

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia del PET reciclado en las propiedades físico-mecánicas de adoquines elaborados con agregados de la cantera Río Bado de Huamachuco

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería urbana, Ingeniería estructural

Sub línea de investigación: Estructuras y Materiales

Autores:

Max Lopez, Eddy Fernando Manuel

Ramos Marquina, Luis Jeffrey

Jurado Evaluador:

Presidente : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edwar

Secretario : Gálvez Paredes, José Alcides

Vocal : Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

Trujillo – Perú

2023

Fecha de Sustentación: 2023/ 10 /11

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia del PET reciclado en las propiedades físico-mecánicas de adoquines elaborados con agregados de la cantera Río Bado de Huamachuco

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería urbana, Ingeniería estructural

Sub línea de investigación: Estructuras y Materiales

Autores:

Max Lopez, Eddy Fernando Manuel

Ramos Marquina, Luis Jeffrey

Jurado Evaluador:

Presidente : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edwar

Secretario : Gálvez Paredes, José Alcides

Vocal : Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

Trujillo – Perú

2023

Fecha de Sustentación: 2023/ 10 /11

Influencia del PET reciclado en las propiedades físico-mecánicas de adoquines elaborados con agregados de la cantera Río Bado de Huamachuco

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	12%	0%	20%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	15%
2	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%



Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal
Docente Asesor
Reg. CIP: 76695

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Lucio Sigifredo Medina Carbajal**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Influencia del Pet reciclado en las propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con agregados de la cantera Río Bado de Huamachuco”**, de los autores **Max Lopez, Eddy Fernando Manuel y Ramos Marquina, Luis Jeffrey**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud 19%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 08 de septiembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte de tesis, “Influencia del Pet reciclado en las propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con agregados de la cantera Río Bado de Huamachuco” y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normar establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Trujillo, 11 de octubre del 2023



Max Lopez Eddy Fernando Manuel
DNI: 73330951



Ramos Marquina Luis Jeffrey
DNI: 73330951



Medina Carbajal Lucio Sigifredo

DNI: 40534510

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

DEDICATORIA

A mis padres, Edison y Rosa, gracias a ellos y su apoyo constante fue posible dar este paso. Por motivarme a nunca rendirme y que para lograr lo que uno quiere se basa en trabajo y esfuerzo.

A mi hermana, Katy, quien día a día estuvo presente y ante todo apoyándome en los momentos difíciles.

A mis familiares en general, muchos de ellos fueron referentes en mi formación profesional.

Br. Max Lopez, Eddy Fernando Manuel

DEDICATORIA

A Dios por estar conmigo cuidándome y guiándome.

A mis padres por estar pendientes de mi bienestar y educación, siendo un gran apoyo en cada momento. Generando una confianza en mi persona para poder superar los obstáculos que se presentaron a lo largo de mi carrera. Es por ello que he ido avanzando y llegar a cumplir uno de mis sueños.

Br. Ramos Marquina, Luis Jeffrey

AGRADECIMIENTO

A nuestro Asesor, Ms. Lucio Medina Carbajal, por su apoyo y paciencia en todo nuestro proceso de investigación.

A mis padres, por la educación que me brindaron, formando en mí una persona con buenos valores, sentimientos y las ganas de seguir creciendo como profesional.

A la Universidad Privada Antenor Orrego, la cual fue mi casa durante 5 años. A todos mis docentes, quienes me dejaron parte de sus valiosos conocimientos.

A mi grupo de amigos, que durante 5 años nos mantuvimos unidos y logramos superar cada obstáculo.

A todas las personas que con su apoyo fue posible lograr este trabajo de investigación.

Br. Max Lopez, Eddy Fernando Manuel

AGRADECIMIENTO

Al Ms. Lucio Medina Carbajal, quien fue nuestro asesor y nos guio durante todo el procedimiento.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por su comprensión y su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mis profesores, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias para poder formarme como profesional y así culminar con éxito esta investigación.

A todos aquellos que con su apoyo hicieron posible el desarrollo de nuestra tesis.

Br. Ramos Marquina, Luis Jeffrey

RESUMEN

La presente tesis trata sobre la influencia del PET reciclado en las propiedades físico – mecánicas de adoquines. Tomando como objetivo, determinar la influencia en las propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con PET reciclado al 4% y 8%. Proponiendo este plástico como agregado.

La metodología de la investigación es aplicada y experimental, mediante la cual se evaluó las propiedades físico – mecánicas, bajo las normativas de la norma técnica peruana NTP 399.611, el Manual de Ensayo de Materiales RD N° 18 – 2016 – MTC/14 y la Norma ACI 211.

Referenciando las normas del Manual de ensayos de materiales, se realizó la caracterización de los agregados, donde se obtuvieron los valores de 0.31% de humedad natural en la piedra y 0.96% en arena; dando como $3/4"$ el TNM y 2.40 el módulo de finura. También se realizó el peso unitario suelto y compactado para la piedra, siendo 1364 kg/m^3 y 1665 kg/m^3 , mientras que la arena 1522 kg/m^3 y 1797 kg/m^3 respectivamente; finalizando por el peso específico y porcentaje de absorción de la piedra, siendo de 2.46 y 1.04%, mientras que la arena 2.82 y 2.21%. Habiendo realizado la caracterización de agregados, se realizó el diseño de mezcla según el ACI 211 donde se obtuvo $a/c = 0.45$.

Seleccionamos especímenes prismáticos de $20\text{cm} \times 10\text{cm} \times 6\text{cm}$ para la realización de todos los ensayos, resistencia a la compresión, según NTP 399.064; resistencia a la flexión, según la NTG 41087 y Ensayo de porcentaje de absorción, según ASTM C 140. Considerando que todos los adoquines superan $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, cumpliendo con lo estipulado en la NTP 399.611.

Por último, evaluamos los resultados mediante tablas y gráficos comparativos de los valores a compresión, flexión y absorción de todos los especímenes (patrón, patrón + 4% y patrón + 8% de PET reciclado) ensayados a los 7, 14 y 28 días. Tomando como referencia el adoquín patrón para los ensayos de resistencia a la flexión.

Palabras clave: Adoquín, PET reciclado, propiedades físico – mecánicas.

ABSTRACT

This thesis deals with the influence of recycled PET on the physical-mechanical properties of paving stones. Taking as objective to determine the influence on the physical-mechanical properties of pavers made with recycled PET at 4% and 8%. Proposing this plastic as an aggregate.

The methodology of the research is applied and experimental, through which the physical-mechanical properties were evaluated, under the regulations of the Peruvian technical standard NTP 399.611, the Materials Testing Manual RD N° 18 – 2016 – MTC / 14 and the ACI 211 Standard.

Referencing the standards of the Material Testing Manual, the characterization of the aggregates was carried out, where the values of 0.31% of natural humidity in the stone and 0.96% in sand were obtained; giving as 3/4" the TNM and 2.40 the fineness modulus. The loose and compacted unit weight for the stone was also made, being 1364 kg / m³ and 1665 kg / m³, while the sand 1522 kg / m³ and 1797 kg / m³ respectively; ending by the specific weight and percentage of absorption of the stone, being 2.46 and 1.04%, while the sand 2.82 and 2.21%. Having performed the characterization of aggregates, the mixture design was carried out according to ACI 211 where $a / c = 0.45$ was obtained.

We selected prismatic specimens of 20cmx10cmx6cm for the performance of all tests, compressive strength, according to NTP 399,064; flexural strength, according to NTG 41087 and Absorption percentage test, according to ASTM C 140. Considering that all pavers exceed $f'c = 320 \text{ kg / cm}^2$, complying with the provisions of NTP 399.611.

Finally, we evaluated the results through comparative tables and graphs of the compression, bending and absorption values of all specimens (pattern, pattern + 4% and pattern + 8% recycled PET) tested at 7, 14 and 28 days. Taking as reference the standard paving stone for flexural strength tests.

Key Words: Cobblestone, recycled PET, physical-mechanical properties.

INDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
INDICE	x
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de Investigación	1
1.2. Formulación del problema:	3
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Justificación:	4
II. MARCO DE REFERENCIA.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Marco Teórico.....	8
2.3. Marco Conceptual	30
2.4 Sistema de Hipótesis, Variables e Indicadores.....	33
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	35
3.1. Tipo y Nivel de Investigación	35
3.2. Población y Muestra de estudio.....	35
3.3. Diseño de investigación.....	37
3.4. Técnicas e Instrumentos de investigación	37
3.5. Procesamiento y análisis de Datos.....	38
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	40

4.1. Propuesta de investigación.....	40
4.2. Análisis e Interpretación de resultados.....	41
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	90
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de Adoquines</i>	9
Tabla 2 <i>Tolerancia dimensional de los adoquines</i>	11
Tabla 3 <i>Tipos de cemento</i>	13
Tabla 4 <i>Límite Permisible del agua</i>	14
Tabla 5 <i>Granulometría del agregado fino</i>	15
Tabla 6 <i>Granulometría agregado grueso</i>	16
Tabla 7 <i>Absorción máxima de adoquines</i>	18
Tabla 8 <i>Relación de rotura por compresión</i>	18
Tabla 9 <i>Módulo de rotura</i>	19
Tabla 10 <i>Propiedades del plástico</i>	24
Tabla 11 <i>Determinación de la resistencia requerida</i>	25
Tabla 12 <i>Asentamiento del concreto</i>	26
Tabla 13 <i>Contenido de aire atrapado</i>	26
Tabla 14 <i>Agua de mezcla</i>	27
Tabla 15 <i>Relación agua cemento</i>	27
Tabla 16 <i>TMN del agregado grueso y MDF del agregado fino</i>	29
Tabla 17 <i>Operacionalización de variables</i>	34
Tabla 18 <i>Cantidad de testigos para ensayos de resistencia</i>	36
Tabla 19 <i>Cantidad de testigos para ensayos de absorción</i>	37
Tabla 20 <i>Datos granulométricos del Agregado Fino</i>	41
Tabla 21 <i>Datos granulométricos del Agregado Grueso</i>	43
Tabla 22 <i>Ensayo de contenido de Humedad del Agregado Fino</i>	45
Tabla 23 <i>Ensayo de contenido de Humedad del Agregado Grueso</i>	45
Tabla 24 <i>Peso unitario suelto del agregado fino</i>	46
Tabla 25 <i>Peso unitario suelto del agregado grueso</i>	46
Tabla 26 <i>Peso unitario compactado del agregado fino</i>	47
Tabla 27 <i>Peso unitario compactado del agregado grueso</i>	47
Tabla 28 <i>Resultados del específico y absorción del agregado fino</i>	48
Tabla 29 <i>Resultados del específico y absorción del agregado grueso</i>	48
Tabla 30 <i>Datos de la muestra a trabajar – Patrón</i>	50

Tabla 31	<i>Corrección por humedad de los agregados</i>	51
Tabla 32	<i>Peso por tanda de los materiales – Patrón</i>	51
Tabla 33	<i>Datos de la muestra a trabajar – Patrón + 4% Pet reciclado</i>	52
Tabla 34	<i>Corrección por humedad – Patrón + 4% Pet reciclado</i>	54
Tabla 35	<i>Peso por tanda de los materiales – Patrón + 4% Pet reciclado</i>	54
Tabla 36	<i>Datos de la muestra a trabajar – Patrón + 8% Pet reciclado</i>	55
Tabla 37	<i>Corrección por humedad – Patrón + 8% Pet reciclado</i>	56
Tabla 38	<i>Peso por tanda de los materiales – Patrón + 8% Pet reciclado</i>	57
Tabla 39	<i>Peso por tanda de materiales de cada diseño de mezcla</i>	57
Tabla 40	<i>Absorción de Adoquines – Patrón</i>	58
Tabla 41	<i>Absorción de Adoquines – Patrón + 4% Pet</i>	58
Tabla 42	<i>Absorción de Adoquines – Patrón + 8% Pet</i>	58
Tabla 43	<i>Resultados de compresión – Patrón 7 días</i>	59
Tabla 44	<i>Resultados de compresión – Patrón 14 días</i>	60
Tabla 45	<i>Resultados de compresión – Patrón 28 días</i>	61
Tabla 46	<i>Compresión promedio – Patrón a los 7,14 y 28 días</i>	62
Tabla 47	<i>Resultados de compresión – Patrón + 4% de Pet 7 días</i>	64
Tabla 48	<i>Resultados de compresión – Patrón + 4% de Pet 14 días</i>	65
Tabla 49	<i>Resultados de compresión – Patrón + 4% de Pet 28 días</i>	66
Tabla 50	<i>Compresión promedio – Patrón + 4% Pet a los 7,14 y 28 días</i>	67
Tabla 51	<i>Resultados de compresión – Patrón + 8 % Pet 7 días</i>	69
Tabla 52	<i>Resultados de compresión – Patrón + 8% Pet 14 días</i>	70
Tabla 53	<i>Resultados de compresión – Patrón + 8% Pet 28 días</i>	71
Tabla 54	<i>Compresión promedio – Patrón + 8% Pet a los 7,14 y 28 días</i>	72
Tabla 55	<i>Resultados de Flexión – Patrón 7 días</i>	75
Tabla 56	<i>Resultados de Flexión – Patrón 14 días</i>	76
Tabla 57	<i>Resultados de Flexión – Patrón 28 días</i>	77
Tabla 58	<i>Flexión promedio – Patrón a los 7,14 y 28 días</i>	78
Tabla 59	<i>Resultados de Flexión – Patrón + 4 Pet, 7 días</i>	80
Tabla 60	<i>Resultados de Flexión – Patrón + 4 Pet, 14 días</i>	81
Tabla 61	<i>Resultados de Flexión – Patrón + 4 Pet, 28 días</i>	82
Tabla 62	<i>Flexión promedio – Patrón + 4% Pet a los 7,14 y 28 días</i>	83
Tabla 63	<i>Resultados de Flexión – Patrón + 8 Pet, 7 días</i>	85

Tabla 64 <i>Resultados de Flexión – Patrón + 8 Pet, 14 días</i>	86
Tabla 65 <i>Resultados de Flexión – Patrón + 8 Pet, 28 días</i>	87
Tabla 66 <i>Resultados del análisis de los agregados</i>	90
Tabla 67 <i>Absorción promedio</i>	91
Tabla 68 <i>Resumen de resistencia a la compresión</i>	92
Tabla 69 <i>Resumen de resistencia a la Flexión a los 28 días</i>	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Adoquines para pavimento articulado de uso peatonal.....</i>	9
Figura 2 <i>Adoquines para pavimento articulado de uso vehicular ligero</i>	10
Figura 3 <i>Adoquines para pavimento articulado de uso vehicular pesado</i>	10
Figura 4 <i>Partes de un adoquín.....</i>	11
Figura 5 <i>Puntos de colocación para ensayo de flexión</i>	20
Figura 6 <i>Codificación del tereftalato de polietileno (PET).....</i>	22
Figura 7 <i>Presentación de la curva granulométrica del Agregado Fino.....</i>	42
Figura 8 <i>Presentación de la curva granulométrica del Agregado Grueso</i>	44
Figura 9 <i>Esfuerzo vs Tiempo de una resistencia - Patrón.....</i>	63
Figura 10 <i>Esfuerzo vs Tiempo, Patrón + 4% Pet reciclado</i>	68
Figura 11 <i>Esfuerzo vs Tiempo, Patrón + 8% Pet reciclado</i>	73
Figura 12 <i>Resultados de Esfuerzo vs Tiempo, Patrón, 4% y 8%</i>	74
Figura 13 <i>Flexión vs Tiempo en una muestra - Patrón.....</i>	79
Figura 14 <i>Flexión vs Tiempo muestra – Patrón + 4% de Pet reciclado.....</i>	84
Figura 15 <i>Flexión vs Tiempo muestra – Patrón + 8% de Pet reciclado.....</i>	88
Figura 16 <i>Resultados de Flexión vs Tiempo, Patrón, 4% y 8%.....</i>	89
Figura 17 <i>Demostración de absorción promedio.....</i>	92
Figura 18 <i>Demostración de resistencia a la compresión.....</i>	93
Figura 19 <i>Demostración de resistencia a la flexión.....</i>	94

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de Investigación

A nivel mundial, especialmente en las grandes ciudades de los países de América Latina y el Caribe, los residuos sólidos han representado uno de los problemas más graves durante décadas (Sáez & Urdaneta, 2014). En la actualidad, (Meza, 2018) señala que alrededor de 18 millones de toneladas de plástico flotan en el océano pacífico; siendo ésta la causa más significativa de la contaminación ambiental; considerando que, una botella plástica (PET) tarda alrededor de 700 a 1000 años en degradarse. Por otro lado, (Cristián et al., 2003) señaló que, en la última década, se produjeron alrededor de 1,000 y 1,900 millones de toneladas de basura en el mundo; de las cuales, el 30% recibe un tratamiento apropiado, incrementando, no solo problemas ambientales; sino también, sociales y económicos.

