

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO  
ECOLÓGICO DE  $f'c=175\text{Kg/cm}^2$  CON ADICIÓN DE PET TRITURADO  
Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**CHINGUEL MINGA NOLBERTO**

**ASESOR:**

**ING. SIFUENTES INOSTROZA LUCIO MARCIAL**

**Cajamarca, Perú**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: NOLBERTO CHINGUEL MINGA  
DNI: 71120665  
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
2. Asesor: ING. LUCIO MARCIAL SIFUENTES INOSTROZA  
Facultad: INGENIERÍA
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
"PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE  $f'c=175\text{Kg/cm}^2$  CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023"
6. Fecha de evaluación: 21 de agosto del 2025
7. Software antiplagio:       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 18 %
9. Código Documento: 3117:485287563
- 10.
11. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 21 de agosto del 2025



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: LUCIO MARCIAL SIFUENTES INOSTROZA

DNI: 26617505



Firmado digitalmente por:  
BAZAN DIAZ Laura Sofia  
FAU 20148258801 soft  
Motivo: En señal de  
conformidad  
Fecha: 21/08/2025 10:52:47-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



## ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'C= 175 KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023.*

ASESOR : *Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0473-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 11 de agosto de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **dieciocho días del mes de agosto de 2025**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.  
Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Secretario : M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'C= 175 KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil *NOLBERTO CHINGUEL MINGA*, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Filial Jaén, asesorado por el Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza, para la obtención del Título Profesional

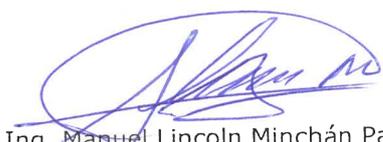
Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

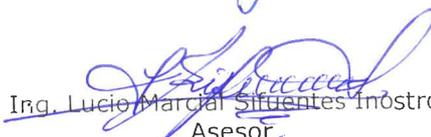
EVALUACIÓN PRIVADA : .....*05*..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : .....*08*..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : .....*13*..... PTS .....*TRECE*..... (En letras)

En consecuencia, se lo declara ....*Aprobado*..... con el calificativo de *13 Trece*..... acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *11:10 am* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

  
Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.  
Presidente

  
Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Vocal

  
M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.  
Secretario

  
Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza.  
Asesor

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todo poderoso, por iluminar mi camino, por ser esencial e importante dentro mi destino, por el bienestar de mi salud, por su guía en los momentos más difíciles, y ser mi fortaleza para seguir adelante.

A mi asesor de tesis Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza, por su valiosa orientación y por su tiempo que dedicó al brindarme los conocimientos necesarios y guía en la presente investigación.

A mi alma máter Universidad Nacional de Cajamarca, que desde un inicio fue mi única opción y hasta el día de hoy no me arrepiento, te volvería a escoger una y mil veces, llevaré conmigo las mejores experiencias y vivencias universitarias.

**Chinguel Minga Nolberto**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo a Dios, por brindarme y darme la vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más y por el triunfo de haber obtenido hasta este momento un momento bien especial de mi formación profesional.

Agradezco también a mis amados padres, Cirilo Chinguel y María Minga, y a todos mis hermanos Diomedes, Reynerio, Hector, Edwin y Kevin por el infinito apoyo, amor, paciencia y motivación, quienes me inspiraron a estudiar esta gran carrera y por estar presentes en cada etapa de mi vida.

**Chinguel Minga Nolberto**

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3. HIPÓTESIS.....	2
1.4. VARIABLES .....	2
1.4.1. Variables dependientes.....	2
1.4.2. Variables independientes.....	2
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.6. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.7. LIMITACIONES .....	3
1.8. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.8.1. Objetivo general.....	3
1.8.2. Objetivos específicos.....	3
1.9. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS .....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	5
2.1.1. Internacionales .....	5
2.1.2. Nacionales.....	6
2.1.3. Locales.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1. Concreto.....	8
2.2.2. Propiedades físicas y mecánicas del concreto .....	9
2.2.3. PET.....	10
2.2.4. Aditivo .....	11
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	12

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1.  UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	13
3.1.  MATERIALES Y EQUIPOS .....	14
3.2.  METODOLOGÍA .....	15
3.2.1.  Tipo de investigación .....	15
3.2.2.  Nivel de investigación .....	15
3.2.3.  Diseño de investigación.....	15
3.2.4.  Enfoque de investigación.....	15
3.3.  POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS .....	15
3.3.1.  Población .....	15
3.3.2.  Muestra .....	16
3.3.3.  Unidad de análisis .....	17
3.4.  MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	17
3.5.  TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	18
3.5.1.  Técnicas .....	18
3.5.2.  Instrumentos.....	18
3.6.  PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	18
3.6.1.  Etapa 1: Estudio de agregados y diseño de mezclas .....	18
3.6.2.  Etapa 2: Estudio de las propiedades físicas del concreto .....	18
3.6.3.  Etapa 3: Estudio de las propiedades mecánicas del concreto .....	19
3.7.  MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	19
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DICUSIÓN DE RESULTADOS .....	20
4.1.  ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	20
4.1.1.  Propiedades físicas y mecánicas de los agregados .....	20
4.1.2.  Propiedades físicas del concreto en estado fresco .....	21
4.1.3.  Propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido .....	33
4.2.  CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	41
4.3.  DISCUSIÓN.....	41
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
5.1.  CONCLUSIONES.....	45
5.2.  RECOMENDACIONES .....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	47
ANEXOS .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras.....	9
Tabla 2. Consistencia del concreto.....	9
Tabla 3. Contenido de aire atrapado.....	10
Tabla 4. Evolución de la resistencia a compresión del concreto según el tiempo y temperatura ambiente.....	10
Tabla 5. Cantidad de testigos cilíndricos para el estudio de la resistencia a compresión .....	17
Tabla 6. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados .....	20
Tabla 7. Peso de materiales por m <sup>3</sup> para el concreto con PET.....	20
Tabla 8. Peso de materiales por m <sup>3</sup> para el concreto con aditivo.....	20
Tabla 9. Peso de materiales por m <sup>3</sup> para el concreto con PET + aditivo.....	21
Tabla 10. Temperatura del concreto con las adiciones de PET y aditivo.....	21
Tabla 11. Prueba Tukey de la temperatura del concreto en estado fresco.....	24
Tabla 12. Análisis estadístico de la temperatura del concreto en estado fresco .....	24
Tabla 13. Slump del concreto con las adiciones de PET y aditivo .....	24
Tabla 14. Prueba Tukey del Slump del concreto .....	27
Tabla 15. Análisis estadístico del slump del concreto.....	27
Tabla 16. Peso unitario del concreto con todas las adiciones .....	28
Tabla 17. Prueba Tukey del peso unitario del concreto .....	30
Tabla 18. Análisis estadístico del peso unitario .....	30
Tabla 19. Contenido de aire del concreto con las adiciones .....	30
Tabla 20. Prueba Tukey del contenido de aire del concreto.....	32
Tabla 21. Análisis estadístico del contenido de aire .....	33
Tabla 22. Resistencia a compresión del concreto para todas las edades con adición de PET y Aditivo .....	33
Tabla 23. Resistencia a la compresión a la edad de 28 días de curado .....	36
Tabla 24. Prueba Tukey de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado.....	38
Tabla 25. Análisis estadístico de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado.....	39
Tabla 26. Porcentaje de mejoramiento del concreto con todas las adiciones .....	39
Tabla 27. Prueba estadística T de Student.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cantera de agregados.....	13
Figura 2. Ubicación del laboratorio donde se realizaron los ensayos .....	14
Figura 3. Temperatura del concreto en estado fresco con PET + aditivo.....	22
Figura 4. Temperatura del concreto en estado fresco con PET .....	23
Figura 5. Temperatura del concreto en estado fresco con aditivo.....	23
Figura 6. Slump o asentamiento del concreto con PET + aditivo .....	25
Figura 7. Slump o asentamiento del concreto con PET.....	26
Figura 8. Slump o asentamiento del concreto con aditivo.....	26
Figura 9. Peso unitario del concreto con PET + aditivo.....	28
Figura 10. Peso unitario del concreto con PET.....	29
Figura 11. Peso unitario del concreto con aditivo.....	29
Figura 12. Contenido de aire del concreto con PET + aditivo.....	31
Figura 13. Contenido de aire del concreto con PET.....	31
Figura 14. Contenido de aire del concreto con aditivo.....	32
Figura 15. Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón.....	34
Figura 16. Evolución de la resistencia a compresión del concreto con 1% de PET y Aditivo.....	34
Figura 17. Evolución de la resistencia a compresión del concreto con 3% de PET y aditivo..	35
Figura 18. Evolución de la resistencia a compresión del concreto con 5% de PET y aditivo..	35
Figura 19. Resistencia a compresión del concreto a los 28 días con las adiciones de PET + aditivo.....	37
Figura 20. Resistencia a compresión del concreto a los 28 días con las adiciones de PET .....	37
Figura 21. Resistencia a compresión del concreto a los 28 días con las adiciones de aditivo..	38
Figura 22. Prueba estadística T de Student.....	40
Figura 23. Recolección de PET triturado .....	82
Figura 24. Contenido de humedad del agregado fino.....	82
Figura 25. Temperatura del concreto en estado fresco con 3% PET. ....	83
Figura 26. Asentamiento (Slump) del concreto con 1% PET + 1% aditivo. ....	83
Figura 27. Peso unitario del concreto sin adición .....	84
Figura 28. Contenido de aire del concreto en estado fresco con 3% PET + 3% aditivo. ....	84
Figura 29. Rotura de testigos de concreto con adición de 5% PET + 5% aditivo a los 28 días.....	85

## RESUMEN

La sobre explotación de materiales para elaboración de concreto genera escases y se opta por materiales que no son de calidad afectando así la calidad del concreto, ante ello, en la investigación se planteó como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto ecológico de  $f_c=175\text{kg/cm}^2$  con adiciones de PET triturado y aditivo plastificante, según la metodología, es de tipo básica y diseño experimental, las adiciones fueron: 0%, 1%, 3% y 5% de PET y aditivo plastificante de manera separada y combinada. Como resultado se obtuvo para las propiedades físicas con PET: temperaturas de  $31.4^\circ\text{C}$  y  $28.9^\circ\text{C}$ , slump de 3.3 y 2.0 pulgadas, peso unitario de  $2302\text{kg/cm}^3$  y  $2091\text{kg/cm}^3$ , contenido de aire de 3.02% y 2.25% máximo y mínimo respectivamente; con aditivo: temperaturas de  $31.3^\circ\text{C}$  y  $29.9^\circ\text{C}$ , slump de 5.3 y 3.7 pulgadas, peso unitario de  $2501\text{kg/cm}^3$  y  $2396\text{kg/cm}^3$ , contenido de aire de 3.09% y 2.25% máximo y mínimo respectivamente; y con PET + Aditivo: temperatura de  $28.9^\circ\text{C}$  y  $19.7^\circ\text{C}$ , slump de 8.3 y 3.3 pulgadas, peso unitario de  $2365\text{kg/cm}^3$  y  $2250\text{kg/cm}^3$ , contenido de aire de 2.48% y 2.15% máximo y mínimo respectivamente; para las propiedades mecánicas, resistencia a compresión a los 28 días:  $205.99\text{Kg/cm}^2$  para la muestra patrón, seguidamente se obtuvo ( $148.30$ ,  $143.31$ ,  $140.78$ ) $\text{Kg/cm}^2$  para las adiciones con PET de 1%, 3%, 5% respectivamente, de modo similar se obtuvo resultados de ( $231.49$ ,  $236.24$ ,  $240.63$ ) $\text{Kg/cm}^2$  para las adiciones con 1%, 3%, 5% con aditivo plastificante respectivamente y finalmente se obtuvo la resistencia a compresión de ( $201.52$ ,  $197.28$ ,  $192.78$ ) $\text{Kg/cm}^2$  para combinación 1%, 3%, 5% de PET + aditivo plastificante respectivamente. Con las adiciones de 1%, 3%, 5% de aditivo y 1%, 3%, 5% de adición de PET + aditivo si superan la resistencia a compresión del diseño de testigos a la edad de los 28 días, observando que a mayor dosificación de plástico PET disminuye la resistencia a compresión en comparación con el concreto de la muestra patrón.

**Palabras clave:** Concreto, PET, aditivo plastificante, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

## ABSTRACT

The over exploitation of materials for the production of concrete generates scarcity and materials are chosen that are not of quality, thus affecting the quality of the concrete, therefore, the research objective was to evaluate the physical and mechanical properties of ecological concrete of  $f_c = 175 \text{ kg / cm}^2$  with additions of crushed PET and plasticizing additive, according to the methodology, it is of a basic type and experimental design, the additions were: 0%, 1%, 3% and 5% of PET and plasticizing additive separately and combined. As a result, the following physical properties were obtained with PET: temperatures of 31.4°C and 28.9°C, slump of 3.3 and 2.0 inches, unit weight of 2302kg/cm<sup>3</sup> and 2091kg/cm<sup>3</sup>, air content of 3.02% and 2.25% maximum and minimum respectively; with additive: temperatures of 31.3°C and 29.9°C, slump of 5.3 and 3.7 inches, unit weight of 2501kg/cm<sup>3</sup> and 2396kg/cm<sup>3</sup>, air content of 3.09% and 2.25% maximum and minimum respectively; and with PET + Additive: temperatures of 28.9°C and 19.7°C, slump of 8.3 and 3.3 inches, unit weight of 2365 kg/cm<sup>3</sup> and 2250 kg/cm<sup>3</sup>, air content of 2.48% and 2.15% maximum and minimum, respectively; for mechanical properties, compressive strength at 28 days: 205.99Kg/cm<sup>2</sup> for the standard sample, then (148.30, 143.31, 140.78)Kg/cm<sup>2</sup> were obtained for the additions with PET of 1%, 3%, 5% respectively, similarly results of (231.49, 236.24, 240.63)Kg/cm<sup>2</sup> were obtained for the additions with 1%, 3%, 5% with plasticizer additive respectively and finally the compressive strength of (201.52, 197.28, 192.78)Kg/cm<sup>2</sup> was obtained for the combination of 1%, 3%, 5% PET + plasticizer additive respectively. With the additions of 1%, 3%, 5% of additive and 1%, 3%, 5% of PET + additive addition, they exceed the compressive strength of the design of witnesses at the age of 28 days, observing that the higher the dosage of PET plastic, the compressive strength decreases compared to the concrete of the standard sample.

**Keywords:** Concrete, PET, plasticizing additive, physical properties, mechanical properties.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

Jaén, se encuentra localizada en la zona Nor Oriental del departamento de Cajamarca, su territorio es de 5,232.57 km que equivale al 15.71% del territorio regional y alberga a 183,634 habitantes es decir el 13.23% de la población regional, la ciudad de Jaén, capital del distrito y provincia del mismo nombre, se ubica a 295 Km. de la ciudad de Chiclayo y a 1,060 Km. de la ciudad de Lima (Plan de desarrollo urbano 2013-2025).

Con el crecimiento de la ciudad de Jaén, también se ha incrementado el número de las construcciones de edificaciones, las cuales demandan de grandes cantidades de concreto para sus estructuras, para la producción de concreto se utiliza materiales entre ellos los agregados que se ven agotadas o incrementan su costo ante la escasez de estos materiales. Por otro lado, con el crecimiento poblacional, también se incrementa la producción de residuos, entre ellos los de tipo PET, que muchas veces son arrojados en zonas no apropiadas y no se les da otro uso.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema se aborda desde un punto de vista, que las canteras tienen una sobre explotación para la extracción de materiales con los que se elabora el concreto, además existe en la zona una gran cantidad de residuos PET en la ciudad de Jaén y que de acuerdo a investigaciones realizadas pueden ser empleados en porcentajes relativamente bajos como parte del concreto, como una alternativa para que se pueda de alguna manera reutilizar. Relacionado al primer enfoque, se tiene que, a nivel internacional, en la India, las estructuras a base de concreto se encuentran entre los más importantes materiales de construcción, y lo más probable es que siga teniendo la misma importancia en el futuro, sin embargo, su sobre explotación trae consigo problemas cada vez mayores como la escasez e incremento del costo de los materiales utilizados para la elaboración de concreto (Kohistani y Singh, 2018).

A nivel nacional, en Lima, el uso de concreto se ha incrementado considerablemente, con ello la sobre explotación de canteras también, generando un costo elevado de los materiales de construcción, por lo que en algunos casos se opta por adquirir materiales que no son de calidad, lo cual afecta también las propiedades del concreto (Hernández, 2019).

A nivel local, por una parte, con el crecimiento de la ciudad de Jaén, se ha incrementado también en la construcción de edificaciones, las que requieren gran cantidad de concreto para sus estructuras, esto ha traído como consecuencia la sobre explotación de las canteras para la obtención de materiales, principalmente los agregados, generándose además una alza en los costos de estos materiales; mientras que, por otro lado, la generación de residuos PET también se ha incrementado, los cuales generalmente son desechados y no se les da un segundo uso. En

el año 2019, se desecharon 1.1 toneladas de plástico PET de acuerdo a un estudio de la Municipalidad Provincial de Jaén, ante ello, se busca dar un segundo uso en porcentajes relativamente bajos y contrinuir con la reducción de la sobre explotación de canteras. De acuerdo a los antecedentes revisados, al adicionar PET triturado al concreto, este en su estado fresco, alcanza una consistencia seca, afectando de alguna forma la trabajabilidad, por lo que no se puede colocar con facilidad en las estructuras, por lo que el uso de un aditivo plastificante comercial para este tipo de estudio se hace necesario para así poder conocer todas las ventajas técnicas que puede traer el uso de PET triturado en el concreto.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del concreto ecológico de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con adición de PET triturado y aditivo plastificante, Jaén 2023?

## **1.3. HIPÓTESIS**

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto ecológico de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con adición de PET triturado y aditivo plastificante presentan mejoras con respecto al concreto convencional.

## **1.4. VARIABLES**

### **1.4.1. Variables dependientes**

Propiedades físicas

Propiedades mecánicas

### **1.4.2. Variables independientes**

PET triturado

Aditivo plastificante

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

Porque el uso de PET en el concreto puede ser empleado hasta ciertos porcentajes sin que se afecte su calidad, es por ello que en el presente estudio se combina con aditivo plastificante y se mejoren las propiedades físicas (asentamiento, temperatura, peso unitario y contenido de aire) y mecánicas (resistencia a la compresión) del concreto y de esta forma contribuir con el conocimiento practico, de un concreto adicionando residuos PET.

## **1.6. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación fue realizada en Jaén, con el objetivo de evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando PET triturado y aditivo plastificante, se realizó el muestreo de agregados de la cantera “Josecito”, se realizaron ensayos en laboratorio para conocer las características de los agregados fino y grueso, con estas características fue realizada el diseño de mezclas del que se obtuvo las proporciones de

materiales para un  $f'c = 175\text{Kg}/\text{cm}^2$ ; el PET triturado se obtuvo de una planta trituradora de estos residuos, el aditivo plastificante fue el que se comercializa en esta ciudad y los ensayos para la elaboración de concreto, estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido respectivamente se realizaron en un laboratorio particular cuya razón social es “F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.”, el cual cuenta con todos sus equipos debidamente calibrados los cuales se presentan en los anexos de la presente investigación.

### **1.7. LIMITACIONES**

- No se realizó el estudio de las propiedades químicas de los agregados y el agua empleada usados en la elaboración de concreto, debido a la falta de un laboratorio especializado.
- No se realizó el estudio de la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido debido a la no existencia del equipo estipulado por la normativa para este ensayo, en el lugar de estudio.

### **1.8. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.8.1. Objetivo general**

Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto ecológico de  $f'c=175\text{kg}/\text{cm}^2$  con adición de PET triturado y aditivo plastificante, Jaén 2023.

#### **1.8.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar el diseño del  $f'c = 175 \text{ kg}/\text{cm}^2$  de un concreto convencional.
- b) Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para ser utilizados en el diseño de mezclas.
- c) Evaluar las propiedades físicas del concreto en estado fresco (temperatura, asentamiento, peso unitario y contenido de aire) con la adición del 1%, 3% y 5% de PET triturado y aditivo plastificante.
- d) Evaluar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido (resistencia a compresión) con la adición del 1%, 3% y 5% de PET triturado y aditivo plastificante.

### **1.9. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS**

#### **Capítulo I: Introducción**

Se describe la realidad problemática, formulación del problema, hipótesis, justificación, alcances o delimitación de la investigación, limitaciones, objetivos y las variables de estudio tanto dependientes como independientes.

#### **Capítulo II: Marco teórico**

Se presentan los antecedentes internacionales, nacionales y locales que sirven para

orientar el tema en estudio, en las bases teóricas se definen los conceptos relacionados con las variables de estudio que se toman en cuenta para el desarrollo de la presente investigación;

### **Capítulo III: Materiales y métodos**

Se presenta el lugar donde se realizó la investigación, el procedimiento y descripción de la metodología que se tuvo en consideración para la recolección de datos, los procedimientos y el método de análisis de datos.

### **Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados**

Presenta los resultados obtenidos ordenados de manera secuencial conforme a los objetivos específicos, organizados en tablas y figuras para su respectiva interpretación, así como las discusiones para cada uno de los objetivos específicos.

### **Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones**

Se establecen las principales conclusiones relacionadas con cada objetivo específico y las recomendaciones en base a lo que se ha investigado.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS**

#### **2.1.1. Internacionales**

Infante y Valderrama (2019) en la tesis denominada “Análisis de la elaboración de bloques de concreto con adición de PET”, plantearon como objetivo analizar las propiedades de bloques de concreto con PET, aplicaron una metodología experimental, la muestra fue de 150 testigos con la sustitución de 5%, 10%, 15% y 20% de PET en relación al agregado fino, evaluaron la resistencia a compresión. Los resultados evidenciaron que, en todos los testigos elaborados con PET alcanzaron bajas resistencias en relación al concreto patrón, representando una reducción del 13% en promedio; concluyeron el porcentaje de sustitución óptima fue con el 10% de PET, porque con este porcentaje sólo disminuye un 8% para la resistencia a la compresión.

Cobos (2021) en su tesis denominada “Comparación de las propiedades mecánicas del concreto con adición de PET reciclado y fibras de acero”, planteó como objetivo principal desarrollar un análisis comparativo del comportamiento mecánico de un concreto convencional con adición de los materiales mencionados, de acuerdo a la metodología de estudio, tuvo un enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los resultados evidenciaron que, con la incorporación de fibras PET al 1.0% y 0.5%, donde con este último porcentaje representó un incremento de 30% de resistencia a compresión en comparación con el porcentaje más alto; concluyó que el hormigón sin fibras obtiene la mayor resistencia a tracción indirecta seguido del hormigón con el 0.5% de fibras de PET recicladas y el hormigón con el 1.0% de fibras de acero.

