibración MT-LF-189-2020 Fecha: 12-10-2020

ESTRUCTURA: DISEÑO F'C = 175 KG/CM2 + 8% PET

Probeta N°	Fecha		Resistencia Especificada f'c (Kg/cm2)	Edad (días)	Diámetro Nominal (cm)	Área Nominal (cm2)	Resistencia a la compresión			% f'c	Tipo de rotura
	Moldeo	Rotura					Lectura de Prueba (Kg)	Kg/cm2	Promedio Kg/cm2		
1	11-12-20	18-12-20	175	7	15.0	176.71	35950	203	207	118	D
2	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	35590	201			D
3	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	35960	203			D
4	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	35730	202			D
5	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	39350	223			D
6	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	35850	203			D
7	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	34800	197			D
8	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	36110	204			D
9	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	36420	206			D
10	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	37090	210			D
11	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	35820	203			D
12	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	36820	208			D
13	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	38480	218			D
14	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	36840	208			D
15	11-12-20	18-12-20			15.0	176.71	37240	211			D
16	11-12-20	25-12-20	175	14	15.0	176.71	49510	280	280	160	D
17	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	49180	278			D
18	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	48520	275			D
19	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	48140	272			D
20	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	49750	282			D
21	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	49150	278			D
22	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	51240	290			D
23	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	50690	287			D
24	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	49770	282			D
25	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	49160	278			D
26	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	50660	287			D
27	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	49520	280			D
28	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	48920	277			D
29	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	49350	279			D
30	11-12-20	25-12-20			15.0	176.71	49430	280			D
31	11-12-20	08-01-21	175	28	15.0	176.71	55200	312	317	181	D
32	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	60540	343			D
33	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	55950	317			D
34	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	56710	321			D
35	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	54450	308			D
36	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	56980	322			D
37	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	55110	312			D
38	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	56720	321			D
39	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	56960	322			D
40	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	56790	321			D
41	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	55980	317			D
42	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	53310	302			D
43	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	55860	316			D
44	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	55310	313			D
45	11-12-20	08-01-21			15.0	176.71	55360	313			D

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

Ing° Responsable



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARIA-HUANUCO - 962061050

ENSAYO A COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO
ASTM C-39, NTP 339.034

PROYECTO: "DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE INCORPORADO CON MATERIAL PET RECICLADO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION FC=175 KG/CM2, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020".											
SOLICITADO POR: JUAN FLORES CIPRIANO											
OPERADOR: Tec. Arnulfo Rosas Gargate											
MUESTRAS: PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO											
DEL EQUIPO: Prensa marca ORION/ LF-088											
Certificado de Calibración MT-LF-189-2020 Fecha: 12-10-2020											
ESTRUCTURA: DISEÑO F' C = 175 KG/CM2 + 11% PET											
Probeta N°	Fecha		Resistencia Especificada f'c (Kg/cm2)	Edad (días)	Diámetro Nominal (cm)	Área Nominal (cm2)	Resistencia a la compresión			% f'c	Tipo de rotura
	Moldeo	Rotura					Lectura de Prueba (Kg)	Kg/cm2	Promedio Kg/cm2		
1	12-12-20	19-12-20	175	7	15.0	176.71	38240	216	208	119	D
2	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	36620	207			
3	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	36680	208			
4	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	36420	206			
5	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	36340	206			
6	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	35610	202			
7	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	36240	205			
8	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	35840	203			
9	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	35680	202			
10	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	35980	204			
11	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	36410	206			
12	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	37420	212			
13	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	37850	214			
14	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	38070	215			
15	12-12-20	19-12-20			15.0	176.71	37460	212			
16	12-12-20	26-12-20	175	14	15.0	176.71	54310	307	288	165	D
17	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	50060	283			
18	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	48750	276			
19	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	49420	280			
20	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	49450	280			
21	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	49770	282			
22	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	51680	292			
23	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	49650	281			
24	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	50120	284			
25	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	51750	293			
26	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	50680	287			
27	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	52080	295			
28	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	51810	293			
29	12-12-20	26-12-20			15.0	176.71	49890	282			
30	12-12-20	26-12-20	15.0	176.71	54160	306					
31	12-12-20	09-01-21	175	28	15.0	176.71	61980	351	316	181	D
32	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	55350	313			
33	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	54790	310			
34	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	54870	311			
35	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	54470	308			
36	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	54320	307			
37	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	54630	309			
38	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	54210	307			
39	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	55450	314			
40	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	54750	310			
41	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	56100	317			
42	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	54630	309			
43	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	55790	316			
44	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	55880	316			
45	12-12-20	09-01-21			15.0	176.71	60950	345			
 SUELOS Y CONCRETOS S.A.C. Arnulfo A. Rosas Gargate TEC. LABORATORISTA Tec. Laboratorio						 SUELOS Y CONCRETOS S.A.C. Elias Soto Campos INGENIERO CIVIL CIP N° 51173 Ing° Responsable					