Por otra parte, el plástico y botellas PET se puede reciclar y ser transformado; sin embargo, éste no puede ser reutilizado, debido a las toxinas que libera bajo efectos del calor, generando enfermedades en la población; desde respiratorias, hasta cancerígenas (Gómez, 2016).

Una característica importante en obra civil, es la resistencia a la compresión; ésta es una parte básica del trabajo diario y se utiliza en casi todo tipo de estructuras construidas en la actualidad. (De la Colina & Ramírez, 1999). Además, ésta permite llevar el registro de los parámetros de carga aceptables, convirtiéndose en uno de los requerimientos de construcción más frecuentes para los ingenieros; desde carreteras, hasta casas (Muñoz, 2018).

En Latinoamérica, específicamente en Uruguay, la norma UNIT 787 "Pavimentos de hormigón de cemento Portland"; Determina los requisitos para el control de calidad, tales como; resistencia a la compresión, características geométricas y de aspecto, el tipo de materiales utilizados en la fabricación, desgaste y absorción. (Vila et al., 2017) De igual forma, en Ecuador, diversos estudios han demostrado que; los adoquines hechos por hormigón, para favorecer a las resistencias cilíndricas de 32 MPa, 35 MPa y 40 MPa, presentan deterioro

temprano en el producto. Según (Chaluiza, 2012), esta deformación, se debe a la falta de actualización de algunos aspectos referentes a las normas INEN, inclinados al control de calidad.

En el Perú, en el año 2016, se generaron 7'005,576 toneladas de residuos sólidos municipales urbanos; de los cuales, el 18.7% está conformado por residuos como; papel, cartón, vidrio, plástico PET, plástico duro, etc. (MINAM, 2018) Asimismo, se producen cerca de 23,000 toneladas de basura diaria; de las cuales, solo el 15% se logra reciclar. (Blancard et al., 2019) Por ello, es de suma importancia, manejar los residuos sólidos de forma apropiada, con el fin de alcanzar un ambiente sostenible y sustentable.

En Trujillo, algunos adoquines ubicados en el centro de la ciudad; presentan un alto porcentaje de absorción, causado principalmente por factores climatológicos, como fuertes precipitaciones, demostrando una baja resistencia a la compresión (Barrantes & Holguín, 2015).

En Huamachuco, el desarrollo de vías pavimentadas es de suma necesidad para el desarrollo de la población, pero la inexistencia de fábricas de asfalto en la ciudad, como su lejanía y la dificultad de usar concreto premezclado para el vaciado de vías, aumentado a su alto costo hace que se busque en los pavimentos adoquinados una solución vial, además que se pretende usar el plástico PET acumulado como una solución de resistencia, utilizando agregados de la cantera del Rio Bado ubicado a 18 Km de la ciudad de Huamachuco.

Por lo que, es de suma importancia cumplir con la NTP 399.611 – 2017 “Unidades de albañilería - Requisitos para adoquines de concreto para pavimento”, (Malca, 2017) y la NTP 400.012 – 2001 “Análisis granulométrico del agregado fin, grueso y global”. (Huachaca, 2014) con el fin de buscar alternativas para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del concreto; así como también, minimizar el coste de fabricación, deterioro al medio ambiente y a la salud pública.

1.2. Formulación del problema:

¿De qué manera el uso de PET reciclado influye en las propiedades físico – mecánicas de los adoquines elaborados con agregados de la cantera Río Bado de Huamachuco?

1.3. Objetivos

Objetivo General

Determinar la influencia en las propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con PET reciclado al 4% y 8% con agregados de la cantera Río Bado.

Objetivos Específicos

- Realizar el análisis de las propiedades físicas de los agregados fino y grueso para el diseño de mezcla del adoquín, de acuerdo a la normativa NTP 400.012 y la NTP 339.185.
- Determinar el diseño de mezcla para adoquines de concreto $f'c = 350$ kg/cm² con adición de plástico PET reciclable, con muestra patrón y en porcentajes de adición del 4 y 8%, de acuerdo al método del ACI 211.1
- Elaborar adoquines de concreto de 20 cm x 10 cm x 6 cm adicionando plástico PET reciclado al 4% y 8%, para determinar la resistencia a compresión de acuerdo a la norma NTP 399.604.
- Elaborar adoquines de concreto de 20 cm x 10 cm x 6 cm adicionando plástico PET reciclado al 4% y 8%, para determinar la resistencia a flexión de acuerdo a la norma NTG 41087 h1, NTG 41086.
- Elaborar adoquines de concreto de 20 cm x 10 cm x 6 cm adicionando plástico PET reciclado al 4% y 8%, para determinar su propiedad de absorción de acuerdo a la norma ASTM C 140 y NTP 399.604.

1.4. Justificación:

La investigación se justifica académicamente, porque se ha utilizado metodologías y conocimientos anteriormente desarrollados y disponibles para el conocimiento general, como también normativas nacionales e internacionales para poder desarrollar la investigación.

La investigación se justifica socialmente, porque se está buscando generar un aporte novedoso y viable para la sociedad, desarrollando adoquines con materiales reciclados, apoyando así a la cultura de reciclaje en la sociedad y en el desarrollo de vías adoquinadas para la ciudad de Huamachuco.

La investigación se justifica ambientalmente, ya que se busca encontrar un nuevo beneficio a un material contaminante como el plástico, hallando así nuevos beneficios y pudiendo convertir ese material que termina como desecho en un material utilizable para la construcción, reduciendo la contaminación.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes

Antecedentes Internacionales:

Suárez J. (2020) en su trabajo de grado, que es requisito parcial para optar el título de Ingeniería Civil titulado **“Estudio de la factibilidad para la producción de adoquines no convencionales a partir de la reutilización del polietileno de baja densidad de Ibagué”** tiene como finalidad disminuir la cantidad de residuos producidos en su ciudad, generando de esa forma nuevos puestos de trabajo, ya que así se va a contribuir al desarrollo de la región. Se terminó concluyendo del estudio anterior, que se logró factibilidad en todos los aspectos que se estudiaron en la tesis: aceptación en el mercado, factibilidad técnica, organizacional y financiera, llegando a lograr un valor presente neto de \$3 649 254 570.65 con una tasa interna de retorno del 460%. Con respecto a nuestro estudio, el aporte de la siguiente tesis es el de elaborar el diseño del producto, del proceso y de las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la planta, obteniendo como producto final un adoquín compuesto de arena y LDPE (75-25%).

Valbuena S. (2021) en su tesis para optar el Título en Ingeniería Civil titulada **“Diseño de prototipaje de adoquín de bajo tráfico vehicular tipo gramadoquín usando plástico de asta densidad reciclado tipo HDPE”** de la Universidad Piloto – Colombia, tuvo como principal objetivo comparar la resistencia de un adoquín Gramadoquín elaborado con materiales plásticos HDPE con uno de concreto, realizando un análisis de impacto ambiental y costos; con el fin de obtener un diseño de un adoquín Gramadoquín validado en laboratorio como nuevo producto en la construcción de vías a partir del reciclaje de un residuo altamente contaminante para el planeta. Se concluyó en esta investigación que se pudo determinar que el adoquín HDPE con concreto es el más óptimo para competir con los del mercado existente ya que cumple su resistencia es mayor y el valor económico de producción está por debajo de los del comercio. El principal aporte de la siguiente tesis es la implementación del polietileno de alta resistencia en el diseño de gramadoquín, proporcionando aportes en ayuda al medio ambiente y a las altas temperaturas que puede llegar a tener un pavimento tradicional.

Patiño T. (2022) en su tesis para optar el Título en Ingeniería Civil titulada **“Propiedades mecánicas de adoquines con porcentajes de plástico reciclado”** de la Universidad Católica de Cuenca - Ecuador, tuvo como objetivo General analizar las propiedades mecánicas en función a la resistencia a la tracción y compresión en adoquines convencionales, agregando porcentajes de plástico reciclado. Se concluyó en esta investigación que al aplicar 3% de plástico reciclado es lo más factible según los datos analizados, cumpliendo lo requerido en el ensayo de compresión con 28 días de rotura, obteniendo mayor resistencia a la adquirida que es de más de 400 kg/ cm², por otra parte, en la resistencia a la tracción los adoquines superan los valores de los adoquines normales es decir al implementar plástico reciclado en la mezcla. El principal aporte de la siguiente tesis es analizar la resistencia mecánica del adoquín implementado plástico reciclado aportando mayor resistencia como también generar una disminución a la contaminación del mismo.

Antecedentes Nacionales:

Cabanillas (2020) en su tesis para optar el grado de Título en Ingeniería Civil titulada **“Influencia del PET reciclado en la resistencia a la compresión de adoquines convencionales en la ciudad de Trujillo, 2020”** tuvo como objetivo general determinar cuánto es la influencia del PET reciclado en la resistencia a la compresión de los adoquines convencionales dentro de Trujillo. Se determinó que, añadir un 10% de plástico triturado a la probeta generaría una temperatura de fragilización más alta y una mayor permeabilidad, lo cual generaría un incremento en las propiedades mecánicas, obteniendo una mayor resistencia a la compresión. El principal aporte de la siguiente tesis es la evaluación de la influencia del PET reciclado en la resistencia a la compresión de un adoquín convencional.

Aguilar E. (2023) en su tesis para optar el grado de Título en Ingeniería Civil titulada **“Influencia del Plástico Reciclado PET en las Características Físico Mecánicas de Adoquines de Concreto para el Uso en Espacios Públicos”** de la Universidad Señor de Sipán, tuvo como objetivo principal determinar la influencia del plástico PET, en las características físico mecánicas de adoquines de concreto, para el uso en espacios públicos. Se concluyó en esta investigación que, a los 28

días de curado, el concreto experimental del 6% de PET una resistencia del 341.63 kg/cm²; en el ensayo de flexión, a los 28 días de curado, el concreto experimental del 6% de PET con una resistencia del 94.90 kg/cm²; y en el ensayo de abrasión, el porcentaje de 10% de reemplazo por el PET posee un 0.56% de desgaste. El principal aporte de la siguiente tesis es el de determinar las propiedades físico – mecánicas de un adoquín para usos públicos de peso ligero.

Carrasco G. y Soler J. (2019) en su tesis para optar el grado de Título en Ingeniería Civil **“Elaboración de un adoquín a base de plástico PET reciclado para pavimento de uso peatonal, Piura – 2019”** tiene como objetivo general desarrollar un adoquín que contenga PET reciclado en su estructura, para el uso de paseos peatonales en Piura. En base a los estudios realizados, se llegó a la conclusión que, se pudo elaborar un adoquín apto para su utilización como pavimento de uso peatonal, utilizando plástico PET en su composición, cumpliendo con los requisitos indicados en la NTP 339 – 611. De acuerdo a los estudios, el adoquín con un 5% de PET reciclado es el más aceptado en la investigación por fines ambientales, esto debido a que, si se compara el precio de un adoquín convencional con un adoquín con PET en su estructura, el costo del último incrementaría en un 5.20% por cada m³. De acuerdo a nuestra investigación, el principal aporte de la siguiente tesis es el de desarrollar un adoquín a base de plástico PET.

Limache M. (2021) en su tesis para optar el grado de Título en Ingeniería Civil **“Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado - escoria de la fundición de cobre de la Oroya – Pucallpa – 2021”** tiene como objetivo general evaluar la dosis de mezcla del poliestireno reciclado con escoria procedente de la fundición de cobre de la Oroya. Se concluyó en esta investigación que la aplicación de cuatro dosis en la producción de adoquines peatonales compuesto por mezclas de plástico poliestireno con escoria de cobre, todas las dosis de mezcla permiten obtener adoquines de resistencia adecuada. El principal aporte de siguiente tesis propone la utilización de material contaminante compuesto con plástico de poliestireno PPE con escoria de cobre, en mezclas de adoquín de concreto.

2.2. Marco Teórico

Adoquines

El adoquín de concreto es un componente de hormigón prefabricado simple, consta de una variedad de tamaños y colores. Es utilizado en la construcción de pavimentos articulados de uso peatonal, ligero y pesado.

Los adoquines tienen grandes ventajas constructivas y de durabilidad en un pavimento articulado. Su instalación es simple, no requiere del uso de muchas maquinarias, su colocación es rápida, etc.

Clasificación de adoquines

La presente investigación considera la siguiente clasificación en base a las normas técnicas: NTG 41086(2012), NTP 399. 611(2015).

Clasificación de los adoquines con respecto a las capas. Según la NTG 41086 (2012) define a los adoquines con respecto a sus capas:

Adoquín monocapa. Elemento compuesto de una sola capa de concreto, elaborado con características específicas.

Adoquín bicapa. El adoquín está compuesto por dos capas de concreto, con características diferentes, teniendo en cuenta que la capa de desgaste no debe tener menos de 8 mm de espesor. Durante el uso de los adoquines y durante su ensayo a flexión no se debe presentar separaciones o desprendimientos de las dos capas de los adoquines bicapa.

Clasificación de adoquines. Según la NTP 399.611(2015) los adoquines para pavimento articulado se clasifican de la siguiente tabla:

Tabla 1*Clasificación de Adoquines.*

Clasificación de Adoquines	
Tipo I	Adoquines para pavimento peatonal.
Tipo II	Adoquines para tránsito vehicular ligero.
Tipo III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores.

Nota. Esta tabla muestra los tipos de uso de los adoquines para un pavimento articulado.

Adoquines para pavimento peatonal. La implementación de este tipo de adoquines mayormente da un uso exclusivo en zonas peatonales, como también son usados en espacios públicos y ocasionalmente para bicicletas, motocicletas, etc. Incluye desde tránsito peatonal muy bajo hasta tránsito peatonal alto; ejemplo: zonas céntricas de la ciudad con alta circulación de peatones, Instituciones educativas, parques, áreas de mercado (supermercados o plazas); así también las áreas que se encuentran cerca de las vías principales, donde se ubican zonas con actividades comerciales o similares. (NTG 41085, 2015)

Figura 1

Adoquines para pavimento articulado de uso peatonal.

