UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Influencia en las propiedades mecánicas del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay-Apurímac, 2023

Asesor:

Ph.D. Vásquez Ramírez Abbon Alex

Autor:

Alzamora Caillahua Naysha

Para optar el Título Profesional:

Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2024

Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°016-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- **Dra. Eliana ORTEGA MENZALA** — *PRESIDENTE*
- **Dr. Wilfredo SOTO PALOMINO** — *DICTAMINANTE*
- **MSc. Ing. Oswald CASAVERDE LOPEZ** — *REPLICANTE*

y el (la) postulante al **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,** Bachiller: **ALZAMORA CAILLAHUA, Naysha con código de matrícula N°201320180-F.**

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución de consejo UniversitarioN°1870-2023-UTEA-CU, de fecha 03 de julio del 2023, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: **"Influencia en las propiedades mecánicas del concreto f´c=175kg/cm² con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay - Apurímac, 2023"**, habiendo aprobado con la nota de trece **(13).**

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 271.

Abancay, 24 de abril 2024.

Dra. Eliana ORTEGA MENZALA
PRESIDENTE

Dr. Wilfredo SOTO PALOMINO
DICTAMINANTE

MSc. Ing. Oswald CASAVERDE LOPEZ
REPLICANTE

Influencia en las propiedades mecánicas del concreto f' c=175kg/cm2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay - Apurímac, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	24%	4%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12%
2	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	9%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
4	www.uca.edu.sv Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Metadatos Complementarios

Datos del Autor		
Apellidos y nombres	:	Alzamora Caillahua Naysha
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	71414848
URL ORCID	:	No aplica
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Vasquez Ramirez Abbon Alex
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	06532658
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0001-7299-5367
Datos de la investigación		
Facultad	:	De Ingeniería
Escuela profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	:	1 año
Fuente de financiamiento	:	Auto Financiado
Porcentaje de similitud	:	24%
URL de OCDE Escuela Profesional de Ingeniería Civil	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01

DEDICATORIA

A Dios, mi guía constante en este largo viaje académico.

A mis padres Clemente Alzamora Guerrero y Alejandrina Caillahua Huamani, cuyo amor y apoyo han sido el motor de mi existencia y de este logro. A mis queridos hermanos Yul y Fernando, por su apoyo desinteresado y constante motivación.

Esta tesis surge de la fe, el esfuerzo y el amor que todos ustedes han depositado en mí.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por permitirme apreciar cada día.

A mis padres Clemente y Alejandrina, mi inspiración y apoyo incondicional. Este logro se debe a la confianza incansable que han tenido en mí. Los amo y les agradezco eternamente.

A mi estimado asesor, cuya motivación, paciencia, y orientación fueron esenciales en la culminación de esta tesis.

Estoy profundamente agradecida por sus contribuciones a mi éxito.

RESUMEN

En la actualidad el Tereftalato de Polietileno (PET) se ha convertido en un material muy usado, lo que ocasiona que se genere considerables cantidades de desechos de este material que no son empleados de manera eficiente en el distrito de Abancay. El objetivo de esta tesis fue analizar la influencia en las propiedades mecánicas del concreto f 'c= 175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), para lo cual se realizaron comparaciones al concreto con proporciones de PET en comparación a una mezcla de concreto patrón f 'c= 175 kg/cm^2. La metodología fue cuantitativo, tipo de investigación básica, con un alcance de investigación explicativo y diseño experimental, para la prueba de hipótesis se utilizó el método estadístico “t de Student” con la incorporación de los porcentajes de 1%, 3% y 5% de PET al volumen de un espécimen, para lograr esto se tuvo que realizar pruebas de laboratorio a los materiales y realizar un diseño de mezclas para un concreto con f 'c= 175 kg/cm^2, consecutivamente se realizaron ensayos de resistencia a compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días; después de analizar los datos obtenidos se llegaron a los siguientes resultados, para la resistencia a compresión axial se determinó no superar el 5% de incorporación de PET y para la resistencia a flexión se determinó no superar la incorporación del 3% de PET. Se concluye que la incorporación de PET en proporciones mayores al 3% influye en las propiedades mecánicas del concreto f 'c= 175 kg/cm^2.

Palabras claves: PET, Propiedades Mecánicas, Concreto Patrón, Resistencia a Compresión, Resistencia a Flexión.

ABSTRACT

Currently, polyethylene terephthalate (PET) has become a widely used material, which causes the generation of considerable amounts of waste of this material that are not used efficiently in the district of Abancay. The objective of this thesis was to analyze the influence on the mechanical properties of concrete f 'c= 175 kg/cm^2 with the incorporation of recycled plastics (PET), for which comparisons were made to the concrete with proportions of PET compared to a mix of standard concrete f 'c= 175 kg/cm^2. The methodology was quantitative, basic research type, with an explanatory research scope and experimental design, for the hypothesis test the statistical method "Student's t" was used with the incorporation of the percentages of 1%, 3% and 5% of PET to the volume of a specimen, to achieve this it was necessary to carry out laboratory tests to the materials and make a design of mixtures for a concrete with f 'c= 175 kg/cm^2, consecutively tests of resistance to compression and flexion at 7, 14 and 28 days were carried out; After analyzing the data obtained, the following results were obtained: for the axial compressive strength it was determined not to exceed 5% of PET incorporation and for the flexural strength it was determined not to exceed 3% of PET incorporation. It is concluded that the incorporation of PET in proportions greater than 3% influences the mechanical properties of the concrete f 'c= 175 kg/cm^2.

Keywords: PET, Mechanical Properties, Pattern Concrete, Compressive Strength, Flexural Strength.

ÍNDICE GENERAL

Portada ..... **i**

Acta de Sustentación ..... **ii**

Metadatos Complementarios ..... **iv**

Dedicatoria ..... **v**

Agradecimiento ..... **vi**

Resumen ..... **vii**

Abstract ..... **viii**

Índice General ..... **ix**

Índice de Tablas ..... **xiii**

Índice de Figuras ..... **xvi**

Índice de Anexos ..... **xviii**

Acrónimos ..... **xix**

Introducción ..... **xx**

CAPÍTULO I **1**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **1**

1.1 Realidad problemática **1**

1.2 Planteamiento del problema **3**

1.2.1 Formulación del problema 3

1.2.2 Problema general. 3

1.2.3 Problemas específicos. 4

1.3 Justificación de la investigación. 4

1.4 Objetivos de la investigación 5

1.4.1 Objetivo general 5

1.4.2 Objetivos específicos 5

1.5 Delimitación de la investigación 5

1.5.1 Delimitación espacial 5

1.5.2 Delimitación temporal 5

1.5.3 Delimitación social 5

1.5.4 Delimitación conceptual 6

1.6 Viabilidad de la investigación 6

1.7 Limitaciones 7

CAPÍTULO II 8

MARCO TEÓRICO 8

2.1 Antecedentes de la investigación 8

2.2.1 A nivel internacional 8

2.2.2 A nivel nacional 12

2.2.3 A nivel regional y local 17

2.2 Bases teóricas 18

2.2.1 Propiedades mecánicas del concreto 18

2.2.2 Plástico (PET) 29

2.2.3 Diseño de mezclas (ACI - 211) 34

2.3 Marco conceptual 39

CAPÍTULO III 43

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 43

3.1 Hipótesis 43

3.1.1 Hipótesis general 43

3.1.2 Hipótesis específica 43

3.2 Método 43

3.3 Tipo de investigación 44

3.4 Nivel o alcance de investigación 44

3.5 Diseño de investigación 44

3.6 Operacionalización de variables 46

3.7 Población, muestra y muestreo 47

3.7.1 Población 47

3.7.2 Muestra 47

3.7.3 Muestreo 49

3.8 Técnicas e instrumentos 49

3.8.1 Técnica 49

3.8.2 Instrumentos de recolección de datos 50

3.9 Consideraciones éticas 51

3.10 Procedimiento estadístico 51

CAPÍTULO IV 53

RESULTADOS Y DISCUCIÓN 53

4.1 Resultados.....53

4.1.1 Resistencia a compresión axial del concreto f´c=175 kg/cm^2.....53

4.1.2 Resistencia a flexión (módulo de rotura) de vigas del concreto f´c=175 kg/cm^2.....58

4.2 Discusión de resultados.....62

4.3 Prueba de hipótesis.....69

CONCLUSIONES 89

RECOMENDACIONES 91

BIBLIOGRAFÍA 93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimiento de la granulometría para el agregado fino. 21

Tabla 2: Requerimiento de granulometría para el agregado grueso. 22

Tabla 3: Método para identificar los envases PET. 29

Tabla 4: Datos técnicos del tereftalato de polietileno. 31

Tabla 5: Características del tipo de plástico. 33

Tabla 6: Resistencias a compresión requeridas. 34

Tabla 7: Slump del concreto fresco. 35

Tabla 8: Requerimiento del agua y el contenido de aire para slump. 35

Tabla 9: Porcentaje de aire atrapado. 36

Tabla 10: Relación de agua/cemento. 36

Tabla 11: Contenido del agregado grueso. 37

Tabla 12: Operacionalización de variables. 46

Tabla 13: Resistencias a compresión del concreto a los 7 días. 54

Tabla 14: Resistencias a compresión del concreto a los 14 días. 55

Tabla 15: Resistencias a compresión del concreto a los 28 días. 56

Tabla 16: Comparación de promedios de resistencias a compresión en probetas a los 7, 14 y 28 días. 57

Tabla 17: Resistencias a flexión del concreto después de 7 días. 58

Tabla 18: Resistencias a flexión del concreto pasados los 14 días. 59

Tabla 19: Resistencias a flexión del concreto a los 28 días. 60

Tabla 20: Promedios de resistencias a compresión en vigas. 61

Tabla 21: Resistencia a compresión con incorporación de 1% PET a 7 días. 70

Tabla 22: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación del 1% PET a 7 días. 70

Tabla 23: Resistencia a compresión con incorporación de 3% PET a 7 días. 70

Tabla 24: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 3% PET a los 7 días. 71
Tabla 25: Resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 7 días. 71
Tabla 26: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 7 días.....72
Tabla 27: Resistencia a compresión con incorporación de 1% PET a 14 días.....73
Tabla 28: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 1% PET a 14 días.....73
Tabla 29: Resistencia a compresión con incorporación de 3% PET a 14 días.....74
Tabla 30: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación del 3% PET a 14 días.....74
Tabla 31: Resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 14 días.....74
Tabla 32: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 14 días.....75
Tabla 33: Resistencia a compresión con incorporación del 1% PET a 28 días.....76
Tabla 34: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 1% PET a 28 días.....76
Tabla 35: Resistencia a compresión con incorporación del 3% PET a 28 días.....76
Tabla 36: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 3% PET a 28 días.....77
Tabla 37: Resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 28 días.....77
Tabla 38: Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 28 días.....78
Tabla 39: Resistencia a flexión con incorporación de 1% PET a 7 días.....79
Tabla 40: Distribución (t-Student) resistencia a la flexión con incorporación de 1% PET a 7 días.....79
Tabla 41: Resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 7 días.....80

Tabla 42: Distribución (t-Student) resistencia a la flexión con incorporación de 3% PET a 7 días.....80
Tabla 43: Resistencia a flexión con incorporación de 5% PET a 7 días.....81
Tabla 44: Distribución (t-Student) resistencia a la flexión con incorporación de 5% PET a 7 días.....81
Tabla 45: Resistencia a flexión con incorporación de 1% PET a 14 días.....82
Tabla 46: Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 1% PET a 14 días.....83
Tabla 47: Resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 14 días.....83
Tabla 48: Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 14 días.....83
Tabla 49: Resistencia a flexión con incorporación de 5% PET a 14 días.....84
Tabla 50: Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 5% PET a 14 días.....84
Tabla 51: Resistencia a la flexión con incorporación de 1% PET a 28 días.....85
Tabla 52: Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 1% PET a los 28 días.....86
Tabla 53: Resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 28 días.....86
Tabla 54: Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 28 días.....87
Tabla 55: Resistencia a la flexión con incorporación de 5% PET a 28 días.....87
Tabla 56: Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 5% PET a 28 días.....88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Retiro de la cámara de curado y ensayo a compresión de probetas de concreto patrón a los 7 días. 54

Figura 2: Rotura de probetas de concreto a los 14 días. 55

Figura 3: Rotura de probetas del concreto a los 28 días. 56

Figura 4: Promedios de resistencias a compresión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 7, 14 y 28 días. 57

Figura 5: Rotura de vigas de concreto después de 7 días. 58

Figura 6: Rotura de vigas con la incorporación de 1% PET. 59

Figura 7: Rotura de vigas a los 28 días. 60

Figura 8: Comparación de promedios de resistencias a flexión del concreto patrón y las incorporaciones de PET. 61

Figura 9: Resistencias a compresión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 7 días. 63

Figura 10: Resistencias a compresión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 14 días. 64

Figura 11: Resistencias a compresión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 28 días. 65

Figura 12: Resistencias a flexión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 7 días. 66

Figura 13: Resistencias a flexión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 14 días. 67

Figura 14: Resistencias a flexión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 28 días. 68

Figura 15: Función de distribución de t-Student para resistencias a **compresión axial** con incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5% a los 7 días. 72

Figura 16: Función de distribución de t-Student para resistencia a compresión axial con incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5% a los 14 días. 75
Figura 17: Función de distribución de t-Student para resistencia a compresión axial con incorporación de PET al 1%, 3% y 5% a los 28 días. 78
Figura 18: Función de distribución de t-Student para resistencia a flexión (módulo de rotura) con incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5% a los 7 días. 82
Figura 19: Función de distribución de t-Student para resistencia a flexión (módulo de rotura) con incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5% a los 14 días. 85
Figura 20: Función de distribución de t-Student para resistencia a flexión (módulo de rotura**)** con incorporación de PET al 1%, 3% y 5% a los 28 días. 88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.....**¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 2: Juicio de Expertos.....**¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 3: Cálculos y procedimientos realizados por la tesista. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 4: Certificado de uso de laboratorio de Aridos y Concreto..... **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 5: Resultado de los ensayos de laboratorio - Diseño de Mezclas del concreto

.....**¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 6: Resultado de los ensayos de laboratorio - Rotura de Probetas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 7: Certificado de calibración de los equipos usados en el laboratorio. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

ACRÓNIMOS

ALIPLAST : Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica.

INVIAS : Instituto Nacional de Vías.

PET : (Polyethylene Terephthalate) Tereftalato de Polietileno.

ACI : American Concrete Institute.

AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials

ABREVIATURAS

HDPE : Polietileno de alta densidad.

NSR : Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

ASTM : American Society for Testing and Materials.

NTP : Normas Técnicas Peruanas.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de plásticos reciclados (PET) en el concreto se presenta como una alternativa para abordar los desafíos ambientales y mejorar las propiedades mecánicas de este material básico en la construcción. En este contexto, la presente tesis se enfoca en analizar la influencia de la adición de plásticos reciclados en un concreto de resistencia f'c = 175 kg/cm^2. Realizado en Abancay-Apurímac durante el año 2023, este estudio se propone examinar cómo diferentes porcentajes de incorporación de PET (1%, 3% y 5%) afectan las propiedades mecánicas, específicamente la compresión y flexión, de este tipo de concreto. Más allá de contribuir al avance del conocimiento en la tecnología del concreto, esta investigación busca proporcionar información valiosa para promover prácticas de construcción sostenible y una gestión responsable de residuos plásticos. Se espera que los resultados de este estudio puedan guiar el desarrollo de estrategias más eficaces para la producción de concretos con menor impacto ambiental y mejor rendimiento mecánico, en Abancay-Apurímac.

La tesis cuenta con 4 capítulos: Capítulo I comprende el desarrolló del planteamiento del problema, realizando una explicación a la realidad problemática, la formulación del problema general y específicos, la justificación para esta investigación, los objetivos generales y específicos. Capítulo II comprende la construcción del marco teórico, los antecedentes que preceden a esta

investigación, los fundamentos teóricos y el marco conceptual. Capítulo III comprende el desarrolló la metodología de la investigación, el planteamiento de la hipótesis general y específica, el método, el tipo, el nivel y diseño de investigación, la operacionalización de las variables, la definición de la población, la selección de la muestra y el muestreo, la descripción de los instrumentos y técnicas, las consideraciones éticas y el procedimiento de estadística que se aplicó. Capítulo IV comprende el desarrollo de la presentación y discusión de los resultados, así mismo las recomendaciones que se concluyeron al realizar esta tesis.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Realidad problemática

Desde que se empezó a producir plásticos para ser usados en distintas actividades hasta el año 2017, en el planeta tierra se acumularon 8.300 millones de toneladas de desechos plásticos y se proyecta que para el año 2050 existirá más de 12 000 millones de toneladas de desechos plásticos. De las cantidades mencionadas el 81% de plásticos es almacenado en vertederos o entornos naturales y hasta el año 2017 solo el 9% se reporta como reciclado, la gran parte de estos desechos plásticos no pueden ser biodegradados por lo que tendrán que acompañar a los seres humanos durante siglos, (Criado, 2017).

En la industria de la construcción se ha buscado constantemente mejorar los parámetros de resistencia en la compresión y flexión del concreto. Esto implica realizar mejoras en la mezcla de concreto, ya sea mediante el uso de aditivos o ajustando las cantidades de mezcla. Así tener un buen concreto para la industria de la construcción y no provocar defectos patológicos en el concreto. Donde se desarrollaron diversos estudios de aplicación de plástico PET y sus diferentes

aplicaciones en la construcción, despertando el interés de innovar con los plásticos PET, en busca de mejorar el concreto en el sector de la construcción y reducir impactos medioambientales producidos por los plásticos PET – reciclados, (Lugo y Torres, 2019).

De la amplia variedad de construcciones que se están implementando actualmente en Perú, para las cuales hay un conocimiento limitado sobre la utilización del PET en la construcción. En consecuencia, aún se ignoran las ventajas y propiedades del hormigón con la inclusión del PET, lo que impulsa el desarrollo de un hormigón con la incorporación de materiales no convencionales, con una mayor durabilidad y al mismo tiempo contribuyendo al reciclaje de los plásticos PET, (Campana y Flores, 2020).

El concreto, desempeña un papel integral en la industria de la construcción y el desarrollo de la infraestructura, se considera un motor crucial del crecimiento económico en Perú, un país sudamericano conocido por sus ricos recursos naturales y su diverso patrimonio cultural. El Instituto Nacional de Estadística (2022), indica que el sector Construcción aumentó 6,02% determinado, principalmente, por el desenvolvimiento favorable del avance físico de obras públicas (21,41%) y en menor medida del consumo interno de cemento (2,27%).

La Pontificie Universidad Católica del Perú (2017), indica que el reciclaje demuestra ser una alternativa excepcional que reduce eficazmente la extracción de materias primas nuevas y su posterior traslado, lo que resulta en una reducción significativa de las emisiones. Al producir un nuevo producto a partir de materiales reciclados, se logra una notable disminución del 20% de las emisiones en comparación con la producción a partir de nuevos materiales. Este proceso no solo

contribuye a la conservación de nuestro medio ambiente, sino que también produce beneficios ambientales sustanciales.

En el distrito de Abancay, el gran aumento poblacional genera un incontrolable crecimiento urbanístico y el incremento de residuos plásticos. Debido a este notable crecimiento horizontal se generan una gran proyección de diversos tipos de construcciones, como son las vías peatonales, sardineles y rampas que puedan mejorar el libre tránsito de la población, para lo cual se utilizan los recursos no renovables que hay en la zona contribuyendo a su desaparición. Esta tesis surgió a partir de las consideraciones anteriores, con el propósito de elaborar un concreto con una resistencia de f'c= 175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), para su aplicación en obras horizontales, no estructurales. Se propone la opción de incorporar el material PET para potenciar la capacidad de resistencia a la compresión y flexión del concreto, así mismo se puede contribuir a disminuir los residuos plásticos que genera el distrito, disminuyendo los costos de materiales de construcción y reduciendo el riesgo de escasear los agregados que existen en la zona de Abancay.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Formulación del problema

Se formularon los siguientes problemas para abordar este objetivo.