Santos (2021) en su tesis denominada “Uso de materiales reciclables en la elaboración de un concreto”, planteó como objetivo determinar la utilidad de este tipo de materiales aprovechables en la elaboración del concreto con la incorporación de PET, caucho y vidrio triturado. Como resultados obtuvieron que la reutilización de materiales aprovechables como caucho, PET y vidrio, una vez culminado su ciclo de vida útil es una alternativa de solución a los problemas ambientales, el reemplazo porcentual de materiales tradicionales aprovechables en la elaboración de concreto, no produce disminución de costos económicos importantes; en cambio sí podemos afirmar que el uso combinado de materiales aprovechables con los convencionales, genera un impacto positivo para la conservación y protección al medio ambiente; concluyeron que estos materiales pueden ser determinantes hasta para la reducción de la contaminación.

### 2.1.2. Nacionales

Ortiz (2022) en su tesis titulada “Influencia de la adición de PET reciclado en sus propiedades mecánicas en un concreto de  $f_c = 210\text{kg/cm}^2$ ”, planteó como objetivo realizar la evaluación del efecto de la adición de reciclado reciclado en las propiedades mecánicas en un concreto con la resistencia de diseño especificada, la investigación fue de tipo experimental con un enfoque cuantitativo, la muestra fue de 36 testigos. Los resultados evidenciaron que, las resistencias a la compresión a las edades de curado de 7, 14 y 28 días, para el 1% de PET obtuvieron 140.6, 217.02 y 302.24  $\text{kg/cm}^2$  para las edades mencionadas respectivamente; para la adición del 2% se obtuvo 152.80, 223.86 y 319.67  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente; y para la adición del 3% se obtuvo 157.1, 240.68 y 332.32  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente, concluyó que la incorporación de PET beneficia a la resistencia mecánica del concreto en porcentajes de 1% a 3%.

De la Cruz y Quispe (2021) en su estudio denominado “Influencia de la incorporación de PET reciclado en las propiedades del concreto de  $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ ”, establecieron como propósito identificar de qué manera influye el PET en las propiedades del concreto para la resistencia de diseño indicada, de acuerdo al método de estudio fue de tipo aplicada y diseño cuasi experimental, la muestra estuvo constiuida por 48 testigos. Los resultados evidenciaron que, en la resistencia a compresión axial obtuvieron a la edad de 28 días respecto a la muestra con 5%, 10% y 15% de PET reciclado una resistencia de 223.40, 190.37 y 150.90  $\text{kg/cm}^2$  los cuales disminuyen en 8%, 25% y 43% respectivamente comparándola con el concreto patrón que alcanzó un valor promedio de 244.93  $\text{kg/cm}^2$ ; concluyeron que la incorporación del PET influyó negativamente sobre las propiedades del concreto, porque se obtuvo reducciones considerables en la resistencia de la compresión.

Meza y Perez (2021) en su tesis titulada “Resistencia a la compresión de concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el agregado grueso por plástico triturado”, establecieron como finalidad determinar la posibilidad de mejorar la resistencia del concreto sustituyendo parcialmente el agregado grueso por PET triturado, fue cuantitativa con diseño experimental, la muestra estuvo conformada por 24 testigos. Como resultados obtuvieron del PET, peso específico 1.39  $\text{g/cm}^3$ , resistencia 825  $\text{kg/cm}^2$ , elasticidad 2850  $\text{kg/cm}^2$  y absorción 0.25%, del agregado fino peso específico 2.54  $\text{g/cm}^3$ , peso unitario suelto 1582  $\text{kg/m}^3$  y compactado 1729  $\text{kg/m}^3$ , absorción 2.95% y humedad 5.60%; para el agregado grueso un TMN de 1”, peso específico 2.46  $\text{g/cm}^3$ , peso unitario suelto 1406  $\text{kg/m}^3$  y compactado 1563  $\text{kg/m}^3$ , absorción 1% y humedad 1.19%; concluyeron que el porcentaje óptimo fue de 2%, con la que se logró una resistencia promedio de 209.95  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días.

Quispe y Rosales (2020) en su estudio denominado “Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$  con adición de PET”, establecieron como propósito establecer si el concreto con adición de PET mejora su resistencia, de acuerdo a la metodología de estudio, fue de tipo aplicada con diseño experimental, la muestra estuvo conformada por 36 especímenes cillíndricos de concreto. Los resultados evidenciaron que, la resistencia a la compresión del concreto en condiciones naturales a los 28 días alcanzó un valor promedio de  $194.57\text{Kg/cm}^2$ , con la incorporación del 4%, 7% y 10% del material mencionado, se alcanzó valores de 177.02, 170.96 y  $166.62\text{kg/cm}^2$  respectivamente; concluyeron que a medida que se incrementa el porcentaje de incorporación de PET, se reduce el valor de la resistencia a compresión como principla propiedad mecánica.

Zavala (2020) en su investigación titulada “Influencia de la adición de PET al 3%, 6% y 9% sobre la resistencia y trabajabilidad de concreto  $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$ ”, estableció como finalidad determinar la influencia de la incorporación de este material en los porcentajes mencionados sobre la resistencia a compresión y trabajabilidad, de acuerdo al método de estudio fue aplicada con diseño experimental, elaboraron 80 testigos cilíndricos de concreto como muestra. Los resultados evidenciaron que al incorporar este material al 3% se logra breves mejoras en su resistencia a compresión en un 10% comparandolo con el concreto patrón, mientras que, la trabajabilidad se mantiene casi constante, a diferencia de las adiciones de 6% y 9% donde las propiedades del concreto se ven afectadas; concluyó que la incorporación del 3% de PET es el porcentaje óptimo de adición.

### **2.1.3. Locales**

Cruz y Leiva (2022) en su investigación titulada “Uso del Tereftalato de Polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería, Jaén 2020”, plantearon como objetivo evaluar el uso del PET en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería (bloques) considerando la NTE-E 070, la investigación fue de tipo aplica con un diseño experimental, la muestra estuvo conformada por 192 unidades. Como resultados obtuvieron que la cantera “Josecito” cumple con los estandares estipulados en al Manual de ensayos, con los porcentajes de PET (0 y 3%), permitió conocer la influencia de sus características, mejorando la resistencia a la compresión en 10 % de las unidades de albañilería; concluyeron que a mayor adición de PET reciclado, las unidades de albañilería tienden a no mejorar sus propiedades, por el contrario se ve reducida su resistencia en cantidades mínimas, sin embargo, se precisa que dicha afeción en la resistencia se da a partir de la adición del 3% del plástico PET reciclado.

Díaz y Espinoza (2021) en su investigación titulada “Evaluación de la incorporación de aditivo superplastificante en concreto de resistencia f'c 210”, plantearon como propósito evaluar el efecto de la adición de este tipo de aditivo sobre el concreto de la resistencia especificada, de acuerdo a la metodología de estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental, elaboraron 36 especímenes cilíndricos como muestra. Los resultados evidenciaron que, a los 28 días para el concreto convencional una resistencia promedio de 239.40 kg/cm<sup>2</sup>, con la incorporación de 200ml de aditivo se logró una resistencia promedio de 320.20 kg/cm<sup>2</sup>, con 400ml un valor de 322.80kg/cm<sup>2</sup> y con 600ml un valor de 365.30kg/cm<sup>2</sup>; concluyeron que con las tres cantidades de incorporación de aditivo se logra mejoras en la resistencia, siendo la cantidad óptima 200ml.

Esquivel y Ticliahuanca (2019) en su tesis titulada “Resistencia del concreto para pavimentos rígidos con adición de PET”, establecieron como finalidad identificar el efecto de la adición de fibras PET sobre la resistencia a la compresión, de acuerdo con el método de estudio tuvo un diseño experimental, elaboraron 60 testigos cilíndricos y prismáticos con proporciones de 0.03%, 0.05% y 0.07% de fibras. Los resultados evidenciaron que, se reduce la trabajabilidad cuando se incrementa la proporción de PET, siendo el asentamiento en promedio 5'', 4'' y 3''; la resistencia a la compresión de 417.41, 427.31 y 457.41kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Concluyeron que la dosificación óptima es con la adición de 0.05%.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Concreto**

De acuerdo a la NTE-E.060 Concreto Armado (2009) del Reglamento Nacional de Edificaciones, define al concreto como una “mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”. “Mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia”. (Abanto, s.f. p. 11).

#### **Tipos de concreto.**

**Concreto Simple:** Mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta (Abanto, p. 12).

**Concretos Normales:** Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 kg/m<sup>3</sup>. Según el tamaño máximo del agregado, el peso promedio es de 2400 kg/m<sup>3</sup> (Abanto, p. 13).

## 2.2.2. Propiedades físicas y mecánicas del concreto

### Propiedades en estado fresco

**Temperatura:** El control de temperatura se realiza mediante la NTP 339.184 Concreto. “Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto”. “La temperatura del concreto al ser colocado no deberá ser tan alta como para causar dificultades debidas a pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías; además, no deberá ser mayor de 32° C”. (NTE-E.060, 2009, p. 34).

**Asentamiento (Slump):** “El asentamiento es una medida de la consistencia de concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto”. (Cure, s.f.). Este ensayo se realiza de acuerdo a la NTP 339.035 Hormigón (Concreto). “Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland”. Los parámetros que debe cumplir el los resultados del ensayo de asentamiento del concreto de acuerdo al tipo de estructura se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras*

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

El asentamiento puede incrementarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración.

Fuente. Rivva, 2013, p. 77.

**Tabla 2**

*Consistencia del concreto*

Consistencia	Asentamiento
Seca	0 a 2"
Plástica	3 a 4"
Fluida	>= 5"

Fuente: Abanto, p. 64.

**Peso unitario:** Este ensayo se realiza de acuerdo a la NTP 339.046 HORMIGÓN (CONCRETO). “Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario). Rendimiento

y contenido de aire (método gravimétrico del hormigón (concreto)). “El peso unitario para concretos normales varía de 2300 a 2500 kg/m<sup>3</sup>. Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 kg/m<sup>3</sup>” (Abanto, p. 13).

**Contenido de aire:** Las burbujas de aire pueden estar presentes en la pasta como resultado de las operaciones propias del proceso de puesta en obra, en cuyo caso se le conoce como aire atrapado o natural; o pueden encontrarse en la mezcla debido a que han sido intencionalmente incorporadas a ella, en cuyo caso se les conoce como aire incorporado, la suma es el aire total presente en una mezcla dada (Rivva, 2013, p. 85).

**Tabla 3**

*Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Rivva, 2013, p. 89.

### **Propiedades en estado endurecido**

**Resistencia a la compresión:** Para el concreto estructural,  $f'c$ , no debe ser inferior a 17 MPa, salvo para concreto liviano estructural simple”. (NTE-E.060, 2009, p. 54). “Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de  $f'c$ ”. (NTE-E.060, 2009, p. 31).

**Tabla 4**

*Evolución de la resistencia a compresión del concreto según el tiempo y temperatura ambiente*

Temperatura °C	Tiempo (días)				
	3	7	14	21	28
10	25	40	63	76	82
23	34	52	76	91	100%
35	40	60	87	102	110

Fuente: Rivera, s.f, p.147

### **2.2.3. PET**

Los plásticos son un material de fácil acceso y barato, el uso de plástico en bolsas de

compras o materiales de embalaje aumenta a diario, cada año, en todo el mundo, la cantidad de residuos plásticos producidos es de más de 359 millones de toneladas, los estilos de vida modernos producen más plásticos, lo que genera problemas ambientales, ya que los plásticos no son biodegradables y permanecen en el ecosistema ambiental durante cientos de años (Abubakar (Abubakar et al., 2024).

Las botellas de plástico domésticas suelen estar compuestas de tereftalato de polietileno (PET), que es un poliéster compuesto de ácido tereftálico y etilenglicol, el PET tiene una variedad de aplicaciones, como envases de alimentos, botellas de agua, etc., debido a su no reactividad y alta estabilidad. Para desecharlos, se pueden utilizar diferentes métodos, incluido el reciclaje, el entierro y la incineración, siendo el reciclaje es el método más respetuoso con el medio ambiente, según datos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de 2018, solo el 29.1% de las botellas y frascos de plástico usados se reciclan en los EE. UU (Abubakar et al., 2024).

#### **Uso del PET en el concreto**

Algunas investigaciones previas han reportado que cuando se agrega PET al concreto, su trabajabilidad se reduce, el concreto podría aligerarse usando un volumen de plástico de 0 a 20%, hay dos maneras de usar desechos plásticos en el concreto, la primera usando como fibras y la segunda como agregados sustitutivos parciales; sin embargo, la optimización de la cantidad de PET en el concreto es un factor crucial que influye significativamente en sus propiedades. En este sentido, la naturaleza hidrofóbica del PET plantea desafíos en términos de unión con la matriz de cemento y puede producir un concreto de inferior calidad (Abubakar et al., 2024). El uso de materiales de desecho plásticos PET como agregado en la preparación del concreto puede consumir grandes cantidades de materiales de desecho, esto puede resolver los problemas de falta de áridos en las obras de construcción y reducir los problemas ambientales relacionados con la explotación de canteras y la eliminación de desechos (Ismail y Jumaa, 2017).

Actualmente, debido al mayor consumo de botellas para almacenar alimentos y agua, como el tereftalato de polietileno (PET), se ha producido un aumento en la producción de residuos, una forma posible de reutilizar partículas de PET sin dañar el medio ambiente es incorporándolas a la industria del hormigón, donde pueden mejorar las propiedades mecánicas del mismo

#### **2.2.4. Aditivo**

Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades (Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, 2009).

### **Aditivo plastificante**

Tiene como principal característica la reducción de agua en el concreto hasta en un 15%, además, incrementa la resistencia, mejora la trabajabilidad, facilitando su colocación, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas, aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos, posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden de más del 15%, reduce la contracción y aumenta la adherencia al acero. (Sika, 2022)

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

**Aditivo:** Material destinado del agua, del agregado, o del cemento, el cual es utilizado como un componente del concreto y que se añade a este antes o durante el mezclado a fin de modificar una o algunas de sus propiedades (Rivva, 2013, p. 32).

**Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta NTP. Se les llama también áridos (NTP 400.011, 2008, p. 2).

**Concreto:** Mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia (Abanto, s.f. p. 11).

**Resistencia:** Máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse, dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia de dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de calidad (Rivva, 2013, p. 42).



**Figura 2**

*Ubicación del laboratorio donde se realizaron los ensayos*



### 3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

#### Materiales

- Agregados
- Agua
- Cemento
- PET triturado
- Aditivo plastificante

#### Equipos

- Horno eléctrico
- Tamices
- Balanzas
- Moldes para testigos cilíndricos
- Cono de Abrams

- Termómetro digital
- Olla Washington
- Prensa para ensayos a compresión

## **3.2. METODOLOGÍA**

### **3.2.1. Tipo de investigación**

La presente investigación fue de tipo cuantitativa, porque los resultados que se obtuvieron de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con 1%, 3% y 5% de PET triturado y aditivo plastificante son números finitos y valores porcentuales de variación de la variación de estas propiedades con cada uno de estos porcentajes con respecto a la muestra con el 0% de adición o muestra patrón.

### **3.2.2. Nivel de investigación**

Correlacional, porque al concreto convencional, se busca agregar un material que no es común como el PET triturado, con la finalidad de ver hasta qué porcentaje puede ser utilizado sin que este afecte la calidad del concreto; además, se adicionó un aditivo plastificante para no afectar la trabajabilidad, porque de acuerdo a estudios previos al adicionar PET la mezcla se torna más seca, lo que afecta la trabajabilidad; es por ello que se busca determinar cómo estas variables influyen entre las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

### **3.2.3. Diseño de investigación**

Experimental, porque se manipuló las variables independientes (PET triturado y aditivo plastificante), adicionando en porcentajes al concreto convencional, con la adición de PET triturado se le denominó concreto ecológico y, además, para no afectar la trabajabilidad se le adicionó el aditivo plastificante.

### **3.2.4. Enfoque de investigación**

Cuantitativo, porque los resultados que se obtuvieron mediante las propiedades físicas y mecánicas del concreto y la incorporación de 1%, 3% y 5% de PET triturado y aditivo plastificante de manera independiente y combinada, de cada uno de los indicadores de las variables definidas, son números finitos y valores porcentuales de variación de estas propiedades con cada uno de estos porcentajes con respecto al concreto con el 0% de adición o concreto patrón.

## **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS**

### **3.3.1. Población**

La población de esta investigación está constituida por las probetas de concreto de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .

### 3.3.2. Muestra

Se ha considerado como muestra los testigos cilíndricos de 15cm de diámetro por 30cm de altura, la elección del tamaño de muestra fue realizada empleando la ecuación para el cálculo de poblaciones infinitas:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

$Z_{\alpha}$ : Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q: Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

e: Error de estimación máximo aceptado

Se asignó como valores los siguientes:

Teniendo un nivel de confianza (NC) = 95%, por lo tanto,  $Z_{\alpha} = 1.96$

p = 95%

q = 5%

e = 3.5%

Entonces

$$n = \frac{1.96_{\alpha}^2 * 95\% * 5\%}{3.5^2}$$

n = 148.96

Reemplazando los valores asignados en la ecuación, se ha obtenido un tamaño de muestra de 148.96, pero considerando que las edades de estudio y la cantidad de testigos de concreto, se ha considerado una muestra 150 testigos cilíndricos, los cuales se presentan de manera organizada de acuerdo a los porcentajes de adición o grupos de estudio consideradas para la presente investigación.

**Tabla 5***Cantidad de testigos cilíndricos para el estudio de la resistencia a compresión*

% de adición de PET y aditivo plastificante	Edad de estudio (días)					Total por %
	3	7	14	21	28	
Patrón (0%)	3	3	3	3	3	15
1% PET + 1% aditivo	3	3	3	3	3	15
3% PET + 3% aditivo	3	3	3	3	3	15
5% PET + 5% aditivo	3	3	3	3	3	15
1% PET	3	3	3	3	3	15
3% PET	3	3	3	3	3	15
5% PET	3	3	3	3	3	15
1% aditivo	3	3	3	3	3	15
3% aditivo	3	3	3	3	3	15
5% aditivo	3	3	3	3	3	15
Total						150

En la tabla 5, se presenta la muestra de testigos de concreto por cada grupo de estudio, los porcentajes de adición representan las adiciones con las dos variables de estudio (1%, 3% y 5% de PET triturado, 1%, 3% y 5% de aditivo plastificante, 1%, 3% y 5% de PET triturado + 1%, 3% y 5% de aditivo plastificante,) y la cantidad de testigos representa el número de repeticiones que se realizó por cada edad de estudio (tres por cada edad de estudio). Para la resistencia a la compresión, la muestra estuvo constituida por 150 testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días de curado.

### 3.3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis fue el concreto que se elaboró con proporciones que se obtuvieron del diseño de mezclas para un  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , con la adición de 0%, 1%, 3% y 5% de PET triturado y aditivo plastificante, se analizó las propiedades físicas y mecánicas del concreto mediante el estado fresco, así como en estado endurecido.

### 3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Deductivo e inductivo, el deductivo se aplicó luego de haber revisado toda la información relacionada a la utilización de residuos PET en el concreto, como tesis, artículos científicos, entre otros; de la que se ha podido deducir que si es posible la utilización de PET triturado en el concreto debido al alto nivel de producción de estos residuos y a la gran necesidad de concreto debido al incremento de las construcciones. El método inductivo se aplicó luego de haber adicionado PET en diferentes porcentajes y aditivo plastificante, se pudo inducir el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido.

### **3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1. Técnicas**

**La observación.** Esta técnica se utilizó durante las distintas actividades que se realizaron en campo, así como en laboratorio según sea el caso, servirá desde para identificar la cantidad de residuos PET que se generan en los centros de acopio y trituración de la ciudad de Jaén, la condición de los agregados en el centro de acopio y conocer sus principales características mediante los ensayos de laboratorio y las principales propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

#### **3.5.2. Instrumentos**

**Guías de observación.** Estos instrumentos fueron elaborados de acuerdo al objetivo que se quiera lograr, son los formatos con los que cuente el laboratorio particular de la ciudad de Jaén donde se llevaron a cabo los ensayos para conocer las principales características de los agregados, la guía de observación es el formato que se elaboró para conocer el nivel de producción de residuos PET, la guía de observación fue el formato que se elaboró para el registro de las principales propiedades del concreto en estado fresco y la guía de observación fue el formato que se elaboró para el registro de las principales propiedades del concreto en estado endurecido.

### **3.6. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.6.1. Etapa 1: Estudio de agregados y diseño de mezclas**

Se realizó el muestreo de agregados en el centro de acopio de una cantera local, se transportó las muestras hasta un laboratorio particular para la realización de los ensayos tanto de agregado grueso como agregado fino, se realizaron los siguientes ensayos: Contenido de humedad, granulometría, peso unitario, peso específico, absorción para ambos agregados y el ensayo de desgaste en la máquina Los Ángeles del agregado grueso. Con los resultados del estudio de agregados se realizó el diseño de mezclas para un concreto  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ , se empleó el método conocido como el módulo de fineza de la combinación de agregados; de este diseño se obtuvo las proporciones de materiales tanto en peso como en volumen, es con estas proporciones que se calculó la cantidad de materiales para la cantidad de testigos por ensayo del concreto patrón y para el concreto con las diferentes adiciones se calculó la cantidad de PET en función al peso del agregado grueso y el aditivo en función a la cantidad de agua obtenida del diseño.

#### **3.6.2. Etapa 2: Estudio de las propiedades físicas del concreto**

Se pesaron los materiales (agregados, cemento, PET, y medir el agua y aditivos) por cada tanda de ensayo, luego utilizando una mezcladora de 125 litros de laboratorio se procedió

a colocar los materiales para su mezclado y obtener el concreto. Una vez elaborado el concreto, el primer ensayo que se realizó fue la medición de la temperatura en estado fresco de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.184, introduciendo para ello el termómetro digital de manera inclinada y después de dos minutos tomar las lecturas de la temperatura; luego se realizó el ensayo para medir el asentamiento o slump del concreto, para ello se procedió de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.035, usando el cono de Abrams, una varilla metálica, wincha, cucharón y martillo de goma, se colocó el concreto en tres capas y finalmente se levantó el cono, se invirtió, se colocó al costado del concreto y colocando la varilla de forma horizontal, se midió el slump desde la parte más alta del concreto hasta la parte inferior de la varilla.

Posteriormente se realizó el ensayo para medir el peso unitario del concreto, se ha realizado siguiendo los procedimientos establecidos en la NTP 339.046, se ha empleado para este ensayo la Olla Washington, se colocó el concreto en tres capas debidamente compactadas para finalmente enrasar y pesarla y con los datos del peso y volumen ya conocidos de la olla se procedió a calcular el peso unitario del concreto. Posteriormente con la mezcla en la olla, se procedió a colocar la tapa de la olla y se realizó el ensayo para medir el contenido de aire de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.081.