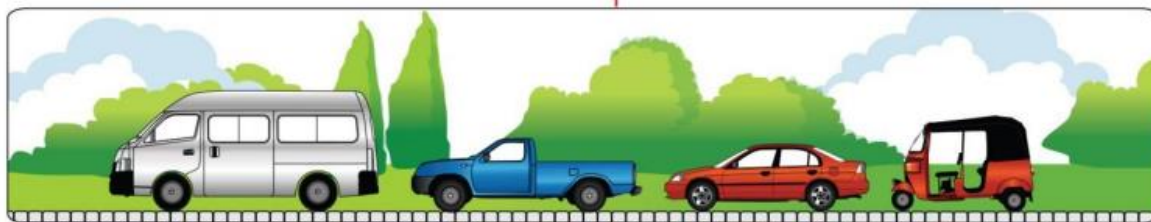


Nota. La imagen representa el uso del adoquín soportando el tipo de carga ligera peatonal. Tomado de la *norma NTG 411085 del año 2015.*

Adoquines para tránsito vehicular ligero. Son usados en arterias o calles donde el tránsito de vehículos sea de categorías livianos, mayormente este tipo de adoquín se presentan en las entradas de garajes de residencias o edificios, centros comerciales, Universidades, ciclovías, estacionamientos de servicios a restaurantes, etc. (NTG 41085, 2015)

Figura 2

Adoquines para pavimento articulado de uso vehicular ligero

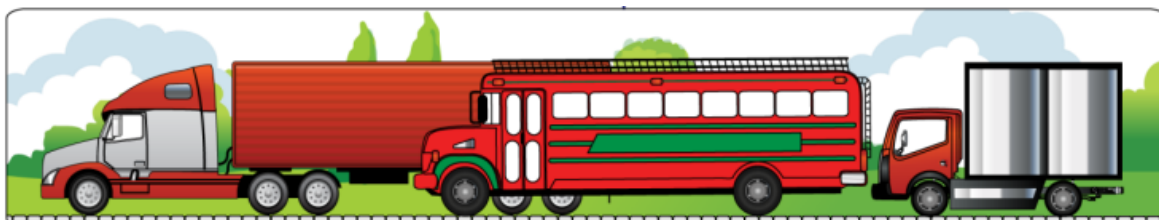


Nota. La imagen representa el uso del adoquín soportando el tipo de carga ligera vehicular. Tomado de la *norma NTG 411085 del año 2015*

Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores. Está diseñado para ser sometido a carga en zonas de tránsito pesado como puertos, aeropuertos, patios en zonas industriales, terminales, calles o avenidas principales, entradas a plantas industriales y comerciales, zonas de carga de centros comerciales, etc.

Figura 3

Adoquines para pavimento articulado de uso vehicular pesado



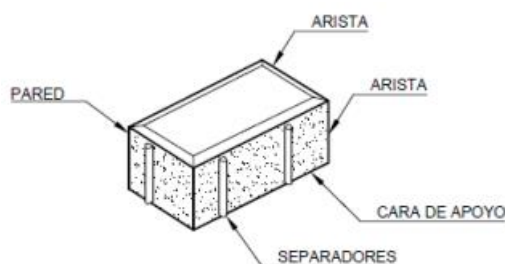
Nota. La figura representa el uso del adoquín soportando el tipo de carga vehicular pesado. Tomado de la *norma NTG 411085 del año 2015*

Requisitos físicos

Adoquín de concreto. Elemento prefabricado elaborado con concreto compactado, demostrando que sus bases pueden ser polígonos, de esta manera pueden conformar superficies como componente de un pavimento articulado, en el cual pueden ser bicapa o monocapa (NTG 41086,2012).

Figura 4

Partes de un adoquín.



Nota. Figura representa los detalles que conforman un adoquín. Tomado de la norma NTG 411085 del año 2015

Tolerancia dimensional

La NTP 399.611, presenta la siguiente tabla con respecto a la tolerancia dimensional, la cual aplica para todos los tipos de adoquines:

Tabla 2

Tolerancia dimensional de los adoquines

Tolerancia dimensional, max. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
±1,6	±1,6	±3,2

Nota. Esta tabla muestra la tolerancia máxima del adoquín, según la NTP 399.611.

Concreto. Definiendo qué es un concreto, TORRE. C (2004) nos explica que “Es un material usado comúnmente, y se obtiene mezclando tres componentes esenciales que llegan hacer: Cemento, agregados y agua, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente designado como aditivo”

Procedimiento en la producción de concreto. La elaboración del concreto llega a tener variaciones con respecto a la función que se requiere en obra o con el tipo de concreto que necesita. Para la producción de un buen concreto deben tener en cuenta las siguientes etapas:

- Dosificación.
- Mezclado.
- Transporte.
- Colocación.
- Consolidación.
- Curado.

Propiedades del Concreto

Concreto fresco.

Las propiedades de este concreto, son las siguientes:

- **Trabajabilidad:** Tiene como finalidad facilitar la mezcla, transporte, manejo y compactación del concreto, esto sin alterar su homogeneidad. Estas cualidades son directamente relacionadas con la relación agua/cemento, uno de los métodos para poder calcular la trabajabilidad del concreto es mediante el asentamiento o cono de Abrams.
- **Movilidad:** Es el correcto desplazamiento que tiene mediante la aplicación del trabajo externo, está en función de la viscosidad, la cohesión y la resistencia interna de corte.
- **Asentamiento:** Es la propiedad más importante del concreto, mayor conocido como la consistencia o fluidez de la mezcla, esta medición se llega a concretar mediante el uso del cono de Abrams, sus resultados se pueden interpretar en categorías (seca, plástica y fluida).

Cemento Portland. El producto se obtiene al pulverizar el Clinker Portland, al que se le añade Sulfato de Calcio, junto con otros ingredientes que no superen el 1% de la masa total. Es importante destacar que la normativa aplicable debe asegurar que la inclusión de estos componentes no tenga ningún impacto negativo en las propiedades del cemento resultante. Además, todos los productos adicionales deben ser molidos en conjunto con el Clinker.

Tabla 3

Tipos de cemento

Tipo de cemento	Características
TIPO I	Se usa generalmente y no tiene propiedades especiales
TIPO IA	Uso idéntico al TIPO I y es incorporador de aire
TIPO II	Es de moderada resistencia al ataque de sulfatos
TIPO IIA	Uso idéntico al TIPO II y es incorporador de aire
TIPO II (MH)	Es de moderado calor de hidratación y resistente al ataque de sulfatos
TIPO (MH)A	Uso idéntico al TIPO II (MH) y es incorporador de aire
TIPO III	Alta resistencia temprana y elevado calor de hidratación
TIPO IIIA	Uso idéntico al TIPO II (MH)A y es incorporador de aire
TIPO IV	Bajo calor de hidratación
TIPO V	Alta resistencia al ataque de sulfatos

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones para el Cemento Portland, Norma ASTM C – 150 – 07.

Cemento Portland Tipo ICo. Diseñado para construcciones de concreto, ya que presenta un buen desarrollo de sus resistencias a la compresión, ya que da una mejora a la trabajabilidad otorgando buenos acabados y minimizando el ingreso de agentes externos, debido a ello da una protección moderada al ataque de sulfatos y otros agentes nocivos.

Figura 5

Cemento Extra Forte Eco Saco Tipo Ico



Nota: La figura representa el cemento Extra Forte Eco Saco Tipo Ico. Tomado de Centos Pacasmayo.

Agua

El agua empleada en la mezcla debe estar exenta de impurezas como aceites, ácidos, sales y materias orgánicas. Se recomienda utilizar agua potable, ya que proporciona condiciones óptimas para la mezcla. Su función principal es hidratar el cemento y mejorar la manejabilidad de la mezcla.

Tabla 4

Limite Permisible del agua

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Nota. Esta tabla muestra los Limites Permisible para un adecuado diseño de mezcla de concreto.

Agregados

“Conjunto de partículas de origen natural o artificial, a su vez llegan hacer tratados o elaborados, teniendo principalmente que cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP. Se les llama también áridos” (NTP 400.011, 2008, p.02).

Estas partículas añadidas al concreto son elementos que, cuando se combinan con la pasta del cemento, otorgan resistencia mecánica al concreto o adoquín una vez que ha endurecido, al mismo tiempo que controlan los cambios volumétricos que suelen ocurrir durante el proceso

de fraguado del cemento.

Agregado Fino

“Se trata de un material agregado que se origina tanto por la descomposición natural de las rocas como por procesos de desintegración artificial. Debe someterse a un proceso de cribado utilizando un tamiz estandarizado de 9.5 mm (3/8 pulgadas) y retenerse en el tamiz estandarizado de 74 µm (N°200), de acuerdo con los límites especificados por la normativa” (NTP 400.037, 2014, p.06).

Agregado Grueso

“Agregado que proviene de la desintegración natural de las rocas, como también pueden desintegrarse artificialmente y será retenido por el tamiz normalizado 4.75 mm (N°4), cumpliendo con los límites que establece la norma” (NTP 400.037, 2014, p.06)

Análisis granulométrico:

Para la realización de este ensayo, se tiene que seguir ciertos requisitos especificados en la NTP 400.037, tanto como el agregado fino y grueso.

Tabla 5
Granulometría del agregado fino

AGREGADO FINO NTP 400.037		
ABERTURA	DESIGNACIÓN	LIMITES ASTM C 33 - 84
1. 9.5 mm	2. 3/4	3. 100
4. 4.75 mm	5. N° 4	6. 95 - 100
7. 2.36 mm	8. N° 8	9. 80 - 100
10. 1.18 mm	11. N° 16	12. 50 - 85
13. 600 µm	14. N° 30	15. 25 - 60
16. 300 µm	17. N° 50	18. 5 - 3
19. 150 µm	20. N° 100	21. 0 - 10

Nota. Esta tabla muestra las aberturas de los tamices para la respectiva granulometría del agregado fino.

Tabla 6
Granulometría agregado grueso

AGREGADO GRUESO NTP 400.037		
ABERTURA	DESIGNACIÓN	LIMITES ASTM C 33 - 84
37.5 mm	1 1/2"	100
25 mm	1"	90 - 100
19 mm	3/4"	40 - 85
12.5 mm	1/2"	10 - 40
9.5 mm	3/8"	0 - 15
4.75 mm	N°4	0 - 5

Nota. Esta tabla muestra las aberturas de los tamices para la respectiva granulometría del agregado grueso.

Tamaño máximo. Llega hacer la cantidad de muestra del agregado que pasa por el menor tamiz.

Tamaño máximo nominal. Es el proceso donde el menor tamiz recolecta el primer retenido de la muestra del agregado.

Módulo de fineza. Es un índice para determinar características granulométricas de los agregados.

$$M.F. = \frac{\Sigma \% \text{ Acumulado}(1\ 1/2\ 3/4\ 3/8''\ N^{\circ}4\ N^{\circ}16\ N^{\circ}30\ N^{\circ}50\ N^{\circ}100)}{100}$$

Contenido de Humedad del Agregado. Nos da a conocer el resultado de la cantidad de agua que con lleva un agregado en su estado natural, para la obtención de sus resultados tanto para el agregado fino y grueso, se determina con la siguiente formula:

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{(\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

Peso Unitario Suelto. Nos brinda el peso del agregado al vaciar en un recipiente con un volumen unitario, para ello se debe de utilizar la siguiente formula, tanto para el agrado fino y grueso:

$$\text{P. U. S.} = \frac{\text{Peso del agregado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Peso Unitario Compactado. Se refiere a la evaluación del grado de compactación que tienen los agregados en su estado natural. Para realizar esta evaluación, se utiliza la siguiente fórmula, que es aplicable tanto al agregado fino como al agregado grueso:

$$\text{P. U. C.} = \frac{\text{Peso de agregado compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Peso Específico. Para la determinación del peso específico se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Peso Específico} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Absorción. Para este ensayo se aplicará los requerimientos y pasos especificados en la Norma ASTM C140.

- Se deberá hacer uso de 3 unidades enteras, cada una de estas deben de estar debidamente marcadas, como también pesadas y registradas.
- Sumergir los especímenes en agua con un periodo de 24 horas. Recaudar el peso totalmente sumergido de los especímenes, esto después de retirarlos del agua y drenarlo 1 minuto, luego también se deberá recaudar el peso después del secado al horno.
- La absorción se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100$$

Dónde:

W_s = Peso saturado del espécimen (kg)

W_d = Peso seco al horno del espécimen (kg)

Absorción de Adoquines. La NTP 399.611, presenta los siguientes requisitos en la siguiente tabla de absorción máxima:

Tabla 7

Absorción máxima de adoquines

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje de absorción requerido máximo calculado por 3 adoquines o individual.

Requisitos Mecánicos

El concreto endurecido presenta las siguientes propiedades:

Resistencia a la compresión. En cuanto a la resistencia a la compresión de adoquines, la NTP 399.611 menciona que será la relación entre la carga de rotura por compresión y su sección.

Tabla 8

Relación de rotura por compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, min. Mpa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal) Tipo B, C y D *Todos los tipos	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
	60	41 (420)	37 (380)
II (Vehicular ligero)	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
	≥80	55 (561)	50 (510)
III (Vehicular pesado, parques industriales o de contenedores)	≥80	55 (561)	50 (510)

Nota. Esta tabla muestra los requisitos mínimos de resistencia a la compresión de los diferentes tipos de adoquín.

Cálculo. “Es la capacidad para soportar una carga por unidad de área, generalmente se expresa en kg/cm^2 en términos de esfuerzo, los resultados que se obtienen del ensayo de resistencia a la compresión, se emplean para determinar que el diseño de mezcla de concreto para el adoquín cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada. (NTP 399.604, 2002)

$$\sigma = \frac{P_{\text{máx}}}{A}$$

Donde:

σ = Esfuerzo de la resistencia a la compresión.

$P_{\text{máx}}$ = Carga última de rotura.

A = Área de la sección (cara donde se aplica la fuerza).

Resistencia a la Flexión. En cuanto a la resistencia a la flexión (módulo de ruptura), la NTG 41086, establece que los adoquines deben tener un módulo de ruptura, el cual debe ser un promedio (3 especímenes saturados 24 horas).

Tabla 9

Módulo de rotura

Clase	Espesores mínimos del adoquín (mm)	Resistencia mínima a flexión del adoquín Mpa (kg/cm^2)	
		Promedio de 3 adoquines	Mínimo de un adoquín individual
A	80	5.4 (55)	4.6 (46.8)
B	80	5.4 (55)	3.5 (35.7)
C	80	5.4 (55)	3.5 (35.7)

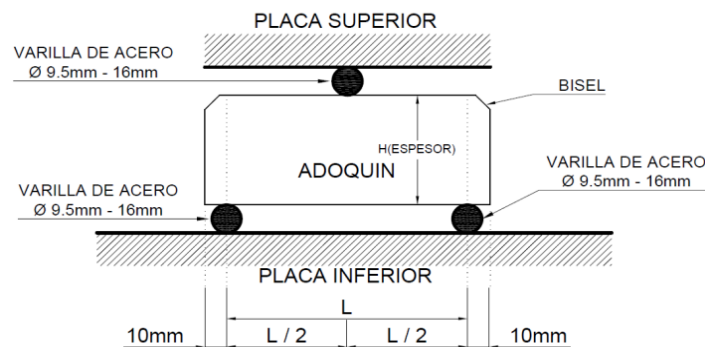
Nota. Esta tabla muestra los requisitos mínimos de resistencia a la flexión de los diferentes tipos de adoquín, según la norma extranjera NTG 41086.