1.2.2 Problema general.

¿Cómo es la influencia en las propiedades mecánicas del concreto f’c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay-Apurímac, 2023?

1.2.3 Problemas específicos.

1: ¿Cuál es la influencia en la **resistencia a la compresión** del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay-Apurímac, 2023?

2: ¿Cuál es la influencia en la **resistencia a la flexión** del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay-Apurímac, 2023?

1.3 Justificación de la investigación.

Esta tesis se realizó con la intención de innovar la mezcla de concreto, mediante la incorporación de un material no convencional, pero fácilmente disponible en la ciudad de Abancay, de esta manera se contribuye en el reciclaje de los desechos plásticos de este tipo.

El propósito de esta tesis fue analizar la incorporación de plásticos reciclados (PET) a una mezcla de concreto f'c = 175 kg/cm^2 y su influencia en sus propiedades mecánicas de resistencia a compresión y flexión mediante pruebas experimentales en un laboratorio de concreto, que permitió realizar ensayos en el concreto endurecido y fresco, para verificar la veracidad de esta alternativa. Así, este estudio se utilizará como fundamento para futuras investigaciones relacionadas con este tema.

Con este estudio se pretendió brindar una opción para la fabricación del concreto y su posterior uso en diferentes construcciones horizontales, las cuales podrán hacer uso de materiales reutilizados y de esta manera, contribuir en su disminución, asimismo se estaría evitando la depredación de materia prima como los agregados.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Analizar cómo es la influencia en las propiedades mecánicas del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay-Apurímac, 2023.

1.4.2 Objetivos específicos

1 **Determinar** cuál es la influencia en la **Resistencia a la Compresión** del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay-Apurímac, 2023.

2 **Determinar** cuál es la influencia en la **Resistencia a la Flexión** del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay-Apurímac, 2023.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación espacial

La tesis se realizó en el distrito de Abancay, en el laboratorio de suelos y concreto Saywite S. A. C. con los agregados y materiales de la zona.

1.5.2 Delimitación temporal

El tiempo para ejecutar esta tesis, fueron los meses de julio, agosto, setiembre y octubre del año 2023

1.5.3 Delimitación social

Esta tesis no se limitó a un contexto social específico, ya que su objetivo fue estudiar la mejora de las propiedades mecánicas del concreto a través de la incorporación de plásticos reciclados PET.

1.5.4 Delimitación conceptual

El propósito de esta tesis fue evaluar el tipo de concreto que incluya la incorporación de plásticos reciclados (PET) picado y dosificado en cantidades del 1%, 3% y 5%. Estas mezclas fueron evaluadas en el laboratorio a través de pruebas que determinaron las propiedades mecánicas, centrándose especialmente en la resistencia a la compresión y flexión del concreto.

1.6 Viabilidad de la investigación

La propuesta fue viable científicamente, porque existen metodologías establecidas, como fórmulas, métodos y ensayos de laboratorio. Además, desde un punto de vista económico, el investigador cuenta con los medios adecuados para proceder con la investigación sin contratiempos.

Este estudio tuvo una gran relevancia social, ya que aporta en abordar la necesidad de controlar y reducir los residuos plásticos que se generan en el distrito de Abancay. Se propone el uso alternativo de concreto con una capacidad resistente de f'c=175 kg/cm^2, incorporado con plásticos reciclados (PET), para aplicaciones en vías peatonales y sardineles.

Así mismo esta tesis se llevó a cabo, siguiendo la técnica de recopilación de datos a través de ensayos estandarizados según la norma técnica peruana 339.034/ ASTM C39M y la norma técnica peruana 339.078/ ASTM C78/ MTC E 709. El estudio fue realizado con el apoyo del equipo de trabajo especializado en ensayos de laboratorio, lo que garantizará la confiabilidad de la investigación para futuras investigaciones.

1.7 Limitaciones

Para realizar estas tesis se tuvieron limitaciones con el laboratorio de la Universidad, ya que no dispone de todos los equipos necesarios para realizar los ensayos y pruebas, así mismo no se cuenta con certificados de calibración de los equipos, es por ello que se decidió en contratar los ambientes y servicios de un laboratorio externo.

Se presentaron limitaciones conceptuales en este estudio, porque al requerir información a nivel local no se encontró la información necesaria.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.2.1 A nivel internacional

Campos y Melo (2022), en su tesis titulada “Análisis del concreto ciclópeo con incorporación de botellas plásticas (PET), para la construcción de placa huellas en su parte central y sobre anchos”, el objetivo de esta investigación fue analizar el concreto ciclópeo con la integración de botellas plásticas PET para la edificación de placas de huellas, siguiendo los criterios estipulados por el Ministerio de Transporte - INVIAS en cuanto a su zona central y dimensiones, empleando la siguiente metodología con un enfoque cuantitativo, de diseño experimental nivel descriptiva correlacional, llegando a los siguientes resultados demostraron que la viga presenta una resistencia al módulo de rotura superior a la resistencia a la compresión del cilindro, y esto se debe a la disposición del PET incorporado en direcciones específicas. Al analizar los resultados obtenidos en cada muestra fallada, se buscó determinar si la propuesta planteada es factible o no. Para ello, se implementó un diseño de concreto en todos los especímenes, utilizando volúmenes iguales de piedra y PET en porcentajes idénticos (22% para

los cilindros y 12% para las vigas). La valoración de la resistencia a la compresión y flexión en los ensayos de falla proporcionó información crucial para comprender la viabilidad de la alternativa. Se Concluyó que esta opción, planteada con el objetivo de reducir los daños presentes en las vías y la contaminación generada por el PET al medio ambiente, logra brindar un recurso a la población que requiere de esta investigación. Mediante la reutilización de materiales reciclados, se busca mejorar la situación vial y contribuir a la preservación del entorno, beneficiando tanto a las comunidades urbanas como rurales.

Carreño (2020), en su investigación titulada “Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones” tuvo como objetivo analizar, desde un punto de vista técnico y económico, la utilización de PET reciclado como sustituto parcial de agregados finos en hormigones destinados a su empleo en Chile, empleó la siguiente metodología con un enfoque cuantitativo, de diseño experimental nivel descriptiva correlacional, logrando los siguientes hallazgos en las ensayos ejecutados mostraron una variabilidad en la resistencia de compresión, tracción, flexión, absorción de agua y módulo de elasticidad al reemplazar agregados finos por PET. Se ha determinado que no se debe superar el 20% de sustitución, independientemente de la proporción de cemento, la relación agua-cemento y la forma del PET. Mezclas con un alto porcentaje de reemplazo presentan una disminución de hasta un 65% en la resistencia a la compresión en contraste con el hormigón usual. Sin embargo, para porcentajes menores al 20%, se observa una alta variabilidad en la resistencia, siendo aceptables muchas de estas mezclas. Específicamente, un rango de reemplazo entre 0,5% y 10% muestra mejores hallazgos en la resistencia a la compresión, e incluso se ha constatado

que la utilización de PET reciclado puede aumentar esta propiedad hasta en un 28%. Se concluyó que una dosificación de hormigón con una resistencia específica de compresión de 25 MPa (G25), con la incorporación de 10% de PET reutilizado como sustituto de los agregados finos. De acuerdo a los criterios establecidos por la ACI 318-11, este hormigón puede considerarse aceptable. Aunque la producción de este tipo de hormigón conlleva un costo adicional de $7.190 por metro cúbico en comparación con el hormigón convencional, resulta destacable que si se produjeran 8.704 m^3 de hormigón (lo cual representa tan solo el 0,1% de la producción total de metros cúbicos en el país en 2019), se podría reciclar una cantidad de botellas de PET equivalente al consumo anual de 210.423 personas en Chile. Además, se propone que este tipo de concreto puede ser utilizado como material para construcción de viviendas ligeras y en la fabricación de elementos prefabricados de hormigón. El enfoque principal de esta investigación se centra en la sostenibilidad en el campo de la construcción, reconociendo la importancia de desarrollar nuevas tecnologías que nos permitan avanzar hacia un camino de desarrollo sostenible en respuesta a las condiciones ambientales actuales.

Cabarcas y Colpas (2020), en su tesis titulada “Evaluación de la resistencia a la flexión y compresión de un concreto estructural ecológico con fibras PET propuesto conforme a la norma nsr-10” tuvo como objetivo examinar, a través de un enfoque sostenible, las características mecánicas del concreto en su estado fresco y endurecido con una resistencia de 3000 PSI, utilizando fibras derivadas de botellas de PET, que cumplan con los estándares establecidos en la norma NSR-10. Para ello, se empleó una metodología que incorporó un diseño experimental cuantitativo y un nivel descriptivo correlacional. Después de realizar

las pruebas de compresión y flexión en diferentes periodos de curado (4, 7 y 28 días), se identificaron los siguientes puntos. Las probetas utilizadas en las pruebas fueron sometidas a evaluación en los laboratorios de la Universidad y la empresa Consultech S.A.S. A partir de los datos recopilados, se procedió al cálculo de los indicadores estadísticos claves necesarios para el análisis correspondiente. En estos se verifica que los concretos que contenían un 0,2% de fibras PET experimentaron una disminución de la resistencia a la compresión del 9,89% en contraste con el concreto patrón. No obstante, al aumentar la proporción de filamentos de PET al 0,35%, la resistencia a la compresión se redujo en un 6,5% en confrontación con el concreto de referencia. Los hallazgos indican que la inclusión de fibras de PET en el concreto impacta de manera significativa en su resistencia a la compresión. Conforme se acrecienta la porción de filamentos de PET, se aprecia una disminución mínima en la resistencia del material. Es importante destacar que, incluso con una elevada presencia de filamentos de PET, el concreto sigue manteniendo una resistencia aceptable en comparación con el concreto convencional. Se concluyó que el empleo de filamentos de PET como adición al concreto es viable, debido a que nota una reducción tolerable en la resistencia a la compresión aumenta cuando se incrementa la cantidad de fibras incluidas. Estos resultados brindan información relevante para futuros diseños y aplicaciones de concreto con filamentos PET, en busca de alternativas más sostenibles y resistentes.

Lugo y Torres (2019), en su investigación titulada “Caracterización del comportamiento mecánico del concreto simple con adición de fibras poliméricas simples PET” tuvo como objetivo explicar la conducta mecánica del concreto con la incorporación de filamentos PET. Se empleó la siguiente metodología

cuantitativa, con un enfoque experimental descriptivo correlacional. Se obtuvieron resultados favorables sin la incorporación de filamentos PET, con una resistencia a compresión de f'c=2844.67 PSI, y con la incorporación se alcanzó una resistencia de f'c=3201.67 PSI, logrando una mejora en el concreto. Finalmente, se concluyó que la cantidad ideal de fibras de plástico para la mezcla se encuentra en un rango de 96 kg a 110 kg, de acuerdo con el diseño del estudio. Los hallazgos demuestran que la resistencia a la flexión del concreto aumenta en proporción directa al porcentaje de fibras PET utilizadas. Por lo tanto, cuando se incrementa la cantidad de fibras, se obtienen mayores resistencias a los esfuerzos de flexión.

2.2.2 A nivel nacional

Ortiz (2022), en su tesis titulada "Influencia de la Adición del Plástico Reciclado PET en sus Propiedades Mecánicas en un Concreto Convencional de f'c = 210 kg/cm^2, tuvo como objetivo determinar cómo influye la adición del plástico reciclado PET en las propiedades mecánicas de un concreto convencional de f'c = 210 kg/cm^2, empleó la siguiente metodología con un enfoque cuantitativo, de diseño experimental nivel descriptiva correlacional, para lo cual se procedió al diseño de cuatro muestras, siendo una de ellas el patrón y las restantes con porcentajes de 1%, 2% y 3%, cada una conteniendo 3 muestras, lo que resultó en un total de 36 probetas sometidas al ensayo de resistencia a la compresión. Como resultado, se determinó la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días de la mezcla con adición de PET: para un 1% de PET, se obtuvieron valores de 140.6 kg/cm2 a los 7 días, 217.02 kg/cm2 a los 14 días y 302.24 kg/cm2 a los 28 días; de manera similar, para un 2% de PET se registraron 152.80 kg/cm2 a los 7 días, 223.86 kg/cm2 a los 14 días y 319.67 kg/cm2 a los 28 días; finalmente, para un 3% de PET se alcanzaron 157.1 kg/cm2 a los 7 días, 240.68 kg/cm2 a los 14 días

y 332.32 kg/cm2 a los 28 días. Se llegó a la conclusión de que la inclusión de PET en proporciones del 1% al 3% resulta beneficiosa para la resistencia mecánica del concreto.

Hidalgo (2022), en su tesis titulada “Estudio comparativo de investigaciones sobre concreto elaborado con material plástico reciclado como partículas en adición y/o reemplazo de los agregados”, tuvo como objetivo estudiar el comportamiento mecánico y físico de investigaciones sobre concreto elaborado con partículas plásticos como adición o reemplazo de agregados a nivel nacional, empleo la siguiente metodología con un enfoque cuantitativo, de diseño experimental nivel descriptiva correlacional, llegando al siguiente resultado indico que los porcentajes de adición de material plástico no deben ser mayores al 20% porque induciría a una pérdida considerable de la resistencia a compresión. La forma de las partículas del material plástico reciclado de uso más idóneo y económico sería de una característica granulada y mediante un diseño de mezcla de sustitución de los agregados finos. Concluyó que para la preparación de mezclas de concreto se debe utilizar material plástico en condiciones libres de impurezas orgánicas y polvo. Para elaborar diseños con plástico granulado como reemplazo se recomienda realizar una granulometría del material de tal manera se pueda correlacionar con el tamaño del agregado fino.

Vásquez (2021), en su tesis denominado “Efecto de las adiciones de plástico reciclado en diferentes porcentajes, en las propiedades mecánicas del concreto, acorde a los resultados obtenidos en anteriores investigaciones, Cajamarca 2021” tuvo como objetivo analizar el impacto de la inclusión de plástico reciclado en diferentes proporciones en las características mecánicas del hormigón, de acuerdo a los resultados obtenidos en investigaciones previas.,

Cajamarca 2021, empleando la siguiente metodología con un enfoque cuantitativo, de diseño experimental nivel descriptiva correlacional, obteniendo como resultado final del empleo de plásticos (PET, PVC, PP y HDPE) como sustitutos del agregado fino y/o grueso en el concreto, un impacto positivo en la resistencia a la compresión, a la tracción por flexión, a la resistencia dividida, y una disminución en el asentamiento. En última instancia, se confirmó que la hipótesis inicial es válida: al reemplazar los plásticos por menos del 10% del agregado natural, la resistencia del concreto puede mejorar hasta en un 25% en comparación con el concreto estándar y que, al aumentar las proporciones de polímeros, el asentamiento se reduce. En conclusión, se ratifica la validez de la hipótesis planteada, ya que al utilizar proporciones de plástico (PET, PVC, PP y HDPE) menores al 10%, la resistencia del concreto puede incrementar hasta en un 35% en comparación con el concreto tradicional, sugiriéndose que las proporciones óptimas sean inferiores al 5%.

Valer (2020), en su tesis titulada “Mejoramiento en el diseño de un pavimento rígido incorporando fibras de plástico PET reciclado, 2020.” tuvo como objetivo determinar cómo la inclusión de fibras de plástico PET reciclado afecta las propiedades mecánicas del concreto, para el mejoramiento del diseño de un pavimento rígido, emplearon la siguiente metodología con un enfoque cuantitativo de diseño experimental y nivel descriptiva correlacional, los resultados obtenidos revelaron que se analizó la inclusión de fibras plásticas PET en proporciones del 2%, 5% y 7.5%. Se planteó la hipótesis, al incorporar estas fibras, tanto la resistencia a la compresión como a la flexión del concreto mejorarían, lo que permitiría optimizar el espesor de la losa y reducir costos en el diseño de pavimentos rígidos. Tras realizar ensayos mecánicos utilizando el

método AASHTO-93, se descubrió que el concreto reforzado con un 5% de PET superó significativamente al concreto estándar: mostró una mejora del 13.42% en resistencia a la compresión y del 22.99% en resistencia a la flexión. Estos resultados positivos permitieron reducir el espesor de la losa de concreto estándar (23,0 cm) a 20,0 cm en el caso del concreto reforzado, lo que a su vez supuso una disminución de 3,0 cm en volumen y costos del material. Se concluyó que el excelente rendimiento de los materiales plásticos PET reciclados como refuerzo para el concreto sugiere su potencial para mitigar el impacto ambiental.

Campana y Flores (2020), plantean en su tesis titulada "Comportamiento de los plásticos reciclados PET en la resistencia a compresión y flexión del f`c = 210 kg/cm$^2$, Lima, 2019", tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de los plásticos reciclados PET reemplazando en proporciones de 3% - 5% - 7%, del agregado fino en relación a la resistencia como compresión y flexión del concreto f`c = 210 kg/cm^2, lima, 2019. Los resultados describieron el análisis llevado a cabo en ensayos de compresión en probetas cilíndricas (N.T.P. 339.034) para determinar su máxima resistencia a la compresión, y en ensayos de flexión en vigas (NTP 339.078, 2001) para determinar su módulo de ruptura. Se elaboraron 48 probetas con dosificaciones de 3%, 5% y 7%, y 24 vigas con dosificaciones de 3%, 5% y 7%. Los ensayos se realizaron siguiendo las normativas mencionadas, a los 7, 14, 21 y 28 días de curado de las muestras. Respecto al PET, se llevaron a cabo ensayos de granulometría (NTP 400.012-2001) y masa unitaria (NTP 400.017-1999).

Se concluyó que los plásticos reciclados PET tienen un impacto en la resistencia a la compresión, ya que al aumentar los porcentajes de PET reciclado triturado a los 28 días, se observó una disminución en los resultados: el patrón

registró 251.32 kg/cm2, mientras que con un 3% de PET fue de 225.35, con un 5% de PET fue de 217.07 y con un 7% de PET fue de 199.02, representando una reducción del 18%. De igual manera, se identificó una influencia en la resistencia a la flexión debido a la sustitución de PET triturado en el concreto ya que, al aumentar esta adición a los 28 días, se evidenció una disminución en el módulo de ruptura: el patrón fue de 39.31 kg/cm^2, con un 3% de PET fue de 30.27 kg/cm^2, con un 5% de PET fue de 29.29 kg/cm^2 y con un 7% de PET fue de 26.65 kg/cm^2, con una reducción del 70%. A pesar de ello, se encontró una relación relevante entre la resistencia a la compresión en un rango del 10% al 20%, y todos los resultados obtenidos con la adición de PET se mantuvieron dentro de los parámetros esperados.

Pinedo (2019), menciona en su tesis titulada “Estudio de Resistencia a la Compresión del Concreto f´c = 210 kg/cm^2, con la Adición de Plástico Reciclado (PET), en la Ciudad de Tarapoto, 2018” tuvo como objetivo determinar si el concreto con adición de plástico reciclado PET mejorara su Resistencia a la Compresión, emplearon la siguiente metodología con un enfoque cuantitativo de diseño experimental nivel descriptiva correlacional, llegando al siguiente resultado de los materiales empleados en esta investigación incluyen cemento tipo 1 de Pacasmayo, agregados gruesos y finos provenientes del río Huallaga, y plástico PET obtenido a partir de la trituración de botellas plásticas recicladas. Se elaboró concreto con la incorporación de 5%, 10% y 15% de plástico reciclado PET, el cual se vertió en probetas y se sometió a pruebas de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, para comparar los resultados con la muestra de referencia. Los hallazgos mostraron que la resistencia a la compresión del concreto sin adición de PET a los 28 días fue de 220 kg/cm^2, mientras que la

resistencia a la compresión del concreto con la inclusión de plástico reciclado PET en porcentajes de 5%, 10% y 15% fue de 191 kg/cm^2, 168.25 kg/cm^2 y 151.31 kg/cm^2 respectivamente. Se concluyó que a medida que se incrementa el porcentaje de PET en la mezcla, la resistencia a la compresión del concreto disminuye. Además, se determinó que el concreto con la adición de plástico reciclado PET con resistencias a la compresión superiores a 140 kg/cm^2 y 175 kg/cm^2 podría ser utilizado en elementos no estructurales, lo que representaría una alternativa para reducir la contaminación ambiental generada por los plásticos PET y fomentar su reciclaje en la industria de la construcción.