### **3.6.3. Etapa 3: Estudio de las propiedades mecánicas del concreto**

En esta tercera etapa, se elaboró en primer lugar los testigos de concreto, luego del proceso de curado durante las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días para los testigos cilíndricos de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.033, se fueron realizando los ensayos en la fecha que cumplía las edades respectivas de curado, los ensayos de resistencia a la compresión fueron realizados de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.034.

## **3.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

Se realizó aplicando la estadística descriptiva, se aplicó la prueba estadística Anova con la finalidad de establecer si existe o no diferencias significativas entre las propiedades físicas y mecánicas del concreto con los diferentes adiciones de PET triturado y aditivo plastificante de manera separada y combinada con respecto al concreto patrón, pero de manera grupal; habiéndose identificado diferencias significativas con esta prueba, se aplicó también la prueba estadística Tukey, con la finalidad de establecer la existencia o no de diferencias significativas pero de manera individual entre el concreto patrón y cada tratamiento así como entre los tratamientos entre sí; ambas pruebas fueron realizadas el 95% de confianza, con un Alpha de 0.05, se utilizó el software Excel. Además, se elaboraron tablas y gráficos en los que se presentan los resultados de manera ordenada y resumida.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DICUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

#### 4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

**Tabla 6**

*Propiedades físicas y mecánicas de los agregados*

Característica	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso
Perfil	-	-	Angular y sub angular
Tamaño Máximo Nominal	-	-	3/4"
Peso específico seco	g/cm <sup>3</sup>	2.58	2.67
Peso unitario suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1764	1486
Peso unitario compactado	Kg/m <sup>3</sup>	1873	1575
Porcentaje de Humedad	%	2.89	0.79
Porcentaje de Absorción	%	2.46	0.67
Módulo de finura	%	2.87	7.39
Material fino Tamiz N° 200		1.65	0.64

En la tabla 6, se presentan las principales características de los agregados fino y grueso necesarios para la elaboración del diseño de mezcla de un concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , estas características se utilizaron para realizar el diseño de mezclas y con las proporciones obtenidas de este diseño se ha elaborado el concreto, mediante la tabla se muestra el nombre de la característica y la unidad de medida y el tipo de agregado.

**Tabla 7**

*Peso de materiales por m<sup>3</sup> para el concreto con PET*

Material	Porcentaje de adición			
	0%	1% PET	3% PET	5% PET
Cemento	338.00	338.00	338.00	338.00
Agregado fino	841.00	841.00	841.00	841.00
Agregado grueso	867.00	867.00	867.00	867.00
Agua	216.00	216.00	216.00	216.00
PET	0.00	8.67	26.01	43.35

**Tabla 8**

*Peso de materiales por m<sup>3</sup> para el concreto con aditivo*

Material	Porcentaje de adición			
	0%	1% aditivo	3% aditivo	5% aditivo
Cemento	338.00	338.00	338.00	338.00
Agregado fino	841.00	841.00	841.00	841.00
Agregado grueso	867.00	867.00	867.00	867.00
Agua	216.00	216.00	216.00	216.00
Aditivo	0.00	2.16	6.48	10.80

**Tabla 9***Peso de materiales por m<sup>3</sup> para el concreto con PET + aditivo*

Material	Porcentaje de adición			
	0%	1% PET + 1% aditivo	3% PET + 3% aditivo	5% PET + 5% aditivo
Cemento	338.00	338.00	338.00	338.00
Agregado fino	841.00	841.00	841.00	841.00
Agregado grueso	867.00	867.00	867.00	867.00
Agua	216.00	216.00	216.00	216.00
PET	0.00	8.67	26.01	43.35
Aditivo	0.00	2.16	6.48	10.80

En las tablas 7, 8 y 9 se presenta el peso de cada material para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto, los cuales fueron obtenidos en el diseño de mezclas realizado con el método de diseño conocido como el Módulo de fineza de la combinación de agregados, para lo cual se empleó las características de los agregados presentadas en la tabla 7; para la elaboración de concreto que se empleó para la elaboración de los testigos de concreto se ha calculado el volumen de concreto requerido y se ha calculado el peso mediante una regla de tres simple.

#### 4.1.2. Propiedades físicas del concreto en estado fresco

##### Temperatura del concreto

**Tabla 10***Temperatura del concreto con las adiciones de PET y aditivo*

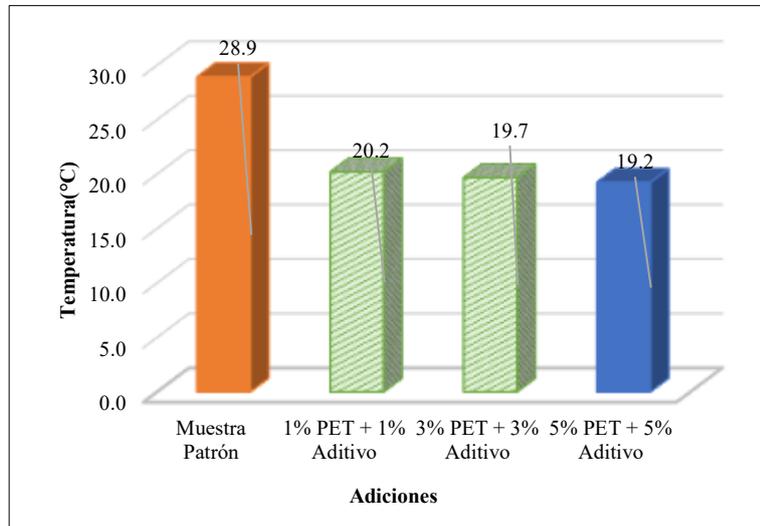
Proporción	Temperatura máxima según NTE - E.060= 32°C	Temperatura del concreto (°C)	Promedio (°C)
Muestra patrón	32	29.2	28.9
		28.7	
		28.9	
		30.4	
1% PET	32	30.3	30.2
		30.1	
		30.7	
3% PET	32	30.5	30.8
		31.3	
		31.5	
5% PET	32	30.8	31.4
		32.0	
		29.6	
1% aditivo	32	30.0	29.9
		30.2	
		30.4	
3% aditivo	32	30.5	30.7
		30.4	

			31.2	
			31.2	
5% aditivo	32		31.0	31.3
			31.9	
1% PET + 1% aditivo	32		20.3	
			20.4	20.2
			19.9	
3% PET + 3% aditivo	32		19.8	
			19.7	19.7
			19.5	
5% PET + 5% aditivo	32		19.6	
			18.9	19.2
			19.2	

En la tabla 10, se muestran los valores de la temperatura del concreto, cuyos valores muestran que a medida que se aumenta la adición de PET y aditivo por separado, este ensayo fue realizado de acuerdo a la norma NTP 339.184, utilizando para ello un termómetro digital, el cual fue introducido casi en su totalidad al concreto y luego de dos minutos se registró la lectura marcada.

### Figura 3

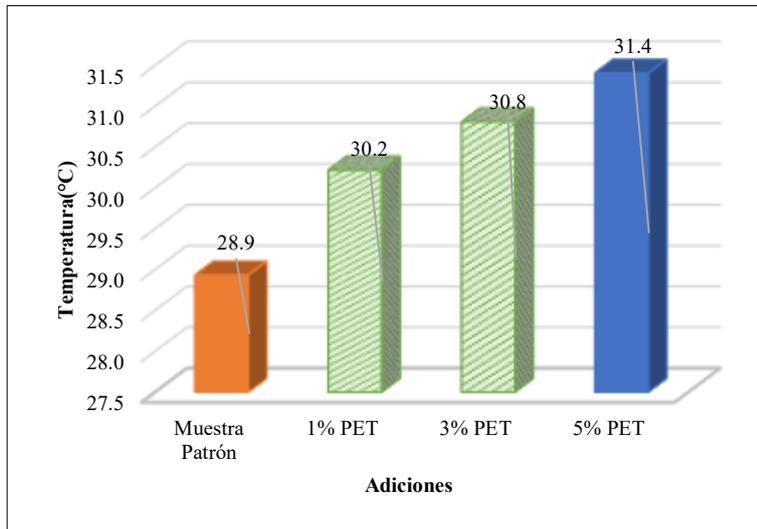
*Temperatura del concreto en estado fresco con PET + aditivo*



En la figura 3, se presenta valores de la temperatura del concreto, los resultados de las temperaturas realizadas con los diferentes porcentajes de adición PET + aditivo, señalan que la temperatura máxima fue con el 0% de adición con 28.9°C y la temperatura mínima fue alcanzada con el 5.0% de adición con un valor de 19.2°C; para toda temperatura realizada se pudo notar que esta tiene relación inversa con la temperatura ambiente.

**Figura 4**

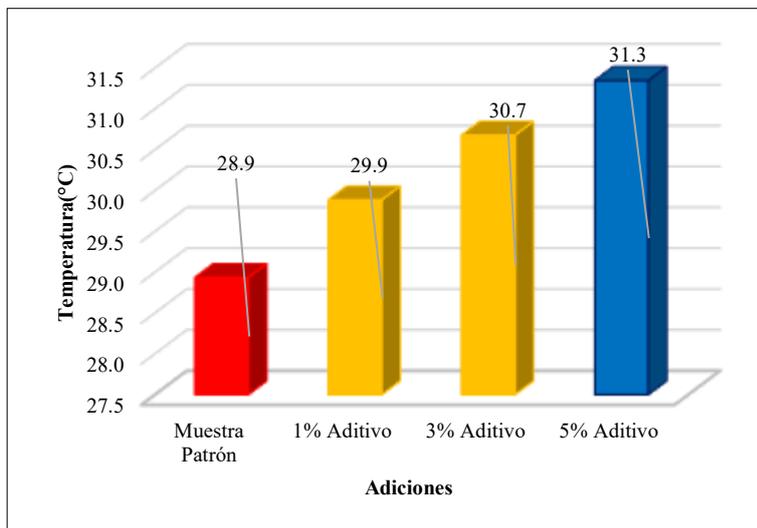
*Temperatura del concreto en estado fresco con PET*



En la figura 4, se presenta valores de la temperatura del concreto, los resultados de las temperaturas realizada con los diferentes porcentajes de adición PET, señalan que la temperatura máxima fue con el 5% de adición con 35.5°C y la temperatura mínima fue alcanzada con el 0% de adición con un valor de 29.8°C; para toda temperatura realizada se pudo notar que esta tiene relación directa con la temperatura ambiente.

**Figura 5**

*Temperatura del concreto en estado fresco con aditivo*



En la figura 5, se presenta valores de la temperatura del concreto, los resultados de las temperaturas realizada con los diferentes porcentajes de adición de aditivo, muestran que la temperatura máxima fue con el 5% de adición con 31.3°C y la temperatura mínima fue alcanzada con el 0% de adición con un valor de 29.8°C; para toda temperatura se pudo notar que esta tiene relación directa con la temperatura ambiente.

**Tabla 11***Prueba Tukey de la temperatura del concreto en estado fresco*

Tukey hsd/kramer			alpha	0.05	
Grupo	Promedio (°C)	n	ss	df	q-crit
0%	28.93	3.00	0.13		
1%	20.20	3.00	0.14		
3%	19.67	3.00	0.05		
5%	19.23	3.00	0.25		
		12.00	0.56	8.00	4.53

En la tabla 11, se presenta los valores del análisis estadístico con la prueba Tukey de la temperatura del concreto en estado fresco con la adición de PET y aditivo plastificante.

**Tabla 12***Análisis estadístico de la temperatura del concreto en estado fresco*

Grupo 1	Grupo 2	Promedio (°C)	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d	Interpretación
0%	1%	8.73	0.15	57.17	8.04	9.43	0.00000000	0.69	33.01	Sí existen diferencias significativas
0%	3%	9.27	0.15	60.66	8.57	9.96	0.00000000	0.69	35.02	Sí existen diferencias significativas
0%	5%	9.70	0.15	63.50	9.01	10.39	0.00000000	0.69	36.66	Sí existen diferencias significativas
1%	3%	0.53	0.15	3.49	-0.16	1.23	0.14036298	0.69	2.02	No existen diferencias significativas
1%	5%	0.97	0.15	6.33	0.27	1.66	0.00892629	0.69	3.65	Sí existen diferencias significativas
3%	5%	0.43	0.15	2.84	-0.26	1.13	0.26202959	0.69	1.64	No existen diferencias significativas

En la tabla 12, se presenta los valores del análisis estadístico de la temperatura del concreto realizada con la prueba Tukey al 95% de confianza, se puede visualizar que, si existen diferencias significativas comparando las adiciones de 0% con 1%, 0% con 3%, 0% con 5% y 1% con 5%; no existen diferencias significativas comparando las adiciones de 1% con 3% y 3% con 5%.

**Slump del concreto****Tabla 13***Slump del concreto con las adiciones de PET y aditivo*

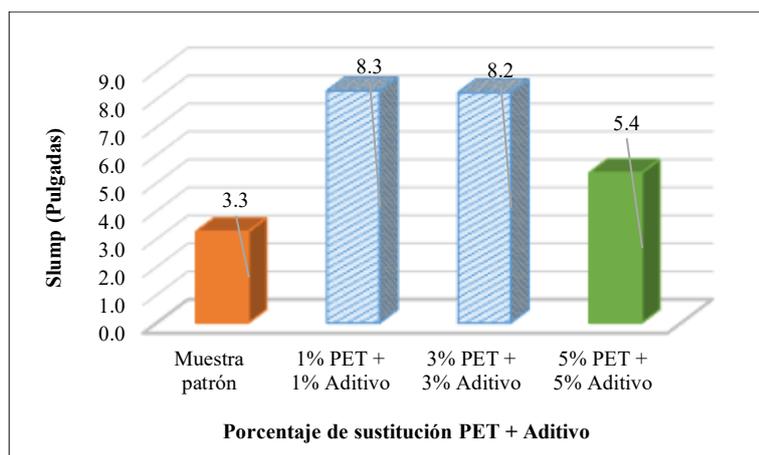
Proporción	Slump de diseño (pulgadas)	Slump del concreto (pulgadas)	Promedio
Muestra patrón	3" a 4"	3.2	3.3
		3.5	
		3.1	
1% PET	3" a 4"	3.1	3.0
		3.2	
		2.9	
3% PET	3" a 4"	2.8	2.8
		3.0	
		2.8	
5% PET	3" a 4"	2.3	2.0
		1.8	
		2.0	
1% aditivo	3" a 4"	3.4	3.7
		4.0	

			3.8	
			4.0	
3% aditivo	3" a 4"		4.2	4.2
			4.6	
			5.7	
5% aditivo	3" a 4"		5.4	5.3
			5.0	
			8.4	
1% PET + 1% aditivo	3" a 4"		8.5	8.3
			8.0	
			8.5	
3% PET + 3% aditivo	3" a 4"		8.2	8.2
			8.0	
			5.7	
5% PET + 5% aditivo	3" a 4"		5.4	5.4
			5.0	

En la tabla 13, se presentan los valores del asentamiento (slump) del concreto, por lo que en una primera instancia se muestra para los porcentajes con adición de PET, donde se ve que su slump disminuye respecto a la muestra patrón, y a medida que se incrementa el porcentaje de PET triturado, esta tiende a disminuir obteniendo una consistencia cada vez más seca; para la adición de aditivo sucede lo contrario donde los resultados muestran que a medida que se aumenta la adición de aditivo plastificante, esta propiedad aumenta, obteniendo una consistencia más fluida; por ultimo para la combinación de PET + aditivo, se muestra que su slump aumenta considerablemente respecto al de la muestra patrón, pero a medida que se incrementa la adición esta tiende a hacer cada vez menor.

### Figura 6

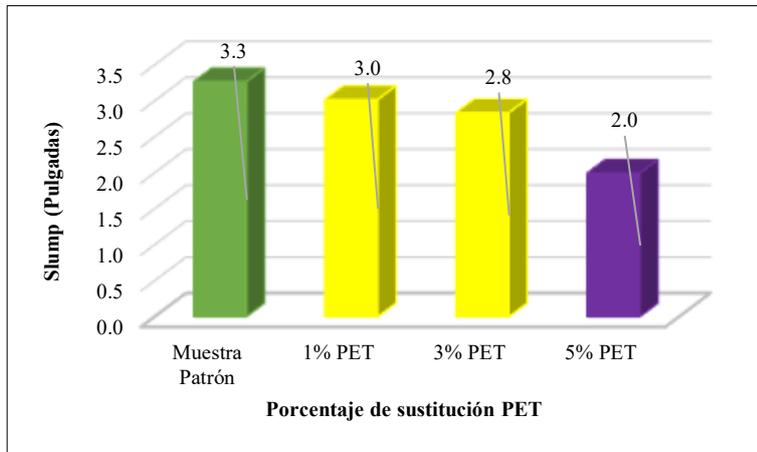
*Slump o asentamiento del concreto con PET + aditivo*



En la figura 6, se muestran los valores del asentamiento (slump) del concreto con la adición de PET + aditivo, la figura muestra que el asentamiento máximo fue alcanzado con el 1% de adición, con 8.3 pulgadas y mínimo con el 0% de adición con un valor de 3.3 pulgadas.

**Figura 7**

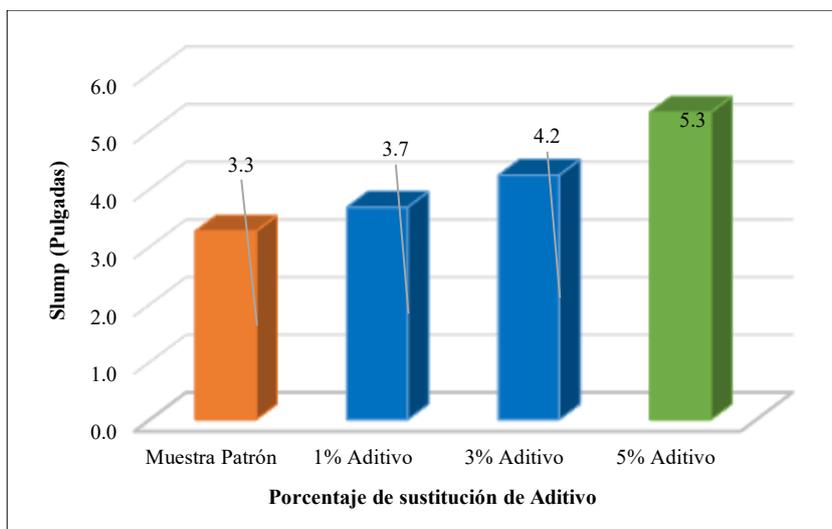
*Slump o asentamiento del concreto con PET*



En la figura 7, se presenta los valores del asentamiento (slump) del concreto con la adición de PET, la figura muestra que el asentamiento máximo fue alcanzado con el 0% de adición, con 3.3 pulgadas y mínimo con el 5% de adición con un valor de 2.0 pulgadas.

**Figura 8**

*Slump o asentamiento del concreto con aditivo*



En la figura 8, se presenta los valores del asentamiento (slump) del concreto con la adición de aditivo, la figura muestra que el asentamiento máximo fue alcanzado con el 5% de adición, con 5.3 pulgadas y mínimo con el 0% de adición con un valor de 3.3 pulgadas.

**Tabla 14***Prueba Tukey del Slump del concreto*

Tukey hsd/kramer			alpha	0.05	
Grupo	Promedio (pulgadas)	n	ss	df	q-crit
0%	3.27	3.00	0.09		
1%	8.30	3.00	0.14		
3%	8.23	3.00	0.13		
5%	5.37	3.00	0.25		
		12.00	0.60	8.00	4.53

En la tabla 14, se presenta los valores del análisis estadístico con la Prueba Tukey del ensayo de Slump del concreto según la adición de PET y aditivo plastificante, esta prueba presenta un análisis general del concreto con todos los porcentajes de adición, es por ello que complementario a esta prueba se presenta la prueba estadística Tukey que compara cada grupo de estudio.

**Tabla 15***Análisis estadístico del slump del concreto*

Grupo 1	Grupo 2	Promedio	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d	Interpretación
0%	1%	5.03	0.16	31.83	4.32	5.75	0.00000007	0.72	18.38	Sí existen diferencias significativas
0%	3%	4.97	0.16	31.41	4.25	5.68	0.00000008	0.72	18.14	Sí existen diferencias significativas
0%	5%	2.10	0.16	13.28	1.38	2.82	0.00006292	0.72	7.67	Sí existen diferencias significativas
1%	3%	0.07	0.16	0.42	-0.65	0.78	0.99008065	0.72	0.24	No existen diferencias significativas
1%	5%	2.93	0.16	18.55	2.22	3.65	0.00000510	0.72	10.71	Sí existen diferencias significativas
3%	5%	2.87	0.16	18.13	2.15	3.58	0.00000608	0.72	10.47	Sí existen diferencias significativas

En la tabla 15, se presenta los valores del análisis estadístico del ensayo del Slump del concreto realizada mediante la prueba Tukey con 95% de confianza a la edad de 28 días de curado., se puede visualizar que, si existen diferencias significativas comparando las adiciones de 0% con 1%, 0% con 3%, 0% con 5%, 1% con 5% y 3% con 5%; no existen diferencias significativas comparando las adiciones de 1% con 3%.

## Peso unitario del concreto

**Tabla 16**

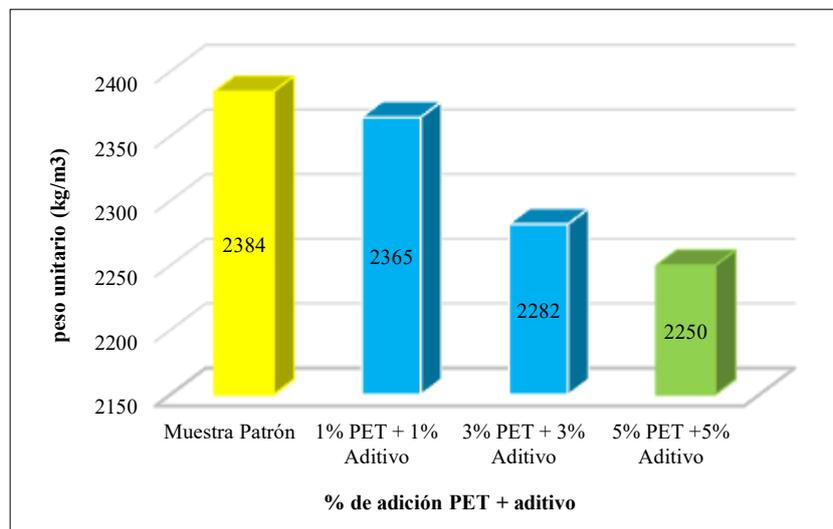
*Peso unitario del concreto con todas las adiciones*

% de adición de PET y aditivo	Datos de la olla		Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	
	Peso	Volumen	Peso de olla + concreto	Peso unitario
Muestra Patrón	3.838	0.007017	20.570	2384
1% PET + 1% aditivo	3.838	0.007017	20.430	2365
3% PET + 3% aditivo	3.838	0.007017	19.850	2282
5% PET +5% aditivo	3.838	0.007017	19.625	2250
1% PET	3.838	0.007017	19.992	2302
3% PET	3.838	0.007017	18.930	2151
5% PET	3.838	0.007017	18.508	2091
1% aditivo	3.838	0.007017	20.648	2396
3% aditivo	3.838	0.007017	21.040	2451
5% aditivo	3.838	0.007017	21.390	2501

En la tabla 16, se presenta los valores del peso unitario obtenido con todos los porcentajes de adición estudiados, la tabla muestra todos los porcentajes de adición de PET y aditivo, el peso y el volumen de la olla Washington, el peso de la olla más el concreto, que fue el que se registró durante estos ensayos y el peso unitario calculado con estos datos.