Cálculo. El adoquín deberá ser llevado hasta la ruptura similar a una viga apoyada. El adoquín al cual se realizará el ensayo deberá ser colocado en la máquina de ensayo en posición en la superficie de desgaste, arriba. Se deberá utilizar unas barras lisas con diámetros estimado de 9.50 mm y 16.00 mm como encargados de transmitir la carga, estas barras de apoyo deben de colocarse paralelas entre si a una distancia de 10 mm con respecto a los lados menores del rectángulo inscrito. (NTG 41087 h1, 2012)

El adoquín deberá ser sometido a una carga con una velocidad que llegue a producir un aumento del esfuerzo cercano a 0.5 MPa por segundo.

Figura 6

Puntos de colocación para ensayo de flexión



Nota. La figura representa los puntos de colocación de los adoquines para su correcto ensayo de flexión. Tomado de la *norma NTG 411085 del año 2015*

Método de prueba para determinar el módulo de ruptura de los adoquines de concreto de cemento hidráulico empleados para tráfico vehicular y peatonal es.

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Donde:

MR = Módulo de ruptura.

P= Carga última de rotura.

L= Distancia entre los ejes de apoyo.

B= Longitud del eje menor del rectángulo inscrito.

H= Espesor del adoquín.

Aditivo

Plásticos. Se le llama plástico, al producto artificial que se empezó a utilizar en grandes cantidades en la década de 1950. Se deriva del petróleo y se encuentra en casi todos los objetos cotidianos, sin duda es uno de los materiales más versátiles. Existen muchos tipos de plásticos, cada uno con sus propias características y muchas ventajas, como permeabilidad baja, buena resistencia a productos químicos, a los golpes, la humedad y fuego.

Sin embargo, el fabricar y procesar, generan residuos, los cuales se deben gestionar adecuadamente para proteger a los humanos y al medio ambiente. (Sánchez, 2004)

Características de los plásticos. Se caracterizan por una alta correlación entre resistencia y densidad, son excelentes aislantes térmicos y eléctricos, con buena resistencia a ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las cuales se componen pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, según el tipo de plástico. (Hachi y Rodríguez, 2010)

Clasificación de los plásticos. Dependiendo de la plasticidad por elevación de la temperatura, los plásticos se clasifican en dos categorías:

Termoplásticos. Son un tipo de plástico que comienza a fluir en un líquido viscoso cuando se calienta y se solidifica cuando se enfría. Este tipo de plástico representa alrededor del 85% de los plásticos consumidos y se puede reciclar porque el proceso de enfriamiento y calentamiento se puede realizar varias veces sin perder sus propiedades. Los principales tipos son: polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, nylon, tereftalato de polietileno

Termoestables. Son plásticos que no se derriten al calentarse y solidifican al calentarse. Estos tipos de plásticos se pueden reprocesar derritiéndolos, pero no se pueden calentar ni remodelar. Estos polímeros son más fuertes que los termoplásticos, pero más frágiles. Los principales tipos son: resina de poliéster, melanina de formaldehído, urea-formaldehído, fenol formaldehído.

Plástico Pet. Es un material de fibra polimérica patentado por J.R. Winfield y J.T. Dickinson en 1941, 10 años después lograron la producción comercial de fibra de poliéster, que continuó desarrollándose con alta calidad y diversos usos. En 1976 comenzó a fabricar envases livianos, transparentes y resistentes, principalmente para bebidas. Botellas originalmente gruesas y rígidas, hasta hoy son mucho más ligeras. (Hachi y Rodríguez, 2010)

Tereftalato de polietileno (Pet). Es uno de los materiales comúnmente utilizados en las embotelladoras de bebidas. Se caracteriza por su peso ligero, resistente, alta transparencia y brillo, siendo 100% reciclable, identificado por el número 1, o las siglas inglesas PET o PETE, rodeado de tres flechas en el fondo del envase fabricado con este material. (Hachi y Rodríguez, 2010)

Figura 7

Codificación del tereftalato de polietileno (PET)



Nota. SP Group – Códigos de Identificación de Resinas de plástico

Reciclado de Plásticos. El reciclaje de plástico se refiere al nuevo ciclo de tratamiento total, con el fin de generar materias primas a partir de residuos y minimizar el volumen y peso de los residuos para resolver problemas globales desde la perspectiva del agotamiento de los recursos naturales.

Reciclado Químico. Se trata de descomponer los residuos plásticos en pedazos para que puedan ser utilizados para su posterior conversión en monómeros u otros productos químicos.

Reciclado Mecánico. Consiste en convertir los residuos plásticos en gránulos o pequeños componentes con el fin o finalidad de ser reutilizados en la elaboración de otros productos o materiales.

Trituración. El plástico se coloca en una trituradora de PET para que se pueda fragmentar en partes pequeñas.

Remoción de contaminantes. En esta etapa se retiran los papeles impregnados en botellas de plástico.

Lavado. Es el proceso para poder eliminar la suciedad.

Aglutinación. Se trata de colocar piezas de plástico en una extrusora para obtener masa plástica. Esta etapa también se utiliza para incorporar aditivos como pigmentos y lubricantes.

Extrusión. Consiste en fundir y volver homogénea la masa plástica. Al salir de la extrusora, el plástico queda en forma de “espagueti”, enfriado con agua y picado en el granulador, formando así los pallets (granos de plástico). (Hachi y Rodríguez, 2010)

Propiedades del plástico reciclado. Al reutilizar las materias primas antes mencionadas, los plásticos pueden lograr casi las mismas funciones. Sin embargo, después de pasar por el proceso de reciclaje, su calidad disminuye.

Tabla 10*Propiedades del plástico*

Propiedades	Disminución de la densidad	Aumento del índice de fluencia
Elongación a la rotura	Disminuye mucho	Disminuye
Modulo E	Disminuye mucho	Disminuye
Dureza	Disminuye	Disminuye poco
Temperatura de fusión	Disminuye	Casi no cambia
Temperatura máxima de uso	Disminuye	Disminuye poco
Temperatura de fragilización	Aumenta	Aumenta
Resistencia al impacto	Disminuye	Disminuye mucho
Hinchamiento	Aumenta mucho	Aumenta poco
Permeabilidad	Aumenta	Aumenta
Tensa fisuración	Disminuye	Aumenta
Transparencia	Aumenta	No cambia
Fluidez	Aumenta poco	Aumenta mucho

Nota. Esta tabla muestra las propiedades del plástico, posterior al reciclaje. Según la revista Alconpat.

Alternativas de uso con Pet reciclado. De acuerdo a Hachi y Rodríguez, 2010, para el uso con PET reciclado se establecieron las siguientes alternativas: fibras para hilados de telas que contengan hasta un 70% de plástico, fibras para escobas, lonas para camiones, tapetes para alfombras, medias de nylon, losetas que contengan PET reciclado.

Diseño de Mezcla. El proceso implica la evaluación de las propiedades de los materiales, la selección de los componentes y las cantidades adecuadas, todo ello en función del diseño del concreto con respecto a sus propiedades de resistencia y durabilidad. Durante este procedimiento, es esencial tener en cuenta los costos de los materiales, los equipos necesarios y el personal requerido. Esto se hace para asegurar que, al emplear grandes volúmenes de concreto en un proyecto específico, los costos no superen los estimados inicialmente, evitando así posibles desviaciones en el presupuesto establecido.

Para un correcto diseño de mezcla se deberán de seguir los pasos de acuerdo a las Norma de American Concrete Institute (ACI 211.1):

Tabla 11

Determinación de la resistencia requerida

f'c	F'cr
especificado	(kg/cm²)
< 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
> 350	f'c + 98

Nota. Esta tabla muestra la Resistencia a la compresión promedio según la ACI 211.1

Selección del TMN del agregado grueso. El Tamaño Máximo Nominal del agregado no debe de ser mayor a los puntos, esto de acuerdo a la NTP E0.60 los cuales son:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrado.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo.
- 1/3 de peralte de las losas

Selección del asentamiento. Es la medida que para determinar la fluidez que cuenta la mezcla después de ser preparada.

Tabla 12

Asentamiento del concreto

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	> 5" (125 mm)

Nota. Esta tabla muestra la medición de consistencia de la mezcla de concreto.

Selección estimada del agua de mezcla y contenido de aire.

Según la Norma ACI 211.1, es necesario tener en cuenta los valores específicos del contenido de agua para la mezcla de concreto, teniendo en consideración diferentes tamaños máximos de agregado, ya sea con o sin aire incorporado. Estos valores varían en función de las necesidades de la mezcla y las características del concreto que se desea obtener. La norma proporcionará pautas precisas para determinar la cantidad adecuada de agua en función de estas variables, garantizando así que la mezcla cumpla con los estándares de calidad y rendimiento requeridos.

Tabla 13*Contenido de aire atrapado*

TMN del Agregado Grueso	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
4"	0.2

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de Aire atrapado en diseño de mezcla.

Tabla 14*Agua de mezcla*

Slump	Tamaño Máximo del Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
% de Aire Incorporado en Función del grado de Exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	5.5	5.5	5	4.5	4

Nota. Esta tabla aporta el contenido de agua para el diseño de mezcla.

Extracción de la relación a/c. Se tomará el valor adecuado enfocándonos directamente a la plasticidad y la mejora de resistencia del concreto, esto cumpliendo con las especificaciones.

Tabla 15*Relación agua cemento*

f'c Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Nota. Esta tabla muestra la Relación de a/c del diseño en peso.

Fórmula para el cálculo del contenido de cemento. La fórmula está enfocada en la división de la cantidad de agua de diseño sobre la relación a/c.

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{contenido de agua de mezclado}}{\text{relación a/c}}$$

Fórmula para el cálculo del volumen de concreto. Consiste en la división de la cantidad de cemento sobre el peso específico del cemento.

$$\text{Volumen de concreto} = \frac{\text{cantidad de cemento}}{\text{peso específico del cemento}}$$

Calcular el peso del agregado grueso. Según Abanto C. (2009) nos indica “Esencialmente los agregados contarán con el tamaño máximo de la granulometría, esto producirá concreto de alta trabajabilidad, un volumen de agregado grueso seco y compactado, se emplea por unidad de volumen de concreto”. (p. 70)

Para ello se propone la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de Agregado Grueso} = (V.A.G. \text{ de la tabla}) \times (P.U.S. \text{ y } C.A.G)$$

Donde:

V.A.G = Volumen del agregado Grueso.

P.U.S y C.A.G. = Peso unitario seco y compactado del agregado grueso (kg/m³)

Estimación del contenido del agregado grueso.

Coefficiente b/bo. Para determinar el coeficiente necesario, se debe tener en cuenta tanto el valor del tamaño máximo nominal de agregado grueso como el Módulo de Finura del agregado fino, según lo indicado en la tabla correspondiente. Estos dos parámetros son esenciales para calcular de manera precisa el coeficiente y así lograr una mezcla de concreto que cumpla con las especificaciones y propiedades deseadas. La siguiente tabla proporcionará los valores específicos que deben utilizarse en función de estas variables para obtener una mezcla adecuada.

Tabla 16

TMN del agregado grueso y MDF del agregado fino

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de Volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
pulg.	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Esta tabla muestra los tamaños específicos de los agregados tanto como el fino y el grueso.

Volumen del agregado grueso. Para calcular el valor del volumen de un agregado grueso, puedes dividir su peso seco entre su peso específico. La fórmula para este cálculo es la siguiente:

$$\text{Volumen A. G.} = \frac{\text{Peso Seco A. G.}}{\text{Peso Específico A. G.}}$$

Estimación del contenido del Agregado Fino:

Volumen del Agregado Fino. Es aquella sumatoria del volumen del agua, cemento, aire, agregado grueso, todo menos la unidad.

$$\text{Volumen A. F.} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. A. G.})$$

Peso Seco del Agregado Fino. Es la multiplicación del volumen de agregado fino por su peso específico.

$$\text{Peso Seco A. F.} = \text{Volúmen A. F.} \times \text{Peso específico A. F.}$$

Corrección por humedad de diseño de mezcla en estado seco. Es importante tener en cuenta la humedad de los agregados al pesarlos, ya que esta humedad afectará el peso real de los agregados. Para calcular el peso real de los agregados, incluyendo la humedad (agua absorbida y superficial), se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Húmedo del agregado} = \text{Peso Seco A.} (1 + \text{cont. de humedad \%})$$

Corrección del diseño por aporte de humedad de los agregados

Cálculo del agua efectiva. En la preparación de la mezcla de concreto para la prueba, es importante tener en cuenta la humedad natural que contiene el agregado. Para compensar esto, se ajusta la cantidad de agua de mezcla añadiendo una cantidad igual a la humedad natural del agregado. Esto se hace para asegurarse de que la relación agua – cemento en la mezcla sea la adecuada y esté de acuerdo con las proporciones específicas requeridas para la prueba o la aplicación del concreto.

- Para los agregados fino y grueso, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Aporte humedad} = P.S.A \times (\% \text{ Cont. humedad} - \% \text{ absorción})$$

- Para el agua efectiva, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad del A.}$$

2.3. Marco Conceptual

Adoquín

Son piezas prefabricadas de concreto para el uso de vías urbanas, cuyo tamaño y espesor varía de acuerdo a la carga esperada.

Agregado

Son materiales inertes cuya descripción física puede ser granular, como también natural y con ayuda de la tecnología puede generarse artificialmente.

Agua

Tiene como función reaccionar con el cemento con el objetivo de hidratar a los materiales adjuntados, actuando similarmente a un lubricante, para influir en la trabajabilidad y disminuir los vacíos en la mezcla.

Arena

“Tiene partículas duras, fuertes, esto con el objetivo de resistir el desgaste. El agregado fino debe de pasar por un tamiz de 3/8 y la cual debe de estar retenido en la malla 200” (ASTM C109/ C109M, 2016, p.35).

Cemento

Es un material inorgánico molido que consta de la pulverización de Clinker, como también está compuesto por otros materiales como los silicatos y sulfatos, caliza y arcilla.

Grado de absorción del adoquín

Brindará una idea de la cantidad de agua absorbe la unidad la determinación del área neta de los adoquines, esta es necesaria para garantizar el cumplimiento de los mismos.

Impacto ambiental

El cambio ambiental que es el resultado de todos o parte de los factores ambientales de la organización, ya sean desfavorables o favorables.

Piedra

Se utiliza en la preparación del concreto u otro tipo de mezclas. Llegando a tener diferentes tipos de tamaños y su elección depende del lugar de la estructura donde se le empleará.

Plástico

Término para materiales compuestos de resinas, proteínas y otros materiales. Sustancias, se les da forma fácilmente de forma permanente bajo una cierta compresión y temperatura.

Plástico PET

Es una sustancia sintética con una estructura molecular muy buena porque contiene una gran variedad de moléculas de hidrocarburos y otros compuestos orgánicos.