2.2.3 A nivel regional y local

Castro (2021), en su tesis titulada “Determinación y evaluación del comportamiento mecánico del concreto mediante adición de plástico reciclado (PET) en la construcción de edificaciones para la ciudad de Abancay”, tuvo como principal objetivo la evaluación del impacto del plástico PET reciclado en diferentes proporciones en el concreto de f’c = 210 kg/cm^2 para la ciudad de Abancay, donde emplearon la siguiente metodología con un enfoque metodológico de investigación aplicada y alcance explicativo con diseño experimental, se arribó a los siguientes hallazgos del estudio. Por ejemplo, conforme se sustituye el agregado fino con mayor cantidad de plástico reciclado PET, se observa una disminución en el valor medio ponderado de la resistencia a la compresión. Asimismo, se apreció que al incrementar la cantidad de plástico reciclado que reemplaza al agregado fino, la disminución es notable en términos de peso. A pesar de la disminución en la resistencia, es claro que el plástico reciclado no obstaculiza completamente el avance en el valor de resistencia a la compresión. Por consiguiente, la cantidad de plástico reciclado que más se

aproxima a una mezcla de concreto convencional es aquella que sustituye el 5 % de PET. En consecuencia, se obtuvieron valores promedio de resistencia a la compresión que varían desde el 65.82 % a los siete días hasta el 86.78 % a los 28 días. Los valores promedio de resistencia más bajos fueron evidenciados en el concreto que reemplazaba el 15 % con PET, lo que arrojó tasas del 46.35 % a los siete días y un 63.64 % a los veintiocho días.

De la tesis, se concluyó que el tereftalato de polietileno PET reemplaza al agregado fino en un porcentaje del 5 %, 10 % y 15 % en la elaboración de un concreto con una resistencia de F'c=210 kg/cm^2, sin embargo, esta sustitución no conduce al aumento ni a la igualdad en el valor de resistencia a la compresión en comparación con el concreto convencional de resistencia f'c=210 kg/cm^2. Por lo tanto, los resultados obtenidos no son favorables y no recomiendan la utilización de estos tipos de concreto en la construcción de elementos estructurales, como vigas, columnas, losas, placas, y otros componentes típicos de edificaciones destinadas a viviendas en la ciudad de Abancay.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Propiedades mecánicas del concreto

2.2.1.1 Definición

Harmsen (2017), indica que las propiedades mecánicas del concreto se refieren a su capacidad para resistir fuerzas y deformaciones sin sufrir daños significativos. Algunas de las propiedades mecánicas más importantes son:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.
- Tenacidad.
- Módulo de elasticidad.

- Ductilidad.
- Durabilidad.

2.2.1.2 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto es el criterio referencial más conocido en cuanto a la ciencia del concreto y el diseño de estructuras, para mostrar las características resistentes y la buena calidad de un concreto. Se refiere a su capacidad para resistir fuerzas de compresión sin sufrir daños o deformaciones permanentes. Es una medida de la capacidad del concreto para resistir cargas aplicadas en dirección hacia el centro del material, comprimiéndolo, (Pasquel, 1998).

La resistencia a la compresión del concreto depende de varios factores, incluyendo:

A. Relación agua-cemento (A/C).

Es la cantidad necesaria de agua para la mezcla de concreto en relación con la cantidad de cemento. Usar una relación agua-cemento baja tiende a producir un concreto impermeable, resistente a la abrasión, el desgaste y la agresión química, ya que se forma una mezcla más densa y menos porosa. La proporción agua- cemento está relacionada a la resistencia a compresión, generalmente superior a la necesaria, (Pasquel, 1998).

B. Tipo y cantidad de cemento.

El tipo de cemento que se emplea en la mezcla y su contenido influyen en la resistencia a la compresión. El cemento Portland es el tipo de cemento más comúnmente utilizado y pueden ser de distintos tipos:

– Tipo I: es de uso general, no requiere tener propiedades específicas.

- Tipo II: Es de moderada resistencia al calor de hidratación y a los sulfatos, se usa en vaciados masivos y en construcciones con ambiente agresivo.
- Tipo III: Es de altas resistencias iniciales, con alta liberación de calor durante el proceso de hidratación, se usa en climas fríos y construcciones que necesitan acelerar su puesta en servicio.
- Tipo IV: Se emplea en obras de concreto masivo, Para obtener baja liberación de calor de hidratación
- Tipo V: Ofrece una resistencia elevada a los sulfatos, por lo que es ideal para utilizar en estructuras expuestas a ambientes corrosivos.

El uso de baja relación materiales cementantes y baja permeabilidad son fundamentales para el buen desempeño de cualquier estructura expuesta a los sulfatos. De lo contrario, incluso el concreto con cemento tipo V es incapaz de soportar una exposición severa a los sulfatos. (Pasquel, 1998).

C. Caracterización del agregado.

El agregado debe ser sometido a diversos ensayos de laboratorio para poder determinar su eficiencia en el concreto:

❖ **Análisis granulométrico del agregado fino y grueso**

Teniendo en cuenta que sería complicado medir el volumen de los distintos tamaños de partículas, se realiza por el método indirecto, que consiste en pasarlos por una serie de mallas con aberturas establecidas, para luego pesar la cantidad de material retenido por cada tamiz, a esto se le nombra análisis de granulometría que viene a ser la representación numérica de la distribución de volúmenes retenidos. Los tamices, asignados para los agregados finos, se identifican con nº4, nº8, nº16, nº30, nº50 y

nº100. Y los tamices para los agregados gruesos son 3", 2", 1½", 1", ¾", ½",3/8" y nº4, (Pasquel, 1998).

Tabla 1

Requerimiento de la granulometría para el A.F.

Tamices	Proporción en peso del material que se filtra a través del 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 (2017)

Tabla 2

Requerimiento de granulometría para el A.G.

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 Pulg)	90 mm (3 1/2 Pulg)	75 mm (3 Pulg)	63 mm (2 1/2Pulg)	50 mm (2 Pulg)	37,5 mm (1 1/2 Pulg)	25,0 mm (1 Pulg)	19,0 mm (3/4 Pulg)	12,5 mm (1/2 Pulg)	9,5 mm (3/8 Pulg)	4,75 mm (N°. 4)	2,36 mm (N°. 8)	1,18 mm (N°. 16)	300um (N°. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 1/2pulg a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	....	25 a 60	....	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....	....
2	63 mm a 37,5mm (2 1/2pulg a 1 1/2 pulg)	....	....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....	....
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	....	....	....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....
357	50 mm a 4,75mm (2 pulg a N°.4)	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	10 a 30	....	0 a 5	....	....	....
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2pulg a 3/4 pulg)	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2pulg a N°.4)	....	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	10 a 30	0 a 5	....	....	....
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a 1/2 pulg)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....	....	....	....
56	25,0 mm a 9,5mm (1 pulg a 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	....	....	....
57	25,0 mm a 4,75mm (1pulg a N°.4)	....	....	....	....	....	100	95 a 100	....	25 a 60	....	0 a 10	0 a 5	....	....
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	....	....	....
67	19,0 mm a 4mm (3/4pulg a N°.4)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....	....
7	12,5 mm a 4,75mm (1/2pulg a N°.4)	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	....	....
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a N°.8)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	....
89	12,5 mm a 9,5mm (1/2pulg a 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18mm (N°.4 a N°.16)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Abanto (2017).

Procedimiento:

- Para iniciar a realizar el ensayo primero se lava la muestra y luego se seca a una temperatura fija de 100°C con una variación de ± 5°C. Acto seguido se escogen los tamices en secuencia descendente basándose en el tamaño de la abertura de la malla, comenzando desde el más grande hasta el más pequeño. La muestra se descargará en el tamiz superior, para continuar con el tamizaje mecánico o manual durante un tiempo específico.
- Se debe de limitar la cantidad de muestra que se vierte en el tamiz superior, con el fin de asegurar que todas las partículas atraviesen los tamices, (NTP 400.012, 2018).

❖ **Módulo de fineza**

La determinación del módulo de finura implica sumar los porcentajes retenidos acumulados de varios tamices, incluidos los tamices de 3/8 pulgadas, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100. A continuación, esta suma se divide por 100 para calcular el módulo de finura, (NTP 400.012, 2018).

$$MF = \frac{\sum(\%\ retenidos\ acumulados)}{100}$$

❖ **Peso específico y absorción del agregado grueso y fino**

Este procedimiento se utiliza para establecer la gravedad específica en condiciones de saturación y la capacidad de absorción de los áridos tras una inmersión de 24 horas en agua. Estas pruebas se guían por las normas respectivamente, (NTP 400.021, 2018) / (NTP 400.022, 2018).

Agregado fino

Procedimiento para realizar el ensayo en el laboratorio

- Saturar la muestra libre de polvo con agua por 24 horas.

- Llevar la muestra a un estado de saturación superficialmente seca mediante un ligero proceso de secado.
- Se coloca la muestra saturada superficialmente seca dentro del picnómetro.
- Luego se llena con agua al 85% de su capacidad.
- Seguidamente se frota el picnómetro hasta que hayan sido eliminadas todas las burbujas de aire.
- Tras eliminar las burbujas de aire, se procede a calcular el peso total del agregado, el agua y el picnómetro.
- Luego vaciar el contenido del picnómetro en un recipiente y llevarlo al horno para después calcular su masa, (NTP 400.022, 2018).

Agregado grueso:

Procedimiento para realizar el ensayo en el laboratorio

- Saturar la muestra libre de polvo con agua durante 24 horas.
- Secar la muestra con un paño absorbente.
- Pesar la muestra saturada superficialmente seca
- Colocar la muestra dentro de la canastilla totalmente sumergida y obtener el peso.
- Poner la muestra en un envase, luego colocarlo en el horno y hallar su masa, (NTP 400.021, 2018).

❖ **Peso unitario del agregado grueso y fino**

Esta prueba se emplea para obtener la densidad de masa (peso unitario) de los materiales agregados en su estado suelto o compactado, y además, evalúa los vacíos entre las partículas de los agregados finos, gruesos o en combinaciones de ambos, (NTP 400.017, 2016).

Procedimiento para agregado compactado:

- Se llena el molde hasta el primer tercio de la cantidad total.
- Seguidamente se varilla con 25 golpes, así se repiten los pasos con la segunda capa, hasta llegar a la tercera capa, enrasar con la varilla y chusear con 25 golpes hasta eliminar los espacios vacíos.
- Y se procede a pesar la muestra.

Procedimiento para agregado suelto:

- Se rellena el molde con la muestra hasta el tope y luego se enrasa.
- La superficie superior debe estar nivelada.
- Por último, se procede a pesar la muestra, (NTP 400.017, 2016).

❖ **Contenido de humedad del agregado grueso y fino**

Esta prueba es empleada para calcular el porcentaje total de humedad que puede evaporarse en una muestra de agregado fino o grueso a través del proceso de secado. La humedad que se evapora abarca tanto la humedad superficial como la contenida en los poros del agregado, (NTP 339.185, 2013).

Procedimiento para elaborar el ensayo

- Se coloca la muestra en un recipiente para luego pesarlo con mucha precisión.
- Se procede a llevar al horno la muestra para su secado.
- Después de un determinado tiempo se saca la muestra del horno y se espera a q enfrié para luego ser pesado, (NTP 339.185, 2013).

D. Curado.

El proceso de curado del concreto es crucial para desarrollar su resistencia a la compresión. Un adecuado curado, que involucra la humedad

y la temperatura controladas durante un tiempo suficiente, permite una adecuada hidratación del cemento y el avance de la resistencia del concreto.

2.2.1.2.1 Ensayo de laboratorio a compresión.

El procedimiento estándar para medir la capacidad de soportar cargas de compresión del concreto implica el uso de cilindros de 6 pulgadas (15 cm) de diámetro y 12 pulgadas (30 cm) de altura. Después de verter el concreto en el molde, se deja reposar durante veinticuatro horas y luego se somete a un proceso de curado en agua hasta el momento del ensayo. La edad recomendada para realizar el ensayo es de veintiocho días, aunque puede variar según las especificaciones. Durante el ensayo, se aplica una carga gradual y uniforme al cilindro a una velocidad de 2.45 $kg/cm^2/s$. Se toman al menos dos probetas de la misma muestra y se promedia su resistencia a la compresión (f'c) conseguida a los veintiocho días. Este valor es utilizado como indicador de la resistencia del concreto a soportar cargas de compresión. Es importante seguir este procedimiento estándar para obtener resultados confiables y comparables.

La obtención de la resistencia a la compresión según la NTP 339.034 (2021), debe realizarse con precaución, debido a que esta propiedad no es inherente al concreto fabricado con los materiales utilizados. Los resultados obtenidos estarán sujetos a influencias de diversos factores como la dosificación, el mezclado, el método para tomar muestras, la forma y el tamaño del espécimen, el moldeo, la edad, la temperatura y las condiciones de humedad durante el curado.

Para hallar la resistencia a compresión del espécimen se emplea la siguiente formula según, (Pasquel, 1998).

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

P: Carga máxima soportada por la probeta.

A: Área de la sección transversal.

2.2.1.3 Resistencia a la flexión

Es una característica esencial del concreto que describe su habilidad para resistir fuerzas aplicadas en forma de flexión o curvatura. La resistencia a la flexión se determina por la capacidad del concreto para resistir la formación de grietas o fallas en la zona de tracción. En el caso del concreto, se evalúa su capacidad para soportar cargas que lo doblan o flexionan, sin sufrir daños o deformaciones excesivas, (Nilson, 2000).

Es importante tener en cuenta que la resistencia a la flexión del concreto considera diversos aspectos, como la proporción agua-cemento, el tipo y cantidad de refuerzo utilizado, la geometría de la sección transversal y el proceso de curado. Estos factores influyen en la destreza del concreto para soportar las tensiones generadas durante la flexión, (Nilson, 2000).

La resistencia a la flexión del concreto es esencial en el diseño y la construcción de estructuras, ya que los elementos como vigas, losas y puentes están sujetos a cargas de flexión significativas. Una resistencia a la flexión adecuada garantiza la capacidad de carga de estas estructuras y la estabilidad evitando deformaciones excesivas o fallas, (Nilson, 2000).

2.2.1.3.1. Ensayo de laboratorio a flexión.

La capacidad de resistencia a la flexión se evalúa por medio de pruebas en vigas de sección cuadrada con tamaños de 500 mm de longitud y 150 mm de lado, las cuales son fabricadas y sometidas a un proceso de curado siguiendo las especificaciones establecidas por la NTP 339.078.

Según la NTP 339.078, este ensayo reside en aplicar una fuerza a los tercios del vano de la viga hasta que suceda la falla. El cálculo del módulo de rotura se realizará considerando la localización de falla, ya sea en el tercio medio o a una distancia de ésta que no exceda el 5% del vano libre. Este método se utiliza para analizar la capacidad de flexión del concreto en vigas y determinar su capacidad de soportar cargas antes de producirse la falla. La aplicación de la carga se lleva a cabo de forma progresiva y constante hasta que se produce la fractura de la viga, (NTP 339.078, 2022).

Para hallar la resistencia a flexión del espécimen se emplea la siguiente formula según, (Pasquel, 1998).

$$\mathrm{R} = \frac{P * L}{b * d^2}$$

Donde:

R: Módulo de rotura.

P: Carga máxima soportada por la probeta.

L: Longitud despejado entre los puntos de apoyo.

b: Promedio del ancho de la muestra.

d: Promedio de la altura de la muestra, se incluye el espesor refrentado.

2.2.2 Plástico (PET)

2.2.2.1 Definición:

El Polietileno Tereftalato (PET) es una variedad de materia prima plástica originada del petróleo. Está compuesto por gas, aire y petróleo crudo. De acuerdo con la Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica (ALIPLAST), aproximadamente el 64% de su peso corresponde a petróleo, mientras que un 23% se compone de líquidos resultantes del gas natural, y el restante 13% se compone de elementos atmosféricos, (Argueta, 2006).

El PET es utilizado para fabricar los recipientes de bebidas carbonatadas y agua mineral, entre otros. Estas botellas son de un solo uso, por lo tanto, generalmente terminan en los residuos y, por consiguiente, en los vertederos sanitarios. En la actualidad, el reciclaje mecánico es el método principal utilizado para procesar la mayoría del PET, sin embargo, hay dificultades en este material, como la presencia de impurezas en las etiquetas y la pintura en las botellas, (Alesmar, Rendon, y Korody, 2008).

Tabla 3

Método para identificar los envases PET.

CÓDIGO FIGURA	TIPO DE PLÁSTICO	TIPO DE APLICACIÓN
	Polietileno tereftalato (PET)	Se utiliza para botellas de refresco y para recipientes de comida
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Se emplea en las botellas de leche, detergente, bolsas entre otros.
	Policloruro de vinilo (PVC)	Se encuentra en los envases de película fina y envolturas
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Este plástico resistente, flexible y traslúcido está presente en ciertos envases, botellas y bolsas.
	Polipropileno (PP)	Se usa para la caja de botellas, maletas, tapas y etiquetas.
	Poliestireno (PS)	Es empleado en la producción de vasos y platos de tecnopor y artículos moldeados.
	Otros (ejemplo: ABS, SAN, PC)	Todas las resinas y compuestos multicapa como parachoques de automóviles, postes, etc.

Fuente: (Merino, 2020)

Existen diversos niveles de PET, los cuales se distinguen por su peso molecular y grado de cristalinidad. Estas variantes se caracterizan por su alta pureza, ligereza, resistencia y tenacidad sobresalientes. Según su alineación molecular, presentan propiedades de translucidez y una notable resistencia a productos químicos. El PET es un plástico de primera calidad que se distingue por el número uno o las iniciales PET, rodeados por un símbolo de reciclaje compuesto por tres flechas, que se encuentra en el interior de los recipientes elaborados con este tipo de material, (Méndez, 2012).

2.2.2.2 Propiedades del plástico PET.

En términos generales, los plásticos se caracterizan por una serie de propiedades sobresalientes, como una resistencia elevada en comparación con su densidad, capacidad de aislamiento térmico, aislamiento eléctrico y resistencia química ante sustancias como ácidos, solventes y alcalinos, entre otros. Dentro de esta categoría, el Polietileno Tereftalato (PET) exhibe características particulares que resultan destacables, (Méndez, 2012).

El PET muestra cualidades idóneas para ser utilizado como una alternativa en la combinación de concreto. Estas propiedades incluyen un comportamiento óptimo ante cargas permanentes, una resistencia notable al desgaste, un coeficiente de fricción favorable, una destacada resistencia química y propiedades térmicas superiores. Estas características sugieren que el PET es una opción viable, (Echevarría, 2017)**.**

Tabla 4

Datos técnicos del tereftalato de polietileno.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)		
Características Mecánicas a 23° C		
Peso específico	1.34	gr/cm³
Resistencia a la tracción	825	kg/cm²
Resistencia a la flexión	1450	kg/cm²
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	37000	kg/cm²
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena	
Características Térmicas		
Punto de fusión.	255	°C
Propagación térmica.	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de plasticidad Vicat.	175	°C
Coeficiente de dilatación en el rango de 23-100 °C	0.00008 mm °C	
Características Eléctricas		
Absorción de la humedad	0.25	%
Características Químicas		
Comportamiento resistente a álcalis débiles a Temperatura ambiente	Buena	
Características a la combustión	Arde con mediana dificultad	
Avance de la combustión	Mantiene la llama	
Reacción al proceso de incineración.	Gotea	

Fuente: Echeverría (2017)

2.2.2.3 Reciclaje del plástico PET.

Argueta (2006), indica que el procedimiento para reciclar tiene los siguientes pasos para diferentes tipos de plásticos.