ANEXO 5
MEMORIA FOTOGRÁFICA



FOTO N° 1:

Extracción del Agregado grueso pasante malla $\frac{3}{4}$ "- Chancadora Manresa



FOTO N° 2:

Extracción del Agregado fino pasante malla $\frac{1}{4}$ "- Chancadora Mapresa



FOTO N° 3:

PET reciclado triturado obtenido por ~~compra directa~~



FOTO N° 4:

Cuarteo del agregado
fino para análisis



FOTO N° 5

Proceso de tamizado
del agregado grueso



FOTO N° 6

Proceso de tamizado
del PET reciclado



FOTO N° 7

Tomando peso de la cantidad de PET que pasa la malla N°8



FOTO N° 8:

Lavado del agregado fino para cálculo de contenido de humedad



FOTO N° 9:

Colocación del agregado fino a la estufa



FOTO N° 10:

Proceso de verificación del peso del agregado grueso en estado seco para cálculo de peso específico



FOTO N° 11:

Secado en estufa del agregado grueso para cálculo del peso



FOTO N° 12:

Proceso absorción de humedad del agregado



FOTO N° 13:

Proceso de compactación para el cálculo de peso específico del agregado fino



FOTO N° 14:

Compactación del agregado grueso para el cálculo de peso unitario del arenado grueso



FOTO N° 15:

Cálculo de peso unitario suelto del agregado grueso



FOTO N° 16:

Cálculo de peso unitario suelto del



FOTO N° 17:

Cálculo del unitario compactado del agregado fino



FOTO N° 18:

Preparación de los agregados para la



FOTO N° 19:

Medición en (vol.) del PET reciclado para la mezcla



FOTO N° 20:

Medición en volumen del agregado en caja de 20x20x20



FOTO N° 21:

Proceso de compactado del asentamiento del concreto fresco (SLUMP)



FOTO N° 22:

Medición de
asentamiento del
concreto (SI IIMB)



FOTO N° 23:

Habilitación de moldes
para llenado de
concreto



FOTO N° 24:

Llenado de concreto
en los moldes,
generando golpes con
comba de goma y
compactando por
medio de una varilla de
acero



FOTO N° 25

Vista fotográfica de moldes llenos de concreto fresco con



FOTO N° 26:

Identificación de los testigos cilíndricos de 5% PET



FOTO N° 27:

Vista fotográfica de moldes llenos de concreto fresco con 8% PET



FOTO N° 28:

Identificación de los testigos cilíndricos de 5



FOTO N° 29:

Curado de concreto



FOTO N° 30:

Preparación de testigos cilíndricos para la prueba de resistencia a la compresión



FOTO N° 31:

Preparación de testigos cilíndricos para la prueba de resistencia a la compresión



FOTO N° 32:

Vista fotográfica, prueba de compresión del testigo 31 con 5% PET



FOTO N° 33:

Vista fotográfica,
prueba de compresión
del testigo 40 con



FOTO N° 34:

Vista fotográfica,
prueba a compresión
del testigo 43 con



FOTO N° 35:

Concreto en estado endurecido, se observa PET en concreto en estado fresco.



FOTO N° 36:

Garantía de calibración del equipo de compresión.



FOTO N° 37:

Garantía de calibración del equipo de