Propiedades Físicas

Para poder elegir los materiales, debemos de verificar con qué propiedades cuenta cada elemento que conformara nuestro diseño y saber cómo poder combinarlos, esto para poder realizar nuestro diseño de mezcla.

Propiedades Mecánicas

Son todas aquellas propiedades de un material relacionadas con la resistencia mecánica, y cómo se afecta dicho material cuando se le aplica una carga.

Resistencia a la Compresión

Es el máximo esfuerzo soportado por el mortero u otro material primitivamente de romperse. En la Ingeniería se usa esta cualidad para medir la eficiencia y la capacidad de carga del material.

Resistencia a la Flexión

Es la medida de varios tipos de materiales, teniendo como referencia en este caso el concreto. Es la medida de la resistencia que conllevara a la destrucción de los momentos de una viga.

Testigos prismáticos

Se obtiene el adoquín endurecido de medidas definidas y conservada en condiciones preestablecidas, para luego ser ensayados en el laboratorio.

2.4 Sistema de Hipótesis, Variables e Indicadores

Hipótesis

El plástico PET reciclado influirá en las propiedades físico – mecánicas de los adoquines elaborados con agregados de la cantera Río Bado de Huamachuco.

Variables dependientes e independientes

Variable dependiente

x1 = Propiedades físico – mecánicas de adoquines

Variable independiente

y1 = PET reciclado

Operacionalización de las Variables

Tabla 17

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de investigación
<ul style="list-style-type: none"> Propiedades físicas – mecánicas de los adoquines 	<ul style="list-style-type: none"> Facultades presentes en los adoquines, ya sean por características que describen al mismo, como aquellas que determinan su comportamiento ante una influencia externa. 	<ul style="list-style-type: none"> Son las propiedades medibles de los adoquines, tanto naturales como su reacción a esfuerzos externos 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión % absorción 	<ul style="list-style-type: none"> $f'c = \frac{E}{A}$ $MR = \frac{3PL}{2BH^2}$ $Absorción = \frac{B-A}{A} \times 100$ 	<ul style="list-style-type: none"> Kg/cm² MPa % 	<ul style="list-style-type: none"> Prensa. Compresora. Adoquines de concreto. Hojas de reporte.
<ul style="list-style-type: none"> Plástico PET reciclado 	<ul style="list-style-type: none"> Material compuesto básicamente por compuestos orgánicos o sintéticos que puede ser reciclado múltiples veces. 	<ul style="list-style-type: none"> Viene a ser un material reciclable, que se utilizará como aditivo para el adoquín 	<ul style="list-style-type: none"> Plástico reciclado 	<ul style="list-style-type: none"> $\gamma = \frac{P}{V}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Kg/cm³ 	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Recipiente Cámara y equipos de registro.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

Tipo de investigación

De acuerdo a la orientación y finalidad:

El tipo de investigación, por su orientación será aplicada, debido que tiene como objetivo generar nuevos conocimientos en base a teorías y normas existentes, las cuales fueron elaboradas mediante la investigación básica, para brindar alternativas de solución en el exceso de plástico en el mundo.

De acuerdo a la técnica de contrastación:

El tipo de investigación, por su técnica de contrastación es experimental, ya que su objetivo principal es determinar la influencia en las propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con Pet reciclado, proponiendo este plástico como agregado, generando una solución al exceso de residuos plásticos, lo que concluirá como un proyecto experimental.

3.2. Población y Muestra de estudio

Población

La población de la siguiente tesis será todos los adoquines de concreto de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ con adición de plástico PET reciclado al 4% y 8%, producidos con agregados de la cantera Río Bado - Huamachuco.

Muestra

Para los 3 tipos de ensayos a realizar, que son resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y porcentaje de absorción, se utilizarán un total de 63 testigos. Para todos los ensayos, se ha considerado usar 3 tipos de muestras: una muestra patrón, una muestra patrón + 4% de plástico PET y una muestra patrón + 8% de plástico PET, siendo todos los tipos de muestras evaluadas a los 7, 14 y 28 días de curado. De este porcentaje, se obtuvo que, para obtener el porcentaje de absorción, se evaluarán 9 testigos en total, para la resistencia a la compresión se habilitarán 27 testigos en total, igualmente para el ensayo de la resistencia a la flexión se trabajara con 27 testigos.

Tabla 18*Cantidad de testigos para ensayos de resistencia*

Ensayo de Compresión de Adoquines de concreto 20 x 10 x 6 cm ³							Ensayo de Flexión de Adoquines de concreto 20 x 10 x 6 cm ³					
Días/Patrón	0%		4%		8%		0%		4%		8%	
	Cant.	Código	Cant.	Código	Cant.	Código	Cant.	Código	Cant.	Código	Cant.	Código
7 días		P-M1		4%-M1		8%-M1		P-M10		4%M-10		8%M-10
	3	P-M2	3	4%-M2	3	8%-M2	3	P-M11	3	4%M-11	3	8%M-11
		P-M3		4%-M3		8%-M3		P-M12		4%M-12		8%M-12
14 días		P-M4		4%-M4		8%-M4		P-M13		4%M-13		8%M-13
	3	P-M5	3	4%-M5	3	8%-M5	3	P-M14	3	4%M-14	3	8%M-14
		P-M6		4%-M6		8%-M6		P-M15		4%M-15		8%M-15
28 días		P-M7		4%-M7		8%-M7		P-M16		4%M-16		8%M-16
	3	P-M8	3	4%-M8	3	8%-M8	3	P-M17	3	4%M-17	3	8%M-17
		P-M9		4%-M9		8%-M9		P-M18		4%M-18		8%M-18
Total, Parcial	9		9		9		9		9		9	
				27						27		
Total, de testigos							54					

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de testigos que serán utilizados para los ensayos destructivos.

Tabla 19*Cantidad de testigos para ensayos de absorción*

Ensayo de Absorción de Adoquines de concreto 20 x 10 x 6 cm³					
0%		4%		8%	
Cant.	Código	Cant.	Código	Cant.	Código
	P-M19		4%M-19		8%M-19
3	P-M20	3	4%M-20	3	8%M-20
	P-M21		4%M-21		8%M-21
3		3		3	
9					

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de testigos que serán utilizados para el ensayo físico que serán sometidos los adoquines.

Obteniendo una cantidad de testigos totales de 63 adoquines.

3.3. Diseño de investigación

Diseño de Contrastación

El diseño de contrastación es experimental, ya que se recolectará información sobre la adición PET reciclado a la mezcla de adoquín, buscando un diseño de mezcla óptimo, con el propósito de poder determinar sus propiedades físicas – mecánicas en base a experimentos de laboratorio.

3.4. Técnicas e Instrumentos de investigación

Técnicas

- Análisis granulométrico de los agregados.
- Ensayos físicos como el contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico y absorción, para los agregados fino y grueso.
- Diseño de mezcla de concreto incorporando plástico PET como agregado.

- Ensayos de resistencia a la compresión de adoquines de concreto incorporando plástico PET
- Ensayos de resistencia a la flexión de adoquines de concreto incorporando plástico PET
- Ensayos de Absorción de los adoquines.

Instrumentos de Recolección de Datos

Se incluirá toda la información mediante los siguientes instrumentos:

- Datos de la cantera mediante los ensayos realizados a las muestras extraídas en un laboratorio.
- Ficha Técnica del Cemento Pacasmayo Tipo Ico.
- Laboratorio especializado realizar ensayos de materiales.
- Uso cámaras profesionales para el guardado de los registros fotográficos.
- Uso de un disco duro externo para el almacenamiento de todos los resultados.
- Formato especializado.

3.5. Procesamiento y análisis de Datos.

Procesamiento de Datos.

- Análisis previo:
 1. Comprobar la densidad real del agregado fino y grueso, para determinar si los materiales de la cantera cumplen para la operación del proyecto.
 2. Elección del tamaño de grano de nuestra muestra.
 3. Explicación de los resultados a las pruebas de los áridos finos y gruesos de laboratorio.
- Ensayos:
 4. Elaboración de diseño de mezclas de concreto según la ACI 211.1.
 5. Análisis de resistencia a la compresión para adoquines de concreto, basándose en las normas de la NTP 399.604 Y ASTM C936-01.

6. Análisis de resistencia a la flexión para adoquines de concreto, esto de acuerdo a las Norma NTG 41087 h1.
7. Análisis de la propiedad de absorción para adoquines de concreto, de acuerdo a la NTP 399.611 Y NTP 399.604.

Análisis de da datos.

- Recaudaremos los registros mediante el uso del laboratorio, equipos de compresión, máquinas universales, tamices, etc.
- Creamos tablas y gráficos, todo a partir de los registros fotográficos obtenidos por nosotros, como las cámaras, platillas de Excel y gráficos.
- Evalué y comparé la influencia en las propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con PET (estándar, 4% y 8%).
- Procesamiento de la información obtenida de nuestro reporte fotográfico y filmaciones de la máquina de compresión, en la cual evaluemos las deformaciones de cada testigo todo hasta llegar el 40% de la resistencia de nuestro adoquín de concreto.
- Análisis de la relación del esfuerzo a la deformación, tanto de la deformación lateral a longitudinal para el adoquín endurecido a 7, 14 y 28 días, todo esto realizado en su curado respectivo.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación

Se realizó una investigación respecto a las propiedades físico-mecánicas de un adoquín adicionando como agragado al pastico PET al 4% y 8%. Tomando como objetivo determinar la influencia del PET reciclado en las propiedades físico-mecánicas de un adoquín mencionado anteriormente, para posteriormente realizar una comparativa de los ensayos realizados en el laboratorio, utilizando los diferentes equipos.

Para hallar los valores de la resistencia a la compresión, flexión y absorción, se debe iniciar con la caracterización de los agregados finos y gruesos extraídos de la cantera “Río Bado”, ubicada en el centro poblado de La Arena, en la ciudad de Huamachuco; donde se hizo uso de la NTP 400.012. Una vez obtenidos los resultados requeridos de la caracterización de los agregados tales como, granulometría, contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico y absorción; se realizó el diseño de mezcla óptimo para el concreto de acuerdo a la Norma American Concrete Institute (ACI 211.1), utilizando el cemento Pacasmayo Extra Forte Eco Saco Tipo Ico, con la adición de plástico PET reciclado al 4% y 8%.

Posteriormente, fueron seleccionados todos los especímenes necesarios para poder realizar los ensayos correspondientes, con los cuales se obtuvieron los valores de la resistencia a la compresión de acuerdo a la normativa de la NTP 399.604, el esfuerzo a la flexión de acuerdo a las normativas de la NTG 41087 y el porcentaje de absorción bajo la normativa de la NTP 399.604.

Finalmente realizamos la evaluación de los resultados mediante tablas y gráficos comparativos de todos los especímenes prismáticos sometidos a compresión, flexión y absorción.

4.2. Análisis e Interpretación de resultados

Resultados obtenidos de las propiedades físicas del agregado fino y grueso.

Tabla 20

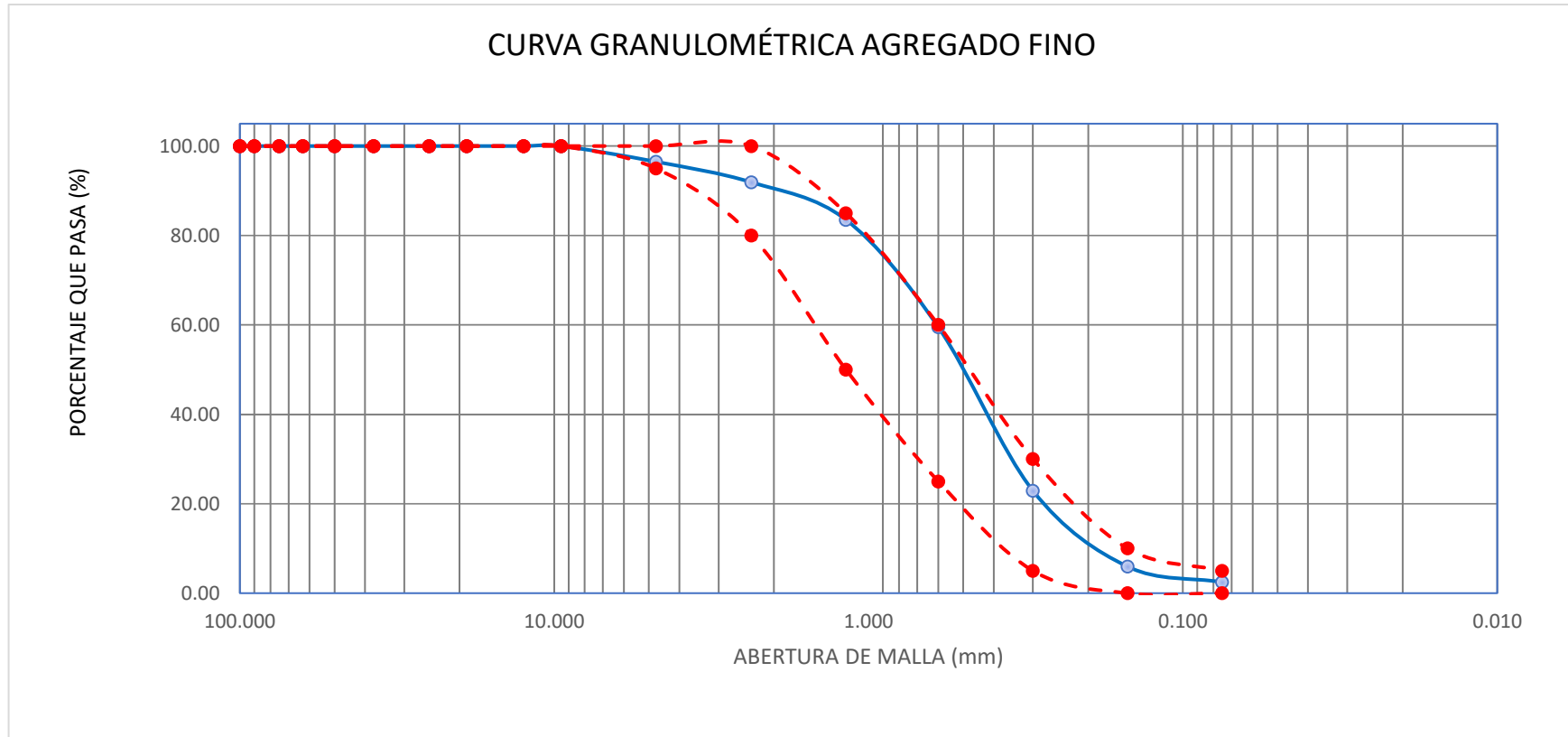
Datos granulométricos del Agregado Fino

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 400.012							
Proyecto:	"Influencia del Pet reciclado en las propiedades Físico - Mecánicas de adoquines elaborados con agregados de la Cantera Río Bado de Huamachuco (4%y 8%)"						
Solicitante:	Max López, Eddy Fernando Manuel / Ramos Marquina, Luis Jeffrey						
Ubicación del Proyecto:	TRUJILLO - LA LIBERTAD						
Material:	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA						
Código de Muestra:	--						
Procedencia:	CANTERA RÍO BADO - HUAMACHUCO						
Número de Muestra:	^--						
AGREGADO FINO NTP 400.012							
MALLA	ABERTURA (mm)	PESO	PESO	PESO	PESO	NTP 400.037	
		RETENIDO (g)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	LÍMITE MÍNIMO	LÍMITE MÁXIMO
4"	100.000				100.00	100.00	100.00
3 1/2"	90.000				100.00	100.00	100.00
3"	75.000				100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.000				100.00	100.00	100.00
2"	50.000				100.00	100.00	100.00
1 1/2"	37.500				100.00	100.00	100.00
1"	25.000		0.0	0.0	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.000		0.0	0.0	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.750	35	3.5	3.5	96.50	95.00	100.00
N° 8	2.360	46	4.60	8.10	91.90	80.00	100.00
N° 16	1.180	84	8.40	16.50	83.50	50.00	85.00
N° 30	0.600	240	24.00	40.50	59.50	25.00	60.00
N°50	0.300	366	36.60	77.10	22.90	5.00	30.00
N° 100	0.150	169.5	16.95	94.05	5.95	0.00	10.00
N° 200	0.075	34.9	3.49	97.54	2.46	0.00	5.00
Fondo		59.9					
						MF	2.4
						TMN	--

Nota. Esta tabla muestra los restados de la granulometría obtenida del agregado fino.