- **Acopio.** Los sistemas de recolección y los recicladores itinerantes son fuentes de botellas de PET para reciclaje. Estas actividades ayudan a conservar las ciudades limpias y a disminuir los residuos que llegan a los rellenos sanitarios. Es importante que los consumidores realicen la separación de desechos antes de que sean recolectados y los lleven a centros de acopio. En ausencia de un

sistema de recolección diferenciada, los recolectores desempeñan un papel fundamental en este proceso.

- **Compactado**. Para facilitar el transporte y almacenamiento, es compactado, reduciendo su volumen. Las pacas de PET suelen tener dimensiones de 153 x 130 x 85 cm y pueden pesar entre 200 y 600 kg, de acuerdo con la eficacia del prensado o el nivel de compactación.
- **Molido**. El proceso de molido (o picado) se lleva a cabo para facilitar la división de los distintos polímeros presentes en el material y garantizar una limpieza adecuada. Dependiendo del tipo de compactación previa, se realiza la disminución de tamaño del PET obteniendo hojuelas de diferentes dimensiones, como media pulgada, o incluso polvo, utilizando el molino según el requerimiento y las necesidades del proceso.
- **Separación.** La separación del PET se lleva a cabo en diferentes etapas para liberarlo de otros polímeros, metales, vidrio o papel. Primero, se hace una macro separación manual, que trata de destapar y quitar las etiquetas de las botellas. Luego, se realiza una micro separación utilizando propiedades físicas específicas como el peso, tamaño o densidad para clasificar el material. Por último, se emplea la división molecular, que implica tratar el plástico por disolución y posterior separación basada en la temperatura de los plásticos.
- **Limpieza.** Los flakes u hojuelas de PET, al ser recolectadas, suelen estar contaminadas con diversos elementos como restos de comida, piedra, polvo, papel, aceite, solventes e incluso residuos de pegamento. Para poder utilizarlas de manera adecuada, es necesario someterlas a un riguroso proceso de limpieza en el cual se garantice la eliminación de todas estas impurezas. Una alternativa para tratar el PET altamente contaminado es el uso

de hidrociclones, que aprovechan las diferencias de densidad para separar el plástico de los contaminantes. Mediante este proceso, el plástico flota en la superficie y es expulsado, mientras que los elementos de mayor densidad se sedimentan en el fondo y son eliminados. Después de completar la limpieza, se obtienen hojuelas limpias y listas para ser utilizadas en nuevos productos.

- **Secado.** Para eliminar la humedad restante del material, se emplea un proceso de secado. Existen diferentes métodos, como secadores centrifugados o secadores de aire. Estos últimos pueden ser de aire caliente o frío, y su función es hacer rotar el aire por medio del material pulverizado para quitar la humedad presente y dejar listo para su posterior uso o procesamiento.

- **Tipos de plásticos:**

Tabla 5

Características del tipo de plástico.

TIPO DE PLÁSTICO	CARACTERÍSTICAS
1. Polietileno tereftalato (PET)	Notable resistencia física, características térmicas destacadas, peso ligero y resistencia a agentes químicos.
2. Polietileno de alta densidad (HDPE)	Escasa ductilidad, resistencia a productos químicos, facilidad para la coloración, manufactura y procesamiento sencillos, no presenta opacidad.
3. Policloruro de vinilo (PVC)	Rígido y resistente, puede emplearse con disolventes y adquiere maleabilidad a 80°C, siendo un plástico maleable, dúctil y traslúcido.
4. Polietileno de baja densidad (LDPE)	El material es uniforme, traslúcida y liso a 70°C; además, presenta la apariencia de un plástico delgado y es susceptible a arañazos con facilidad.
5. Polipropileno (PP)	Resulta complicado manipularlo a pesar de su flexibilidad; se vuelve maleable a 140°C, muestra resistencia frente a disolventes y es un material flexible y traslúcido.
6. Poliestireno (PS)	Es resistente, transparente, opaco, frágil y liso a 95°C, y puede ser susceptible a la acción de disolventes e inclusive grasas.
7. Otros (PS-E(Poliestireno Expandido), ABS, SAN, PC)	Dado que es un material poroso, posee la propiedad significativa de absorber energía y contribuir a mantener la temperatura, además de ser un plástico ligero.

Fuente: (Merino, 2020)

2.2.3 Diseño de mezclas (ACI - 211)

El proceso de diseño de mezclas trata de aplicar habilidades técnicas para alcanzar las cantidades adecuadas de los materiales para el requerimiento de un proyecto. Implica evaluar los resultados obtenidos de las pruebas en laboratorio y compararlos con concretos de composición parecida, que se denominan concretos patrones. Este método consiste en un grupo de normas y estándares formulados por el American Concrete Institute (ACI) con respecto a la elaboración de una composición de concreto. La importancia de cumplir con estas pautas radica en la obtención de un hormigón que cumpla con los parámetros de diseño específicos.

Proceso para el Diseño de mezcla por el método ACI-211

A) Hallamos la resistencia requerida (f'cr).

Tabla 6

Resistencias a compresión requeridas.

f'c	f'cr
< 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
>350	f'c + 98

Fuente: Método ACI 211

B) Tamaño máximo nominal

Al analizar la granulación del agregado grueso, se determina el tamaño máximo nominal.

C) Asentamiento

Se selecciona con el objetivo de lograr un concreto que sea manejable sin comprometer la resistencia a compresión en nuestro diseño. (tabla 7)

Tabla 7

Slump del concreto fresco.

Consistencia	Asentamiento
Seco	0" a 2"
Plastico	3" a 4"
Fluido	≥ 5"

Fuente: Tecnología del concreto (Abanto, 2017)

D) Volumen unitario del agua

Teniendo información del TMN del agregado grueso y el Slump adecuado se recurre a la tabla 8

Tabla 8

Requerimiento del agua y el contenido de aire para slump.

Asentamiento	Agua, en l/m³, para los tamaños maximos nominales de agregado grueso y consistencias indicadas							
	3/8"	½"	¾"	1"	1 ½"	2"	3"	6"
Concreto sin presencia de aire incorporado								
1" a 2"	*207*	*199*	*190*	*179*	*166*	*154*	*130*	*113*
3" a 4"	*228*	*216*	*205*	*193*	*181*	*169*	*145*	*124*
6" a 7"	*243*	*228*	*216*	*202*	*190*	*178*	*160*	-
% aire atrapado	*3*	*2.5*	*2*	*1.5*	*1*	*0.5*	*0.3*	*0.2*
Concreto con presencia de aire incorporado								
1" a 2"	*181*	*175*	*168*	*160*	*150*	*142*	*122*	*107*
3" a 4"	*202*	*193*	*184*	*175*	*165*	*157*	*133*	*119*
6" a 7"	*216*	*205*	*197*	*184*	*174*	*166*	*154*	-

Fuente: Método ACI 211

E) Contenido de aire

Se establece considerando el tamaño maximo nominal del agregado grueso. (tabla 9)

Tabla 9

Porcentaje de aire atrapado.

Tamaño Maximo Nominal	Porcentaje aire atrapado
3/8"	3.000%
½"	2.500%
¾"	2.000%
1"	1.500%
1 ½"	1.000%
2"	0.500%
3"	0.300%
6"	0.200%

Fuente: Método ACI 211

F) Relación agua/cemento

Se calcula considerando la resistencia requerida. (tabla 10)

Tabla 10

Relación de agua/cemento.

f'cr a los 28 días kg/cm²	Proporción agua/ cemento	
	Concreto sin presencia de aire incorporado	Concreto con presencia de aire incorporado
450	0.380	-
400	0.420	-
350	0.470	0.390
300	0.540	0.450
250	0.610	0.520
200	0.700	0.610
150	0.800	0.710

Fuente: Tecnología del concreto (Abanto, 2017)

G) Factor cemento

Es la cantidad del cemento que se usa para un metro cubico de concreto.

$$\text{F. C} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relación agua cemento}}$$

H) **Cantidad de bolsas de cemento por m³ de concreto**

$$\textbf{Cantidad de bolsas} = \frac{\textbf{factor cemento}}{\textbf{peso de 1 bolsa de cemento}}$$

I) **Contenido de agregado grueso**

Se selecciona de la tabla teniendo de dato el módulo de finura del agregado fino y el tamaño máximo nominal del agregado grueso. (tabla 11)

Tabla 11

Contenido del agregado grueso.

Tamaño maximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes modulos de fineza del agregado fino			
	Modulo de fineza del agregado fino			
Malla	2.400	2.600	2.800	3.000
3/8"	0.500	0.480	0.460	0.440
½"	0.590	0.570	0.550	0.530
¾"	0.660	0.640	0.620	0.600
1"	0.710	0.690	0.670	0.650
1 ½"	0.760	0.740	0.720	0.690
2"	0.780	0.760	0.740	0.720
3"	0.810	0.790	0.770	0.750
6"	0.870	0.850	0.830	0.810

Fuente: Tecnología del concreto (Abanto, 2017)

J) Cálculo de Volúmenes absolutos

$$Aire = \%$$

$$Cemento = \frac{factor\ cemento}{peso\ específico\ del\ emento}$$

$$Agua = \frac{volumen\ unitario\ del\ agua}{peso\ específico\ del\ agua}$$

$$Ag.grueso = \frac{peso\ del\ A.G\ seco}{peso\ específico\ del\ A.G}$$

$$\textbf{∑Volumenes absolutos conocidos}$$

K) Contenido del agregado fino

$$Volumen\ absoluto\ del\ AF = 1 - \sum volumenes\ absolutos\ conocidos$$

$$Peso\ del\ AF\ en\ estado\ seco = volumen\ abs.AF\ \ x\ peso\ específico$$

L) Valores de diseño de mezcla

- ✓ Cemento : (Factor Cemento)
- ✓ Agua : (Volumen unitario de agua)
- ✓ Árido grueso seco : (Cantidad del árido grueso seco)
- ✓ Árido fino seco : (Cantidad de árido fino seco)

M) Correción por humedad del agregado

Agregado grueso

- El Contenido de humedad =%
- Se calcula el % del valor de diseño del árido grueso
- Peso húmedo del árido grueso

Agregado fino

- El contenido de humedad = %
- Se calcula el % del valor de diseño del árido fino
- Peso húmedo del árido fino

Humedad superficial de los áridos

- Humedad superficial del árido fino
- Humedad superficial del árido grueso

N) Aporte de humedad de los agregados:

- Humedad del agregado fino
- Humedad del agregado grueso

O) Pesos de los materiales por 1m³

Los pesos de los materiales para 1 m³ seran ajustados teniendo en cuenta el contenido de humedad:

- ✓ Cemento : **(kg/m³)**
- ✓ Agua efectiva : **(l/m³)**
- ✓ A.F húmedo : **(kg/m³)**
- ✓ A.G húmedo : **(kg/m³)**

2.3 Marco conceptual

- **Peso unitario**

Se trata de una propiedad física del concreto, es la proporción de la carga ejercida por el hormigón recién compactado y el espacio ocupado en el recipiente, (Camargo e Higuera, 2017).

- **Peso específico**

Es la relación entre la masa o peso en aire de una unidad de volumen de una sustancia y la masa del mismo volumen de agua, dada también según el tipo de árido, (Fernando, 2020).

- **Resistencia a la comprensión**

Es una característica del concreto que representa la propiedad para oponerse a una fuerza por unidad de área, este fenómeno comúnmente denominado aplastamiento es visto en las estructuras, (Aquino, 2019).

- **Resistencia a la flexión**

Es una propiedad del material donde un espécimen se arquea hasta observarse fisuras en la parte donde los esfuerzos compresionales y tensionales son máximos, (Pillaca, 2019).

- **Análisis granulométrico**

La granulometría es la clasificación de los granos presentes en formaciones sedimentarias, materiales sedimentarios y suelos. Este análisis se realiza para diferenciar su origen, sus propiedades mecánicas y determinar la abundancia de cada tamaño de grano según una escala granulométrica establecida. Es un proceso fundamental para el estudio y caracterización de estos materiales, permitiendo obtener información detallada sobre su composición y distribución de tamaños, (Pasquel, 1998).

- **Agregado grueso**

Es el material que queda retenido en el tamiz N°4, conformado por rocas de composición granítica y diorítica. Además, puede ser clasificado como piedra chancada o grava.

- **Agregado fino**

Este tipo de agregado se obtiene a partir de la fragmentación natural o inducida, y tiene la capacidad de atravesar el tamiz n°4, que cuenta con cuatro aberturas por pulgada cuadrada. La arena, que se forma a partir de la descomposición de rocas, es un ejemplo frecuente de este tipo de agregado.

- **Asentamiento**

Es el procedimiento más comúnmente empleado para evaluar la fluidez del concreto y es ampliamente reconocido, aunque no es capaz de medir todos los

elementos que contribuyen a su manejabilidad. Sin embargo, se utiliza de manera conveniente como un ensayo de referencia, ya que proporciona una señal de la homogeneidad de la mezcla.

- **Cemento**.

Es un material de composición mineral utilizado para crear una unión resistente entre diferentes materiales de construcción. Su presentación es en forma de polvo fino y al mezclarse con agua se transforma en una pasta plástica que puede endurecer tanto en condiciones de exposición al aire como sumergido en agua. Este producto proporciona durabilidad y solidez a las estructuras constructivas.

- **Concreto**

Es una composición de cemento, agregados, agua y aditivos que resultan en una sustancia que exhibe inicialmente una textura flexible y moldeable, pero que con el tiempo se endurece adquiriendo una consistencia rígida, destacando por sus cualidades aislantes y su resistencia.

- **Concreto – PET**

Es el concreto con incorporación de plástico PET (reciclado) en porcentajes.

- **Curado de concreto**

El proceso de curado implica mantener las condiciones ambientales controladas, especialmente la humedad y la temperatura, durante el fraguado y endurecimiento del concreto o mortero.

- **Fraguado**

El fraguado se refiere a la etapa en la cual se mezcla el concreto o mortero con agua, lo que genera un proceso de endurecimiento gradual de la pasta. Este

proceso, que es exotérmico, tiene como finalidad lograr la resistencia deseada de manera progresiva en el material final, como es el caso del hormigón.

- **PET**

Abreviación para Polietileno o Tereftalato de Polietileno, es un tipo de polímero. Gracias a su estructura cristalina, este material tiene aplicaciones en la industria textil, como en la elaboración de plásticos para la creación de envases versátiles, tales como botellas para agua o refrescos gaseosos.

- **Reciclaje**

Implica la obtención de un nuevo producto a través de un proceso fisicoquímico o mecánico utilizando materiales y productos previamente desechados o en desuso. Esta práctica permite extender el período útil de un producto, reduciendo el consumo de materiales y tener un impacto positivo en el ambiente al disminuir los residuos.

- **Resistencia**

Es una característica del concreto que a menudo causa inquietud. Normalmente se determina a través de la resistencia última de una muestra sometida a fuerza de compresión. Dado que el concreto tiende a aumentar gradualmente su resistencia con el transcurrir del tiempo, se realiza comúnmente la medida de resistencia a la compresión a los 28 días como referencia principal.

- **Trabajabilidad**

Es una propiedad crucial en numerosas aplicaciones. En términos simples, se refiere a la facilidad con la que los ingredientes pueden combinarse y la mezcla resultante puede ser manipulada, transportada y colocada sin perder su homogeneidad de manera significativa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

La incorporación de plásticos reciclados (PET), influye en las propiedades mecánicas del concreto f'c =175 kg/cm^2, Abancay-Apurímac, 2023.

3.1.2 Hipótesis específica

A La incorporación de plásticos reciclados (PET), influye en la **Resistencia a la Compresión** del concreto f'c =175 kg/cm^2 a las edades de 7, 14 y 28 días, Abancay-Apurímac, 2023.

B La incorporación de plásticos reciclados (PET), influye en la **Resistencia a la Flexión** del concreto f'c =175 kg/cm^2 a las edades de 7, 14 y 28 días, Abancay-Apurímac, 2023.

3.2 Método

Pimienta y Orden (2017), indican que el método de la investigación científica es una forma de planificar de los cuales destacan muchos métodos específicos, el método que se aplicó para esta tesis fue **Deductivo** porque se parte de fenómenos generales como la incorporación de plásticos reciclados PET para corroborar

fenómenos particulares como son las propiedades mecánicas del concreto realizando pruebas en periodos establecidos.

3.3 Tipo de investigación

Pimienta y Orden (2017), indican que la investigación básica o pura se refiere a aquella investigación que se lleva a cabo con el propósito de ampliar el conocimiento teórico y comprender los principios fundamentales de un fenómeno, sin tener en cuenta aplicaciones prácticas inmediatas. Debido a que el estudio tiene un diseño experimental, esta tesis fue del tipo **Básica** donde se buscó obtener nuevos conocimientos como fundamento de esta investigación, sin su aplicación inmediata.

3.4 Nivel o alcance de investigación

Canahuire, Endara y Morante (2015), indican que el nivel de la investigación explicativa, su objetivo radica en exponer las razones detrás de la ocurrencia de un fenómeno y bajo qué circunstancias se muestra, o bien, establecer la relación existente entre dos o más variables. Esta tesis fue del nivel **Explicativo** porque explicamos cómo influyo la incorporación de plásticos (PET) en el comportamiento del concreto en el esfuerzo a flexo-compresión en concretos de 175kg/cm^2.

3.5 Diseño de investigación

Una investigación adopta un enfoque experimental cuando se lleva a cabo una manipulación deliberada de una o más variables independientes, con el propósito de estudiar las repercusiones que provocan sobre una o más variables dependientes. Por lo tanto, primero definiremos las variables propuestas en relación con las dimensiones intervinientes, previos ensayos de un laboratorio de suelos, para luego analizar los datos de la causa (variable independiente) y efecto

(variable dependiente). La tesis tuvo un diseño **Experimental** por la variación de las condiciones de funcionamiento del concreto mediante la incorporación de plásticos (PET) reciclados y su efecto en el concreto a la resistencia de flexo – compresión 175kg/cm^2 del diseño de mezcla, (Hernández y Mendoza, 2018).

3.6 Operacionalización de variables

Tabla 12

Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable Independiente: Incorporación de plásticos reciclados (PET)	El PET es un tipo de plástico que se obtiene a partir de recursos como el petróleo, gas y aire, y se utiliza para la fabricación de envases de bebidas gaseosas, agua mineral y otros productos similares, (Alesmar, L. ; Rendon, M y Korody, M. E., 2008).	Un proceso que involucra la incorporación de plásticos reciclados (PET) en la elaboración de concreto f´c=175 Kg/cm^2, con el objetivo de lograr una mayor resistencia a la compresión y flexión, economizando los materiales de construcción.	Dosificaciones de plásticos reciclados (PET)	- Dosificación de 1% - Dosificación de 3% - Dosificación de 5%	-Ficha del laboratorio -Dosificación optima
Variable Dependiente: Propiedades mecánicas del concreto f´c=175 Kg/cm^2	Se trata de un procedimiento de ensayo que tiene como objetivo evaluar la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Consiste en someter los moldes cilíndricos a una carga axial de compresión, aplicada a una velocidad predeterminada que se sitúa en un intervalo establecido, previo a la ocurrencia del fallo en la muestra, (NTP 339.034, 2015).	Se fabricarán muestras de prueba de dimensiones 6"x12" de acuerdo con las normas correspondientes, y se procederá a someterlas a un proceso de rotura para luego registrar las resistencias obtenidas, (NTP 339.034, 2015).	-Resistencia a la compresión del concreto.	- Compresión axial a los 7, 14 y 28 días.	-Ensayo de laboratorio compresión axial-Norma Técnica Peruana 339.034
	Este método de prueba implica la aplicación de una carga en los tercios del vano de una muestra de ensayo en forma de viga, hasta que se produzca la falla, (NTP 339.078, 2012)	Se construirán vigas con dimensiones de 6"x6"x22" de acuerdo a las especificaciones de la norma, y se recopilarán los datos correspondientes, (NTP 339.078, 2012).	-Resistencia a la flexión del concreto.	-Módulo de rotura a los 7, 14 y 28 días.	Ensayo de flexión-Norma Técnica Peruana 339.078

Nota: Elaboración Propia

3.7 Población, muestra y muestreo

3.7.1 Población

Hernández y Mendoza (2018), indican “Una población es el grupo completo de individuos o elementos que cumplen con ciertas características o especificaciones. En este caso, la población en estudio se refiere al concreto normal con una resistencia f”c =175 kg/cm^2 producido con materiales locales.