**Figura 9**

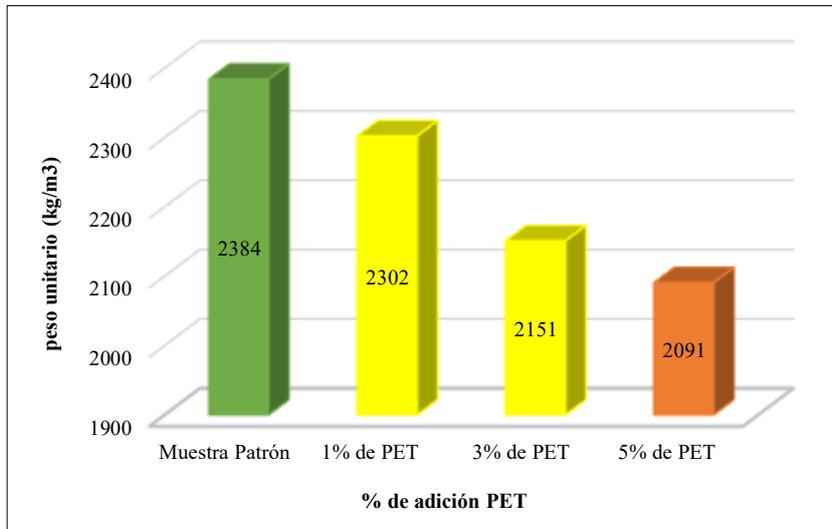
*Peso unitario del concreto con PET + aditivo*



En la figura 9, se presentan los valores del peso unitario del concreto, los resultados muestran que el peso unitario máximo fue con el 0%, de adición con 2384kg/m<sup>3</sup> y el mínimo con el 5% de adición con un 2250kg/m<sup>3</sup>.

**Figura 10**

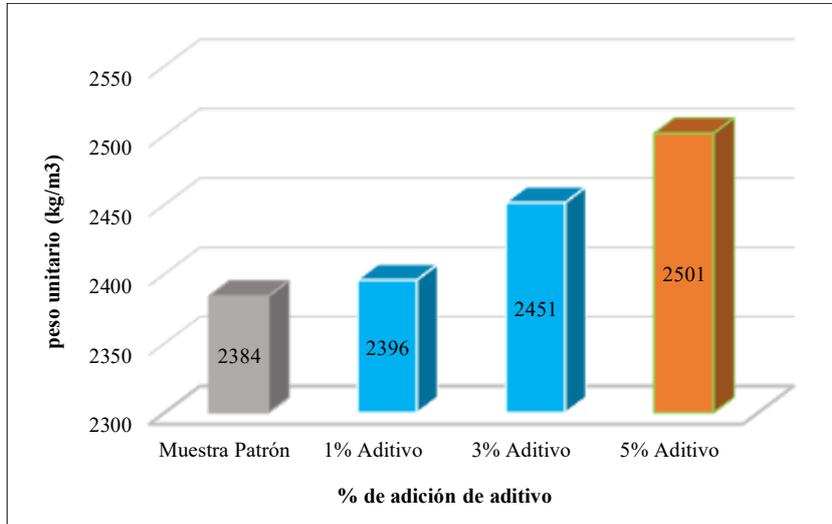
*Peso unitario del concreto con PET*



En la figura 10, se presentan los valores del peso unitario del concreto, los resultados muestran que el peso unitario máximo fue con el 0%, de adición con 2384kg/m<sup>3</sup> y el mínimo con el 5% de adición con un 2091kg/m<sup>3</sup>.

**Figura 11**

*Peso unitario del concreto con aditivo*



En la figura 11, se presentan los valores del peso unitario del concreto, los resultados muestran que el peso unitario máximo fue con el 5%, de adición con 2501kg/m<sup>3</sup> y el mínimo con el 0% de adición con un 2384kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 17***Prueba Tukey del peso unitario del concreto*

tukey hsd/kramer			alpha 0.05		
Grupo	Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	n	ss	df	q-crit
0%	2384.33	3.00	468.67		
1%	2365.00	3.00	200.00		
3%	2283.33	3.00	46820.67		
5%	2250.00	3.00	3336.00		
		12.00	50825.33	8.00	4.53

En la tabla 17, se presenta los valores del análisis estadístico con la Prueba Tukey del ensayo de peso unitario del concreto según la adición de PET y aditivo plastificante.

**Tabla 18***Análisis estadístico del peso unitario*

Grupo 1	Grupo 2	Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d	Interpretación
0%	1%	19.33	46.02	0.42	-189.09	227.75	0.99018424	208.42	0.24	No existen diferencias significativas
0%	3%	101.00	46.02	2.19	-107.42	309.42	0.45364942	208.42	1.27	No existen diferencias significativas
0%	5%	134.33	46.02	2.92	-74.09	342.75	0.24289921	208.42	1.69	No existen diferencias significativas
1%	3%	81.67	46.02	1.77	-126.75	290.09	0.61290106	208.42	1.02	No existen diferencias significativas
1%	5%	115.00	46.02	2.50	-93.42	323.42	0.35357010	208.42	1.44	No existen diferencias significativas
3%	5%	33.33	46.02	0.72	-175.09	241.75	0.95385388	208.42	0.42	No existen diferencias significativas

En la tabla 18, se presenta los valores del análisis estadístico del ensayo del peso unitario del concreto realizada mediante la prueba Tukey con 95% de confianza a, se puede visualizar que no existen diferencias significativas comparando todas las adiciones.

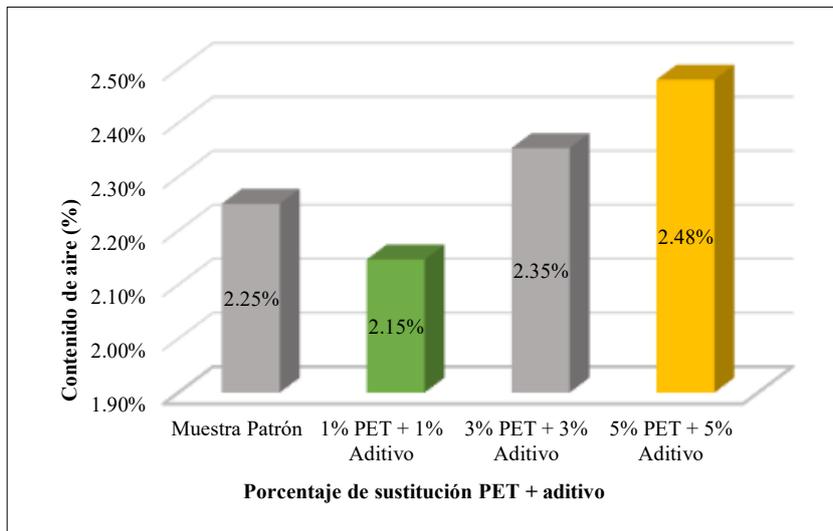
**Contenido de aire del concreto****Tabla 19***Contenido de aire del concreto con las adiciones*

% de adición de PET y aditivo	De diseño	Contenido de aire del concreto
Muestra Patrón	2.5%	2.25%
1% PET + 1% aditivo	2.5%	2.15%
3% PET + 3% aditivo	2.5%	2.35%
5% PET +5% aditivo	2.5%	2.48%
1% PET	2.5%	2.33%
3% PET	2.5%	2.50%
5% PET	2.5%	3.02%
1% aditivo	2.5%	2.43%
3% aditivo	2.5%	2.72%
5% aditivo	2.5%	3.09%

En la tabla 19, se presenta los valores del contenido de aire obtenido con todos los porcentajes de adición estudiados, el contenido de aire se obtuvo directamente del ensayo con el equipo de Olla Washington, la lectura fue registrada directamente de la pantalla del equipo, todos estos valores fueron inferiores al contenido de aire de diseño.

**Figura 12**

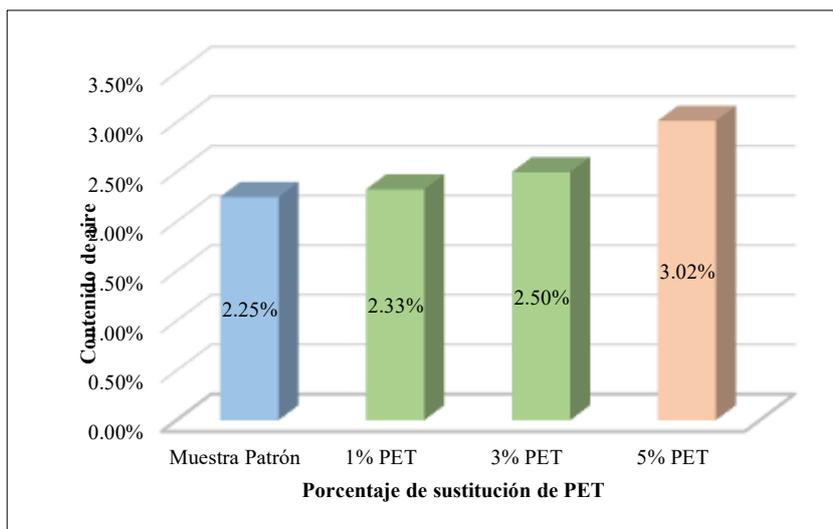
*Contenido de aire del concreto con PET + aditivo*



En la figura 12, se muestran los valores del contenido de aire del concreto, los resultados muestran que el contenido de aire máximo fue con el 5% de adición con 2.48% y el mínimo fue con el 1% de adición con un valor de 2.15%.

**Figura 13**

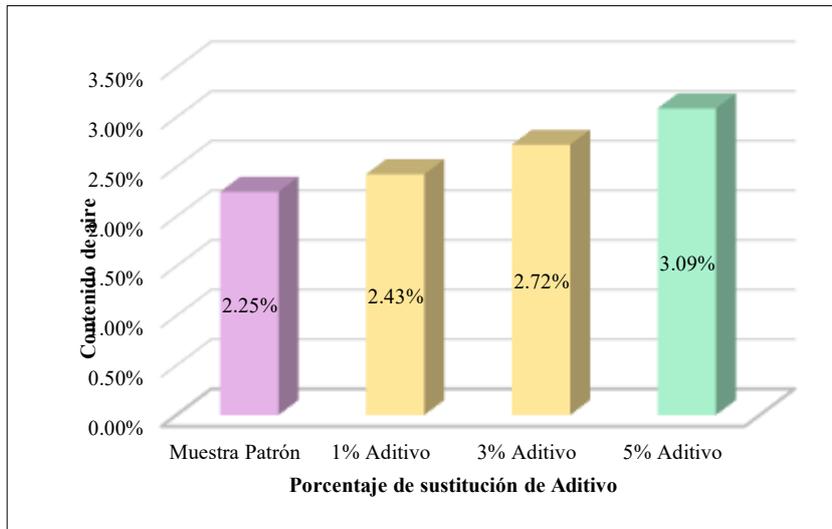
*Contenido de aire del concreto con PET*



En la figura 13, se muestran los valores del contenido de aire del concreto, los resultados muestran que el contenido de aire máximo fue con el 5% de adición con 3.02% y el mínimo fue con el 0% de adición con un valor de 2.25%.

**Figura 14**

*Contenido de aire del concreto con aditivo*



En la figura 14, se muestran los valores del contenido de aire del concreto, los resultados muestran que el contenido de aire máximo fue con el 5% de adición con 3.09% y el mínimo fue con el 0% de adición con un valor de 2.25%.

**Tabla 20**

*Prueba Tukey del contenido de aire del concreto*

Tukey hsd/kramer		alpha 0.05			
Grupo	Promedio (%)	n	ss	df	q-crit
0%	2.25	3.00	0.03		
1%	2.15	3.00	0.00		
3%	2.35	3.00	0.01		
5%	2.48	3.00	0.01		
		12.00	0.05	8.00	4.53

En la tabla 20, se presenta los valores del análisis estadístico con la Prueba Tukey del ensayo de contenido de aire del concreto según la adición de PET y aditivo plastificante, la prueba Tukey presenta un análisis general del concreto con todos los porcentajes de adición, es por ello que complementario a esta prueba se presenta la prueba estadística Tukey que compara cada grupo de estudio.

**Tabla 21***Análisis estadístico del contenido de aire*

Grupo 1	Grupo 2	Promedio	Std Err	Q-Stat	Lower	Upper	P-Value	Mean-Crit	Cohen d	Interpretación
0%	1%	0.10	0.05	2.22	-0.11	0.31	0.44427	0.21	1.28	No existen diferencias significativas
0%	3%	0.10	0.05	2.22	-0.11	0.31	0.44427	0.21	1.28	No existen diferencias significativas
0%	5%	0.23	0.05	4.94	0.02	0.44	0.03314	0.21	2.85	Sí existen diferencias significativas
1%	3%	0.21	0.05	4.44	0.00	0.42	0.05447	0.21	2.57	No existen diferencias significativas
1%	5%	0.33	0.05	7.17	0.12	0.54	0.00426	0.21	4.14	Sí existen diferencias significativas
3%	5%	0.13	0.05	2.72	-0.08	0.34	0.29052	0.21	1.57	No existen diferencias significativas

En la tabla 21, se presenta los valores del análisis estadístico del ensayo del contenido de aire del concreto realizada mediante la prueba Tukey con 95% de confianza a la edad de 28 días de curado se puede visualizar que, si existen diferencias significativas comparando las adiciones de 0% con 5%, y 1% con 5%; no existen diferencias significativas comparando las adiciones de 0% con 3%, 0% con 3%, 1% con 3% y 3% con 5%.

#### 4.1.3. Propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido

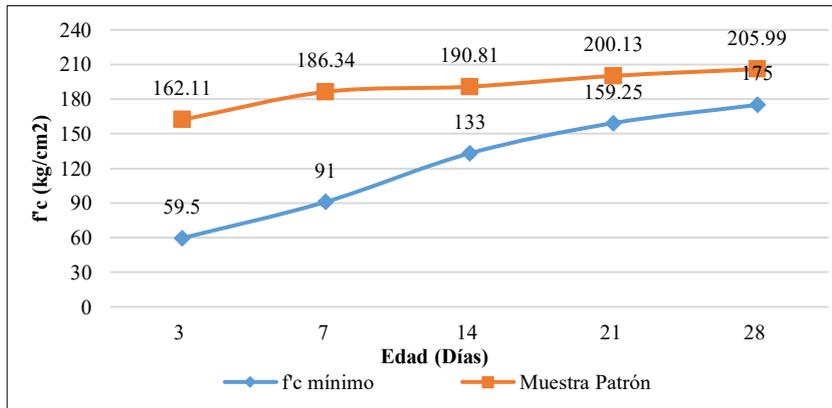
**Tabla 22***Resistencia a compresión del concreto para todas las edades con adición de PET y Aditivo*

Grupo de estudio	Edad días				
	3	7	14	21	28
f <sub>c</sub> mínimo	59.5	91	133	159.25	175
Muestra Patrón	162.11	186.34	190.81	200.13	205.99
1% PET	90.95	105.36	114.75	131.42	148.30
3% PET	89.67	99.93	111.69	129.78	143.31
5% PET	86.51	97.85	109.70	127.08	140.78
1% Aditivo	170.98	186.53	201.66	213.93	231.49
3% Aditivo	174.24	191.79	205.21	219.95	236.24
5% Aditivo	181.05	197.02	209.68	223.41	240.63
1% PET + 1% Aditivo	134.37	152.07	163.94	183.77	201.52
3% PET + 3% Aditivo	129.71	143.01	160.26	181.39	197.28
5% PET + 5% Aditivo	123.14	135.89	153.91	175.53	192.78

En la tabla 22, se presentan los valores de la resistencia a la compresión promedio del concreto, se muestra la resistencia a la compresión mínima requerida para cada una de las edades con las adiciones de PET triturado, aditivo plastificante y PET + aditivo; se puede observar para todas ellas que incluida el concreto patrón superan este valor mínimo establecido.

**Figura 15**

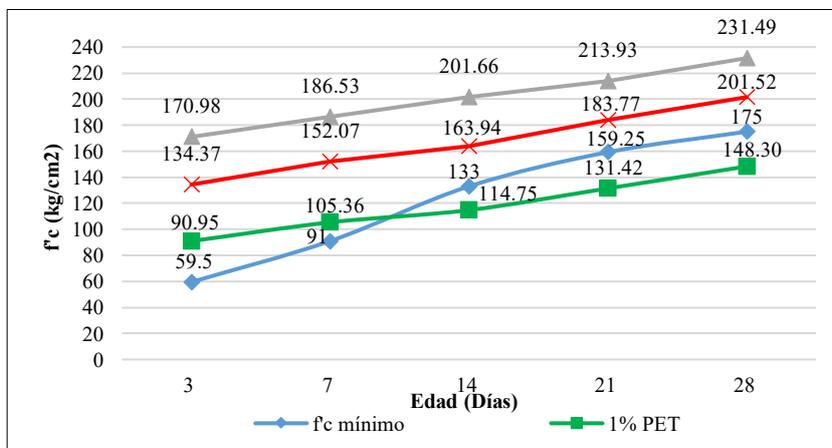
*Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón*



En la figura 15, se muestran las curvas conformadas por los puntos de la resistencia promedio a todas las edades de estudio, la curva celeste representa el parámetro que debe alcanzar el concreto a cada edad y la curva naranjada la del concreto patrón, a este porcentaje se alcanzó una resistencia máxima promedio de 205.99kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días de curado, superando la resistencia de diseño.

**Figura 16**

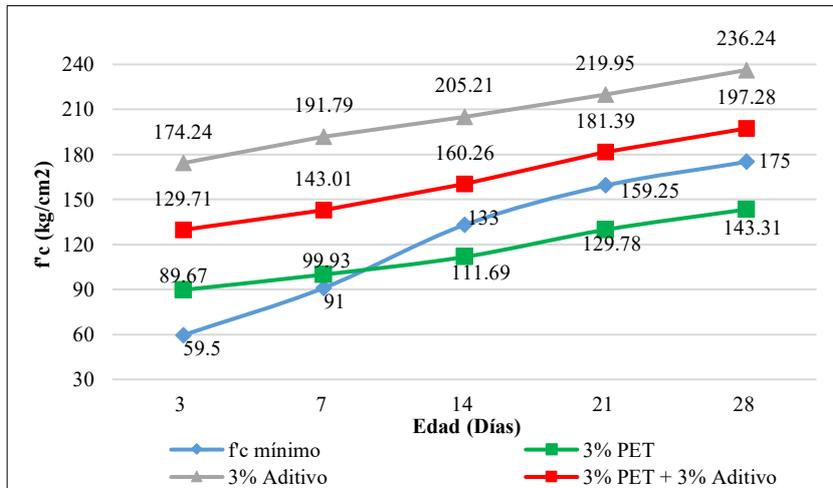
*Evolución de la resistencia a compresión del concreto con 1% de PET y Aditivo*



En la figura 16, se muestran las curvas conformadas por los puntos de la resistencia promedio para las edades de estudio, la curva celeste representa el parámetro que debe alcanzar el concreto a cada edad; la curva verde la resistencia con 1% de PET, la curva roja la resistencia con 1% PET + 1% aditivo y la curva plomo la resistencia con el 1% de aditivo, a estos porcentajes se alcanzaron resistencias máximas promedio de 148.30, 201.52 y 231.49 kg/cm<sup>2</sup> para las edades de 28 días de curado, superando la resistencia requerida la adición de 1% aditivo y 1% PET + 1% aditivo y la adición del 1% de PET no alcanzó la resistencia mínima requerida.

**Figura 17**

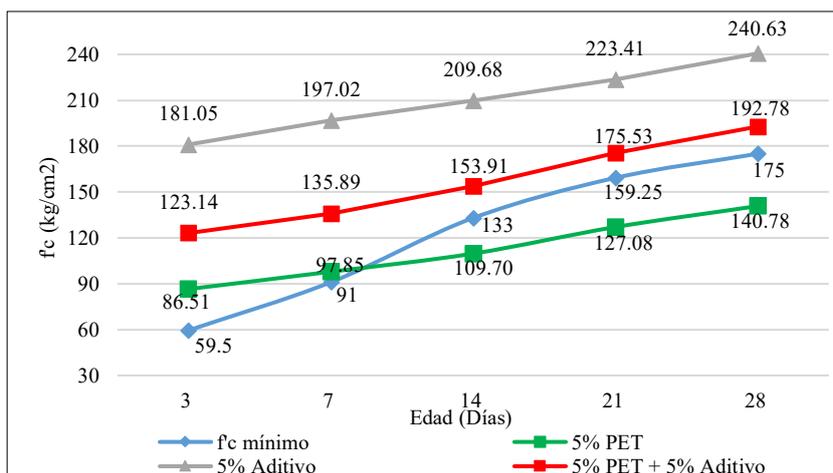
*Evolución de la resistencia a compresión del concreto con 3% de PET y aditivo*



En la figura 17, se muestran las curvas conformadas por los puntos de la resistencia promedio para las edades de estudio, la curva celeste es el parámetro, la curva verde representa la resistencia con 3% de PET triturado, la curva roja la resistencia con el 3% PET + 3% aditivo y la curva plomo la resistencia alcanzada con el 3% de aditivo, a estos porcentajes se alcanzaron resistencias máximas promedio de 143.31, 197.28 y 236.24 kg/cm<sup>2</sup> para las edades de 28 días de curado, superando la resistencia requerida la adición de 3% aditivo y 3% PET + 3% aditivo y la adición del 3% de PET no alcanzo la resistencia mínima requerida.

**Figura 18**

*Evolución de la resistencia a compresión del concreto con 5% de PET y aditivo*



En la figura 18, se muestran las curvas conformadas por los puntos de la resistencia promedio para todas las edades de estudio, la curva celeste representa el parámetro que debe alcanzar el concreto a cada edad; la curva verde representa la resistencia alcanzada con 5% de PET triturado, la curva roja la resistencia alcanzada con el 5% PET + 5% aditivo y la curva

plomo la resistencia alcanzada con el 5% de aditivo plastificante, a estos porcentajes se alcanzaron resistencias máximas promedio de 140.78, 192.78 y 240.63 kg/cm<sup>2</sup> para las edades de 28 días de curado, superando la resistencia requerida la adición de 5% aditivo y 5% PET + 3% aditivo y la adición del 35de PET no alcanzo la resistencia mínima requerida.