Figura 8

Presentación de la curva granulométrica del Agregado Fino



Nota. El gráfico representa la curva granulométrica del agregado fino, manteniéndose dentro de los límites.

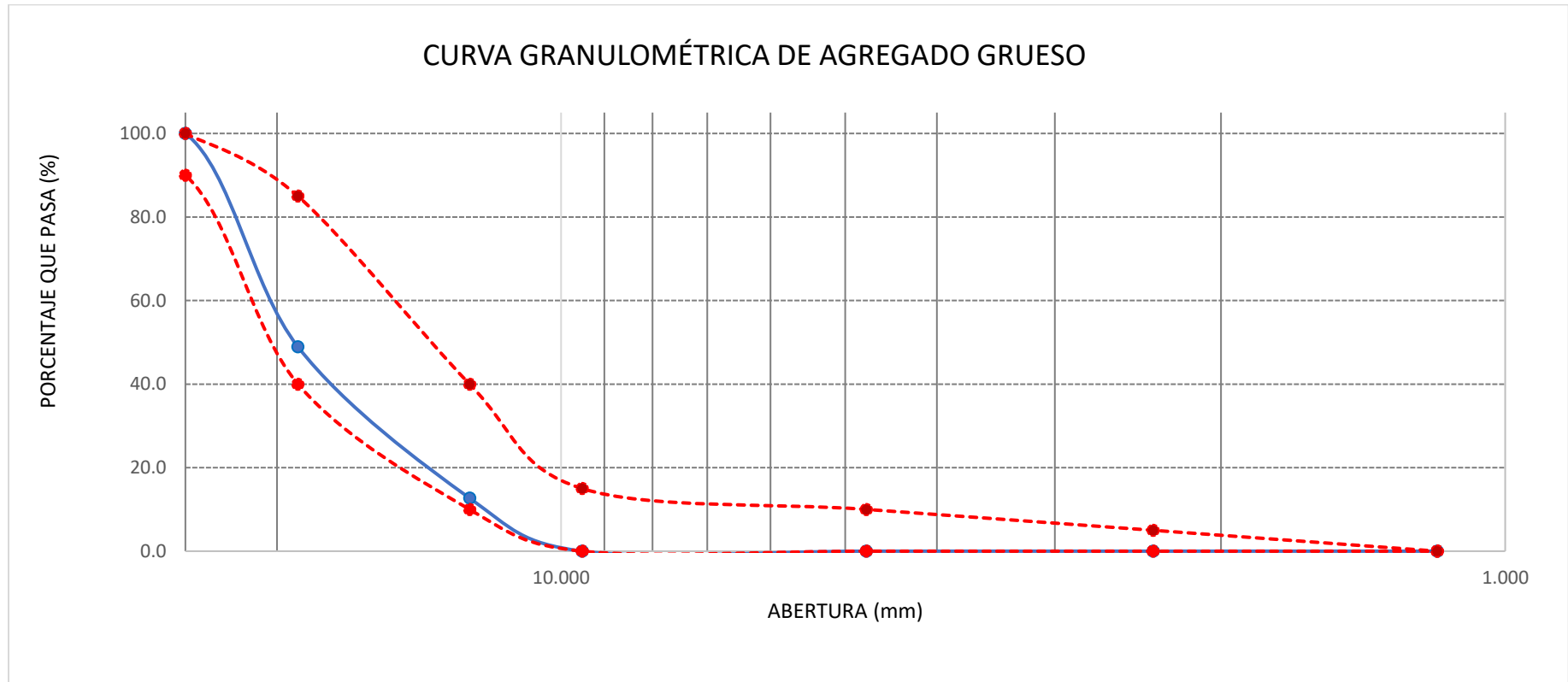
Tabla 21*Datos granulométricos del Agregado Grueso*

ANALISIS GRANULOMTRICO POR TAMIZADO NTP 400.012							
Proyecto:	"Influencia del Pet reciclado en las propiedades Físico - Mecánicas de adoquines elaborados con agregados de la Cantera Río Bado de Huamachuco (4%y 8%)"						
Solicitante:	Max López, Eddy Fernando Manuel / Ramos Marquina, Luis Jeffrey						
Ubicación del Proyecto:	TRUJILLO - LA LIBERTAD AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA						
Material:	3/4"						
Código de Muestra:	--						
Procedencia:	CANTERA RÍO BADO - HUAMACHUCO						
Número de Muestra:	'--						
AGREGADO GRUESO NTP 400.012 - PIEDRA CHANCADA 3/4"							
MALLA	ABERTURA (mm)	PESO	PESO	PESO	PESO	NTP 400.037	
		RETENIDO (g)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	LÍMITE MÍNIMO	LÍMITE MÁXIMO
1 1/2"	37.500	0	0.0	0.0	100.0	100	
1"	25.000	0	0.0	0.0	100.0	90	100
3/4"	19.000	2553.4	51.1	51.1	48.9	40	85
1/2"	12.500	1811.4	36.2	87.3	12.7	10	40
3/8"	9.500	736.5	14.7	102.0	0.0	0	15
N° 4	4.750	0	0.0	102.0	0.0	0	10
N° 8	2.360	0	0.0	102.0	0.0	0	5
N° 16	1.180	0	0.0	102.0	0.0	0	0
Fondo		1.7	0.0	102.1			
						TMN	3/4"

Nota. Esta tabla muestra los restados de la granulometría obtenida del agregado grueso.

Figura 9

Presentación de la curva granulométrica del Agregado Grueso



Nota. El gráfico representa la curva granulométrica del agregado grueso, manteniéndose dentro de los límites.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS POR SECADO

Tabla 22

Ensayo de contenido de Humedad del Agregado Fino

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO		
Descripción	U. M.	Prueba 1
Peso recipiente	gr	350.8
Peso recipiente + muestra Húmeda	gr	998.2
Peso recipiente + muestra seca	gr	992
Peso de muestra húmeda	gr	647.4
Peso de muestra seca	gr	641.2
peso de agua	gr	6.2
Contenido de humedad	gr	0.00967
Promedio	%	0.967

Nota. Esta tabla muestra los cálculos del contenido de Humedad obtenido del Agregado Fino.

Tabla 23

Ensayo de contenido de Humedad del Agregado Grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO		
Descripción	U. M.	Prueba 1
Peso recipiente	gr	347.5
Peso recipiente + muestra Húmeda	gr	2670.7
Peso recipiente + muestra seca	gr	2663.5
Peso de muestra húmeda	gr	2323.2
Peso de muestra seca	gr	2316
peso de agua	gr	7.2
Contenido de humedad	gr	0.0031
Promedio	%	0.31

Nota. Esta tabla muestra los cálculos del contenido de Humedad obtenido del Agregado Grueso.

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS

Tabla 24

Peso unitario suelto del agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO – ARENA GRUESA				
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Peso recipiente + muestra suelta	kg	7.103	7.128	7.167
Peso de recipiente	kg	2.474	2.474	2.474
Peso de muestra en estado suelto	kg	4.629	4.654	4.693
Volumen del recipiente	m ³	0.002798	0.002798	0.002798
Peso unitario suelto	kg/m³	1654	1663	1677
Promedio	kg/m³	1665		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los cálculos realizados mediante ensayos en el laboratorio.

Tabla 25

Peso unitario suelto del agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO – PIEDRA CHANCADA DE 3/4"				
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Peso recipiente + muestra suelta	kg	18.127	17.956	17.809
Peso de recipiente	kg	5.418	5.418	5.418
Peso de muestra en estado suelto	kg	12.709	12.538	12.391
Volumen del recipiente	m ³	0.00920	0.009201	0.009201
Peso unitario suelto	kg/m³	1381	1363	1347
Promedio	kg/m³	1364		

Nota. Esta tabla muestra resultados de cálculos realizados mediante ensayos en el laboratorio.

Tabla 26*Peso unitario compactado del agregado fino*

PESO UNITARIO COMPACTADO – ARENA GRUESA				
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	7.502	7.521	7.485
Peso de recipiente	kg	2.475	2.475	2.475
Peso de muestra estado compactado	kg	5.027	5.046	5.01
Volumen del recipiente	m ³	0.002798	0.002798	0.002798
Peso unitario compactado	kg/m³	1797	1803	1791
Promedio	kg/m³	1797		

Nota. Esta tabla muestra resultados de cálculos realizados mediante ensayos en el laboratorio.

Tabla 27*Peso unitario compactado del agregado grueso*

PESO UNITARIO COMPACTADO – PIEDRA CHANCADA 3/4"				
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	19.486	19.421	19.367
Peso de recipiente	kg	5.418	5.418	5.418
Peso de muestra estado compactado	kg	14.068	14.003	13.949
Volumen del recipiente	m ³	0.009201	0.009201	0.009201
Peso unitario compactado	kg/m³	1529	1522	1516
Promedio	kg/m³	1522		

Nota. Esta tabla muestra resultados de cálculos realizados mediante ensayos en el laboratorio.

DETERMINACIÓN DEL ENSAYO NORMALIZADO DEL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

Tabla 28

Resultados del específico y absorción del agregado fino

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN NTP 400.022 - AGREGADO FINO			
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	490.4	492.5
Peso del picnómetro lleno de agua	gr	680.1	678.5
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr	1010.9	1003.5
Peso de la muestra en estado SSS	gr	501.2	503.4
Peso específico base seca	gr/cm³	2.88	2.76
Promedio	gr/cm³	2.82	
Peso específico base SSS	gr/cm³	2.94	2.82
Promedio	gr/cm³	2.88	
Absorción	%	2.20	2.21
Promedio	%	2.21	

Nota. Esta tabla muestra resultados de cálculos realizados mediante ensayos en el laboratorio.

Tabla 29

Resultados del específico y absorción del agregado grueso

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN NTP 400.022 - AGREGADO GRUESO			
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso Material Saturado SS (en aire)	gr	5046.8	5092.2
Peso Material Saturado SS (en agua)	gr	3009.1	3056.2
Volumen de masa + volumen de vacíos = A - B	cm ³	2037.7	2036
Peso material seco en estufa (105°C)	gr	4996	5039.4
Volumen de masa = C-(A-D)	cm ³	1986.9	1983.2
Gravedad específica (Base seca) = D/C	-	2.452	2.475
Promedio	-	2.46	
Gravedad específica (Base Saturada) = A/C	-	2.477	2.501
Promedio	-	2.49	
Gravedad específica Aparente (Base seca) = D/E	-	2.51	2.54
Promedio	-	2.53	
Absorción	%	1.02	1.05
Promedio	%	1.03	

Nota. Esta tabla muestra resultados obtenidos mediante ensayos de laborio.

Diseño de mezcla para concreto método ACI 211.1

Cálculo de diseño de mezcla para concreto $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ –

PATRÓN

Resistencia de Cálculo.

$$\begin{aligned} f'c &= 320 \\ f'cr &= 320 + 84 \\ f'cr &= 404 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Asentamiento.

consistencia seca 0" a 2"

Cálculo de agua de mezclado y contenido de aire

	U. M.		VOLUMEN	
Agua de Diseño=	lt	190	0.19000	m ³
Aire Atrapado=	%	2	0.02000	m ³

Relación agua/cemento

450	0.38	
404	x	0.45
400	0.43	

Contenido de cemento

$$\text{Contenido de Cemento} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado}}{\text{Relación agua/Cemento}}$$

cont. Cemento= 422 kg
 9.93 Bolsas

Se utilizo el cemento Pacasmayo Extra Forte Eco Saco Tipo Ico (Tipo I).

Tabla 30

Datos de la muestra a trabajar – Patrón.

MATERIAL	MÓDULO DE FINURA	TMN	HUMEDAD (%)	P. U. SUELTO (kg/m ³)	P. U. COMPACTADO (kg/ m ³)	PESO ESPECÍFICO (kg/ m ³)	ABSORCIÓN (%)
AGUA	-	-	-	-	-	1000	-
CEMENTO	-	-	-	-	-	3150	-
AGREGADO FINO	2.4		0.967	1665	1797	2.82	2.21
AGREGADO GRUESO	0	3/4"	0.311	1364	1522	2.46	1.03

Nota. Esta tabla muestra resultados generales de los agregados para una muestra Patrón.

Volumen de cemento

$$\text{Volumen De Cemento} = \frac{\text{CONTENIDO DE CEMENTO}}{\text{PESO ESPECÍFICO DE CEMENTO}}$$

$$\text{Vol. Cemento} = 0.13404 \text{ m}^3$$

Obtención del coeficiente b/b0

$$\begin{array}{r} 2.6 \\ 2.4 \\ 2.8 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0.64 \\ x \\ 0.62 \end{array} \quad \begin{array}{r} \\ \\ 0.66 \end{array}$$

Peso del Agregado Grueso seco

$$\text{Peso a.g.} = \frac{b}{b_0} * (\text{PUSC A. G.})$$

$$\text{Peso seco a.g.} = 1005 \text{ kg/cm}^3$$

Volumen es absolutos de los agregados

- Volumen del agregado grueso

$$\text{Volumen A. G.} = \frac{\text{PESO SECO DEL A. G.}}{\text{PESO ESPECÍFICO A. G.}}$$

$$\text{Volumen A. G.} = 407.847 \quad 0.408 \text{ m}^3$$

- Volumen del agregado fino

$$\text{Volumen del A. F.} = 1 - (V_{AGUA} + V_{CEMENTO} + V_{A.G.} + V_{AIRE})$$

$$\text{Vol. A. F.} = 0.248 \text{ m}^3$$

Peso del agregado fino

Peso Del A. F.= $VOLÚMEN A. F. * PESO ESPECÍFICO A. F$

Peso Seco A. F.= 0.700 =700 kg/cm³

Corrección de peso húmedo de los materiales

Tabla 31

Corrección por humedad de los agregados

MATERIAL	VOLUMEN (m³)	PESO SECO (kg/m³)	PESO HÚMEDO (kg/m³)
CEMENTO	0.13404	422	422
AGUA	0.19000	190	205
AGREGADO FINO	0.24811	700	707
AGREGADO GRUESO	0.40785	1005	1008
AIRE	0.02000	0%	0%
PUT	1.00000	2317	2342

Nota. Esta tabla muestra los resultados de corrección por humedad de los agregados.