3.7.2 Muestra

Hernández y Mendoza (2018), hacen referencia que la muestra no probabilística no se rige por el azar, sino que se selecciona de manera intencionada, tomando en consideración la facilidad del estudio, conveniencia y costos de la investigación. La muestra de estudio fue de 48 briquetas teniendo como concreto patrón f”c =175 kg/cm^2. Tomando muestreo por conveniencia como se detalla.

- **Para 7 días**

✓ T_1: patrón: 4 especímenes (2 compresión y 2 flexión)

Resistencia a la Comprensión de probetas 30cmx15cm

✓ T_2: 1%: 2 especímenes

✓ T_3: 3%: 2 especímenes

✓ T_4: 5%: 2 especímenes

Resistencia a la flexión de vigas 15cmx15cmx55cm

✓ T_1: 1%: 2 especímenes

✓ T_2: 3%: 2 especímenes

- ✓ T_3: 5%: 2 especímenes

TOTAL 16 especímenes

- ➢ **Para 14 días**

- ✓ T_1: patrón: 4 especímenes (2 compresión y 2 flexión)

Resistencia a la Comprensión de probetas 30cmx15cm

- ✓ T_2: 1%: 2 especímenes
- ✓ T_3: 3%: 2 especímenes
- ✓ T_4: 5%: 2 especímenes

Resistencia a la flexión de vigas 15cmx15cmx55cm

- ✓ T_1: 1%: 2 especímenes
- ✓ T_2: 3%: 2 especímenes
- ✓ T_3: 5%: 2 especímenes

TOTAL 16 especímenes

- ➢ **Para 28 días**

- ✓ T_1: patrón:4 especímenes (2 compresión y 2 flexión)

Resistencia a la Comprensión de probetas 30cmx15cm

- ✓ T_2: 1%: 2 especímenes
- ✓ T_3: 3%: 2 especímenes
- ✓ T_4: 5%: 2 especímenes

Resistencia a la flexión de vigas 15cmx15cmx55cm

- ✓ T_1: 1%: 2 especímenes
- ✓ T_2: 3%: 2 especímenes
- ✓ T_3: 5%: 2 especímenes

TOTAL 16 especímenes

La muestra total del estudio fue de 48 especímenes.

3.7.3 Muestreo

En el muestreo no probabilístico, no existe el requisito de que todos los sujetos tengan la misma probabilidad de ser seleccionados para formar parte de la muestra. Esto se debe al hecho de que, en este tipo de muestreo, el investigador establece uno o más criterios para guiar el proceso de toma de decisiones. En consecuencia, un sujeto determinado puede o no estar incluido en el estudio. En estas diversas técnicas de muestreo, prevalece el juicio del investigador, (Canahuire et al., 2015).

3.8 Técnicas e instrumentos

3.8.1 Técnica

Observación

La técnica para esta tesis fue la observación, porque se elaboró un plan detallado de procedimientos que nos permitieron observar, analizar y consignar los datos que se lograron en el laboratorio, con el propósito de elaborar un concreto patrón f'c =175 kg/cm^2 con sus incorporaciones de plásticos reciclados.

Ensayos de laboratorio

Para la obtención de datos de esta tesis, se utilizaron principalmente técnicas de laboratorio aplicadas a los agregados como el contenido de humedad, análisis

granulométrico, peso unitario suelto y compactado, peso específico y absorción del agregado fino y grueso, así como el ensayo de rotura a las briquetas a comprensión axial de concreto según lo señalado en las normas NTP 339.034/ ASTM C-39, y el ensayo de resistencia a la flexión de vigas de concreto aplicando cargas a los tercios de la longitud de la viga según lo señalado en las normas NTP339.078/ ASTM C78.

3.8.2 Instrumentos de recolección de datos

En esta tesis el instrumento aplicado para la recolección de datos fue la ficha de laboratorio que la elaboro el investigador, asegurándose de que fueran confiables, objetivos y validados por el criterio de juicio de expertos y el laboratorio, se adjuntan en anexos.

- Ficha de laboratorio para realizar el ensayo de Granulometría de los Agregados, (NTP 400.012, 2018)
- Ficha de laboratorio para realizar el ensayo de Contenido de humedad total evaporable de los Agregados por secado, (NTP 339.185, 2013).
- Ficha de laboratorio para realizar el ensayo de Peso unitario de los Agregados, (NTP 400.017, 2016).
- Ficha de laboratorio para realizar el ensayo de Peso específico y absorción del Agregado Fino/ Agregado Grueso respectivamente, (NTP 400.022, 2013) / (NTP 400.021, 2018).
- Ficha de laboratorio para realizar el ensayo de Asentamiento del Concreto, (NTP 339.035).
- Ficha de laboratorio para realizar el ensayo de Peso unitario del Concreto, (NTP 339.046).

- Ficha de laboratorio para realizar el ensayo de Resistencia a compresión del Concreto según lo señalado en las NTP 339.034/ ASTM C39M.
- Ficha de laboratorio para realizar el ensayo de Resistencia a la Flexión del Concreto según la NTP 339.078/ ASTM C78/ MTC-E-709.

3.9 Consideraciones éticas

Por tratarse de una investigación experimental se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Compromiso con la verdad, integridad y exactitud científica durante la elaboración de la investigación, así como autenticidad en toda la documentación obtenida de acuerdo con las normativas e instrumentos para realizar los diversos ensayos de laboratorio, sin vulnerar derechos de autor.
- Se garantiza la veracidad y transparencia de los datos utilizados.
- Los resultados que se obtuvieron reflejarán la fidelidad ética del investigador.
- Contribuir al intercambio de conocimientos con la comunidad universitaria.

3.10 Procedimiento estadístico

Hernández - Sampieri y Mendoza (2018), explican que la prueba de t de Student se utiliza para analizar los resultados de una medición antes y después de una intervención en un entorno experimental, teniendo en cuenta las hipótesis planteadas. En esta tesis se usó esta prueba para examinar la diferencia entre dos promedios de muestras, de una población con una distribución normal, con media y varianza desconocida, para ello se siguió el procedimiento como se detalla:

Primero se planteó la hipótesis.

Se plantea la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

H0 ($\mu_1 = \mu_2$): hipótesis nula **H1 ($\mu_1 \neq \mu_2$):** hipótesis alternativa

Segundo se seleccionó el nivel de significancia

Esto establece el riesgo que se desea correr en este tipo de investigaciones experimentales el nivel de significación se consideró del 95% y se corrió el riesgo del 5% de que las medias poblacionales sean distintas.

Tercero se halló la evidencia muestral

La desviación y el promedio de las muestras se determinan mediante la utilización de las siguientes ecuaciones:

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2 + \sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}$$

Donde:

t = "t_c" calculado

$\bar{X}$: promedio de la muestra 01 (C.P + % de PET)

$\bar{Y}$: promedio de la muestra 02 (C.P)

n_1: cantidad muestra 01 (C.P + % de PET)

n_2: cantidad muestra 02 (C.P)

S^2: desviación estándar

Cuarto se evaluó el Criterio de rechazo

- Si tc ∈ a la región de aceptación ⇒ Se acepta la hipótesis nula H0 y rechazamos la hipótesis alterna H1.
- Si tc ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H0 y se acepta la hipótesis alterna H1.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIÓN

4.1 Resultados

La tesis muestra los resultados de los ensayos que se realizaron en el laboratorio durante la ejecución de esta investigación, siguiendo las normas vigentes, con el objeto de analizar cuál fue la influencia en las propiedades mecánicas del concreto patrón f´c=175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados PET en los porcentajes de 1%, 3% y 5%.

4.1.1 Resistencia a compresión axial del concreto f´c=175 kg/cm^2

Para el ensayo a compresión axial se elaboraron 24 probetas que fueron distribuidas en 06 probetas de concreto patrón, 06 probetas con incorporación de 1% plásticos reciclados (PET), 06 probetas con incorporación de 3% plásticos reciclados (PET) y 06 probetas con incorporación de 5% plásticos reciclados (PET), al obtener los resultados se realizaron comparaciones de las resistencias logradas por el concreto patrón y el concreto con las incorporaciones de porcentajes de PET, siguiendo los parámetros de la Norma Técnica Peruana, (NTP 339.034, 2015).

4.1.1.1. Resistencia a compresión axial del concreto a los 7 días.

Figura 1

Retiro de la cámara de curado y ensayo a compresión de probetas de concreto patrón a los 7 días.

(a) (b)

Fuente: Propia.

Nota: En la figura 1: (a) evidencia el retiro de la cámara de curado de probetas de C.P. y la (b) evidencia la rotura de una probeta.

Tabla 13

Resistencias a compresión axial del concreto a los 7 días.

N	Muestras	Medidas (cm)			Fecha		Edad (días)	Carga Max (Kg-f)	Área (cm^2)	Resis. Alcanz. (Kg-f/cm^2)	Promedio	Resistencia (%)	Promedio (%)
		H	D inf	D sup	Moldeo	Rotura							
1	Patrón	30.2	14.95	14.95	15/08/23	22/08/23	7	31070	175.53	**177.00**	**176.34**	101.14	**100.76**
2		30.2	14.98	14.99	15/08/23	22/08/23	7	30980	176.36	**175.67**		100.38	
3	1% PET	30.2	14.98	14.95	16/08/23	23/08/23	7	40000	175.89	**227.42**	**216.84**	129.95	**123.91**
4		30.2	14.98	14.98	16/08/23	23/08/23	7	36350	176.24	**206.25**		117.86	
5	3% PET	30.1	15.00	14.99	17/08/2023	24/08/23	7	37900	176.59	**214.62**	**211.50**	122.64	**120.86**
6		30.1	15.00	14.99	17/08/23	24/08/23	7	36800	176.59	**208.39**		119.08	
7	5% PET	30.0	14.99	14.99	18/08/23	25/08/23	7	32230	176.47	**182.63**	**182.26**	104.36	**104.15**
8		30.0	15.00	14.99	18/08/23	25/08/23	7	32120	176.59	**181.89**		103.94	

Fuente: Propia.

4.1.1.2. Resistencia a compresión axial del concreto a los 14 días.

Figura 2

Rotura de probetas de concreto a los 14 días.

(a) (b)

Fuente: Propia.

Nota: La figura 2: (a) evidencia la rotura de una probeta con incorporación de 1% PET después de 14 días y la (b) evidencia la medición de las dimensiones de 02 probetas.

Tabla 14

Resistencias a compresión axial del concreto a los 14 días.

N	Muestras	Medidas (cm) H	D inf	D sup	Fecha Moldeo	Rotura	Edad (días)	Carga Max (Kg-f)	Área (cm^2)	Resis. Alcanzada (Kg-f/cm^2)	Promedio	Resistencia (%)	Promedio
1	Patrón	30.00	14.99	15.00	15/08/23	29/08/23	14	30430	176.59	172.32	**176.68**	98.47	**100.96**
2		30.00	15.00	14.99	15/08/23	29/08/23	14	31970	176.59	181.04		103.45	
3	1% PET	30.05	14.99	15.00	16/08/23	30/08/23	14	39750	176.59	225.10	**221.53**	128.63	**126.59**
4		30.00	14.99	15.00	16/08/23	30/08/23	14	38490	176.59	217.96		124.55	
5	3% PET	30.00	14.99	14.99	17/08/23	31/08/23	14	36567	176.47	207.21	**209.65**	118.41	**119.81**
6		30.05	14.89	14.99	17/08/23	31/08/23	14	37180	175.30	212.10		121.20	
7	5% PET	30.00	14.99	15.00	18/08/23	01/09/23	14	39200	176.59	221.98	**214.75**	126.85	**120.86**
8		30.00	15.00	15.00	18/08/23	01/09/23	14	36670	176.71	201.03		114.87	

Fuente: Propia.

4.1.1.3. Resistencia a compresión axial del concreto a los 28 días.

Figura 3

Rotura de probetas del concreto a los 28 días.

(a) (b)

Fuente: Propia.

Nota: La figura 3: (a) evidencia la rotura de 1 probeta a los 28 días con la incorporación de 3% PET y la (b) evidencia la rotura de 1 probeta a los 28 días con 5% de PET.

Tabla 15

Resistencias a compresión axial del concreto a los 28 días.

N	Muestras	Medidas (cm)			Fecha		Edad (días)	Carga Max (Kg-f)	Área (cm^2)	Resist Alcanzada (Kg-f/cm^2)	Promedio de Resist.	Resistencia (%)	Promedio de Resist (%)
		H	D inf	D sup	Moldeo	Rotura							
1	Patrón	30.2	15.10	15.0	15/08/23	12/09/23	28	37260	177.89	209.46	**206.12**	119.69	**117.79**
2		30.0	14.99	15.0	15/08/23	12/09/23	28	35810	176.59	202.78		115.88	
3	1% PET	30.0	14.95	15.0	16/08/23	13/09/23	28	45860	176.12	260.39	**258.37**	148.79	**147.64**
4		30.0	15.00	15.0	16/08/23	13/09/23	28	45300	176.71	256.35		146.49	
5	3% PET	30.0	15.00	14.95	17/08/23	14/09/23	28	41690	176.12	236.71	**231.55**	135.26	**132.32**
6		30.0	14.95	14.95	17/08/23	14/09/23	28	39740	175.53	226.40		129.37	
7	5% PET	30.0	15.00	14.99	18/08/23	15/09/23	28	37170	176.59	210.49	**205.76**	120.28	**117.58**
8		30.0	15.00	14.99	18/08/23	15/09/23	28	35500	176.59	201.03		114.87	

Fuente: Propia.

4.1.1.4. Comparación de las resistencias a compresión axial de todas las incorporaciones de PET a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 16

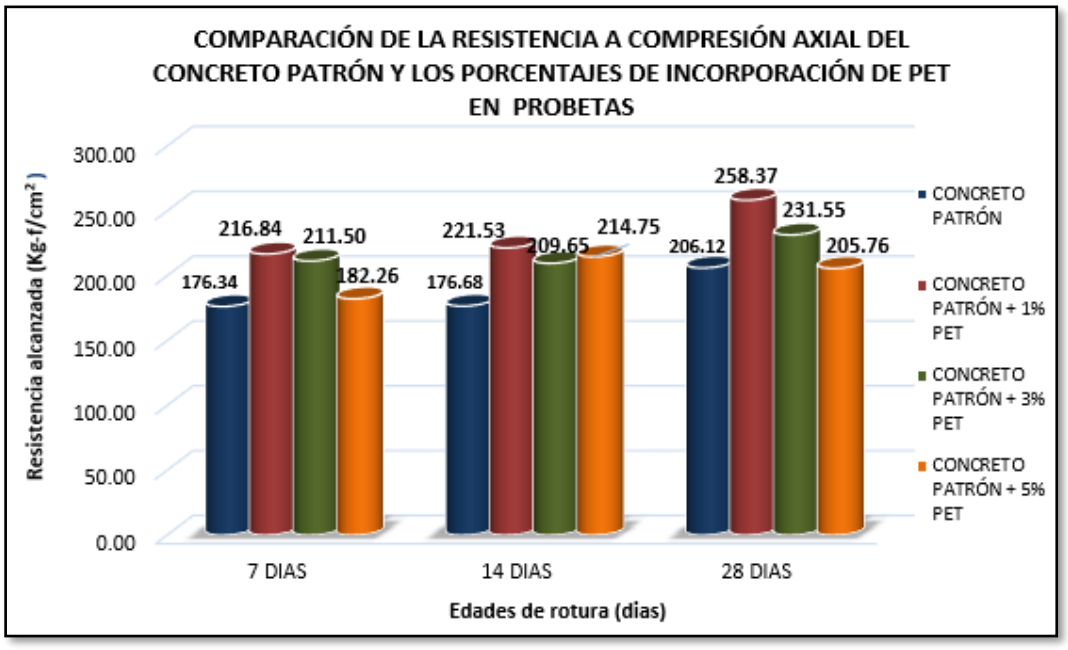
Comparación de promedios de resistencias a compresión axial en probetas a los 7, 14 y 28 días.

TIPO DE MUESTRA	RESISTENCIAS A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO kg-f/cm²		
	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CONCRETO PATRÓN	176.34	176.68	206.12
CONCRETO PATRÓN + 1% PET	216.84	221.53	258.37
CONCRETO PATRÓN + 3% PET	211.50	209.65	231.55
CONCRETO PATRÓN + 5% PET	182.26	214.75	205.76

Fuente: Propia.

Figura 4

Promedios de resistencias a compresión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 7, 14 y 28 días.



Fuente: Propia.

Nota: En la Figura 4 se presenta comparativamente los promedios de resistencias axiales en probetas con incorporaciones de PET a las edades de 7, 14 y 28 días.

4.1.2 Resistencia a flexión (módulo de rotura) de vigas del concreto f´c=175 kg/cm²

Para el ensayo a flexión se elaboraron 24 vigas que fueron distribuidas en 06 vigas de concreto patrón, 06 vigas con incorporación de 1% PET, 06 vigas con incorporación de 3% PET y 06 vigas con incorporación de 5% PET, al obtener los resultados se realizaron comparaciones del módulo de rotura del concreto f'c = 175 kg/cm^2 igual a 26.45 kg-f/cm^2 con las resistencias alcanzadas del concreto patrón y las incorporaciones de PET, siguiendo los parámetros de la norma, (NTP 339.078, 2012).

4.1.2.1 *Resistencia a Flexión (módulo de rotura) del Concreto a los 7 días.*

Figura 5

Rotura de vigas de concreto después de 7 días.

Fuente: Propia.

Tabla 17

Resistencias a flexión (módulo de rotura) del concreto después de 7 días.

N	Muestras	Medidas (cm) H	A	L	D.A	Fecha Moldeo	Rotura	Días	Carg Max (Kg-f)	Resis. Alcanz (Kg-f/cm^2)	Prom. Resist.	Resistencia (%)	Promedio (%)
1	Patrón	15	15	54.5	4.75	15/08/23	22/08/23	7	2890	38.53		145.67	
2		15	15	54.5	4.75	15/08/23	22/08/23	7	3440	45.87	**42.20**	173.42	**159.55**
3	1%	15.2	15	54.5	4.75	16/08/23	23/08/23	7	3184	41.89		158.37	
4	PET	15.2	15	54.5	4.75	16/08/23	23/08/23	7	3400	44.74	**43.32**	169.15	**163.78**
5	3%	15	15	54.5	4.75	17/08/23	24/08/23	7	2850	38.00		143.67	
6	PET	15	15	54.5	4.75	17/08/23	24/08/23	7	2710	36.13	**37.07**	136.60	**140.15**
7	5%	15.2	15	54.5	4.75	18/08/23	25/08/23	7	2100	27.63		104.46	
8	PET	15	15	54.5	4.75	18/08/23	25/08/23	7	2230	29.73	**28.68**	112.40	**108.43**

Fuente: Propia.

4.1.2.2 *Resistencia a flexión (módulo de rotura) del Concreto a los 14 días.*

Figura 6

Rotura de vigas con la incorporación de 1% PET.

(a.) (b)

Fuente: Propia.

Nota: La figura 6: (a) evidencia la rotura de una viga de C. P. con la incorporación de 1% PET después de 14 días, la (b) evidencia la rotura de una viga de Concreto Patrón con la incorporación de 1% PET a 14 días.

Tabla 18

Resistencias a flexión (módulo de rotura) del concreto pasados los 14 días.