**Tabla 23**

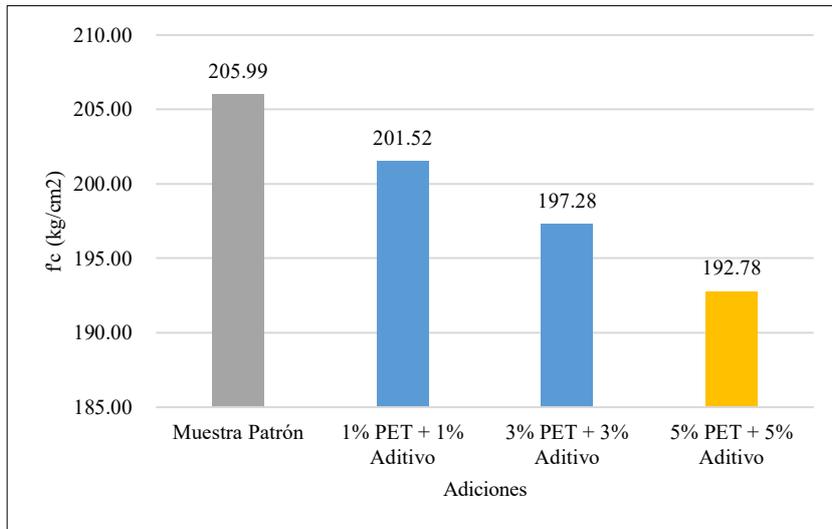
*Resistencia a la compresión a la edad de 28 días de curado*

Proporción	Edad (días)	Resistencia a la compresión f'c (kg/cm2)	Promedio f'c (kg/cm2)
Muestra patrón	28	217.16	205.99
		194.45	
		206.37	
1% PET	28	151.95	148.30
		145.87	
		147.09	
3% PET	28	138.37	143.31
		146.54	
		145.01	
5% PET	28	144.12	140.78
		139.59	
		138.62	
1% Aditivo	28	231.22	231.49
		229.05	
		234.20	
3% Aditivo	28	234.89	236.24
		234.18	
		239.64	
5% Aditivo	28	237.08	240.63
		233.34	
		251.47	
1% PET + 1% Aditivo	28	247.25	201.52
		217.47	
		139.82	
3% PET + 3% Aditivo	28	209.91	197.28
		191.75	
		190.19	
5% PET + 5% Aditivo	28	210.25	192.78
		181.76	
		186.33	

En la tabla 23, se presenta los resultados del análisis de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días de curado, la resistencia a compresión promedio a los 28 días de curado para la muestra patrón fue de 205.99 kg/cm<sup>2</sup> con adiciones de 1%, 3% y 5% de PET fueron de, 148.30, 143.31 y 140.78 kg/cm<sup>2</sup>, para las adiciones de 1%, 3% y 5% de Aditivo fueron de 231.49, 236.24 y 240.63 kg/cm<sup>2</sup> y para las combinaciones de 1%, 3% y 5% de PET + Aditivo fueron de 201.52, 197.28 y 192.78 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 19**

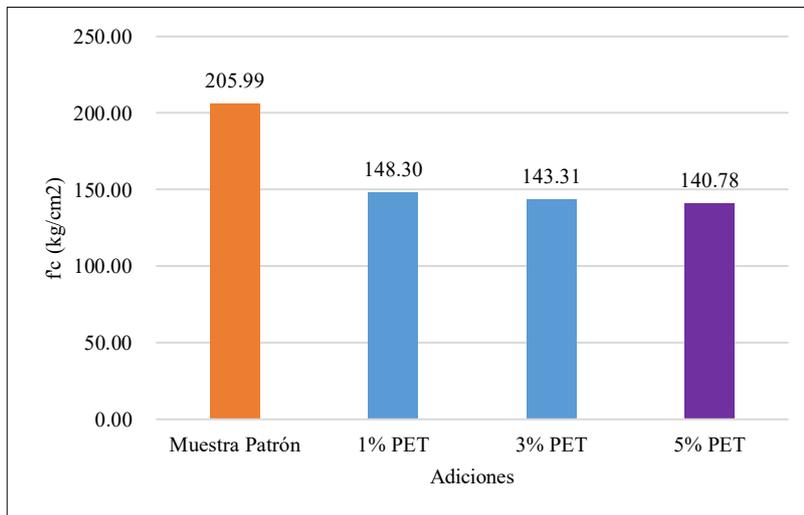
*Resistencia a compresión del concreto a los 28 días con las adiciones de PET + aditivo*



En la figura 19, cada barra representa la resistencia promedio a compresión del concreto con los porcentajes de adición de PET + Aditivo, los resultados muestran que la resistencia máxima fue alcanzada con 0% de adición con un valor de 205.99kg/cm<sup>2</sup> y la mínima con el 5% de adición con un valor de 192.78kg/cm<sup>2</sup>, siendo inversamente proporcional, es decir a mayor dosificación resulta menor el valor de la resistencia a la compresión.

**Figura 20**

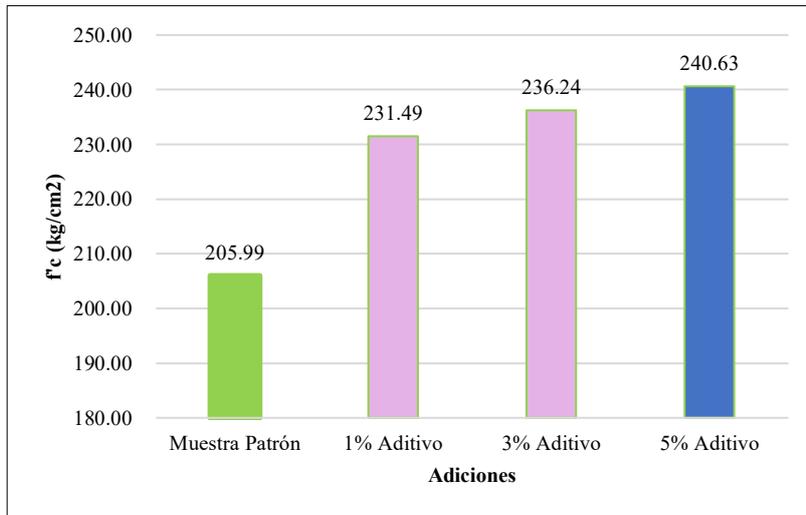
*Resistencia a compresión del concreto a los 28 días con las adiciones de PET*



En la figura 20, cada barra representa la resistencia promedio a la compresión del concreto con los diferentes porcentajes de adición de PET, los resultados muestran que la resistencia máxima fue con 0% con un valor de 205.99kg/cm<sup>2</sup> y la mínima fue con 5% con un valor de 140.78kg/cm<sup>2</sup>, siendo inversamente proporcional a la adición de PET triturado, es decir mayor dosificación resulta menor el valor de la resistencia a la compresión.

**Figura 21**

*Resistencia a compresión del concreto a los 28 días con las adiciones de aditivo*



En la figura 21, cada barra representa la resistencia promedio a la compresión del concreto con los diferentes porcentajes de adición de Aditivo, los resultados muestran que la resistencia máxima fue alcanzada con 5% de adición con un valor de 240.63kg/cm<sup>2</sup> y la mínima fue alcanzada con el 0% de adición con un valor de 205.99kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia a la compresión es directamente proporcional a la adición de aditivo plastificante, es decir mayor dosificación resulta mayor el valor de la resistencia a la compresión.

**Tabla 24**

*Prueba Tukey de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado*

Tukey hsd/kramer		alpha		0.05	
Grupo	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	n	ss	df	q-crit
0%	205.99	3.00	257.89		
1%	201.52	3.00	6152.17		
3%	197.28	3.00	240.49		
5%	192.78	3.00	468.14		
		12.00	7118.68	8.00	4.53

En la tabla 24, se presenta los resultados del análisis estadístico con la Prueba Tukey de la resistencia a compresión del concreto según la adición de PET y aditivo, la prueba Tukey presenta un análisis general del concreto con todos los porcentajes de adición a la edad de 28 días de curado, es por ello que complementario a esta prueba se presenta la prueba estadística Tukey que compara cada grupo de estudio.

**Tabla 25***Análisis estadístico de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado*

Grupo 1	Grupo 2	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d	Interpretación
0%	1%	4.48	17.22	0.26	-73.52	82.48	0.99760558	78.00	0.15	No existen diferencias significativas
0%	3%	8.71	17.22	0.51	-69.29	86.71	0.98321668	78.00	0.29	No existen diferencias significativas
0%	5%	13.22	17.22	0.77	-64.78	91.22	0.94598259	78.00	0.44	No existen diferencias significativas
1%	3%	4.23	17.22	0.25	-73.77	82.23	0.99797934	78.00	0.14	No existen diferencias significativas
1%	5%	8.74	17.22	0.51	-69.26	86.74	0.98306910	78.00	0.29	No existen diferencias significativas
3%	5%	4.51	17.22	0.26	-73.49	82.51	0.99756317	78.00	0.15	No existen diferencias significativas

En la tabla 25, se presenta los resultados del análisis estadístico de la resistencia a la compresión del concreto realizada mediante la prueba Tukey con 95% de confianza a la edad de 28 días de curado, se puede visualizar que no existen diferencias significativas comparando la muestra patrón y las adiciones de PET y aditivo plastificante.

**Tabla 26***Porcentaje de mejoramiento del concreto con todas las adiciones*

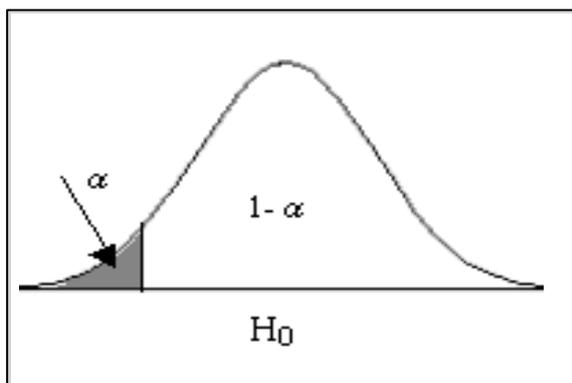
% de adición de PET y aditivo plastificante	Edad (días)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de mejora
Muestra Patrón	28	205.99	-
1% PET	28	148.30	-39%
3% PET	28	143.31	-44%
5% PET	28	140.78	-46%
1% Aditivo	28	231.49	11%
3% Aditivo	28	236.24	13%
5% Aditivo	28	240.63	14%
1% PET + 1% Aditivo	28	201.52	-2%
3% PET + 3% Aditivo	28	197.28	-4%
5% PET + 5% Aditivo	28	192.78	-7%

En la tabla 26, se presenta el porcentaje de mejoramiento del concreto con todas las adiciones de PET y aditivo plastificante, se presenta el análisis del porcentaje de mejoramiento del concreto a esta edad, la cual se evidencia que, a mayor cantidad de PET y la combinación de PET + Aditivo plastificante, disminuye la resistencia a compresión en comparación con el concreto convencional sin adición; no obstante con la adición de Aditivo plastificante, la resistencia tiende a aumentar considerablemente en comparación con el concreto convencional sin adición. La hipótesis planteada es que con las adiciones del 1%, 3% y 5% de PET triturado y aditivo plastificante cumplen con los parámetros de calidad requeridos.

**Tabla 27***Prueba estadística T de Student*

Ho	$\geq o >$	175
Ha	$< o \leq$	175
Nivel de Confianza		95%
Significancia (alfa)		5%
Z crítica		-1.64
Tamaño de muestra (n)		3
Promedio Poblacional/Teórico ( $\mu$ )		175
Promedio Muestra (x)		199.39
Desviación Estándar ( $\sigma$ )		5.66
Z prueba		7.463

En la tabla 27 se presenta la prueba estadística T de Student para la contratación de hipótesis, la hipótesis nula planteada es que con la adición de PET triturado y aditivo plastificante se alcanza una resistencia que supera los 175kg/cm<sup>2</sup>, lo cual está en la primera fila de la tabla, la segunda fila corresponde a la hipótesis alterna, que es lo contrario a la hipótesis nula, El nivel de confianza es al 95%, por lo tanto la significancia es al 5, el z crítico calculado es de -1.64, %, el tamaño de la muestra es de 3 que son los tres grupos de estudio, el promedio es de 140kg7cm<sup>2</sup> que es el valor teórico de la resistencia que se debe alcanzar a los 28 días de curado, el promedio obtenido es de 199.39 y la desviación estándar de 5.66, estos dos últimos valores presentados en la tabla 29.

**Figura 22***Prueba estadística T de Student*

En la figura 22 se muestra la gráfica obtenida de la prueba T de Student, la zona de color gris representa la zona de rechazo de la hipótesis y la que está sin color la zona de aceptación de la hipótesis, como el  $H_0$  se encuentra dentro de la zona sin color porque el valor del z de prueba es de 7.463, se acepta o contrasta la hipótesis planteada en la presente investigación.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La prueba de hipótesis se construyó a partir de una estadística de muestra que se realizó donde la información sobre los datos observados en un valor que nos permite tomar decisión de rechazar la hipótesis nula; donde la propiedad más importante de la estadística es utilizada para la prueba de hipótesis que si la distribución muestral fuera exacta o aproximadamente computable bajo la hipótesis nula e hipótesis alterna.

H01: Las condiciones de los agregados si cumplen con los estándares de calidad por lo que son usados para el diseño de mezclas.

H02: Las adiciones de PET triturado cumplen con los estándares de calidad respecto al concreto en su estado fresco

H03: las adiciones de PET triturado cumplen con los estándares de resistencia a la compresión de diseño siendo dichos resultados mayores a la resistencia de diseño  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .

## 4.3. DISCUSIÓN

Como resultados del primer objetivo que consistió en determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para ser utilizados en el diseño de mezclas, se ha obtenido que, para los agregados fino y grueso se obtuvieron pesos específicos de  $2.58\text{g/cm}^3$  y  $2.67\text{g/cm}^3$ , peso unitario suelto de  $1764\text{Kg/m}^3$  y  $1486\text{Kg/m}^3$ , peso unitario compactado de  $17873\text{Kg/m}^3$  y  $1575\text{Kg/m}^3$ , contenido de humedad de  $2.89\%$  y  $0.79\%$ , absorción de  $2.46\%$  y  $0.67\%$ , módulo de finura de  $2.87\%$  y  $7.39\%$  y material que pasa por el tamiz N° 200 de  $1.65$  y  $0.64$  respectivamente y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ ", cumpliendo con el uso granulométrico de acuerdo a su distribución granulométrica para ambos tipos de agregados; mediante el diseño de mezclas se ha obtenido para  $1\text{m}^3$  de concreto, las siguientes proporciones en peso:  $338$  kg de cemento,  $841\text{kg}$  de agregado fino,  $867\text{kg}$  de agregado grueso,  $216$  litros de agua y la cantidad de PET se adicionó con respecto al peso del agregado grueso, mientras que el aditivo plastificante se calculó en función a la cantidad de agua. Estos resultados se comparan con los que se obtuvieron en otras investigaciones, como la que Meza y Perez (2021) que obtuvieron para el agregado fino peso específico de  $2.54\text{g/cm}^3$ , peso unitario suelto de  $1582\text{kg/m}^3$  y compactado de  $1729$   $\text{kg/m}^3$ , absorción de  $2.95\%$  y humedad de  $5.60\%$ ; para el agregado grueso un TMN de  $1"$ , peso específico de  $2.46$   $\text{g/cm}^3$ , peso unitario suelto de  $1406$   $\text{kg/m}^3$  y compactado de  $1563\text{kg/m}^3$ , absorción de  $1\%$  y humedad de  $1.19\%$ . Luego de comparar estos resultados se pueden establecer similitudes entre los valores alcanzados y principalmente determinar que los agregados si cumplen con la granuometría y los requerimientos para ser empelados en la preparación de concreto.

Como resultados del segundo objetivo que consistió en evaluar las propiedades físicas del concreto en estado fresco (temperatura, asentamiento, peso unitario y contenido de aire) con la adición del 1%, 3% y 5% de PET triturado, se ha obtenido que, la temperatura del concreto aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de adición, alcanzando un valor promedio de 28.9°C para el concreto patrón y valores de 30.8°C, 32.9°C y 35.5°C para las adiciones; con la adición del 1%, 3% y 5% de Aditivo plastificante, la temperatura también aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de adición, alcanzando valores de 29.9°C, 30.7°C y 31.3°C; con la adición del 1%, 3% y 5% de PET + Aditivo plastificante, la temperatura del concreto se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de adición, alcanzando valores de 20.2°C, 19.7°C y 19.2°C. Respecto al asentamiento o slump para el concreto con las adiciones de 1%, 3% y 5% de PET triturado, esta se reduce a medida que aumenta la adición, alcanzando un valor promedio de 3.3 pulgadas para el concreto patrón y valores de 3.0, 2.8 y 2.0 pulgadas para el concreto con las adiciones; con la adición de 1%, 3% y 5% de Aditivo plastificante el asentamiento o slump aumenta a medida que aumenta la adición, alcanzando valores de 3.7, 4.2 y 5.3 pulgadas para el concreto con las adiciones y con la adición de PET + Aditivo plastificante, el asentamiento o slump aumenta para las combinaciones de 1 y 3% alcanzando valores de 8.3 y 8.2 pulgadas, mientras que, con la adición de 5% se redujo el slump a 5.4 pulgadas debido a la cantidad de PET el cual no aporta ninguna humedad al concreto. El peso unitario también se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de adición de PET triturado, alcanzando un valor promedio de 2384Kg/m<sup>3</sup> para el concreto patrón y valores de 2302Kg/m<sup>3</sup>, 2151Kg/m<sup>3</sup> y 2091Kg/m<sup>3</sup> para el concreto con las tres adiciones respectivamente; con la adición de Aditivo plastificante, el peso unitario aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de adición, alcanzando valores de 2396Kg/m<sup>3</sup>, 2451Kg/m<sup>3</sup> y 2501Kg/m<sup>3</sup> para el concreto con las tres adiciones respectivamente y para las combinaciones de PET + Aditivo, el peso unitario se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de adición, alcanzando valores de 2365Kg/m<sup>3</sup>, 2282Kg/m<sup>3</sup> y 2250Kg/m<sup>3</sup> para el concreto con las tres adiciones respectivamente. El contenido de aire se incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de adición de PET triturado, alcanzando un valor promedio de 2.25% para el concreto patrón y valores de 2.33%, 2.50% y 3.02% para las tres adiciones respectivamente; con la adición de Aditivo plastificante, el contenido de aire se incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de adición, alcanzando valores de 2.43%, 2.72% y 3.09% para las tres adiciones respectivamente y para las combinaciones de PET + Aditivo, el contenido de aire aumenta de 2.35% y 2.48% para las adiciones de 3% y 5% respectivamente, mientras que, para la adición del 1% se reduce a 2.15%. Estos resultados se comparan con los que se obtuvieron en otras

investigaciones, como la que realizaron Esquivel y Ticliahuanca (2019) que se reduce la trabajabilidad cuando se incrementa la proporción de PET, siendo el asentamiento en promedio 5, 4 y 3 pulgadas para las adiciones de 0.03%, 0.05% y 0.07%. Comparando estos resultados también se pueden establecer similitud con los resultados alcanzados, debido a que el principal indicador del concreto en estado fresco, el slump se reduce a medida que se incrementa la adición.

Luego de haber desarrollado el tercer objetivo que consistió en evaluar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido (resistencia a compresión), con las adiciones del (1% PET, 1% Aditivo y 1% PET + 1% Aditivo), (3% PET, 3% Aditivo y 3% PET + 3% Aditivo) y (5% PET, 5% Aditivo y 5% PET + 5% Aditivo), se ha obtenido como resultados que, la resistencia a la compresión evaluada a la edad de 3 días de curado se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de adición de PET, alcanzado un valor promedio de 162.11 para el concreto patrón y valores de 90.95, 89.67 y 86.51kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente, aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de Aditivo alcanzado valores de 170.98, 174.24 y 181.05Kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente, disminuye para las combinaciones de PET + Aditivo, alcanzado valores de 134.37, 129.71 y 123.14kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente; a la edad de 7 días de curado se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de PET, alcanzando un valor promedio de 186.34 para el concreto patrón y valores de 105.36, 99.93 y 97.85kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente; aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de Aditivo alcanzado valores de 186.53, 191.79 y 197.02kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente, disminuye para las combinaciones de PET + Aditivo, alcanzado valores de 152.07, 143.01 y 135.89kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente; a la edad de 14 días de curado se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de PET, alcanzando un valor promedio de 190.81 para el concreto patrón y valores de 114.75, 111.69 y 109.70kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente; aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de Aditivo alcanzado valores de 201.66, 205.21 y 209.68kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente, disminuye para las combinaciones de PET + Aditivo, alcanzado valores de 163.94, 160.26 y 153.91kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente; a la edad de 21 días de curado se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de PET, alcanzando un valor promedio de 200.13Kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón y valores de 131.42, 129.78 y 127.08kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente; aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de Aditivo alcanzado valores de 213.93, 219.95 y 223.41kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente, disminuye para las combinaciones de PET + Aditivo, alcanzado valores de 183.77, 181.39 y 175.53kg/cm<sup>2</sup>

para las tres adiciones respectivamente; a la edad de 28 días de curado se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de PET, alcanzando un valor promedio de 205.99 para el concreto patrón y valores de 148.30, 143.31 y 140.78kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente; aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de Aditivo alcanzado valores de 231.49, 236.24 y 240.63kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente, disminuye para las combinaciones de PET + Aditivo, alcanzado valores de 201.52, 197.28 y 192.78kg/cm<sup>2</sup> para las tres adiciones respectivamente. Estos resultados se comparan con los que se obtuvieron en otras investigaciones, como la que realizó Ortiz (2022) que obtuvo las resistencias a la compresión a 7, 14 y 28 días, para el 1% de PET obtuvo 140.6 a los 7 días, 217.02 a los 14 días y 302.24 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días; para el 2% de PET se obtuvo 152.80 a los 7 días, 223.86 a los 14 días y 319.67 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días; y para el 3% de PET se obtuvo 157.1 a los 7 días, a los 14 días y 332.32 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. La comparación de estos resultados permite establecer también similitudes porque para la resistencia a compresión se reducen a medida que se incrementa la adición de PET, pero siempre cumple con la resistencia de diseño.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto ecológico de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con adición de PET triturado y aditivo plastificante presentan mejoras con respecto al concreto convencional.

Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados empleados para el diseño de mezclas y la elaboración de concreto cumplen con el uso granulométrico y presentan entre sus principales características pesos específicos de  $2.58\text{g/cm}^3$  y  $2.67\text{g/cm}^3$ , peso unitario suelto de  $1764\text{Kg/m}^3$  y  $1486\text{Kg/m}^3$ , peso unitario compactado de  $17873\text{Kg/m}^3$  y  $1575\text{Kg/m}^3$ , contenido de humedad de 2.89% y 0.79% para agregado fino y grueso respectivamente.

Las adiciones de PET triturado y aditivo plastificante, influyen sobre las propiedades en estado fresco específicamente el peso unitario y temperatura, aumentando de  $28.9^\circ\text{C}$  a  $31.4^\circ\text{C}$  y  $31.3^\circ\text{C}$  para la temperatura con las adiciones de 0%, 5%PET y 5% aditivo respectivamente; disminuye de  $28.9^\circ\text{C}$  a  $19.2^\circ\text{C}$  con las adiciones para la combinación de 5% PET + 5% aditivo y para el peso unitario se reduce de  $2384\text{kg/m}^3$  a 2250 y  $2091\text{kg/m}^3$  para las adiciones de 0% , 5% PET y la combinación de 5% PET + 5% aditivo, aumenta de  $2384\text{kg/m}^3$  a  $2501\text{kg/m}^3$  para las adiciones de 0% y 5% aditivo respectivamente; pero ambas propiedades se encuentran dentro de los parámetros establecidos para cada uno.

Con todas las adiciones de 1%, 3% y 5% de PET triturado no se supera la resistencia a la compresión de diseño de los testigos a la edad de 28 días, sin embargo con las adiciones de 1%, 3% y 5% de aditivo plastificante y las combinaciones de 1% PET + 1% aditivo, 3% PET + 3% aditivo y 5% PET + 5% aditivo, si se supera la resistencia a compresión de diseño de los testigos a la edad de 28 días, queriendo decir que, a mayor cantidad de plástico PET disminuye la resistencia a compresión en comparación con el concreto sin adición, pasando de  $205.99\text{kg/cm}^2$  a 140.78, 240.63 y  $192.78\text{kg/cm}^2$  para las adiciones de 0% y 5%PET, 5% aditivo y 5% PET + 5% aditivo.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Realizar el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto ecológico de diferentes  $f'c$  con adición de PET triturado y aditivo plastificante.

Emplear sólo hasta el 1% de adición de PET triturado + 1% aditivo plastificante combinado, porque con porcentajes de adición más altos se logra una mejora en su trabajabilidad, pero de acuerdo a lo observado en estos ensayos, la mezcla se torna muy fluida que se separan los materiales del agua y aditivo lo cual al colocar en una estructura va a generar dificultades en el proceso constructivo

Adicionar sólo 1% de PET triturado + 1% aditivo plastificante para la elaboración de concreto de  $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ , para todo tipo de elementos estructurales que trabajan a compresión, porque con este porcentaje se logra alcanzar las mejores resistencias en comparación con los demás porcentajes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto Castillo, F. (s.f.). *Tecnología del concreto*. [https://kupdf.com/download/flavio-abanto-castillo-tecnolog-iacute-a-del-concreto-teor-iacute-a-y-problemas\\_58ffbcd9dc0d60787e959edf\\_pdf](https://kupdf.com/download/flavio-abanto-castillo-tecnolog-iacute-a-del-concreto-teor-iacute-a-y-problemas_58ffbcd9dc0d60787e959edf_pdf)
- Abubakar, L., Yeasmin, N., & Bhattacharjee, A. (2024). Waste Polyethylene Terephthalate (PET) as a Partial Replacement of Aggregates in Sustainable Concrete. *Construction materials*, 4(4), 738-747. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/constrmater4040040>
- Almeshal, I., Bassam A, T., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., & Mustafa Mohamed, A. (2020). Eco-friendly concrete containing recycled plastic as partial replacement for sand. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 4631-4643. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.02.090>.
- Cobos Sáenz de Viteri, L. A. (2021). *Comparativo de las propiedades mecánicas del concreto con fibras de PET reciclado y concreto con fibras de acero*. Tesis de pregrado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4747>.
- Cruz Orrego, N. K., & Leiva Goicochea, R. L. (2022). *Uso del Tereftalato de Polietileno (PET), en Reemplazo del Agregado Fino, para la Elaboración de Unidades de Albañilería, Jaén 2020*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/405>.
- De la Cruz Salcedo, J. C., & Quispe Quispe, I. (2021). *Influencia del plástico PET reciclado en las propiedades físico - mecánicas del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  Huamanga, Ayacucho – 2021*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65427>.
- Díaz Toro, J. G., & Espinoza Cabanillas, F. S. (2021). *Evaluación de la adición del aditivo superplastificante en los concretos de resistencia  $f'c$  210 convencional en Jaén 2021*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86948>.
- Esquivel Delgado, P. J., & Ticliahuanca Mendoza, M. G. (2019). *Resistencia y agrietamiento por contracción del concreto para pavimentos rígidos con incorporación de fibras PET*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén).
- Hernández Rojas, I. J. (2019). *Aplicación de aditivo plastificante para reducir formaciones de cangrejas en muros de corte del proyecto multifamiliar Varela, Breña, Lima-2019*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/79863>.

- Infante Alcalde, J., & Valderrama Ulloa, C. (2019). Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Información Tecnológica*, 30(5). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500025>.
- Ismail Khalil, W., & Jumaa Khalaf, K. (2017). Eco-Friendly Concrete Containing PET Plastic Waste Aggregate. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 10(1), 92-105. <https://doi.org/https://doi.org/10.24237/djes.2017.10109>.
- Kohistani, A. S., & Singh, K. (2018). A Review- Utilization of Plastic waste and Alccofine in Self-Compacting Concrete. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(4).
- Meza Ruiz, J. F., & Perez Daza, J. M. (2021). *Resistencia a la compresión de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo el agregado grueso por plástico triturado, Tarapoto - 2021*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67546>.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2009). Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado. [http://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/RNE2009\\_E\\_060.pdf](http://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2009_E_060.pdf).
- Ortiz Alvaro, Y. A. (2022). *Influencia de la adición del plástico reciclado PET en sus propiedades mecánicas en un concreto convencional de  $Fc=210$ kg/Cm<sup>2</sup>*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89938>.
- Quispe Barbosa, N., & Rosales Rivera, M. J. (2020). *Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=175$ kg/cm<sup>2</sup> con adición de tereftalato de polietileno (PET), Moyobamba - 2020*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/51523>.
- Rivva López, E. (2000). *"Naturaleza y materiales del concreto"*. Lima - Perú. <https://docslide.net/documents/materiales-para-el-concreto-enrique-rivva-lopezpdf.html>.
- Rivva López, E. (2013). *Diseño de Mezclas* (2da ed.).
- Santos Feria, M. M. (2021). *Uso de materiales reciclables en la elaboración de un concreto hidráulico*. Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/40426>.

Sika. (2022). <https://per.sika.com/es/construccion/edificacion-y-vivienda/edificios-empresariales/arquitectura/sikacem-curador.html>.

Zavala Lara, J. A. (2020). *Influencia del Tereftalato de Polietileno al 3%, 6% y 9% en volumen para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para evaluar su resistencia a la compresión y trabajabilidad*. Tesis de pregrado, Universidad privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25183>.

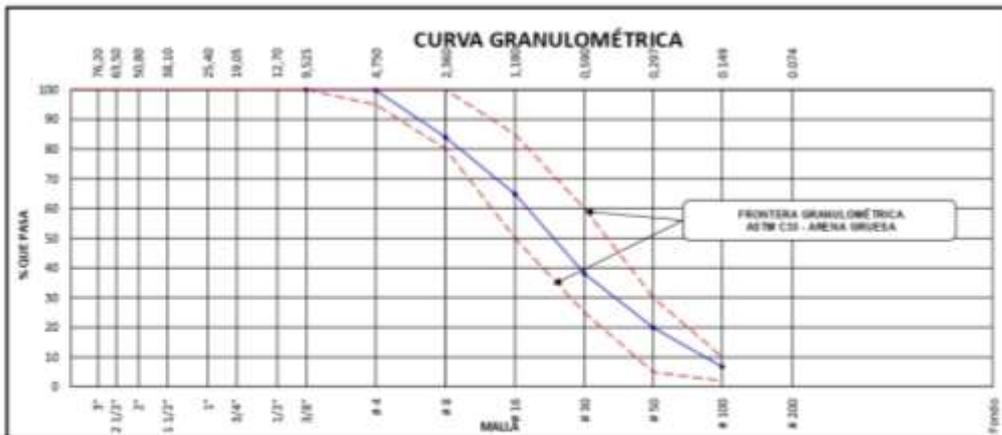
## ANEXOS

### Anexo 1. Resultados del estudio de agregados y diseño de mezclas

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136

DATOS DEL MUESTREO			
PROYECTO:	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023	REGISTRO N°:	LSP24 - DM - 275
UBICACIÓN:	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	MUESTREADO POR :	SOLICITANTE
SOLICITANTE:	BACH. CHINGUEL MIVGA NOLBERTO	ENSAYADO POR:	J.H.B.
CANTERA:	JOSEOTO		

AGREGADO FINO ASTM C33/C30M - 18 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100,00 mm					100,00	100,00
3 1/2"	90,00 mm					100,00	100,00
3"	75,00 mm					100,00	100,00
2 1/2"	63,00 mm					100,00	100,00
2"	50,00 mm					100,00	100,00
1 1/2"	37,50 mm					100,00	100,00
1"	25,00 mm					100,00	100,00
3/4"	19,00 mm					100,00	100,00
1/2"	12,50 mm					100,00	100,00
3/8"	9,50 mm	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
# 4	4,75 mm	1,00	0,15	0,15	99,85	95,00	100,00
# 8	2,36 mm	107,20	15,87	16,02	83,98	80,00	100,00
# 16	1,18 mm	129,10	19,11	35,13	64,87	50,00	85,00
# 30	600 µm	181,20	26,83	61,96	38,04	25,00	60,00
# 60	300 µm	122,70	18,17	80,13	19,87	5,00	30,00
# 100	150 µm	88,90	13,16	93,29	6,71	2,00	10,00
Fondo	-	45,32	6,71	100,00	0,00	-	-
						MF	2,87
						TMI	—



OBSERVACIONES	LA MUESTRA CUMPLE CON EL USO GRANULOMÉTRICO
---------------	---

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136

DATOS DEL MUESTREO		
PROYECTO:	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE. JAÉN 2023.	REGISTRO N°: LSP24 - DM - 278
UBICACIÓN:	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	MUESTREADO POR: SOLICITANTE
SOLICITANTE:	BACH. CHINQUEL MINDA HOLBERTO	ENSAYADO POR: J.H.B.
CANTERA:	JOSECITO	

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - MISO # 36							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "L20 100"	ASTM "L20 100"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	90.00	100.00
3/4"	19.00 mm	3833.0	43.82	43.82	56.18	49.00	89.00
1/2"	12.50 mm	3947.8	42.59	86.40	13.60	19.00	49.00
3/8"	9.50 mm	840.0	10.58	96.98	3.71	0.00	18.00
# 4	4.75 mm	275.0	3.31	98.80	0.40	0.00	5.00
# 8	2.36 mm	20.0	0.24	99.84	0.16	0.00	0.00
# 16	1.18 mm	3.2	0.04	99.87	0.13	0.00	0.00
# 30	600 µm	4.1	0.05	99.92	0.08	0.00	0.00
# 60	300 µm	1.0	0.01	99.94	0.06	0.00	0.00
# 100	150 µm	1.8	0.02	99.96	0.04	0.00	0.00
Punto	-	3.7	0.04	100.00	0.00	-	-
						MF	7.39
						Tdts	N° 3/4"



OBSERVACIONES	
---------------	--

**CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS  
ASTM C 566-19**

DATOS DEL MUESTREO			
PROYECTO:	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023.	REGISTRO N°	LSP24 - DM - 275
UBICACIÓN:	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	MUESTREADO POR:	SOLICITANTE
SOLICITANTE:	BACH. CHINGUEL MINGA NOLBERTO	ENSAYADO POR:	J.H.B.
CANTERA:	JOSECITO		

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Peso del Recipiente	g	142,5	JOSECITO
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	1526,4	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	1515,5	
4	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	<b>0,79</b>	

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Peso del Recipiente	g	126,7	JOSECITO
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	1136,3	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	1107,9	
4	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	<b>2,89</b>	

OBSERVACIONES	
---------------	--

**DETERMINACIÓN DEL MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ N° 200  
ASTM C 177**

DATOS DEL MUESTREO			
<b>PROYECTO:</b>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023	<b>REGISTRO N°</b>	LSP24 - DM - 275
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	<b>MUESTREADO POR:</b>	SOLICITANTE
<b>SOLICITANTE:</b>	BACH. CHINGUEL MINGA NOLBERTO	<b>ENSAYADO POR:</b>	J.H.B.
<b>CANTERA:</b>	JOSECITO		

**AGREGADO FINO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Masa de tara (g)	136,6	140,7	
Masa de tara + muestra seca (g)	986,7	975,3	
Masa de tara + muestra lavada y seca (g)	972,5	961,6	
MATERIAL MENOR AL TAMIZ N°200 (%)	1,66	1,64	<b>1,65</b>

**AGREGADO GRUESO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Masa de tara (g)	133,7	139,7	
Masa de tara + muestra seca (g)	1152,7	1162,5	
Masa de tara + muestra lavada y seca (g)	1145,6	1156,6	
MATERIAL MENOR AL TAMIZ N°200 (%)	0,69	0,58	<b>0,64</b>

0

Método de lavado utilizado : A

<b>OBSERVACIONES</b>	
----------------------	--

**RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAYOR POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA LOS ÁNGELES  
ASTM C 131**

DATOS DEL MUESTREO			
<b>PROYECTO:</b>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F' C=175KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023	<b>REGISTRO N°</b>	LSP24 - DM - 275
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	<b>MUESTREADO POR:</b>	SOLICITANTE
<b>SOLICITANTE:</b>	BACH. CHINGUEL MINGA NOLBERTO	<b>ENSAYADO POR:</b>	J.H.B.
<b>CANTERA:</b>	JOSECITO		

GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
<b>ESFERAS</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
1.1/2" - 1"	1250	-	-	-
1" - 3/4"	1250	-	-	-
3/4" - 1/2"	1250	2500	-	-
1/2" - 3/8"	1250	2500	-	-
3/8" - 1/4"			2500	-
1/4" - Nº4	-	-	2500	-
Nº4 - Nº8	-	-	-	5000
<b>Peso Muestra</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	
Peso Retenido Tamiz Nº 12		3754		
Peso Pasante Tamiz Nº 12		1246		
<b>% DESGASTE</b>		<b>24,92</b>		
<b>PROMEDIO</b>		<b>24,92%</b>		

<b>OBSERVACIONES</b>	
----------------------	--

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO  
ASTM C 128-15**

DATOS DEL MUESTREO			
PROYECTO:	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F <sub>CD</sub> -175(MG/M <sup>3</sup> ) CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023	REGISTRO N°	LSP04 - DM - 275
UBICACIÓN:	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	MUESTREADO POR:	SOLICITANTE
SOLICITANTE:	BACH. CHENGUEL MINGA HOLBERTO	ENSAYADO POR:	J.H.B.
CANTERA:	JOSECITO		

ITEM	DATOS DE ENSAYO / N° DE PRUEBA	1	2	
A	Masa secada al horno (OO) (g)	486,4	482,6	
B	Masa de picnómetro con agua hasta la marca (g)	916,6	918,8	
C	Masa de picnómetro con agua + muestras (g)	1215,0	1232,0	
S	Masa saturada con superficie seca (SSS) (g)	500,0	500,0	<b>PROMEDIO</b>
	Densidad Relativa (Gravedad específica) (OO)	2,41	2,38	<b>2,50</b>
	Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSO)	2,48	2,68	<b>2,58</b>
	Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)	2,59	2,85	<b>2,72</b>
	% Absorción	2,80	3,61	<b>3,21</b>

**MÉTODO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

- Secado al horno  
 Desde su Humedad Natural

OBSERVACIONES	
---------------	--

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO  
ASTM C 127-15**

DATOS DEL MUESTREO			
PROYECTO:	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE FC=1750KG/M2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023	REGISTRO N°	LSP04 - DM - 275
UBICACIÓN:	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	MUESTREADO POR:	SOLICITANTE
SOLICITANTE:	BACH. CHINGUEL MIRGA HOLBERTO	ENSAYADO POR:	J.H.B.
CANTERA:	JOSECITO		

DATOS / N° DE PRUEBA		1	2
<b>A</b>	Masa de la muestra seca en el horno	4936,0	4942,0
<b>B</b>	Masa de la muestra al aire SSD	4973,0	4978,0
<b>C</b>	Masa de la muestra sumergida	3112,0	3115,0

RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
Densidad Relativa (Gravedad específica OD)	2,662	2,653	<b>2,65</b>
Densidad Relativa (Gravedad específica SSD)	2,672	2,672	<b>2,67</b>
Densidad Relativa Aparente (Gravedad específica)	2,706	2,705	<b>2,71</b>
Absorción (%)	0,75	0,73	<b>0,74</b>

**MÉTODO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

<input type="checkbox"/>	Secado al horno
<input checked="" type="checkbox"/>	Desde su Humedad Natural

OBSERVACIONES	
---------------	--

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO  
ASTM C 29-97**

DATOS DEL MUESTREO			
PROYECTO:	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'CD=17MPa/cm2 CON ADICIÓN DE PEF TRIFURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023	REGISTRO N°	LSP24 - DM - 219
UBICACIÓN: SOLICITANTE: CANTERA:	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA RACH. CHINQUEL MINDA NOLBERTO JOSECTO	MUESTREADO POR: ENSAYADO POR:	SOLICITANTE J.H.S.

PESO UNITARIO SUELTO ASTM C 29				
ENSAYO	UND	1	2	3
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	19075	19090	19145
PESO DE MOLDE	gr.	5334	5334	5334
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	13741	13756	13811
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	9268	9268	9268
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m <sup>3</sup>	1483	1484	1490
PROMEDIO		1486 Kg/M3		

PESO UNITARIO COMPACTADO ASTM C 29				
ENSAYO	UND	1	2	3
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	19930	19940	19915
PESO DE MOLDE	gr.	5334	5334	5334
PESO DEL MATERIAL COMPACTADO	gr.	14596	14606	14581
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	9268	9268	9268
PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	1575	1576	1573
PROMEDIO		1575 Kg/M3		

OBSERVACIONES	
---------------	--

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO  
ASTM C 29-97**

DATOS DEL MUESTREO			
PROYECTO:	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'CD=17MIG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE. JAÉN 2023	REGISTRO N°	LSP04 - DM - 278
UBICACIÓN:	DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	MUESTREO POR:	SOLICITANTE
SOLICITANTE:	BACH. DHRIVUEL MORA NOBUERTO	ENSAYADO POR:	J.H.B.
CANTERA:	JOSECTO		

PESO UNITARIO SUELTO ASTM C 29				
ENSAYO	UND	1	2	3
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	7120	7115	7040
PESO DE MOLDE	gr.	2335	2335	2335
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	4785	4780	4705
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2687	2687	2687
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>	1774	1772	1746
PROMEDIO		1764 Kg/M <sup>3</sup>		

PESO UNITARIO COMPACTADO ASTM C 29				
ENSAYO	UND	1	2	3
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	7330	7420	7410
PESO DE MOLDE	gr.	2335	2335	2335
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	4995	5085	5075
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2687	2687	2687
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>	1862	1885	1882
PROMEDIO		1873 Kg/M <sup>3</sup>		

OBSERVACIONES	
---------------	--

## 2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $f'c = 175 \text{ KG/CM}^2$

### 2.1. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

ENSAYOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
PERFIL	-	ANGULAR Y SUB ANGULAR
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	3/4"
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.58	2.67
PESO UNITARIO SUELTO SECO	1764	1486
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	1873	1575
HUMEDAD NATURAL	2.89	0.79
ABSORCION	2.46	0.67
MODULO DE FINURA (Mf)	2.87	7.39
MATERIAL FINO QUE PASA TAMIZ N° 200	1.65	0.64

### 2.2. CEMENTO

- CEMENTO PACASMAYO TIPO I

### 2.3. CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES

- RESISTENCIA A LA COMPRESION DE DISEÑO :  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  (28 Días).
- RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO :  $f'cr = f'c + 7.0 = 24.5 \text{ MPa}$  (28 Días).  
Según Código A.C.I. 318.
- ASENTAMIENTO : 3" a 4".

### 2.4. CANTIDAD DE MATERIAL POR $\text{M}^3$ DE CONCRETO

#### MATERIALES DE DISEÑO POR $\text{M}^3$

MATERIALES	MATERIALES DE DISEÑO POR $\text{M}^3$	MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR $\text{M}^3$
CEMENTO	338 Kg.	338 Kg.
AGREGADO FINO SECO	841 Kg.	865 Kg.
AGREGADO GRUESO SECO	867 Kg.	870 Kg.
AGUA DE MEZCLA	216 Lt.	215 Lt.
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	$\pm 2.5 \%$	$\pm 2.5 \%$

### 2.5. PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

PROPORCIONAMIENTO EN VOLUMEN

1: 2.18: 2.59 / 27.1 Lt/bolsa.