Peso por tanda de los materiales

Tabla 32

Peso por tanda de los materiales – Patrón

MATERIAL	PESO HÚMEDO (kg/m³)	TANDA 0.0279342 (m³)	UNIDAD DE MEDIDA
CEMENTO	422	11.788	kg
AGUA	206	5.754	L
AGREGADO FINO	706	19.722	kg
AGREGADO GRUESO	1008	28.158	kg
PET RECICLADO	-	-	
AIRE	-	-	

Nota. Esta tabla muestra los resultados por tanda para cada material para una muestra patrón.

Dosificación para una muestra Patrón + 4% Pet reciclado

Resistencia de Cálculo.

$$f'_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$$

Asentamiento.

consistencia seca 0" a 2"

Cálculo de agua de mezclado y contenido de aire

	U. M.		VOLUMEN	
Agua de Diseño=	lt	190	0.19000	m ³
Aire Atrapado=	%	2	0.02000	m ³

Relación agua/cemento

450	0.38	
404	x	0.45
400	0.43	

Contenido de cemento

$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO} = \frac{\text{CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO}}{\text{RELACIÓN AGUA/CEMENTO}}$$

cont. Cemento= 422 kg
9.93 Bolsas

Tabla 33

Datos de la muestra a trabajar – Patrón + 4% Pet reciclado.

MATERIAL	MÓDULO DE FINURA	TMN	HUMEDAD (%)	P. U. SUELTO (kg/m ³)	P. U. COMPACTADO (kg/m ³)	PESO ESPECÍFICO (kg/m ³)	ABSORCIÓN
							(%)
AGUA	-	-	-	-	-	1000	-
CEMENTO	-	-	-	-	-	3150	-
AGREGADO FINO	2.4		0.967	1665	1797	2.82	2.21
AGREGADO GRUESO	0	3/4"	0.311	1364	1522	2.46	1.03

Nota. Esta tabla muestra resultados generales de los agregados para una muestra Patrón + 4% Per reciclado.

Volumen de cemento

$$\text{Volumen de Cemento} = \frac{\text{Contenido de Cemento}}{\text{Peso Específico del cemento}}$$

$$\text{Vol. Cemento} = 0.13404 \text{ m}^3$$

Obtención del**coeficiente b/b0**

2.6	0.64	
2.4	x	0.66
2.8	0.62	

Peso del Agregado Grueso seco

$$\text{Peso a.g.} = \frac{b}{b_0} * (\text{PUSC A. G.})$$

$$\text{Peso seco a.g.} = 1005 \text{ kg/cm}^3$$

Volumen es absolutos de los agregados

- Volumen del agregado grueso

$$\text{Volumen A. G.} = \frac{\text{Peso Seco del A.G.}}{\text{Peso Específico del A.G.}}$$

$$\text{Volumen A. G.} = 407.847 \quad 0.408 \text{ m}^3$$

- Volumen del agregado fino

$$\text{Volumen Del A. F.} = 1 - (V_{AGUA} + V_{CEMENTO} + V_{A. G.} + V_{AIRE})$$

$$\text{Volumen. A. F.} = 0.248 \text{ m}^3$$

- Peso del agregado fino

$$\text{Peso Del A. F.} = \text{Volumen A. F} * \text{Peso Específico A. F}$$

$$\text{Peso Seco A. F.} = 0.700 = 700 \text{ kg/cm}^3$$

Corrección de peso húmedo de los materiales

Tabla 34

Corrección por humedad – Patrón + 4% Pet reciclado

MATERIAL	VOLUMEN (m³)	PESO SECO (kg/m³)	PESO HÚMEDO (kg/m³)
CEMENTO	0.13404	422	422
AGUA	0.19000	190	205
AGREGADO FINO	0.24811	700	707
AGREGADO GRUESO	0.40785	1005	1008
AIRE	0.02000	0%	0%
PUT	1.00000	2317	2342

Nota. Esta tabla muestra los resultados de corrección por humedad de los agregados.

Peso por tanda de los materiales

Tabla 35

Peso por tanda de los materiales – Patrón + 4% Pet reciclado

MATERIAL	PESO HÚMEDO (kg/m³)	TANDA 0.027934 (m³)	UNIDAD DE MEDIDA
CEMENTO	422	11.79	kg
AGUA	206	5.75	L
AGREGADO FINO	706	19.72	kg
AGREGADO GRUESO	1008	28.16	kg
PET	-	2.617	
AIRE	-	-	

Nota. Esta tabla muestra los resultados por tanda para cada material para una muestra patron +4% Pet reciclado.

Dosificación para una muestra Patrón + 8% Pet reciclado

Resistencia de Cálculo

$$f'_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$$

Asentamiento

consistencia seca 0" a 2"

Cálculo de agua de mezclado y contenido de aire

	U. M.		VOLUMEN
Agua de Diseño=	lt	190	0.19000 m ³
Aire Atrapado=	%	2	0.02000 m ³

Relación agua/cemento

450	0.38	
404	x	0.45
400	0.43	

Contenido de cemento

$$\text{Contenido de Cemento} = \frac{\text{Contenido de agua de Mezclado}}{\text{Relación Agua/Cemento}}$$

cont. Cemento= 422 kg
9.93 Bolsas

Tabla 36

Datos de la muestra a trabajar – Patrón + 8% Per reciclado.

MATERIAL	MÓDULO DE FINURA	TMN	HUMEDAD (%)	P. U. SUELTO (kg/m ³)	P. U. COMPACTADO (kg/m ³)	PESO ESPECÍFICO (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)
AGUA	-	-	-	-	-	1000	-
CEMENTO	-	-	-	-	-	3150	-
AGREGADO FINO	2.4		0.967	1665	1797	2.82	2.21
AGREGADO GRUESO	0	3/4"	0.311	1364	1522	2.46	1.03

Nota. Esta tabla muestra resultados generales de los agregados para una muestra Patrón + 8% Per reciclado.

Volumen de cemento

$$\text{Volumen de Cemento} = \frac{\text{CONTENIDO DE CEMENTO}}{\text{PESO ESPECÍFICO DE CEMENTO}}$$

Vol. Cemento= 0.13404 m³

Obtención del coeficiente b/b0

2.6	0.64	
2.4	x	0.66
2.8	0.62	

Peso del Agregado Grueso seco

$$\text{Peso a.g.} = \frac{b}{b_0} * (\text{PUSC A. G.})$$

$$\text{Peso seco a.g.} = 1005 \text{ kg/cm}^3$$

Volumen es absolutos de los agregados

- Volumen del agregado grueso

$$\text{Volumen A. G.} = \frac{\text{PESO SECO DEL A. G.}}{\text{PESO ESPECÍFICO A. G.}}$$

$$\text{Volumen A. G.} = 407.847 \quad 0.408 \text{ m}^3$$

- Volumen del agregado fino

$$\text{Volumen del A. F.} = 1 - (V_{\text{AGUA}} + V_{\text{CEMENTO}} + V_{\text{A. G.}} + V_{\text{AIRE}})$$

$$\text{Vol. A. F.} = 0.248 \text{ m}^3$$

- Peso del agregado fino

$$\text{Peso del A. F.} = \text{Volumen A. F.} * \text{Peso Específico A. F.}$$

$$\text{Peso Seco A. F.} = 0.700 \quad = 700 \text{ kg/cm}^3$$

Corrección de peso húmedo de los materiales**Tabla 37**

Corrección por humedad – Patrón + 8% Pet reciclado

MATERIAL	VOLUMEN (m ³)	PESO SECO (kg/m ³)	PESO HÚMEDO (kg/m ³)
CEMENTO	0.13404	422	422
AGUA	0.19000	190	205
AGREGADO FINO	0.24811	700	707
AGREGADO GRUESO	0.40785	1005	1008
AIRE	0.02000	0%	0%
PUT	1.00000	2317	2342

Nota. Esta tabla muestra los resultados de corrección por humedad de los agregados.

Peso por tanda de los materiales

Tabla 38

Peso por tanda de los materiales – Patrón + 8% Pet reciclado

MATERIAL	PESO HÚMEDO (kg/m³)	TANDA 0.02793 (m³)	UNIDAD DE MEDIDA
CEMENTO	422	11.79	kg
AGUA	206	5.75	L
AGREGADO FINO	706	19.72	kg
AGREGADO GRUESO	1008	28.16	kg
PET RECICLADO	-	5.234	
AIRE	-	-	

Nota. Esta tabla muestra los resultados por tanda para cada material para una muestra patron +8% Pet reciclado.

Tabla 39

Peso por tanda de materiales de cada diseño de mezcla

MATERIAL	PESO HÚMEDO (kg/m³)	TANDA 0.0279342 (m³)	UNIDAD DE MEDIDA
CEMENTO	422	11.79	kg
AGUA	206	5.75	L
AGREGADO FINO	706	19.72	kg
AGREGADO GRUESO	1008	28.16	kg
PET RECICLADO - PATRÓN	-	0.00	kg
PATRON + 4% PET RECICLADO	-	2.62	kg
PATRON + 8% PET RECICLADO	-	5.23	kg
AIRE	-	-	-

Nota. Esta tabla muestra los resultados totales por tanda.

Resultados de Ensayos de absorción de Adoquines - ASTM C 140

Tabla 40

Absorción de Adoquines – Patrón

DESCRIPCIÓN	UND	PATRON		
		P - M19	P - M20	P - M21
Peso Muestra Saturada 24h.inm	gr.	2,848	2,893	2,801
Peso muestra seca en estufa	gr.	2,752	2,810	2,708
% de Absorción	%	3.49	2.95	3.43
Absorción Promedio	%		3.29	

Nota. Esta tabla muestra los resultados de absorción de los adoquines para una muestra patrón.

Tabla 41

Absorción de Adoquines – Patrón + 4% Pet

DESCRIPCIÓN	UND	PATRON + 4% PET		
		P - M19	P - M20	P - M21
Peso Muestra Saturada 24h.inm	gr.	2,687	2,730	2,694
Peso muestra seca en estufa	gr.	2,515	2,546	2,509
% de Absorción	%	6.84	7.23	7.37
Absorción Promedio	%		7.15	

Nota. Esta tabla muestra los resultados de absorción de los adoquines para una muestra patrón +4% Pet reciclado.

Tabla 42

Absorción de Adoquines – Patrón + 8% Pet

DESCRIPCIÓN	UND	PATRON + 8% PET		
		P - M19	P - M20	P - M21
Peso Muestra Saturada 24h.inm	gr.	2,492	2,519	2,488
Peso muestra seca en estufa	gr.	2,305	2,311	2,298
% de Absorción	%	8.11	9.00	8.27
Absorción Promedio	%		8.46	

Nota. Esta tabla muestra los resultados de absorción de los adoquines para una muestra patrón +4% Pet reciclado.

Resultados de probetas ensayadas

Tabla 43

Resultados de compresión – Patrón 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM ² EDAD 7 DÍAS - 3 MUESTRAS												
Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320	Kg/cm ² - Patrón		Relación a/c =0.45								
PROBETA	DETALLES DE TESTIGO – ADOQUÍN DE (20x10x6 cm.)									P. ENDURECIDA		
CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD1-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	19/05/2023	7	205.10	102.90	211.0	43150	204.5	64%	20.04
CAD2-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	19/05/2023	7	205.00	103.10	211.4	50650	239.6	75%	23.48
CAD3-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	19/05/2023	7	205.60	103.30	212.4	46810	220.4	69%	21.60
PROMEDIO					7			211.6	46870.00	221.5	69%	21.71

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón a los 7 días.

Tabla 44*Resultados de compresión – Patrón 14 días*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 14 DÍAS - 3 MUESTRAS												
Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - Patrón			Relación a/c =0.45								
PROBETA	DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN DE (20x10x6 cm.)								P. ENDURECIDA			
CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD4-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	26/05/2023	14	205.40	102.80	211.2	78250	370.5	116%	36.31
CAD5-0	1:1.6:2.70		12/05/2023	26/05/2023	14	205.30	103.30	212.1	77320	364.5	114%	35.73
CAD6-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	26/05/2023	14	205.10	103.60	212.5	77710	365.7	114%	35.84
PROMEDIO					14			211.9	77760.00	366.9	115%	35.96

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón a los 14 días.

Tabla 45*Resultados de compresión – Patrón 28 días*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 28 DÍAS - 3 MUESTRAS												
Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - Patrón Relación a/c =0.45											
PROBETA	DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN DE (20x10x6 cm.)									P. ENDURECIDA		
CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD7-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	09/06/2023	28	205.60	103.20	212.2	84350	397.5	124%	38.96
CAD8-0	1:1.6:2.70		12/05/2023	09/06/2023	28	205.20	103.10	211.6	83210	393.2	123%	38.54
CAD9-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	09/06/2023	28	205.30	103.50	212.5	83640	393.6	123%	38.57
PROMEDIO					28			212.1	83733.33	394.8	123%	38.69

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón a los 28 días.

Tabla 46

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 7, 14 y 28 DIAS

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"		
Origen:	CANTERA RIO BADO		
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY		
Esfuerzo:	320	Kg/cm ² - Patrón	Relación a/c =0.45

ROTURA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN DE (20x10x6 cm.)****P. ENDURECIDA**

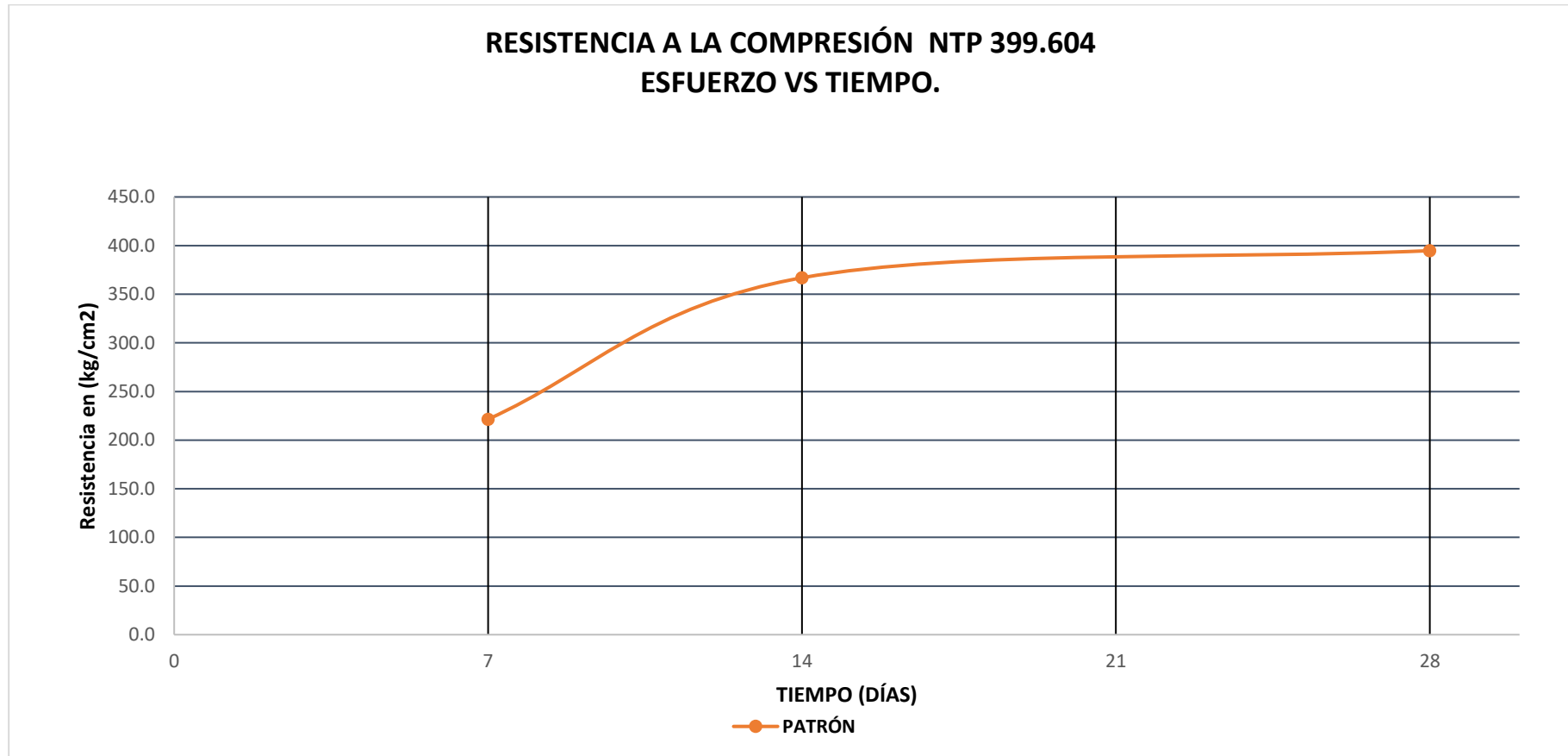
CÓDIGO (Días)	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Área (cm²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
Promedio - 7	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	19/05/2023	7	211.9	46870.00	221.5	69%	21.71
Promedio - 14	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	26/05/2023	14	212.1	77760.00	366.9	115%	35.96
Promedio - 28	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	09/06/2023	28	212.1	83733.33	394.8	123%	38.69

Compresión promedio – Patrón a los 7, 14 y 28 días

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión promedio para una muestra patrón.