N	Muestras	Medidas (cm) H	A	L	D.A	Fecha Moldeo	Rotura	Edad (días)	Carga Max (Kg-f)	Resis. Alcanzada (Kg-f/cm^2)	Promedio	Resistencia (%)	Promedio
1		15	15	54.5	4.75	15/08/23	29/08/23	14	3340	44.53	**45.93**	168.36	**173.65**
2	Patrón	15	15	54.5	4.75	15/08/23	29/08/23	14	3550	47.33		178.94	
3		15	15	54.5	4.75	16/08/23	30/08/23	14	4030	53.73	**50.88**	203.14	**192.36**
4	1% PET	15	15	54.5	4.75	16/08/23	30/08/23	14	3650	48.02		181.55	
5		15	15	54.5	4.75	17/08/23	31/08/23	14	2860	38.13	**40.05**	144.16	**151.42**
6	3% PET	15	15	54.5	4.75	17/08/23	31/08/23	14	3190	41.97		158.68	
7		15	15	54.5	4.75	18/08/23	01/09/23	14	2600	34.67	**31.67**	131.08	**119.74**
8	5% PET	15	15	54.5	4.75	18/08/23	01/09/23	14	2150	28.67		108.39	

Fuente: Propia.

4.1.2.3 *Resistencia a flexión (módulo de rotura) del Concreto a los 28 días.*

Figura 7

Rotura de vigas a los 28 días.

(a) (b)

Fuente: Propia.

Nota: La Figura 7: (a) evidencia la rotura de una viga de C. P. + 3% PET a los 28 días, la (b) evidencia la falla de 02 vigas en el tercio medio.

Tabla 19

Resistencias a flexión (módulo de rotura) del concreto a los 28 días.

N	Muestras	Medidas (cm) H	A	L	D.A	Fecha Moldeo	Rotura	Edad (días)	Carga Max (Kg-f)	Resis. Alcanzada (Kg-f/cm^2)	Promedio de Resist.	Resistencia (%)	Promedio Resist. %
1		15	15	54.5	4.75	15/08/23	12/09/23	28	3710	49.47	**51.40**	187.03	
2	Patrón	15	15	54.5	4.75	15/08/23	12/09/23	28	4000	53.33		201.63	**194.33**
3		15	15	54.5	4.75	16/08/23	13/09/23	28	4150	55.33		209.19	
4	1% PET	15	15	54.5	4.75	16/08/23	13/09/23	28	3630	48.40	**51.87**	182.99	**196.11**
5		15	15	54.9	4.75	17/08/23	14/09/23	28	3490	47.58		179.89	
6	3% PET	15	15	54.9	4.75	17/08/23	14/09/23	28	2880	39.79	**43.69**	150.43	**165.18**
7		15	15	54.5	4.75	18/08/23	15/09/23	28	2900	38.67		146.20	
8	5% PET	15	15	54.5	4.75	18/08/23	15/09/23	28	2720	36.27	**37.47**	137.13	**141.66**

Fuente: Propia.

4.1.2.4 *Comparación de la resistencia a flexión (módulo de rotura) en vigas de concreto.*

Tabla 20

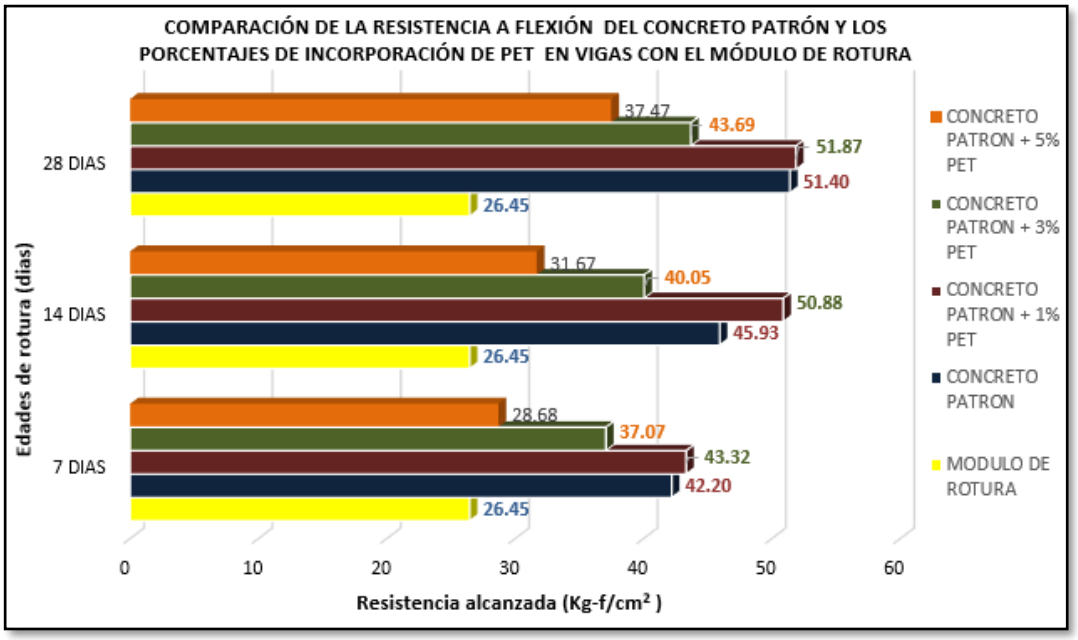
Promedios de resistencias a flexión (módulo de rotura) en vigas.

RESISTENCIAS A FLEXIÓN DEL CONCRETO	EDADES DE CURADO DEL CONCRETO		
	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
CONCRETO PATRON	42.20	45.93	51.40
CONCRETO PATRON + 1% PET	43.32	50.88	51.87
CONCRETO PATRON + 3% PET	37.07	40.05	43.69
CONCRETO PATRON + 5% PET	28.68	31.67	37.47

Fuente: Propia.

Figura 8

Promedios de resistencias a flexión del módulo de rotura, el concreto patrón y las incorporaciones de PET.



Fuente: Propia.

Nota: En la Figura 8, se evidencia el contraste de promedios obtenidos de resistencia a flexión de vigas a 7, 14 y 28 días de curado en contraste al módulo de rotura del concreto f'c =175 kg/cm^2 .

4.2 Discusión de resultados

I. Discusión de resultados del objetivo general:

Del análisis que se realizó al objetivo general, se obtuvo como resultado que la incorporación de plásticos reciclados influye en las propiedades mecánicas del concreto f'c =175 kg/cm^2 para incorporaciones de plásticos reciclados PET mayores al 5%, porque al incrementar la cantidad de PET añadida, la resistencia del concreto tiende a disminuir.

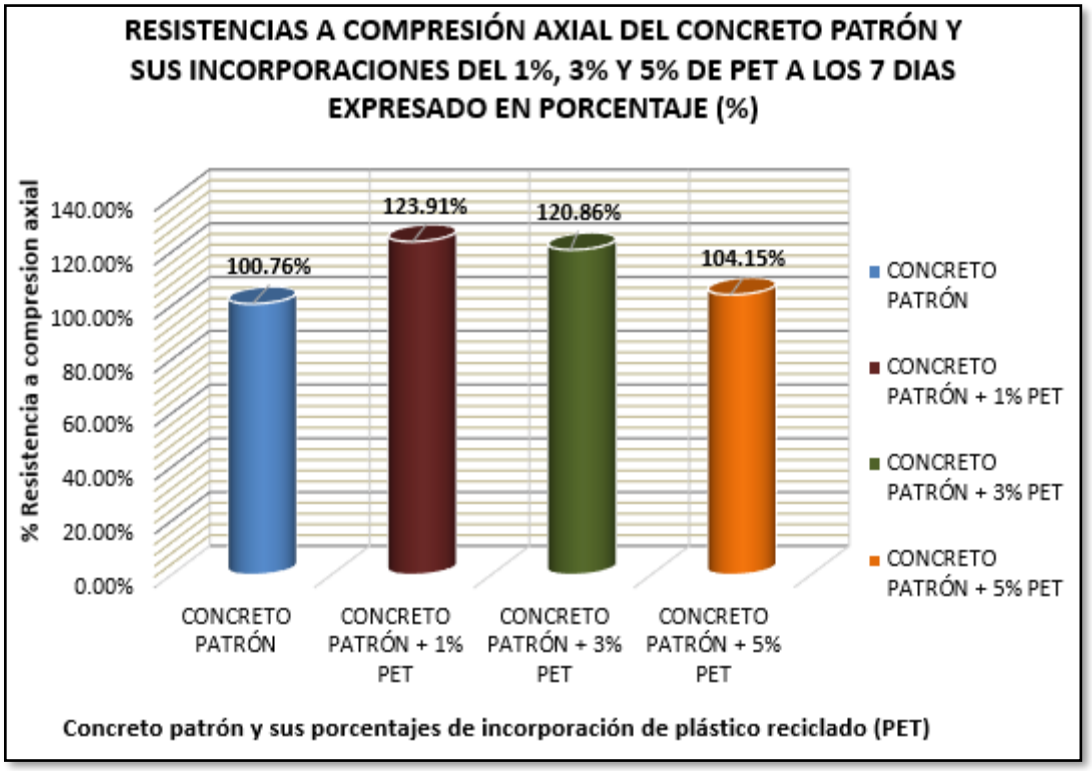
II. Discusión de resultados del objetivo específico 1:

Se presento como primer Objetivo Específico determinar cuál es la influencia en la Resistencia a la Compresión del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plásticos reciclados (PET), con relación a un concreto patrón de f'c =175 kg/cm^2 a las edades de 7, 14 y 28 días,

- Los resultados obtenidos reflejan que, a los **7 días**, el porcentaje de la resistencia media a compresión axial del concreto patrón fue de 100.76 % Por otro lado, al incorporar un 1%, 3% y 5% de PET, se lograron los siguientes porcentajes de resistencias a compresión de 123.91 %, 120.86% y 104.15 % respectivamente. (*Figura 9)*

Figura 9

Resistencias a compresión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 7 días.

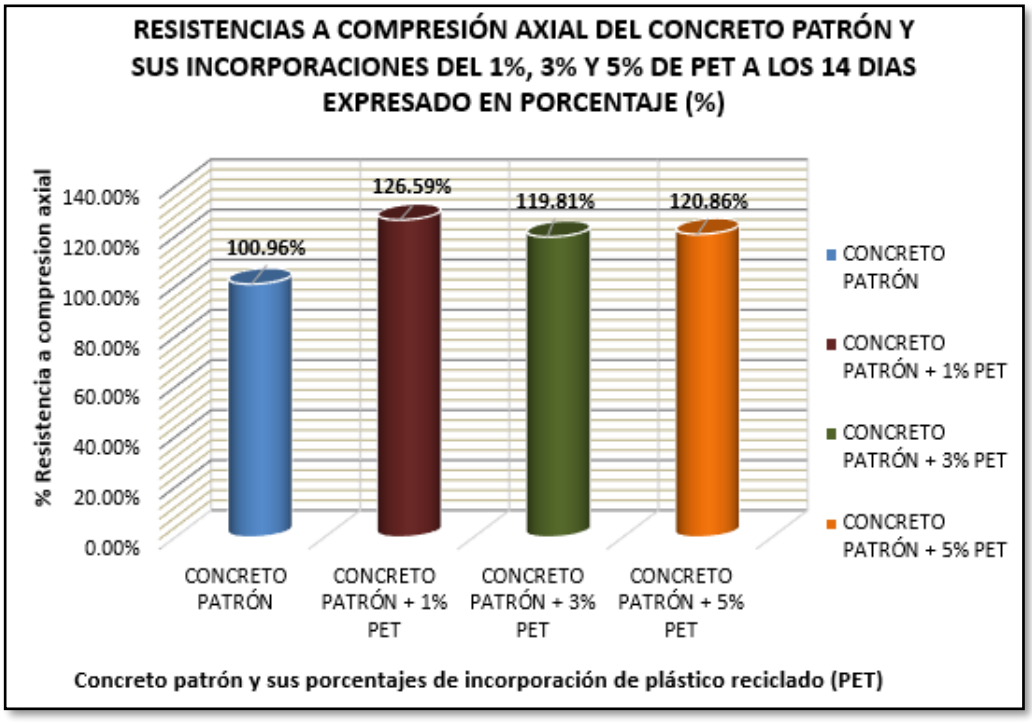


Fuente: Propia.

- Después de **14 días**, se registró que el porcentaje de la resistencia promedio a compresión axial del concreto patrón fue de 100.96 %. No obstante, mediante las incorporaciones de 1%, 3% y 5% de PET, se alcanzaron porcentajes de resistencias promedio a compresión de 126.59 %, 119.81 % y 120.86 % correspondientemente. (*Figura 10)*

Figura 10

Resistencias a compresión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 14 días.

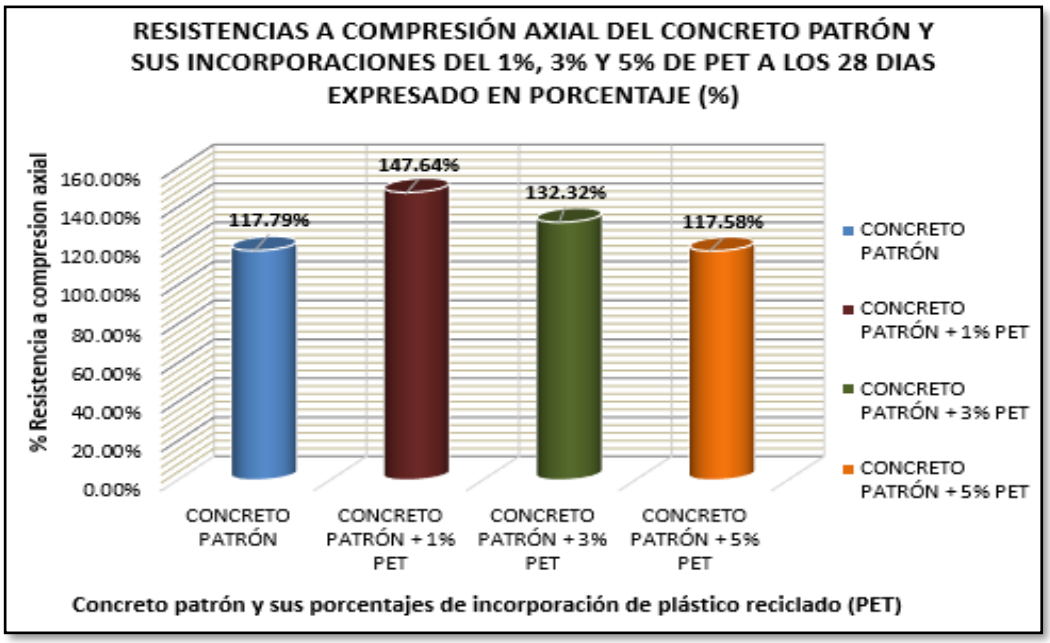


Fuente: Propia.

- En cuanto a los resultados a los **28 días**, se registró el porcentaje de resistencia promedio axial del concreto patrón de 117.79 %. No obstante, al incorporar PET en concentraciones del 1%, 3% y 5%, se lograron obtener porcentajes de resistencia promedio a compresión axial de 147.64 %, 132.32 % y 117.58 % correspondientemente. (Figura 11)

Figura 11

Resistencias a compresión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 28 días.



Fuente: Propia.

Las variaciones de resistencia a los 28 días fueron de 29.85% para el concreto con 1% PET, 14.53% para el concreto con 3% PET y 0.21% para el 5% de PET, con relación al concreto patrón.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión lograron corroborar lo expuesto por Castro (2021) en su tesis. Este autor indicó que al adicionar porcentajes mayores al 5% de PET a un concreto con resistencia f'c=210 kg/cm^2, la resistencia disminuye gradualmente. Sin embargo, el PET no obstaculiza el incremento en la resistencia a compresión axial para mezclas menores o igual a 5 % de PET.

En esta tesis se investigó la incorporación de plástico reciclado (PET) en diferentes proporciones a un concreto de resistencia f'c=175 kg/cm^2, con el objetivo de respaldar su uso en construcciones horizontales de baja resistencia, como veredas, sardineles o rampas.

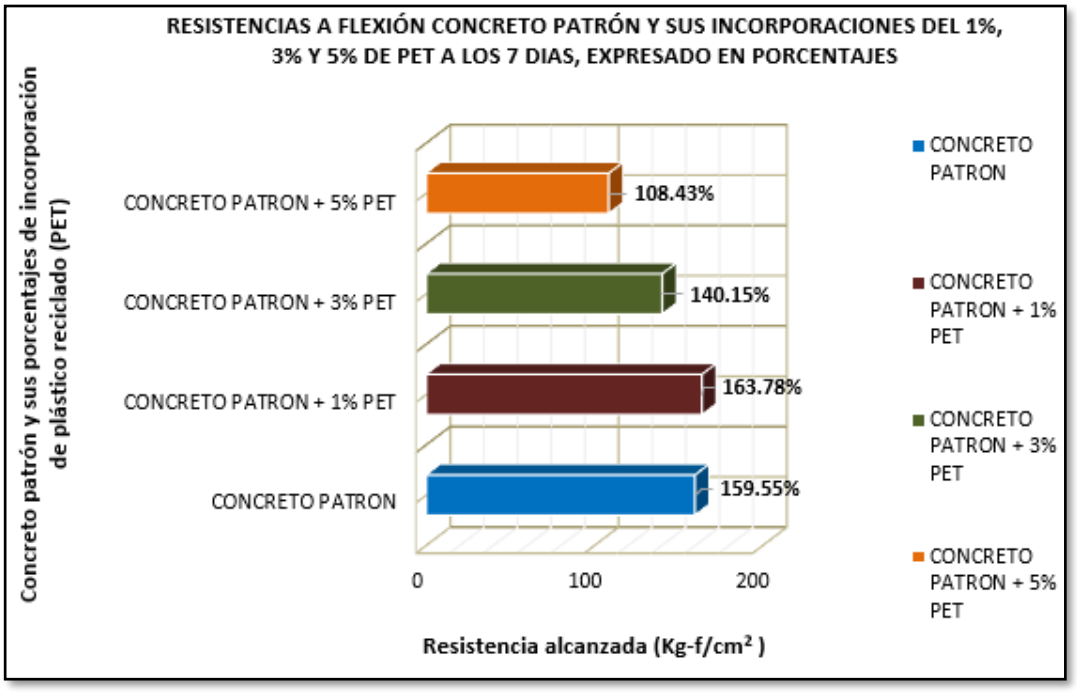
III. Discusión de resultados del objetivo específico 2:

El segundo objetivo específico fue determinar cuál es la influencia en la resistencia a la flexión del concreto f'c=175 kg/cm^2 al incorporar plásticos reciclados (PET), en relación con un concreto patrón de f'c=175 kg/cm^2, a las edades de 7, 14 y 28 días.

- Al obtener los resultados, se tiene que a los **7 días** el porcentaje del concreto patrón fue de 159.55 %. Además, mediante las incorporaciones de 1%, 3% y 5% de PET, se lograron porcentajes de resistencias promedio a flexión de 163.78%, 140.15 % y 108.43 % respectivamente. (*Figura 12)*

Figura 12

Resistencias a flexión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 7 días.