## Anexo 2. Resultados de la resistencia a la compresión

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS										
NTP 339.034 (2021)										
<b>TESIS:</b>		PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE $f'c=175\text{KG}/\text{CM}^2$ CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023"								
<b>TESISTA:</b>		CHINGUEL MINGA NOLBERTO					<b>UBICACIÓN</b>			
<b>ADICIÓN:</b>		MUESTRA PATRÓN					<b>DEPARTAMENTO:</b>		CAJAMARCA	
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>		14/05/2024					<b>PROVINCIA:</b>		JAÉN	
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>		12/06/2024					<b>DISTRITO:</b>		JAÉN	
Nº TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga de rotura (Kg)	$f'c$ kg/cm <sup>2</sup>	Diámetro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje $f'c$
1	14/05/2024	18/05/2024	3	MUESTRA PATRON	21755.40	175	15.16	120.53	121	69
2	14/05/2024	18/05/2024	3	MUESTRA PATRON	32700.30	175	15.19	180.45	180	103
3	14/05/2024	18/05/2024	3	MUESTRA PATRON	32757.80	175	15.00	185.37	185	106
4	14/05/2024	22/05/2024	7	MUESTRA PATRON	30877.70	175	14.94	176.14	176	101
5	14/05/2024	22/05/2024	7	MUESTRA PATRON	32584.20	175	15.04	183.41	183	105
6	14/05/2024	22/05/2024	7	MUESTRA PATRON	35435.80	175	15.04	199.46	199	114
7	14/05/2024	29/05/2024	14	MUESTRA PATRON	37395.32	175	15.12	208.27	208	119
8	14/05/2024	29/05/2024	14	MUESTRA PATRON	30427.60	175	15.09	170.14	170	97
9	14/05/2024	29/05/2024	14	MUESTRA PATRON	34606.46	175	15.07	194.02	194	111
10	14/05/2024	05/06/2024	21	MUESTRA PATRON	38193.40	175	15.08	213.84	214	122
11	14/05/2024	05/06/2024	21	MUESTRA PATRON	36926.70	175	15.11	205.93	206	118
12	14/05/2024	05/06/2024	21	MUESTRA PATRON	32432.20	175	15.12	180.63	181	103
13	14/05/2024	12/06/2024	28	MUESTRA PATRON	39042.70	175	15.13	217.16	217	124
14	14/05/2024	12/06/2024	28	MUESTRA PATRON	35100.00	175	15.16	194.45	194	111
15	14/05/2024	12/06/2024	28	MUESTRA PATRON	37006.20	175	15.11	206.37	206	118

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS**

NTP 339.034 (2021)

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO ECOLOGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICION DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGEL MINGA NOLBERTO	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>ADICIÓN:</b>	1% DE PET	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	15/02/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>	17/03/2024	<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

N° TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga de rotura (Kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c
1	15/02/2025	19/02/2025	3	1% DE PET	16253.80	175	15.22	89.34	89	51
2	15/02/2025	19/02/2025	3	1% DE PET	16052.20	175	14.96	91.32	91	52
3	15/02/2025	19/02/2025	3	1% DE PET	16554.10	175	15.12	92.20	92	53
4	15/02/2025	24/02/2025	7	1% DE PET	19386.80	175	15.09	108.40	108	62
5	15/02/2025	24/02/2025	7	1% DE PET	18123.45	175	15.12	100.94	101	58
6	15/02/2025	24/02/2025	7	1% DE PET	19191.70	175	15.13	106.74	107	61
7	15/02/2025	03/03/2025	14	1% DE PET	20808.52	175	15.19	114.82	115	66
8	15/02/2025	03/03/2025	14	1% DE PET	19932.48	175	15.11	111.16	111	64
9	15/02/2025	03/03/2025	14	1% DE PET	20843.25	175	14.98	118.26	118	68
10	15/02/2025	10/03/2025	21	1% DE PET	22424.70	175	15.12	124.89	125	71
11	15/02/2025	10/03/2025	21	1% DE PET	23175.65	175	14.96	131.85	132	75
12	15/02/2025	10/03/2025	21	1% DE PET	23754.20	175	14.83	137.52	138	79
13	15/02/2025	17/03/2025	28	1% DE PET	27681.21	175	15.23	151.95	152	87
14	15/02/2025	17/03/2025	28	1% DE PET	26226.08	175	15.13	145.87	146	83
15	15/02/2025	17/03/2025	28	1% DE PET	26306.20	175	15.09	147.09	147	84

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS**

NTP 339.034 (2021)

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO ECOLOGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICION DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE. JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGEL MINGA NOLBERTO		
<b>ADICIÓN:</b>	3% DE PET	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	16/02/2024	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>	17/03/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
		<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

Nº TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga de rotura (Kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c
1	16/02/2025	20/02/2025	3	3% DE PET	17125.50	175	15.02	96.65	97	55
2	16/02/2025	20/02/2025	3	3% DE PET	14279.60	175	14.96	81.24	81	46
3	16/02/2025	20/02/2025	3	3% DE PET	16449.90	175	15.16	91.13	91	52
4	16/02/2025	24/02/2025	7	3% DE PET	18219.25	175	15.14	101.20	101	58
5	16/02/2025	24/02/2025	7	3% DE PET	18782.45	175	15.13	104.47	104	60
6	16/02/2025	24/02/2025	7	3% DE PET	17035.70	175	15.18	94.13	94	54
7	16/02/2025	03/03/2025	14	3% DE PET	19909.95	175	15.05	111.92	112	64
8	16/02/2025	03/03/2025	14	3% DE PET	18883.10	175	15.05	106.15	106	61
9	16/02/2025	03/03/2025	14	3% DE PET	20954.05	175	15.10	117.01	117	67
10	16/02/2025	10/03/2025	21	3% DE PET	22912.90	175	15.09	128.12	128	73
11	16/02/2025	10/03/2025	21	3% DE PET	24570.30	175	15.08	137.57	138	79
12	16/02/2025	10/03/2025	21	3% DE PET	22117.15	175	15.09	123.67	124	71
13	16/02/2025	17/03/2025	28	3% DE PET	25207.38	175	15.23	138.37	138	79
14	16/02/2025	17/03/2025	28	3% DE PET	26346.40	175	15.13	146.54	147	84
15	16/02/2025	17/03/2025	28	3% DE PET	25285.00	175	14.90	145.01	145	83

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS**

NTP 339.034 (2021)

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE $f'c=175\text{KG}/\text{CM}^2$ CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE. JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGEL MINGA NOLBERTO		
<b>ADICIÓN:</b>	5% DE PET	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	17/02/2024	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE TÉRMINO DE ENSAYO:</b>	19/03/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
		<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

N° TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga de rotura (Kg)	$f'c$ kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje $f'c$
1	17/02/2025	21/02/2025	3	5% DE PET	15133.60	175	15.15	83.95	<b>84</b>	<b>48</b>
2	17/02/2025	21/02/2025	3	5% DE PET	15286.40	175	15.17	84.58	<b>85</b>	<b>48</b>
3	17/02/2025	21/02/2025	3	5% DE PET	16143.55	175	15.03	90.99	<b>91</b>	<b>52</b>
4	17/02/2025	25/02/2025	7	5% DE PET	17094.40	175	15.03	96.35	<b>96</b>	<b>55</b>
5	17/02/2025	25/02/2025	7	5% DE PET	16521.45	175	14.91	94.62	<b>95</b>	<b>54</b>
6	17/02/2025	25/02/2025	7	5% DE PET	18149.40	175	15.01	102.57	<b>103</b>	<b>59</b>
7	17/02/2025	04/03/2025	14	5% DE PET	19240.20	175	15.05	108.15	<b>108</b>	<b>62</b>
8	17/02/2025	04/03/2025	14	5% DE PET	19114.30	175	15.12	106.45	<b>106</b>	<b>61</b>
9	17/02/2025	04/03/2025	14	5% DE PET	20446.20	175	15.08	114.48	<b>114</b>	<b>65</b>
10	17/02/2025	11/03/2025	21	5% DE PET	23940.35	175	15.10	133.69	<b>134</b>	<b>76</b>
11	17/02/2025	11/03/2025	21	5% DE PET	21483.20	175	15.09	120.12	<b>120</b>	<b>69</b>
12	17/02/2025	11/03/2025	21	5% DE PET	22820.40	175	15.10	127.43	<b>127</b>	<b>73</b>
13	17/02/2025	19/03/2025	28	5% DE PET	26255.65	175	15.23	144.12	<b>144</b>	<b>82</b>
14	17/02/2025	19/03/2025	28	5% DE PET	25096.23	175	15.13	139.59	<b>140</b>	<b>80</b>
15	17/02/2025	19/03/2025	28	5% DE PET	24170.60	175	14.90	138.62	<b>139</b>	<b>79</b>

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS**

**NTP 339.034 (2021)**

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO ECOLOGICO DE F'C=175KG/CM2 CON ADICION DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE. JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGUEL MINGA NOLBERTO	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>ADICIÓN:</b>	1% DE ADITIVO	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	15/02/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>	17/03/2024	<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

Nº TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de erotura	Edad (días)	IDENTIFICACIÓN	Carga de rotura (Kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c
1	15/02/2025	19/02/2025	3	1% DE ADITIVO	30255.75	175	15.14	168.06	<b>168</b>	<b>96</b>
2	15/02/2025	19/02/2025	3	1% DE ADITIVO	30472.60	175	15.22	167.49	<b>167</b>	<b>96</b>
3	15/02/2025	19/02/2025	3	1% DE ADITIVO	31852.95	175	15.12	177.40	<b>177</b>	<b>101</b>
4	15/02/2025	24/02/2025	7	1% DE ADITIVO	34578.70	175	15.23	189.81	<b>190</b>	<b>108</b>
5	15/02/2025	24/02/2025	7	1% DE ADITIVO	33845.50	175	15.12	188.50	<b>188</b>	<b>108</b>
6	15/02/2025	24/02/2025	7	1% DE ADITIVO	32591.80	175	15.13	181.28	<b>181</b>	<b>104</b>
7	15/02/2025	03/03/2025	14	1% DE ADITIVO	36108.40	175	15.12	201.10	<b>201</b>	<b>115</b>
8	15/02/2025	03/03/2025	14	1% DE ADITIVO	35241.35	175	14.98	199.96	<b>200</b>	<b>114</b>
9	15/02/2025	03/03/2025	14	1% DE ADITIVO	35843.25	175	14.96	203.92	<b>204</b>	<b>117</b>
10	15/02/2025	10/03/2025	21	1% DE ADITIVO	37025.50	175	15.12	206.21	<b>206</b>	<b>118</b>
11	15/02/2025	10/03/2025	21	1% DE ADITIVO	37115.35	175	14.96	211.15	<b>211</b>	<b>121</b>
12	15/02/2025	10/03/2025	21	1% DE ADITIVO	38764.10	175	14.83	224.42	<b>224</b>	<b>128</b>
13	15/02/2025	17/03/2025	28	1% DE ADITIVO	42122.43	175	15.23	231.22	<b>231</b>	<b>132</b>
14	15/02/2025	17/03/2025	28	1% DE ADITIVO	41181.23	175	15.13	229.05	<b>229</b>	<b>131</b>
15	15/02/2025	17/03/2025	28	1% DE ADITIVO	41885.05	175	15.09	234.20	<b>234</b>	<b>134</b>

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS**

**NTP 339.034 (2021)**

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO ECOLOGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICION DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE. JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGUEL MINGA NOLBERTO	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>ADICIÓN:</b>	3% DE ADITIVO	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	16/02/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>	17/03/2024	<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

Nº TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de erotura	Edad (días)	IDENTIFICACIÓN	Carga de rotura (Kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c
1	16/02/2025	20/02/2025	3	3% DE ADITIVO	28525.45	175	14.96	162.29	162	93
2	16/02/2025	20/02/2025	3	3% DE ADITIVO	30859.28	175	14.10	197.63	198	113
3	16/02/2025	20/02/2025	3	3% DE ADITIVO	29389.50	175	15.16	162.82	163	93
4	16/02/2025	24/02/2025	7	3% DE ADITIVO	34235.50	175	15.14	190.17	190	109
5	16/02/2025	24/02/2025	7	3% DE ADITIVO	35745.10	175	15.13	198.81	199	114
6	16/02/2025	24/02/2025	7	3% DE ADITIVO	33025.65	175	15.02	186.39	186	107
7	16/02/2025	03/03/2025	14	3% DE ADITIVO	36725.50	175	15.05	206.44	206	118
8	16/02/2025	03/03/2025	14	3% DE ADITIVO	35983.40	175	15.05	202.27	202	116
9	16/02/2025	03/03/2025	14	3% DE ADITIVO	37055.30	175	15.10	206.92	207	118
10	16/02/2025	10/03/2025	21	3% DE ADITIVO	38522.80	175	15.14	213.98	214	122
11	16/02/2025	10/03/2025	21	3% DE ADITIVO	39560.25	175	15.08	221.50	221	127
12	16/02/2025	10/03/2025	21	3% DE ADITIVO	40125.10	175	15.09	224.36	224	128
13	16/02/2025	17/03/2025	28	3% DE ADITIVO	42343.71	175	15.15	234.89	235	134
14	16/02/2025	17/03/2025	28	3% DE ADITIVO	41659.48	175	15.05	234.18	234	134
15	16/02/2025	17/03/2025	28	3% DE ADITIVO	41785.45	175	14.90	239.64	240	137

**NTP 339.034 (2021)**

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'c=175KG/CM <sup>2</sup> CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGUEL MINGA NOLBERTO	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>ADICIÓN:</b>	5% DE ADITIVO	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	17/02/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>	19/03/2024	<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

Nº TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de erotura	Edad (días)	IDENTIFICACIÓN	Carga de rotura (Kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c
1	17/02/2025	21/02/2025	3	5% DE ADITIVO	31925.40	175	15.08	178.75	179	102
2	17/02/2025	21/02/2025	3	5% DE ADITIVO	31583.90	175	15.05	177.54	178	101
3	17/02/2025	21/02/2025	3	5% DE ADITIVO	33153.96	175	15.03	186.86	187	107
4	17/02/2025	25/02/2025	7	5% DE ADITIVO	35915.10	175	15.15	199.23	199	114
5	17/02/2025	25/02/2025	7	5% DE ADITIVO	34815.30	175	15.10	194.41	194	111
6	17/02/2025	25/02/2025	7	5% DE ADITIVO	35025.45	175	15.03	197.41	197	113
7	17/02/2025	04/03/2025	14	5% DE ADITIVO	35145.80	175	15.05	197.56	198	113
8	17/02/2025	04/03/2025	14	5% DE ADITIVO	35215.40	175	14.10	225.53	226	129
9	17/02/2025	04/03/2025	14	5% DE ADITIVO	37125.45	175	15.15	205.95	206	118
10	17/02/2025	11/03/2025	21	5% DE ADITIVO	40025.50	175	15.10	223.51	224	128
11	17/02/2025	11/03/2025	21	5% DE ADITIVO	40125.80	175	15.09	224.36	224	128
12	17/02/2025	11/03/2025	21	5% DE ADITIVO	39820.40	175	15.10	222.36	222	127
13	17/02/2025	19/03/2025	28	5% DE ADITIVO	42907.61	175	15.18	237.08	237	135
14	17/02/2025	19/03/2025	28	5% DE ADITIVO	41400.47	175	15.03	233.34	233	133
15	17/02/2025	19/03/2025	28	5% DE ADITIVO	42970.40	175	14.75	251.47	251	144

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS**

NTP 339.034 (2021)

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'C=175KG/CM <sup>2</sup> CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGUEL MINGA NOLBERTO	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>ADICIÓN:</b>	MUESTRA PATRÓN	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	15/05/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>	13/06/2024	<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

Nº TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de erotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga de rotura (Kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c
1	15/05/2024	19/15/2024	3	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	20737.90	175	15.22	113.98	114	65
2	15/05/2024	19/15/2024	3	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	32652.20	175	14.96	185.76	186	106
3	15/05/2024	19/15/2024	3	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	18558.10	175	15.12	103.36	103	59
4	15/05/2024	23/05/2024	7	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	33186.80	175	15.09	185.56	186	106
5	15/05/2024	23/05/2024	7	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	26133.60	175	15.12	145.55	146	83
6	15/05/2024	23/05/2024	7	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	22491.70	175	15.13	125.10	125	71
7	15/05/2024	30/05/2024	14	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	24898.62	175	15.19	137.39	137	79
8	15/05/2024	30/05/2024	14	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	19932.48	175	15.11	111.16	111	64
9	15/05/2024	30/05/2024	14	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	42876.80	175	14.98	243.28	243	139
10	15/05/2024	06/06/2024	21	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	19414.90	175	15.01	109.72	110	63
11	15/05/2024	06/06/2024	21	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	38599.70	175	15.04	217.27	217	124
12	15/05/2024	06/06/2024	21	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	38746.40	175	14.83	224.31	224	128
13	15/05/2024	13/06/2024	28	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	45042.70	175	15.23	247.25	247	141
14	15/05/2024	13/06/2024	28	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	39100.00	175	15.13	217.47	217	124
15	15/05/2024	13/06/2024	28	1% DE PET + 1% ADITIVO PLASTIFICANTE	25006.20	175	15.09	139.82	140	80

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS**

NTP 339.034 (2021)

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGUEL MINGA NOLBERTO	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>ADICIÓN:</b>	MUESTRA PATRÓN	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	16/05/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>	14/06/2024	<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

Nº TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de erotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga de rotura (Kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c
1	16/05/2024	20/05/2024	3	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	24425.70	175	15.02	137.85	138	79
2	16/05/2024	20/05/2024	3	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	23279.60	175	14.96	132.44	132	76
3	16/05/2024	20/05/2024	3	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	21449.90	175	15.16	118.83	119	68
4	16/05/2024	24/05/2024	7	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	26019.30	175	15.14	144.53	145	83
5	16/05/2024	24/05/2024	7	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	25882.60	175	15.13	143.96	144	82
6	16/05/2024	24/05/2025	7	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	25435.80	175	15.18	140.54	141	80
7	16/05/2024	31/05/2024	14	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	30909.98	175	15.05	173.75	174	99
8	16/05/2024	31/05/2024	14	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	21883.06	175	15.05	123.01	123	70
9	16/05/2024	31/05/2024	14	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	32954.46	175	15.10	184.02	184	105
10	16/05/2024	07/06/2024	21	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	32916.90	175	15.09	184.06	184	105
11	16/05/2024	07/06/2024	21	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	26150.40	175	15.08	146.41	146	84
12	16/05/2024	07/06/2024	21	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	38217.00	175	15.09	213.69	214	122
13	16/05/2024	14/06/2024	28	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	37840.70	175	15.15	209.91	210	120
14	16/05/2024	14/06/2024	28	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	34292.90	175	15.09	191.75	192	110
15	16/05/2024	14/06/2024	28	3% DE PET + 3% ADITIVO PLASTIFICANTE	34285.00	175	15.15	190.19	190	109

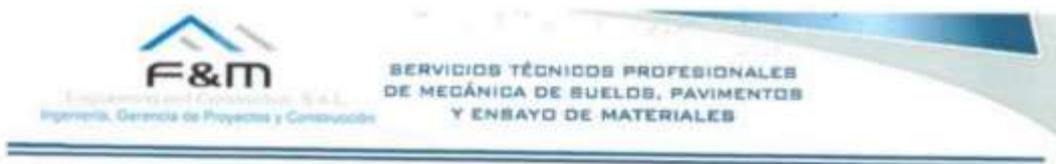
**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS**

NTP 339.034 (2021)

<b>TESIS:</b>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE F'c=175KG/CM2 CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023"		
<b>TESISTA:</b>	CHINGUEL MINGA NOLBERTO	<b>UBICACIÓN</b>	
<b>ADICIÓN:</b>	MUESTRA PATRÓN	<b>DEPARTAMENTO:</b>	CAJAMARCA
<b>F. DE INICIO DE ENSAYO:</b>	17/05/2024	<b>PROVINCIA:</b>	JAÉN
<b>F. DE TERMINO DE ENSAYO:</b>	15/06/2024	<b>DISTRITO:</b>	JAÉN

Nº TESTIGO	Fecha de fabricación	Fecha de erotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga de rotura (Kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Diametro (cm)	Resistencia máxima kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c
1	17/05/2024	21/05/2024	3	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	25133.60	175	15.15	139.42	139	80
2	17/05/2024	21/05/2024	3	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	18999.60	175	15.17	105.12	105	60
3	17/05/2024	21/05/2024	3	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	22154.60	175	15.03	124.87	125	71
4	17/05/2024	25/05/2024	7	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	27094.40	175	15.03	152.71	153	87
5	17/05/2024	25/05/2024	7	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	23946.40	175	14.91	137.15	137	78
6	17/05/2024	25/05/2024	7	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	20849.00	175	15.01	117.82	118	67
7	17/05/2024	01/06/2024	14	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	26941.26	175	15.05	151.44	151	87
8	17/05/2024	01/06/2024	14	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	27517.34	175	15.12	153.25	153	88
9	17/05/2024	01/06/2024	14	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	28046.20	175	15.08	157.03	157	90
10	17/05/2024	08/06/2024	21	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	29960.60	175	15.10	167.30	167	96
11	17/05/2024	08/06/2024	21	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	35476.10	175	15.09	198.37	198	113
12	17/05/2024	08/06/2024	21	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	28820.10	175	15.10	160.94	161	92
13	17/05/2024	15/06/2024	28	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	37850.40	175	15.14	210.25	210	120
14	17/05/2024	15/06/2024	28	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	32290.50	175	15.04	181.76	182	104
15	17/05/2024	15/06/2024	28	5% DE PET + 5% ADITIVO PLASTIFICANTE	32490.60	175	14.90	186.33	186	106

### Anexo 3. Constancia de laboratorio



EL JEFE DE LABORATORIO “F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.”, DEJA:

#### CONSTANCIA

Que el bachiller Chinguel Minga Nolberto, identificado con DNI N° 71120665 durante los meses mayo y junio del 2024, ha realizado los trabajos necesarios en el laboratorio F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.”, para su tesis de pregrado de la universidad Nacional de Cajamarca, titulada “PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ECOLÓGICO DE  $f'c=175\text{Kg/cm}^2$  CON ADICIÓN DE PET TRITURADO Y ADITIVO PLASTIFICANTE, JAÉN 2023”, estos trabajos fueron:

Ensayos de agregados:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico
- Peso unitario
- Absorción

Diseño de mezclas:

- Diseño patrón

Ensayos de propiedades físicas de concreto fresco:

- Temperatura
- Asentamiento
- Peso unitario
- Contenido de aire

Ensayos de propiedades mecánicas de concreto endurecido:

- Resistencia a la compresión

Se expide la presente, para los fines que se estime conveniente

Jaén, junio del 2024

Atentamente

ING. NGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE  
JEFE DE LABORATORIO  
REG. CIP. 232424

# Anexo 4. Registro de propiedad intelectual de laboratorio



SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES  
DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS  
Y ENSAYO DE MATERIALES

Página  
1 de 1



PERU  
Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI



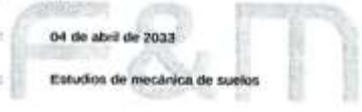
## Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00146585

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 008786-2023/DSD - INDECOPI de fecha 04 de abril de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

- Signo : La denominación F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C. INGENIERÍA, GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
- Clase : 42 de la clasificación Internacional.
- Solicitud : 0004590-2023
- Tiular : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.
- País : Perú
- Vigencia : 04 de abril de 2023
- Distingue : Estudios de mecánica de suelos



*[Handwritten Signature]*  
ING. ANGELA VIVIANI BILLAGUER ALCALDE  
JEFE DE LABORATORIO  
REG. CIP. 2301421

Pág. 1 de 1



Este es una copia autenticada generada de un documento electrónico archivado por Indecopi aplicando el Decreto por el Art. 20 de D.S. 019-2012-PCB y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 021-2019-PCB. Su autenticidad e integridad pueden ser verificadas a través de la siguiente dirección web:  
<https://enfines.indecopi.gob.pe/verificador> Id Documento: v12q0d0p6m

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL  
Calle Du la Prasa 104, San Basilio, Lima 41 - Perú, Fax: 224-7900, Web: www.indecopi.gob.pe



Calle Corticancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Callamarca-Perú



941915761  
949327495



[fengineeringnac@gmail.com](mailto:fengineeringnac@gmail.com)



N°00146584  
N°00146585  
Iso 9001:2015

# Anexo 5. Certificado de calibración de prensa de concreto



**CORPORACIÓN  
 2M & N S.A.C.**  
 Especialistas en Metrología



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

015-CF-2024

Área de Metrología

**Expediente** : 155D-02-2024  
**Solicitante** : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION  
**Dirección** : Mz. C.LI. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú  
**Equipo/ Instrumento** : PRENDA DE CONCRETO  
**Marca** : PINZUAR  
**Modelo** : PC-42  
**Serie** : 492  
**Identificación** : LAB-035  
**Ubicación** : Área de Ensayo II (\*)  
**Procedencia** : Colombia  
**Alcance de indicación** : 1000 kN  
**División de escala** : 0,01 kN  
**Tipo de indicación** : Digital  
**Marca de indicador** : PINZUAR  
**Modelo de indicador** : PC-42  
**Serie de indicador** : 492  
**Dirección de Fuerza** : Compresión  
**Fecha de calibración** : 2024-05-08  
**Lugar** : Área de Ensayo II - F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION  
 Mz. C.LI. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú  
**Método utilizado** : Calibración por comparación con celda patrón tomando como referencia el procedimiento "Procedimiento para la Calibración de Máquinas de Ensayo Uniaxiales" - DM- INACAL Diciembre 2021

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos únicamente para el instrumento calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



2024-05-13  
 Fecha de emisión

Código de Servicio : 06223



ALVAREZ NAVARRO ANIEL  
 GUSTAVO  
 CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
 JEFE DE METROLOGIA LAB 01  
 metrologia@2myn.com  
 Fecha: 13/05/2024 17:54  
 Firmado con: www.firma.pe



VELASCO NAVARRO MARCELO  
 MARCELO  
 CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
 GERENTE GENERAL  
 gerencia@2myn.com  
 Fecha: 14/05/2024 09:09  
 Firmado con: www.firma.pe



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
 Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-8230 | RPC: 889-645-823 / 961-505-289  
 Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

*Marcelo Velasco*  
 ING. MARCELO VELASCO NAVARRO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 REG. CIR. 232423



Colle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
 Sector Pueblo Libre - Jaén -  
 Cajamarca-Perú



941915761  
 949327495



fmengineeringnac@gmail.com

Indecopi

N°00146584  
 N°00146585  
 Iso 9001:2015



**CORPORACIÓN  
2M & N S.A.C.**  
 Especialistas en Metrología

*Laboratorio  
de Calibración*

Certificado de Calibración N° 06223-2014



**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	27,0	26,0
Humedad Relativa (%hr)	71,0	70,0

**Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia PUCP CATÓLICA	Celda Patrón de 100 l	INF-LE 059-24

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta adhesiva, indicando el código de servicio N° 06223 y la fecha de calibración.
- (\*) Dato proporcionado por el solicitante.