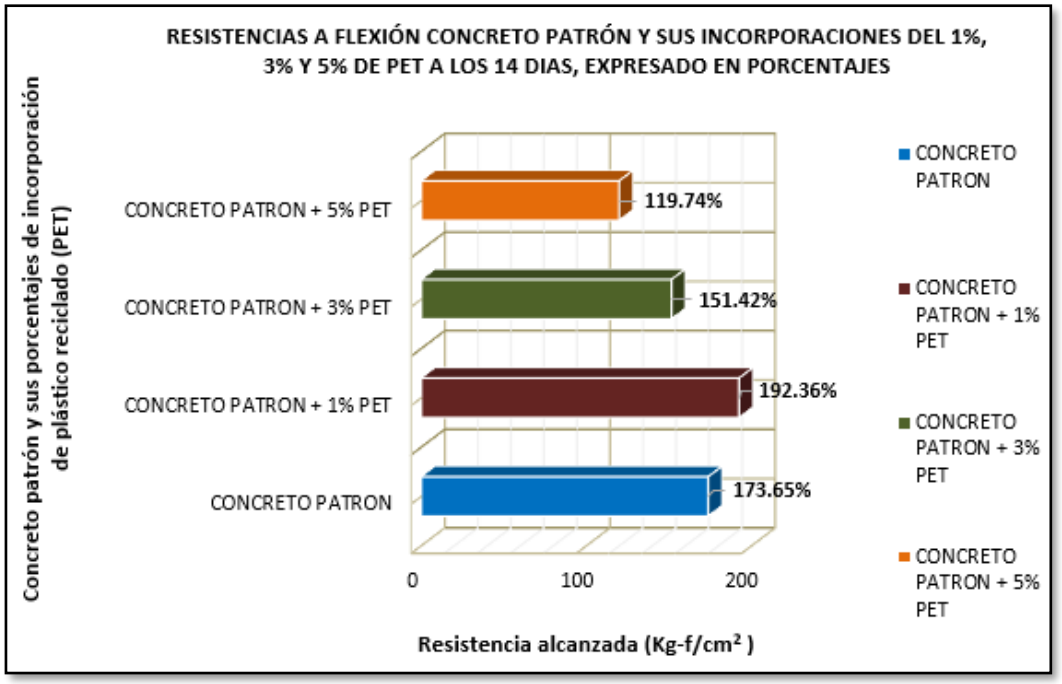


Fuente: Propia.

- A los **14 días**, el porcentaje del concreto patrón fue de 173.65 %. No obstante, mediante las incorporaciones de 1%, 3% y 5% de PET, se obtuvieron porcentajes de resistencias promedio a flexión de 192.36 %, 151.42 % y 119.74 % respectivamente. (*Figura 13)*

Figura 13

Resistencias a flexión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 14 días.

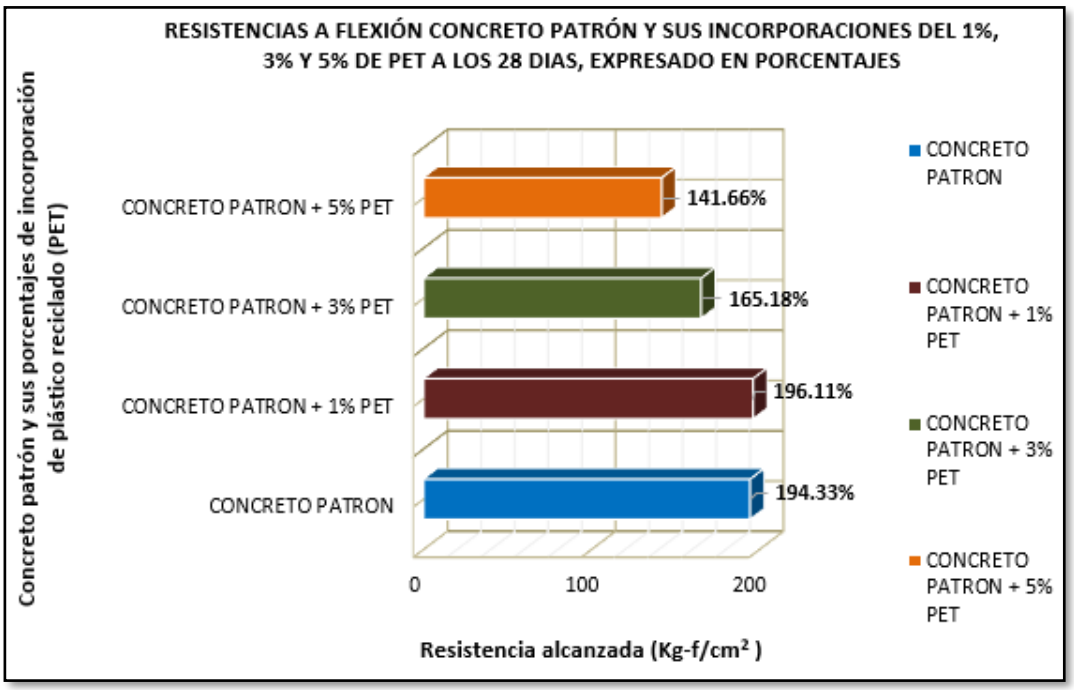


Fuente: Propia.

- A los **28 días**, el porcentaje del concreto patrón fue de 194.33 %. No obstante, al incorporar con 1%, 3% y 5% de PET, se lograron obtener porcentajes de resistencias promedio a flexión de 196.11 %, 165.18 % y 141.66% respectivamente. (*Figura 14)*

Figura 14

Resistencias a flexión del concreto patrón y las incorporaciones de PET a los 28 días.



Fuente: Propia.

Los resultados que se pudieron obtener de las pruebas a flexión muestran que, al incrementar los porcentajes de plásticos reciclados (PET) a un concreto f'c=175 kg/cm^2, la resistencia a flexión disminuye, pero los valores de resistencia son superiores al módulo de rotura establecido para el concreto f'c=175 kg/cm^2.

Según las pruebas de resistencia a flexión se logró corroborar lo expuesto por Cabarcas y Colpas (2020) en su tesis. Estos autores indican que lograron mantener la resistencia a la flexión del concreto con fibras PET al haber incorporado porcentajes bajos, pero pudieron observar que la resistencia disminuyo gradualmente cuando se incorporan porcentajes mucho mayores al 5% de PET.

4.3 Prueba de hipótesis

- **Consideraciones a tenerse en cuenta**

Así se plantea la prueba de hipótesis:

Si $\boldsymbol{Ho}: \boldsymbol{\mu_1 = \mu_2}$, La hipótesis nula es aceptada

Si $\boldsymbol{H}1: \boldsymbol{\mu_1 \neq \mu_2}$, La hipótesis nula se rechaza

- **Nivel de significancia**

Se considero de a = 5% = 0.05

4.3.1) Prueba de estadística para hipótesis específica "A"

Se llevó a cabo una prueba de estadística para la hipótesis específica "A", planteándose de la siguiente manera:

$\boldsymbol{Ho}: \boldsymbol{\mu_1 = \mu_2}$ **:** La incorporación de plásticos reciclados (PET), **no influye** en la resistencia a la compresión del concreto f'c =175 kg/cm^2 a las edades de 7, 14 y 28 días, Abancay-Apurímac, 2023.

$\boldsymbol{Hi}: \boldsymbol{\mu_1 \neq \mu_2}$ La incorporación de plásticos reciclados (PET), **influye** en la resistencia a la compresión del concreto f'c =175 kg/cm^2 a las edades de 7, 14 y 28 días, Abancay-Apurímac, 2023.

Nivel de significancia

Se considero de a = 5% = 0.05

- **Resistencia a compresión axial a los 7 días con incorporación del 1% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 21

Resistencia a compresión axial con incorporación de 1% PET a 7 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón(f'c)	Concreto + 1% PET (f'c)
	n1	n2
7 DIAS	177.00	227.42
	175.67	206.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación del 1% PET a 7 días.

Descripción	n1	n2
Media	176.335	216.835
Varianza	0.884	224.084
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	112.484	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-3.819	
P(T<=t) dos colas	0.062	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -3.819 ∈ a la región de aceptación ⇒ Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a compresión axial a los 7 días con incorporación del 3% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 23

Resistencia a compresión con incorporación de 3% PET a 7 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón	Concreto + 3% PET
	n1	n2
7 DIAS	177	214.62
	175.67	208.39

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 3% PET a los 7 días.

Descripción	M1	M2
Media	176.335	211.505
Varianza	0.884	19.406
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	10.145	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-11.042	
P(T<=t) dos colas	0.008	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -11.042 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a compresión axial a los 7 días con incorporación del 5% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 25

Resistencia a compresión axial con incorporación de 5% PET a 7 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón	Concreto + 5% PET
	n1	n2
7 DIAS	177	182.63
	175.67	181.89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26

Distribución (t-Student) resistencia a compresión axial con incorporación de 5% PET a 7 días.

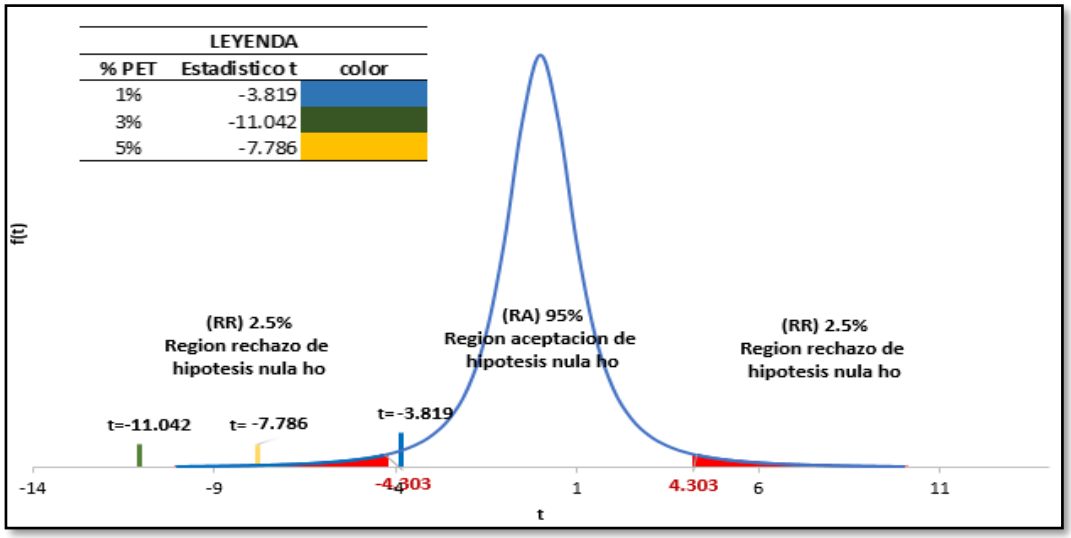
Descripción	n1	n2
Media	176.335	182.260
Varianza	0.884	0.274
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	0.579	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-7.786	
P(T<=t) dos colas	0.016	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -7.786 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

Figura 15

*Función de distribución de t-Student para resistencias a **compresión axial** con incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5% a los 7 días.*



Fuente: Elaboración propia

Nota: A los 7 días, se afirma que con la incorporación de plásticos reciclados PET **no influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto f'c=175 kg/cm^2 con la incorporación de 1% pero si influye con las incorporaciones de 3% y 5% de PET.

- **Resistencia a compresión axial a los 14 días con incorporación del 1% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 27

Resistencia a compresión con incorporación de 1% PET a 14 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón	Concreto + 1% PET
	n1	n2
14 DIAS	172.32	225.1
	181.04	217.96

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28

Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 1% PET a 14 días.

Descripción	n1	n2
Media	176.680	221.530
Varianza	38.019	25.490
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	31.754	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-7.959	
P(T<=t) dos colas	0.015	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -7.959 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a compresión axial a los 14 días con incorporación del 3% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 29

Resistencia a compresión con incorporación de 3% PET a 14 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón	Concreto + 3% PET
	n1	n2
14 DIAS	172.32	207.21
	181.04	212.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30

Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación del 3% PET a 14 días.

Descripción	**n1**	**n2**
Media	176.680	209.655
Varianza	38.0192	11.9561
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	24.9876	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-6.59663	
P(T<=t) dos colas	0.022217	
Valor crítico de t (dos colas)	4.302652	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Como tc = -6.59663 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a compresión axial a los 14 días con incorporación del 5% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 31

Resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 14 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón	Concreto + 5% PET
	n1	n2
14 DIAS	172.32	221.98
	181.04	207.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 14 días.

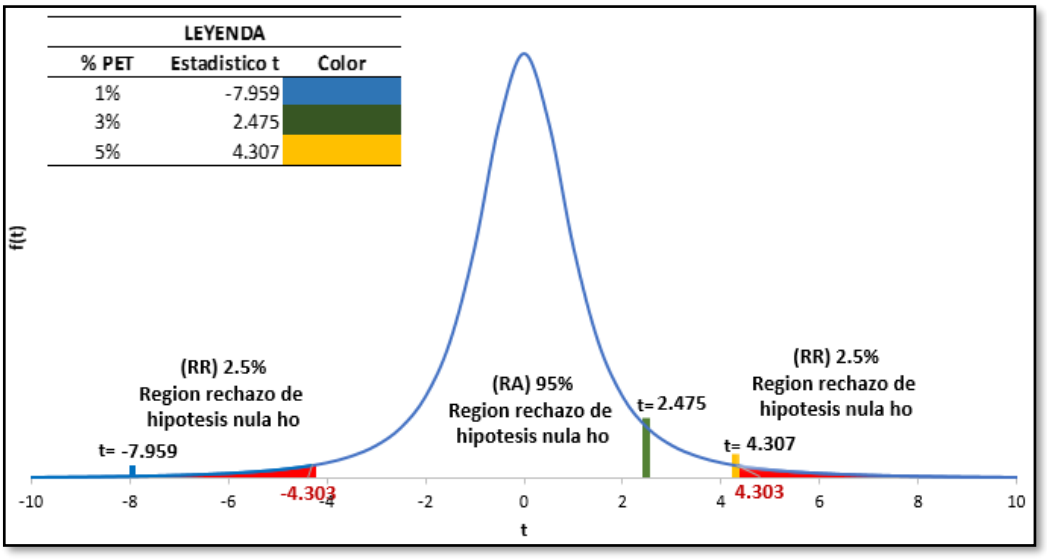
Descripción	n1	n2
Media	176.78	214.75
Varianza	38.019	104.55
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	71.283	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-4.5091	
P(T<=t) dos colas	0.0458	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -4.5091 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

Figura 16

Función de distribución de t-Student para resistencia a compresión axial con incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5% a los 14 días.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: A los 14 días, se afirma que con la incorporación de plásticos reciclados PET **si influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto f'c=175 kg/cm^2.

- **Resistencia a compresión axial a 28 días con incorporación del 1% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 33

Resistencia a compresión con incorporación del 1% PET a 28 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón	Concreto + 1% PET
	n1	n2
28 DIAS	209.46	260.39
	202.78	256.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 1% PET a 28 días.

Descripción	n1	n2
Media	206.120	258.370
Varianza	22.311	8.161
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	15.236	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	- 3.386	
P(T<=t) dos colas	0.006	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = - 3.386 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1.

- **Resistencia a compresión axial a los 28 días con incorporación del 3% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 35

Resistencia a compresión con incorporación del 3% PET a 28 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón	Concreto + 3% PET
	n1	n2
28 DIAS	209.46	236.71
	202.78	226.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36

Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 3% PET a 28 días.

Descripción	n1	n2
Media	206.120	231.555
Varianza	22.311	53.148
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	37.730	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-4.141	
P(T<=t) dos colas	0.054	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -4.141 $\in$ a la región de aceptación $\Rightarrow$ Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a compresión axial a los 28 días con incorporación del 5% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 37

Resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 28 días.

Edad de Rotura	Concreto Patrón	Concreto + 5% PET
	n1	n2
28 DIAS	209.46	210.49
	202.78	201.03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38

Distribución (t-Student) resistencia a compresión con incorporación de 5% PET a 28 días

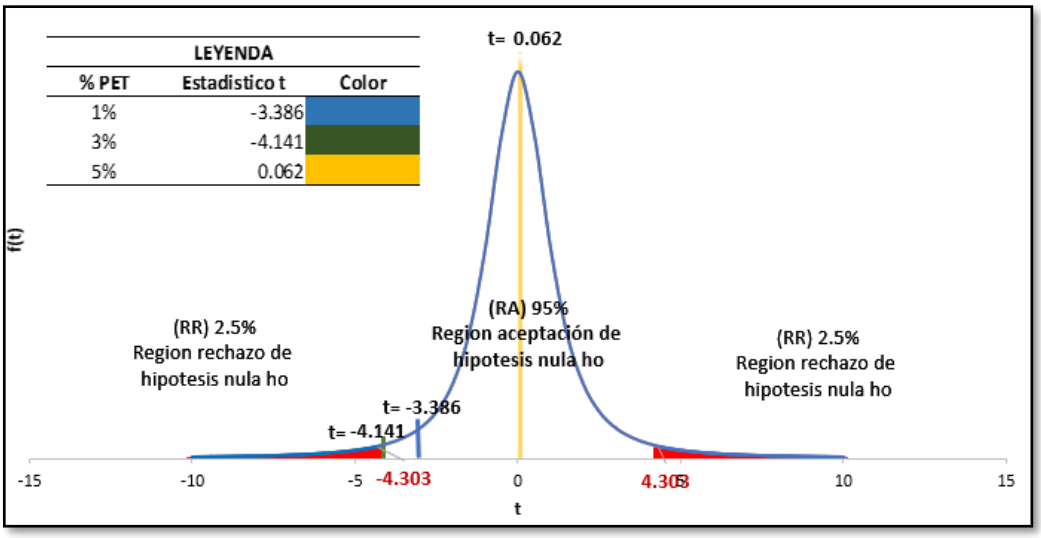
Descripción	n1	n2
Media	206.120	205.760
Varianza	22.311	44.746
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	33.529	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	0.062	
P(T<=t) dos colas	0.956	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = 0.062 ∈ a la región de aceptación ⇒ Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_i.

Figura 17

Función de distribución de t-Student para resistencia a compresión axial con incorporación de PET al 1%, 3% y 5% a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: A los 28 días, se afirma que con la incorporación de plásticos reciclados PET **no influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto f'c=175 kg/cm^2.

4.3.2) Prueba de estadística para hipótesis específica “B”

Se llevó a cabo una prueba de estadística para una hipótesis específica “B” donde se planteó la hipótesis de la siguiente manera:

$\boldsymbol{Ho}: \boldsymbol{\mu_1 = \mu_2}$: La incorporación de plásticos reciclados (PET), **no influye** en la Resistencia a la Flexión del concreto f’c =175 kg/cm^2 a las edades de 7, 14 y 28 días, Abancay-Apurímac, 2023.

$\boldsymbol{Hi}: \boldsymbol{\mu_1 \neq \mu_2}$ La incorporación de plásticos reciclados (PET), **influye** en la Resistencia a la Flexión del concreto f’c =175 kg/cm^2 a las edades de 7, 14 y 28 días, Abancay-Apurímac, 2023.

- **Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 7 días con incorporación del 1% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 39

Resistencia a flexión con incorporación de 1% PET a 7 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 1% PET
	n1	n2
7 DIAS	26.45	41.89
	26.45	44.74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40

Distribución (t-Student) resistencia a la flexión (módulo de rotura) con incorporación de 1% PET a 7 días.

Descripción	n1	n2
Media	26.450	43.320
Varianza	0.000	4.061
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	2.031	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-11.835	
P(T<=t) dos colas	0.007	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -11.835 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 7 días con incorporación del 3% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 41

Resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 7 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 3% PET
	n1	n2
7 DIAS	26.45	38
	26.45	36.13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Distribución (t-Student) resistencia a la flexión con incorporación de 3% PET a 7 días.

Descripción	n1	n2
Media	26.450	37.065
Varianza	0.000	1.748
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	0.874	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-11.353	
P(T<=t) dos colas	0.008	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -11.353 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 7 días con incorporación del 5% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 43

Resistencia a flexión con incorporación de 5% PET a 7 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 5% PET
	n1	n2
7 DIAS	26.45	27.63
	26.45	29.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44

Distribución (t-Student) resistencia a la flexión con incorporación de 5% PET a 7 días.