**Resultados de medición:**

Dirección de Carga : **Compresión**

FUERZA APLICADA (kN)	SERIE 1 POSICIÓN 0° (kN) ASCENSO	SERIE 2 POSICIÓN 120° (kN) ASCENSO	SERIE 3 POSICIÓN 240° (kN)		F <sub>nominal</sub> (kN)	ERROR (kN)
			ASCENSO	DESCENSO		
100	98,7	98,5	98,5	—	98,6	1,4
200	197,3	196,8	195,3	—	196,4	3,0
300	296,7	296,7	294,1	—	295,8	4,2
400	395,7	389,2	392,5	—	392,8	7,2
500	493,4	489,8	492,8	—	493,3	6,7
600	593,3	585,8	585,7	—	590,5	8,3
700	692,4	685,9	694,2	—	691,3	6,8
800	793,8	786,7	794,9	—	791,9	6,2
900	899,4	900,6	897,4	—	896,1	5,9

**Errores Encontrados del Sistema de Medición de Fuerza**

FUERZA APLICADA (kN)	EXACTITUD a (%)	REPETIBILIDAD b (%)	REVERSIBILIDAD v (%)	RESOLUCIÓN r (%)	ERROR ACCESORIOS s (%)	Incremento del error de exactitud U (%)
100	1,45	0,75	—	0,90	—	1,30
200	1,84	0,93	—	0,28	—	1,30
300	1,41	0,90	—	0,17	—	1,30
400	1,83	1,67	—	0,13	—	1,30
500	1,78	0,62	—	0,10	—	1,30
600	1,81	1,38	—	0,08	—	1,30
700	1,28	1,06	—	0,07	—	1,30
800	1,04	1,03	—	0,06	—	1,30
900	0,99	0,36	—	0,06	—	1,30
Factor de corrección	0,00	—	—	—	—	—



Código de Servicio : **06223**

*[Firma]*  
**ING. NISLA VIVIANA ILLANUEN RECALÓN**  
 REG. CIR. 23242

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
 Jir. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Tel: (01) 361-6230 RPC: 989-645-023 / 981-509-209  
 Página web: www.2myn.com | Correo: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cataamarca-Perú



941915761  
949327495



fmengineering@ymail.com



N°00146584  
N°00146585  
Iso 9001:2015



**CORPORACIÓN  
 2M & N S.A.C.**  
 Especialistas en Metrología

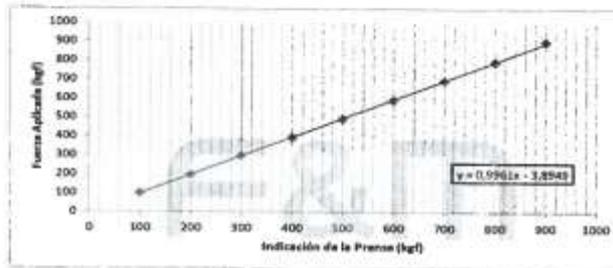


Certificado de Calibración N° 00146584-001  
 Página 3 de 3

Clase de la escala de la máquina	Valor máximo permitido % Según la Norma ISO 7500 - 1					Cero $f_0$
	Resolución	Repetibilidad	Reproducibilidad	Resolución	Repetibilidad	
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	0,25	0,25	± 0,55
1	± 1,0	1,0	± 1,5	0,5	0,5	± 0,1
2	± 2,0	2,0	± 3,0	1	1	± 0,2
3	± 3,0	3,0	± 4,5	1,5	1,5	± 0,3

Ecuación de Ajuste :  $y = 0,9961 x (f) - 3,8949$

Donde : f: Lectura de la Pantalla  
 y: Fuerza Promedio IN



Fin del documento



Código de Servicio : 06223

*[Signature]*  
 ING. VIOLETA VILLANUEVA ALCALDE  
 JEFE DE LABORATORIO

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
 Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 881-505-209  
 Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



Calle Caricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
 Sector Pueblo Libre - Jaén -  
 Cajamarca-Perú



941915761  
 949327495



fmengineeringnac@gmail.com



N°00146584  
 N°00146585  
 Iso 9001:2015

## Anexo 6. Certificado de prensa de tracción indirecta



**F&M LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Ricardo Palma No. 938 Urb. San Joaquín - Belavista - Callao  
 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
 www.pinzuar.com.co



### Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología **IV-07135**

Verification Certificate - Metrology Laboratory

Fecha de verificación: 2023-09-19

#### Datos del cliente

Solicitante: **F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**

Dirección: MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN - JAEN

#### Trazabilidad

El/los certificado(s) de calibración de estos patrón(es) usado(s) como referencia para la verificación en cuestión, que se mencionan en la página se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Pie de rey de 150 mm- Estereos	025292P	L-23351-001



#### Resultados de verificación

#### EQUIPO PARA ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA EN CILINDROS

Norma ASTM C496 Cantidad 1 und

	Equipo 1
Marca	PINZUAR
Referencia	PC2
Serie	No presenta
Código	No presenta

Característica	Valor referencial	Tolerancia	Equipo 1
Dimensiones de ancho	14 mm	± 1 mm	14,11 mm
Dimensiones de largo	25 mm	± 1 mm	25,21 mm
Litones de carbon	10 und	N.A.	10 und



*(Signature)*  
**Ing. Felix Jaramillo**  
 Metrologo - Laboratorio Metrologia



(\*Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Fin del certificado

*(Signature)*  
**ING. NICOLA VILLANO VILLANO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 REG. CIP. 232.121

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
 Fuerza - Longitud - Masa - Par Torsional - Presión - Temperatura



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
 Sector Pueblo Libre - Jaén -  
 Cajamarca-Perú



941915761  
 949327495



timengineeringssoc@gmail.com



N°00146584  
 N°00146585  
 Iso 9001:2015



**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Jardo Palena No. 999 Urb. San Joaquín - Boleáste - Callao  
 Telf: 986 654 547 - 943 877 118  
 www.pinzuar.com.co



**Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología**  
 Verificación Certificada - Metrology Laboratory

**IV-6634**

Fecha de verificación: 2023-04-20

**Datos del cliente**

**Solicitante:** F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION  
**Dirección:** MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN - JAEN

**Trazabilidad**

En los certificado(s) de calibración de estos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Cinta Métrica - Clase II	015001P	L-25931-006
Pie de rey de 150 mm- Estatores	025202P	L-23351-001
Pie de rey de 300 mm- Estatores	015203P	L-25931-004



**Resultados de verificación**

**DISPOSITIVO PARA ENSAYOS DE VIGAS A LA FLEXIÓN**

**Norma:** ASTM C78  
**Referencia:** PC105  
**Modelo:** A020304 **Cantidad:** 1 und

CARACTERÍSTICAS	RESULTADO
Distancia de desplazamiento de la perforación	60,00 mm
Díámetro de los rodillos	31,80 mm
Longitud de los rodillos	172,10 mm
Ancho de la caja porta-rodillo	31,30 mm
Distancia de desplazamiento de la placa superior	262,00 mm



Tec. Aron Soriano  
 Técnico-Laboratorio Metrología



Ing. Febr Jaramillo  
 Metrología-Laboratorio Metrología



[\*] Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se selecciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

*[Signature]*  
 ING. NEELA VIVERA VILLALBA ALCALÁ  
 JEFE DE LABORATORIO

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL PAÍS**  
 Fuerza | Longitud | Masa | Fie. Personal | Presión | Temperatura



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
 Sector Pueblo Libre - Jaén -  
 Cajamarca-Perú



941915761  
 949327495



fmengineeringso@gmail.com



N°00146584  
 N°00146585  
 Iso 9001:2015

## Anexo 7. Análisis estadístico de los resultados de la temperatura

<i>Análisis de la temperatura del concreto</i>				
N° testigo	% de adición de PET y aditivo			
	0	1.0	3.0	5.0
1	29.20	20.30	19.80	19.60
2	28.70	20.40	19.70	18.90
3	28.90	19.90	19.50	19.20
<i>Promedio</i>	<i>28.93</i>	<i>20.20</i>	<i>19.67</i>	<i>19.23</i>

ANOVA: Single Factor

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
0.00	3.00	86.80	28.93	0.06	0.13	0.15	28.58	29.29	
1.00	3.00	60.60	20.20	0.07	0.14	0.15	19.85	20.55	
3.00	3.00	59.00	19.67	0.02	0.05	0.15	19.31	20.02	
5.00	3.00	57.70	19.23	0.12	0.25	0.15	18.88	19.59	

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grc	193.23	3.00	64.41	920.14	0.00000000	1.00	17.51	1.00
Within Group	0.56	8.00	0.07					
Total	193.79	11.00	17.62					

TUKEY HSD/KRAMER

TUKEY HSD/KRAMER						alpha	0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit			
0.00	28.93	3.00	0.13					
1.00	20.20	3.00	0.14					
3.00	19.67	3.00	0.05					
5.00	19.23	3.00	0.25					
		12.00	0.56	8.00	4.53			

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d	Interpretación
0.00	1.00	8.73	0.15	57.17	8.04	9.43	0.00000000	0.69	33.01	Si existen diferencias significativas
0.00	3.00	9.27	0.15	60.66	8.57	9.96	0.00000000	0.69	35.02	Si existen diferencias significativas
0.00	5.00	9.70	0.15	63.50	9.01	10.39	0.00000000	0.69	36.66	Si existen diferencias significativas
1.00	3.00	0.53	0.15	3.49	-0.16	1.23	0.14036298	0.69	2.02	No existen diferencias significativas
1.00	5.00	0.97	0.15	6.33	0.27	1.66	0.00892629	0.69	3.65	Si existen diferencias significativas
3.00	5.00	0.43	0.15	2.84	-0.26	1.13	0.26202959	0.69	1.64	No existen diferencias significativas

## Anexo 8. Análisis estadístico de los resultados del ensayo del Slump

<i>Análisis del Slump del concreto</i>				
N° testigo	% de adición de PET y aditivo			
	0	1.0	3.0	5.0
1	3.20	8.40	8.50	5.70
2	3.50	8.50	8.20	5.40
3	3.10	8.00	8.00	5.00
<i>Promedio</i>	<i>3.27</i>	<i>8.30</i>	<i>8.23</i>	<i>5.37</i>

ANOVA: Single Factor

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
0.00	3.00	9.80	3.27	0.04	0.09	0.16	2.90	3.63	
1.00	3.00	24.90	8.30	0.07	0.14	0.16	7.94	8.66	
3.00	3.00	24.70	8.23	0.06	0.13	0.16	7.87	8.60	
5.00	3.00	16.10	5.37	0.12	0.25	0.16	5.00	5.73	

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grc	53.43	3.00	17.81	237.46	0.00000004	0.99	8.90	0.98
Within Group	0.60	8.00	0.08					
Total	54.03	11.00	4.91					

TUKEY HSD/KRAMER

group		mean	n	ss	df	q-crit
0.00	3.27	3.00	0.09			
1.00	8.30	3.00	0.14			
3.00	8.23	3.00	0.13			
5.00	5.37	3.00	0.25			
		12.00	0.60	8.00	4.53	

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d	Interpretación
0.00	1.00	5.03	0.16	31.83	4.32	5.75	0.00000007	0.72	18.38	Sí existen diferencias significativas
0.00	3.00	4.97	0.16	31.41	4.25	5.68	0.00000008	0.72	18.14	Sí existen diferencias significativas
0.00	5.00	2.10	0.16	13.28	1.38	2.82	0.00006292	0.72	7.67	Sí existen diferencias significativas
1.00	3.00	0.07	0.16	0.42	-0.65	0.78	0.99008065	0.72	0.24	No existen diferencias significativas
1.00	5.00	2.93	0.16	18.55	2.22	3.65	0.00000510	0.72	10.71	Sí existen diferencias significativas
3.00	5.00	2.87	0.16	18.13	2.15	3.58	0.00000608	0.72	10.47	Sí existen diferencias significativas

## Anexo 9. Análisis estadístico de los resultados del ensayo del contenido de aire

<i>Análisis del contenido de aire del concreto</i>				
<i>N° testigo</i>	<i>% de adición de PET y aditivo</i>			
	<i>0</i>	<i>1.0</i>	<i>3.0</i>	<i>5.0</i>
1	2.22	2.14	2.27	2.48
2	2.15	2.13	2.40	2.40
3	2.38	2.17	2.39	2.56
<i>Promedio</i>	<i>2.25</i>	<i>2.15</i>	<i>2.35</i>	<i>2.48</i>

ANOVA: Single Factor

DESCRIPTION					Alpha		0.05		
<i>Group</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>SS</i>	<i>Std Err</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	
0.00	3.00	6.75	2.25	0.01	0.03	0.05	2.14	2.36	
1.00	3.00	6.44	2.15	0.00	0.00	0.05	2.04	2.25	
3.00	3.00	7.06	2.35	0.01	0.01	0.05	2.25	2.46	
5.00	3.00	7.44	2.48	0.01	0.01	0.05	2.37	2.59	

ANOVA

<i>Sources</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P value</i>	<i>Eta-sq</i>	<i>RMSSE</i>	<i>Omega Sq</i>
Between Grc	0.18	3.00	0.06	9.40	0.00532214	0.78	1.77	0.68
Within Group	0.05	8.00	0.01					
Total	0.24	11.00	0.02					

TUKEY HSD/KRAMER

		alpha		0.05	
<i>group</i>	<i>mean</i>	<i>n</i>	<i>ss</i>	<i>df</i>	<i>q-crit</i>
0.00	2.25	3.00	0.03		
1.00	2.15	3.00	0.00		
3.00	2.35	3.00	0.01		
5.00	2.48	3.00	0.01		
		12.00	0.05	8.00	4.53

Q TEST

<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>mean</i>	<i>std err</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p-value</i>	<i>mean-crit</i>	<i>Cohen d</i>	<i>Interpretación</i>
0.00	1.00	0.10	0.05	2.22	-0.11	0.31	0.44427614	0.21	1.28	No existen diferencias significativas
0.00	3.00	0.10	0.05	2.22	-0.11	0.31	0.44427614	0.21	1.28	No existen diferencias significativas
0.00	5.00	0.23	0.05	4.94	0.02	0.44	0.03314828	0.21	2.85	Sí existen diferencias significativas
1.00	3.00	0.21	0.05	4.44	0.00	0.42	0.05447310	0.21	2.57	No existen diferencias significativas
1.00	5.00	0.33	0.05	7.17	0.12	0.54	0.00426330	0.21	4.14	Sí existen diferencias significativas
3.00	5.00	0.13	0.05	2.72	-0.08	0.34	0.29052124	0.21	1.57	No existen diferencias significativas

## Anexo 10. Análisis estadístico de los resultados del ensayo del peso unitario

<i>Análisis del peso unitario del concreto</i>				
N° testigo	% de adición de PET y aditivo			
	0	1.0	3.0	5.0
1	2376.00	2365.00	2282.00	2264.00
2	2402.00	2375.00	2437.00	2282.00
3	2375.00	2355.00	2131.00	2204.00
<i>Promedio</i>	<i>2384</i>	<i>2365</i>	<i>2283</i>	<i>2250</i>

ANOVA: Single Factor

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
0.00	3.00	7153.00	2384.33	234.33	468.67	46.02	2278.21	2490.45	
1.00	3.00	7095.00	2365.00	100.00	200.00	46.02	2258.88	2471.12	
3.00	3.00	6850.00	2283.33	23410.33	46820.67	46.02	2177.21	2389.45	
5.00	3.00	6750.00	2250.00	1668.00	3336.00	46.02	2143.88	2356.12	

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grc	37219.33	3.00	12406.44	1.95	0.19976231	0.42	0.81	0.19
Within Group	50825.33	8.00	6353.17					
Total	88044.67	11.00	8004.06					

TUKEY HSD/KRAMER

		alpha		0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
0.00	2384.33	3.00	468.67		
1.00	2365.00	3.00	200.00		
3.00	2283.33	3.00	46820.67		
5.00	2250.00	3.00	3336.00		
		12.00	50825.33	8.00	4.53

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d	Interpretación
0.00	1.00	19.33	46.02	0.42	-189.09	227.75	0.99018424	208.42	0.24	No existen diferencias significativas
0.00	3.00	101.00	46.02	2.19	-107.42	309.42	0.45364942	208.42	1.27	No existen diferencias significativas
0.00	5.00	134.33	46.02	2.92	-74.09	342.75	0.24289921	208.42	1.69	No existen diferencias significativas
1.00	3.00	81.67	46.02	1.77	-126.75	290.09	0.61290106	208.42	1.02	No existen diferencias significativas
1.00	5.00	115.00	46.02	2.50	-93.42	323.42	0.35357010	208.42	1.44	No existen diferencias significativas
3.00	5.00	33.33	46.02	0.72	-175.09	241.75	0.95385388	208.42	0.42	No existen diferencias significativas

## Anexo 11. Análisis estadístico de los resultados de la resistencia a la compresión

<i>Análisis de la resistencia a compresión a la edad de 28 días de curado</i>				
<i>N° testigo</i>	<i>% de adición de PET y aditivo</i>			
	<i>0</i>	<i>1.0</i>	<i>3.0</i>	<i>5.0</i>
1	217.16	247.25	209.91	210.25
2	194.45	217.47	191.75	181.76
3	206.37	139.82	190.19	186.33
<i>Promedio</i>	<i>205.99</i>	<i>201.52</i>	<i>197.28</i>	<i>192.78</i>

ANOVA: Single Factor

DESCRIPTION					Alpha 0.05				
<i>Group</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>SS</i>	<i>Std Err</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	
0.00	3.00	617.98	205.99	128.94	257.89	17.22	166.28	245.71	
1.00	3.00	604.55	201.52	3076.09	6152.17	17.22	161.80	241.23	
3.00	3.00	591.85	197.28	120.24	240.49	17.22	157.57	237.00	
5.00	3.00	578.34	192.78	234.07	468.14	17.22	153.06	232.49	

ANOVA

<i>Sources</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P value</i>	<i>Eta-sq</i>	<i>RMSSE</i>	<i>Omega Sq</i>
Between Groups	288.83	3.00	96.28	0.11	0.95292198	0.04	0.19	-0.29
Within Groups	7118.68	8.00	889.84					
Total	7407.51	11.00	673.41					

TUKEY HSD/KRAMER

alpha 0.05

<i>group</i>	<i>mean</i>	<i>n</i>	<i>ss</i>	<i>df</i>	<i>q-crit</i>
0.00	205.99	3.00	257.89		
1.00	201.52	3.00	6152.17		
3.00	197.28	3.00	240.49		
5.00	192.78	3.00	468.14		
		12.00	7118.68	8.00	4.53

Q TEST

<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>mean</i>	<i>std err</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p-value</i>	<i>mean-crit</i>	<i>Cohen d</i>	<i>Interpretación</i>
0.00	1.00	4.48	17.22	0.26	-73.52	82.48	0.99760558	78.00	0.15	No existen diferencias significativas
0.00	3.00	8.71	17.22	0.51	-69.29	86.71	0.98321668	78.00	0.29	No existen diferencias significativas
0.00	5.00	13.22	17.22	0.77	-64.78	91.22	0.94598259	78.00	0.44	No existen diferencias significativas
1.00	3.00	4.23	17.22	0.25	-73.77	82.23	0.99797934	78.00	0.14	No existen diferencias significativas
1.00	5.00	8.74	17.22	0.51	-69.26	86.74	0.98306910	78.00	0.29	No existen diferencias significativas
3.00	5.00	4.51	17.22	0.26	-73.49	82.51	0.99756317	78.00	0.15	No existen diferencias significativas

## Anexo 12. Panel fotográfico

### Figura 23

#### Recolección de PET triturado



### Figura 24

#### Contenido de humedad del agregado fino



**Figura 25**

*Temperatura del concreto en estado fresco con 3% PET.*



**Figura 26**

*Asentamiento (Slump) del concreto con 1% PET + 1% aditivo.*



**Figura 27**

*Peso unitario del concreto sin adición*



**Figura 28**

*Contenido de aire del concreto en estado fresco con 3% PET + 3% aditivo.*



**Figura 29**

*Rotura de testigos de concreto con adición de 5% PET + 5% aditivo a los 28 días.*