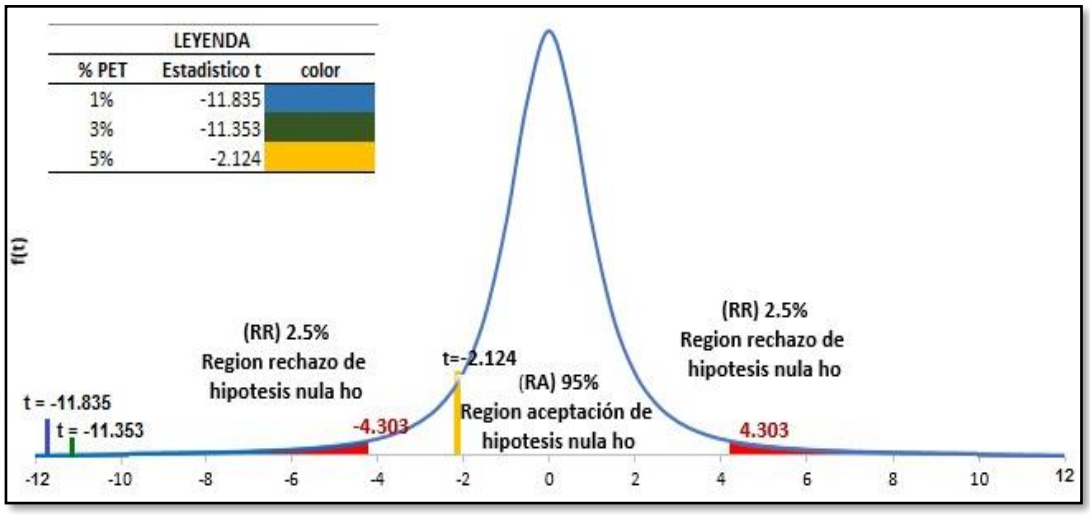
Descripción	n1	n2
Media	26.450	28.680
Varianza	0.000	2.205
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	1.103	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-2.124	
P(T<=t) dos colas	0.168	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = 3.542 ∈ a la región de aceptación ⇒ Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_i.

Figura 18

Función de distribución de t-Student para resistencia a flexión (módulo de rotura) con incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5% a los 7 días.



Fuente: Elaboración propia

Nota: A los 7 días, se afirma que con la incorporación de plásticos reciclados PET **no influye** en la resistencia a flexión (módulo de rotura) de un concreto f'c=175 kg/cm^2 con la incorporación del 1% y 3%, pero **no influye** con la incorporación de 5%.

- **Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 14 días con incorporación del 1% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 45

Resistencia a flexión con incorporación de 1% PET a 14 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 1% PET
	n1	n2
14 DIAS	26.45	53.73
	26.45	48.02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46

Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 1% PET a 14 días.

Descripción	n1	n2
Media	26.450	50.875
Varianza	0.000	16.302
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	8.151	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-8.555	
P(T<=t) dos colas	0.013	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -8.555 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 14 días con incorporación 3% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 47

Resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 14 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 3% PET
	n1	n2
14 DIAS	26.45	38.13
	26.45	41.97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48

Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 14 días.

Descripción	n1	n2
Media	26.450	40.050
Varianza	0.000	7.373
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	3.686	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-7.083	
P(T<=t) dos colas	0.019	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -7.083 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

- **Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 14 días con la incorporación del 5% de plásticos reciclados (PET).**

Tabla 49

Resistencia a flexión con incorporación de 5% PET a 14 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 5% PET
	n1	n2
14 DIAS	26.45	34.67
	26.45	28.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50

Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 5% PET a 14 días.

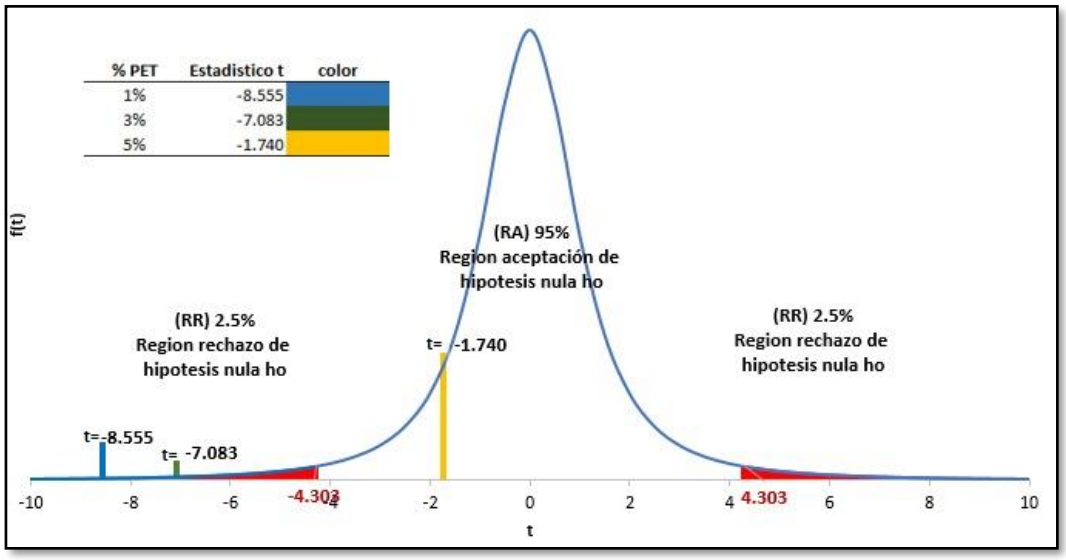
Descripción	n1	n2
Media	26.450	31.670
Varianza	0.000	18.000
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	9.000	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-1.740	
P(T<=t) dos colas	0.224	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -1.740 ∈ a la región de aceptación ⇒ Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_i.

Figura 19

Función de distribución de t-Student para resistencia a flexión (módulo de rotura) con incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5% a los 14 días.



Fuente: Elaboración propia

A los 14 días, se afirma que con la incorporación de plásticos reciclados PET **no influye** en la resistencia a flexión (módulo de rotura) de un concreto f'c=175 kg/cm^2 con la incorporación de 1% y 3% de PET, pero **si influye** en los porcentajes de 5%

- **Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 28 días con incorporación del 1% plásticos reciclados (PET).**

Tabla 51

Resistencia a la flexión con incorporación de 1% PET a 28 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 1% PET
	n1	n2
28 DIAS	26.45	31.6
	26.45	27.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52

Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 1% PET a los 28 días.

Descripción	n1	n2
Media	26.450	29.650
Varianza	0.000	7.605
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	3.803	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	-1.641	
P(T<=t) dos colas	0.242	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = -1.641 ∈ a la región de aceptación ⇒ Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_i.

Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 28 días con incorporación del 3% plásticos reciclados (PET).

Tabla 53

Resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 28 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 3% PET
	n1	n2
28 DIAS	26.45	27.2
	26.45	22.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54

Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 3% PET a 28 días.

Descripción	n1	n2
Media	26.450	24.950
Varianza	0.000	10.125
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	5.063	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	0.667	
P(T<=t) dos colas	0.574	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = 0.667 ∈ a la región de aceptación ⇒ Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_i.

Resistencia a flexión (módulo de rotura) a los 28 días con incorporación del 5% plásticos reciclados (PET).

Tabla 55

Resistencia a la flexión con incorporación de 5% PET a 28 días.

Edad de Rotura	Módulo de Rotura	Concreto + 5% PET
	n1	n2
28 DIAS	26.45	22.1
	26.45	20.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56

Distribución (t-Student) resistencia a flexión con incorporación de 5% PET a 28 días.

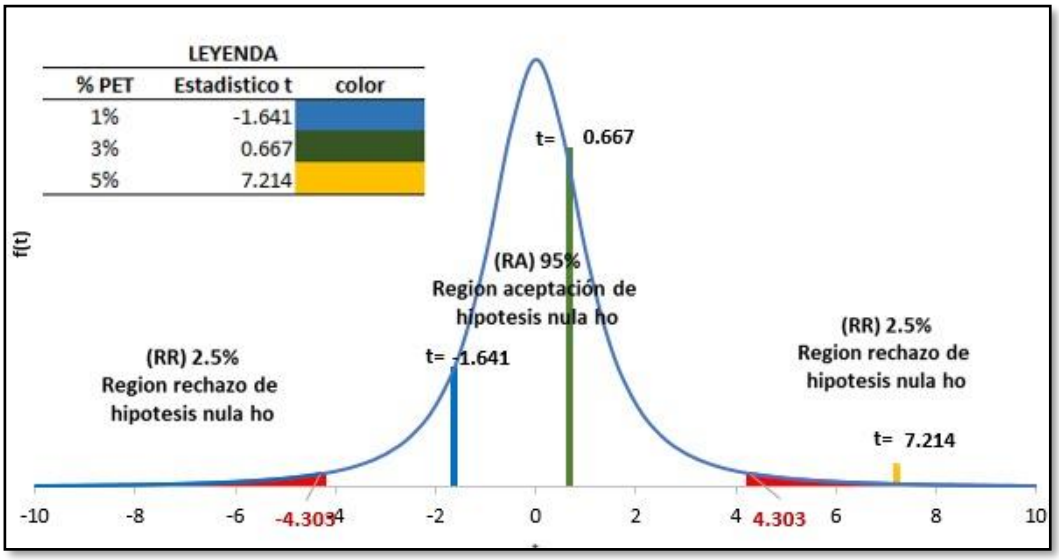
Descripción	n1	n2
Media	26.450	21.400
Varianza	0.000	0.980
Observaciones	2.000	2.000
Varianza agrupada	0.490	
Grados de libertad	2.000	
Estadístico t	7.214	
P(T<=t) dos colas	0.019	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como tc = 7.214 ∈ a la región de rechazo ⇒ Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_i.

Figura 20

*Función de distribución de t-Student para resistencia a flexión (módulo de rotura**)** con incorporación de PET al 1%, 3% y 5% a los 28 días.*



Fuente: Elaboración propia

A los 28 días, se afirma que con la incorporación de plásticos reciclados PET **si influye** en la resistencia a flexión (módulo de rotura) de un concreto f'c=175 kg/cm^2 con la incorporación de 5% PET, mientras que para los porcentajes de 1% y 3% **no influye** en la resistencia a flexión.

CONCLUSIONES

Conclusión para el objetivo general

De acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio, se analizó que la incorporación de plásticos reciclados (PET) si influye en las propiedades mecánicas del concreto f'c =175 kg/cm^2 para porcentajes de incorporación de PET mayores al 3%.

Conclusión para el objetivo específico 1

A partir de los resultados del laboratorio sobre el concreto patrón y las mezclas con incorporaciones de plástico reciclado (PET) al 1%, 3% y 5%, se determinó su influencia en la resistencia a compresión del concreto, teniendo un concreto patrón de f'c = 175 kg/cm² a edades de 7, 14 y 28 días. Se observó que la resistencia máxima se alcanzó a los 28 días. Comparando los valores promedio de resistencia a compresión, se encontró que el concreto patrón alcanzó el 117.79% de la resistencia nominal, mientras que las mezclas con incorporaciones de PET alcanzaron valores superiores al concreto patrón. Se determinó que los porcentajes idóneos de incorporación de PET son iguales o menores al 5%, donde se obtuvieron resistencias de 147.64%, 132.32% y 117.58% para el 1%, 3% y 5% de PET respectivamente, de estos resultados se pudo observar que hay un incremento de casi el 30% en referencia al concreto patrón. Estos resultados sugieren que la adición de PET puede mejorar la resistencia a compresión del concreto. Los resultados se muestran en la tabla 15 (Pág. 56) y la figura 11 (Pág. 65).

Conclusión para el objetivo específico 2

Al comparar el módulo de rotura del concreto f'c = 175 kg/cm² igual a 26.45 kg-f/cm², equivalente al 100% de la resistencia a flexión, con los resultados obtenidos en el laboratorio en cuanto al concreto patrón y las incorporaciones de PET al 1%, 3% y 5%, se determinó la influencia con los valores promedio obtenidos en cuanto a la resistencia a flexión a las edades de 7, 14 y 28 días, considerando que la resistencia máxima se alcanzó a los 28 días, de los resultados que se obtuvieron del ensayo a flexión, el concreto patrón obtuvo una resistencia de 194.33%, el concreto con incorporación de PET al 1% alcanzo una resistencia de 196.11 %, el concreto con incorporación de PET al 3% logro una resistencia de 165.18 % y el concreto con incorporación de PET al 5% obtuvo la resistencia de 141.66 %, determinando que a mayor incorporación de PET la resistencia a flexión del concreto disminuye gradualmente, los detalles se muestran en (tabla 19 – Pág. 60, figura 14 – Pág. 68).

RECOMENDACIONES

1. Para el objetivo general, que fue analizar cómo fue la influencia en las propiedades mecánicas del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de plástico reciclado (PET), considerando los resultados de las pruebas de laboratorio se recomienda incorporar este material al concreto en porcentajes que no superen al 3% de PET, para poder mantener las propiedades mecánicas de compresión y flexión del concreto construcciones que no requieran de gran resistencia de diseño como las veredas, sardineles y rampas.
2. En el objetivo específico 1, se tuvo que determinar cuál fue la influencia en la resistencia a la compresión del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de PET, es por esto que se considera los resultados de laboratorio, y se aconseja evitar la incorporación de porcentajes de plástico reciclado (PET) superiores al 5%, porque se pudo observar que en cuanto el porcentaje de incorporación de plástico reciclado (PET) incremento, la resistencia a compresión del concreto disminuyó en comparación al concreto patrón.
3. En el objetivo específico 2, se tuvo que determinar cuál fue la influencia en la resistencia a la flexión del concreto f'c =175 kg/cm^2 con la incorporación de PET, es por esto que nos basamos en los resultados de laboratorio, de estos resultados se sugiere evitar la incorporación de porcentajes de PET mayores al 3%, porque se observó que al incrementar las cantidades de PET al concreto, la resistencia a flexión disminuyó en comparación al módulo de rotura del concreto f'c =175 kg/cm^2.

4. Se sugiere utilizar concreto de resistencia f'c = 175 kg/cm^2, con la incorporación del 1% de PET, ya que aumenta la resistencia a la compresión en un 30% con respecto al concreto patrón, para construcciones estructurales.
5. Se sugiere que las investigaciones futuras consideren detenidamente las condiciones de almacenamiento de los agregados y el cemento, ya que estas condiciones podrían tener un efecto notable en la resistencia del concreto.
6. Se propone la implementación del PET en la industria de la construcción, ya que esto contribuiría significativamente a la reducción de la contaminación asociada a este material. Al mismo tiempo, se estaría promoviendo una disminución en la explotación de recursos naturales no renovables, tales como los agregados, dado que la incorporación de PET conlleva una reducción en la cantidad de agregados requeridos para la producción de concreto.

BIBLIOGRAFÍA

Abanto, F. (2017). *Tecnologia del concreto.* Lima, Perú: San Marcos.

Alesmar, L. ; Rendon, M y Korody, M. E. (2008). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) - cemento - Revista de La Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela.

Argueta, A. (2006). *Proyecto de Inversión en una Planta Recicladora de PET en el Estado de Puebla.* Puebla - México: Universidad de las Americas Puebla.

Cabarcas, L. M. y Colpas, J. D. (2020). *"Evaluación de la resistencia a la flexión y compresión de un concreto estructural ecológico con fibras pet propuesto conforme a la norma nsr-10.* Barranquilla - Colombia: Universidad de la Costa - CUC.

Campana, J. y Flores, R. A. (2020). *"Comportamiento de los plasticos resiclados PET en la resistencia a compresion y flexion del F'c = 210, Lima, 2019".* Lima - Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56681

Campos, C. C. y Melo, C. J. (2022). *"Análisis del concreto ciclópeo con incorporación de botellas plásticas pet para la construcción de placa huellas en su parte central y sobre anchos".* Girardot - Cundinamarca - Colombia: Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena.

Canahuire, A.; Endara, F. y Morante, E. (2015). *¿Cómo hacer la tesis univesitaria? Una guía para investigaores.* Cusco, Perú: Colorgraf.

Carreño, F. V. (2020). *Análisis técnico-económico del uso de Pet reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones.* Santiago de Chile - Chile: Universidad de Chile.

Castro, J. C. (2021). *Determinación y evaluación del comportamiento mecánico del concreto mediante adición de plástico reciclado (PET) en la construcción de edificaciones para la ciudad de Abancay.* Abancay - Apurimac - Perú: Universidad Continental.

Criado, M. A. (2017). *"Los humanos ya han generado 8.300 millones de toneladas de plástico".* El pais. Obtenido de https://elpais.com/elpais/2017/07/19/ciencia/1500451864_107312.html

Echeverría, E. R. (2017). *"Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado".* Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

Harmsen, T. E. (2017). *"Diseño de estructuras de Concreto Armado".* Lima - Perú: Pontificie Universidad Catolica del Perú.

Hernández - Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2014). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, Cualitativa y mixta.* Ciudad de Mexico: Mc GRAW HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.

Hidalgo, N. (2022). *“Estudio comparativo de investigaciones sobre concreto elaborado con material plástico reciclado como partículas en adición y/o reemplazo de los agregados”.* Chiclayo - Perú: Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo.

Lugo, J. E. ; Torres, Y. E. (2019). *Caracterizacion del comportamiento mecanico del concreto simple con adicion de fibras polimericas recicladas PET.* Bogota: Universidad catolica de Colombia.

Méndez, D. (2012). "Fabricación de Envases de Plástico". Obtenido de https://www.cintex.com.mx/author/daniel_admon/

Merino, J. M. (2020). *“Diseño de planta procesadora de residuos sólidos para la producción de envases de plástico reciclable, distrito de la Perla, Año 2019”.* Callao - PERÚ: Universidad Nacional del Callao.

MTC E704. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales.* Lima - Peru: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Nilson, A. H. (2000). *"Diseño de Estructuras de Concreto".* MC GRAW-HILL.

NTP, 339. 034. (2021). *CONCRETO. Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a compresion del concreto en muestras cilindricas.* Lima - Perú: INACAL.

NTP, 339.078. (2022). *CONCRETO. Determinacion de la resistencia a la flexion del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre los apoyos.* Lima - Perú: INACAL.

NTP, 339.185. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporaable de agreagdos.* Lima - Perú: INDECOPI.

NTP, 400.010. (2016). *Extraccion y preparacion de las muestras de los agregados.* Lima-Perú: INACAL.

NTP, 400.011. (2008). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.* Lima - Perú.: INDECOPI.

NTP, 400.012. (2018). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado.* Lima - Perú.: INDECOPI.

NTP, 400.017. (2016). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacios en los agregados.* Lima - Perú.: INDECOPI.

NTP, 400.021. (2018). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.* Lima - Perú.: INDECOPI.

NTP, 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la desidad, la densidad relativa (peso especifico) y absorción del agregado fino.* Lima - Perú.: INDECOPI.

Ortiz, Y. A. (2022). *Influencia De La Adición Del Plástico Reciclado Pet En Sus Propiedades Mecanicas En Un Concreto Convencional De F'c=210 kg/Cm2.* Huaraz - Perú.: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de Influencia De La Adición Del Plástico Reciclado Pet En Sus Propiedades Mecanicas En Un Concreto Convencional De Fc=210kg/Cm2

Pasquel, E. (1998). *"Topicos de tecnologia del concreto" - Segunda Edicion.* Lima - Perú.: Colegio de Ingenieros del Peru - Consejo Nacional.

Pimienta, J. H. y De la Orden, A. (2017). *Metodologia de la investigacion. Tercera edicion.* Ciudad de Mexico.: PEARSON educacion de Mexico, S. A.

Pinedo, J. R. (2019). *Estudio de resistencia a la compresión del concreto F´c= 210kg/cm2, con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018.* Tarapoto- Perú.: Universidad Nacional de San Martin.

Rivva, L. E. (2000). *"Naturaleza y Materiales del Concreto".* Lima - Perù: ACI-Perù.

Valer, P. E. (2020). *Mejoramiento en el diseño de un pavimento rígido incorporando fibras de plástico PET reciclado, 2020.* Lima - Perú.: Universidad Cesar Vallejo.

Vasquez, A. M. (2021). *"Efecto de las adiciones de plástico reciclado en diferentes porcentajes, en las propiedades mecánicas del concreto, acorde a los resultados obtenidos en anteriores investigaciones, Cajamarca 2021".* Cajamarca - Perú.: Universidad Privada del Norte.

Los anexos están resguardados en la oficina del repositorio digital institucional de la biblioteca central de la Universidad Tecnológica de los Andes