Figura 10

Esfuerzo vs Tiempo de una resistencia - Patrón



Nota. El grafico representa el esfuerzo de rotura promedio obtenido con respecto al tiempo para una muestra patrón.

Tabla 47

Resultados de compresión – Patrón + 4% de Pet 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 7 DÍAS - 3 MUESTRAS												
Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (4% de Pet)						Relación a/c =0.45					
PROBETA	DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN DE (20x10x6 cm.)									P. ENDURECIDA		
CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD1-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	19/05/2023	7	205.10	102.90	211.0	53420	253.2	79%	24.81
CAD2-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	19/05/2023	7	205.00	103.10	211.4	52660	249.1	78%	24.41
CAD3-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	19/05/2023	7	205.60	103.30	212.4	53010	249.6	78%	24.46
PROMEDIO					7			211.6	53030.00	250.6	78%	24.56

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón + 4% de Pet reciclado a los 7 días.

Tabla 48

Resultados de compresión – Patrón + 4% de Pet días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 14 DÍAS - 3 MUESTRAS												
Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (4% de Pet)					Relación a/c =0.45						
PROBETA	DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN DE (20x10x6 cm.)										P. ENDURECIDA	
CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD4-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	26/05/2023	14	205.40	102.80	211.2	76280	361.2	113%	35.40
CAD5-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	26/05/2023	14	205.30	103.30	212.1	68490	322.9	101%	31.65
CAD6-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	26/05/2023	14	205.10	103.60	212.5	72320	340.3	106%	33.35
PROMEDIO					14			211.9	72363.33	341.5	107%	33.46

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón + 4% de Pet reciclado a los 14 días.

Tabla 49

Resultados de compresión – Patrón + 4% de Pet 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 28 DÍAS - 3 MUESTRAS												
Proyecto:		"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"										
Origen:		CANTERA RIO BADO										
Realizado por:		MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY										
Esfuerzo:		320 Kg/cm ² - (4% de Pet)					Relación a/c =0.45					
PROBETA		DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN DE (20x10x6 cm.)								P. ENDURECIDA		
CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD7-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	09/06/2023	28	205.60	103.20	212.2	79210	373.3	117%	36.58
CAD8-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	09/06/2023	28	205.20	103.10	211.6	80840	382.0	119%	37.44
CAD9-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	09/06/2023	28	205.30	103.50	212.5	79780	375.4	117%	36.79
PROMEDIO					28	212.1			79943.33	376.9	118%	36.94

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón + 4% de Pet reciclado a los 28 días.

Tabla 50

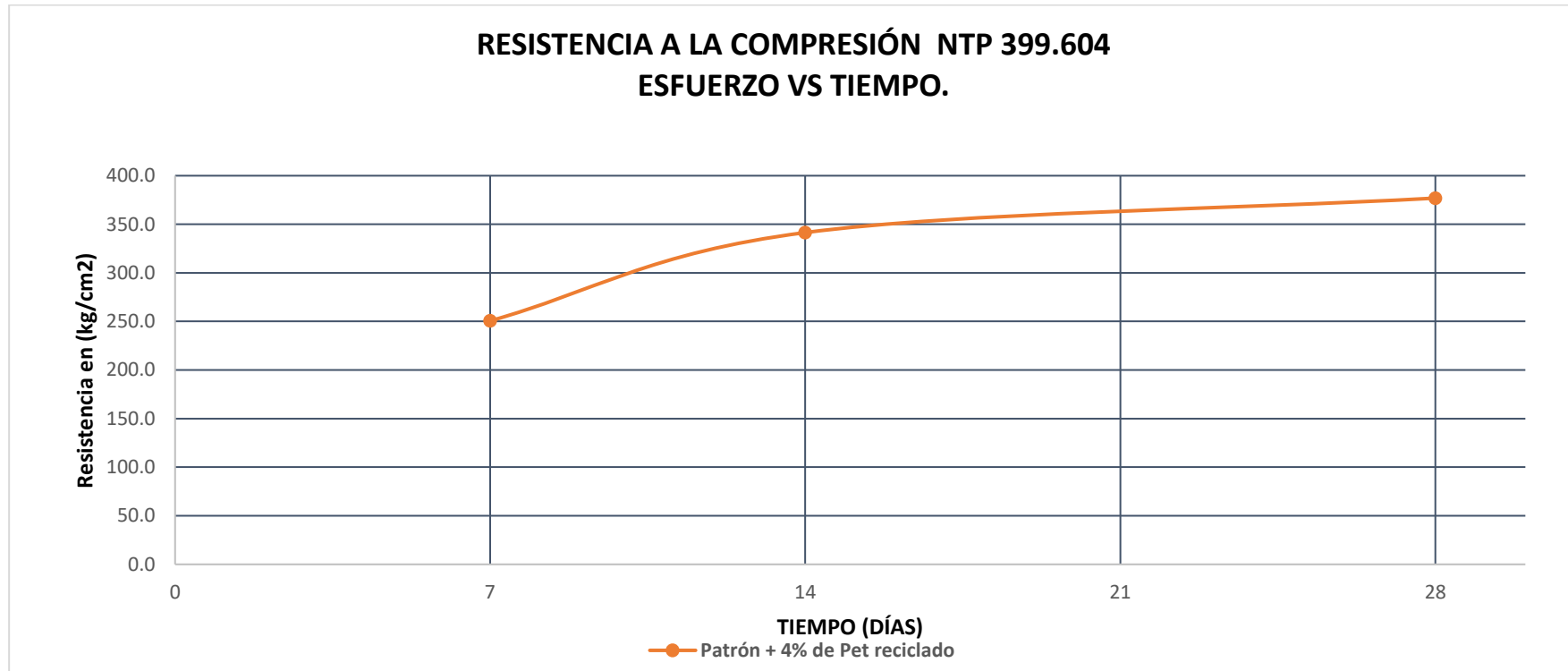
Compresión promedio – Patrón + 4% Pet a los 7, 14 y 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 7-14 y 28 DIAS										
Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"									
Origen:	CANTERA RIO BADO									
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY									
Esfuerzo:	320	Kg/cm ² - (4% de Pet)			Relación a/c =0.45					
ROTURA	DETALLES DE TESTIGO – ADOQUÍN DE (20x10x6 cm.)							P. ENDURECIDA		
CÓDIGO (Días)	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Área (cm²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
Promedio - 7	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	19/05/2023	7	211.9	53030.00	250.6	78%	24.56
Promedio - 14	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	26/05/2023	14	212.1	72363.33	341.5	107%	33.46
Promedio - 28	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	09/06/2023	28	212.1	79943.33	376.9	118%	36.94

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión promedio para una muestra patrón +4% de Pet reciclado.

Figura 11

Esfuerzo vs Tiempo, Patrón + 4% Pet reciclado



Nota. El grafico representa el esfuerzo de rotura promedio obtenido con respecto al tiempo para una muestra patrón +4% de Pet reciclado.

Tabla 51

Resultados de compresión – Patrón + 8% Pet 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 7 DÍAS - 3 MUESTRAS

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (8% de Pet)						Relación a/c =0.45					

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)****P. ENDURECIDA**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD1-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	19/07/2023	7	204.90	103.20	211.5	47810	226.1	71%	22.15
CAD2-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	19/07/2023	7	204.80	102.90	210.7	51210	243.0	76%	23.82
CAD3-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	19/07/2023	7	204.50	103.10	210.8	49930	236.9	74%	23.21
PROMEDIO					7			211.0	49650.00	235.3	74%	23.06

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón + 8% de Per reciclado a los 7 días.

Tabla 52

Resultados de compresión – Patrón + 8% Pet 14 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 14 DÍAS - 3 MUESTRAS

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"
Origen:	CANTERA RIO BADO
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (8% de Pet) Relación a/c =0.45

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN (20x10x6 cm.)****P. ENDURECIDA**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD4-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	26/07/2023	14	205.10	103.20	211.7	66390	313.6	98%	30.73
CAD5-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	26/07/2023	14	204.90	103.30	211.7	68150	321.9	101%	31.55
CAD6-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	26/07/2023	14	204.70	102.90	210.6	67180	319.0	100%	31.26
PROMEDIO					14			211.3	67240.00	318.2	99%	31.18

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón + 8% de Per reciclado a los 14 días.

Tabla 53

Resultados de compresión – Patrón + 8% Pet 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 28 DÍAS - 3 MUESTRAS

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320 Kg/ cm ² - (8% de Pet)						Relación a/c =0.45					

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN (20x10x6 cm.)****P. ENDURECIDA**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
CAD7-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	09/08/2023	28	205.20	103.60	212.6	69200	325.5	102%	31.90
CAD8-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	09/08/2023	28	205.10	103.20	211.7	70340	332.3	104%	32.56
CAD9-8	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	09/08/2023	28	204.90	102.90	210.8	69710	330.7	103%	32.41
PROMEDIO					28			211.7	69750.00	329.5	103%	32.29

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión para una muestra patrón + 8% de Pet reciclado a los 28 días.

Tabla 54

Compresión promedio – Patrón + 8% Pet a los 7, 14 y 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604 - F´C=320 KG/CM² EDAD 7-14 y 28 DIAS

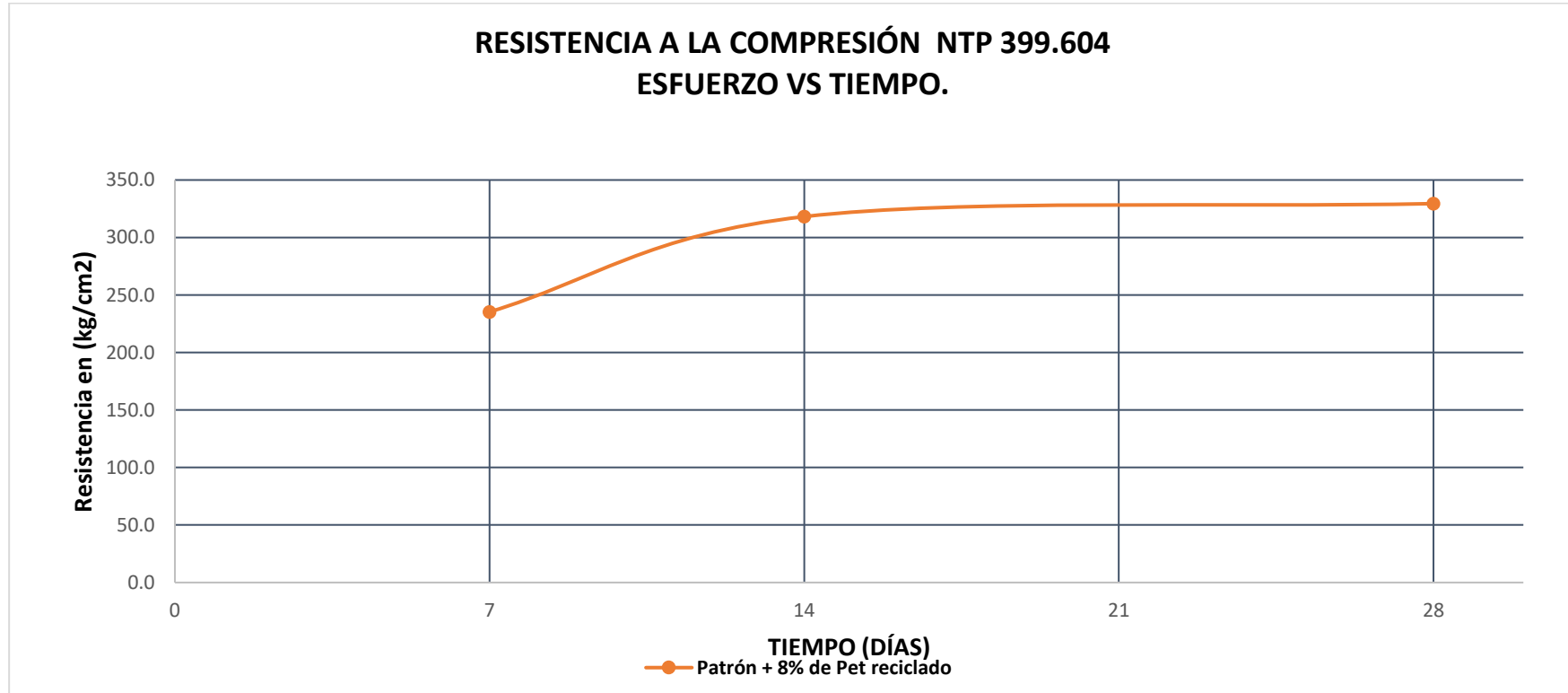
Proyecto:	"INFUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"		
Origen:	CANTERA RIO BADO		
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY		
Esfuerzo:	320	Kg/ cm ² - (8% de Pet)	Relación a/c =0.45

ROTURA		DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)						P. ENDURECIDA		
CÓDIGO (Días)	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)	Fuerza de compresión obtenida (%)	Resistencia en (Mpa)
Promedio - 7	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	19/07/2023	7	211.3	49650.00	235.3	74%	23.06
Promedio - 14	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	26/07/2023	14	211.7	67240.00	318.2	99%	31.18
Promedio - 28	1:1.6:2.70	8	12/07/2023	09/08/2023	28	211.7	69750.00	329.5	103%	32.29

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la compresión promedio para una muestra patrón +8% de Pet reciclado.

Figura 12

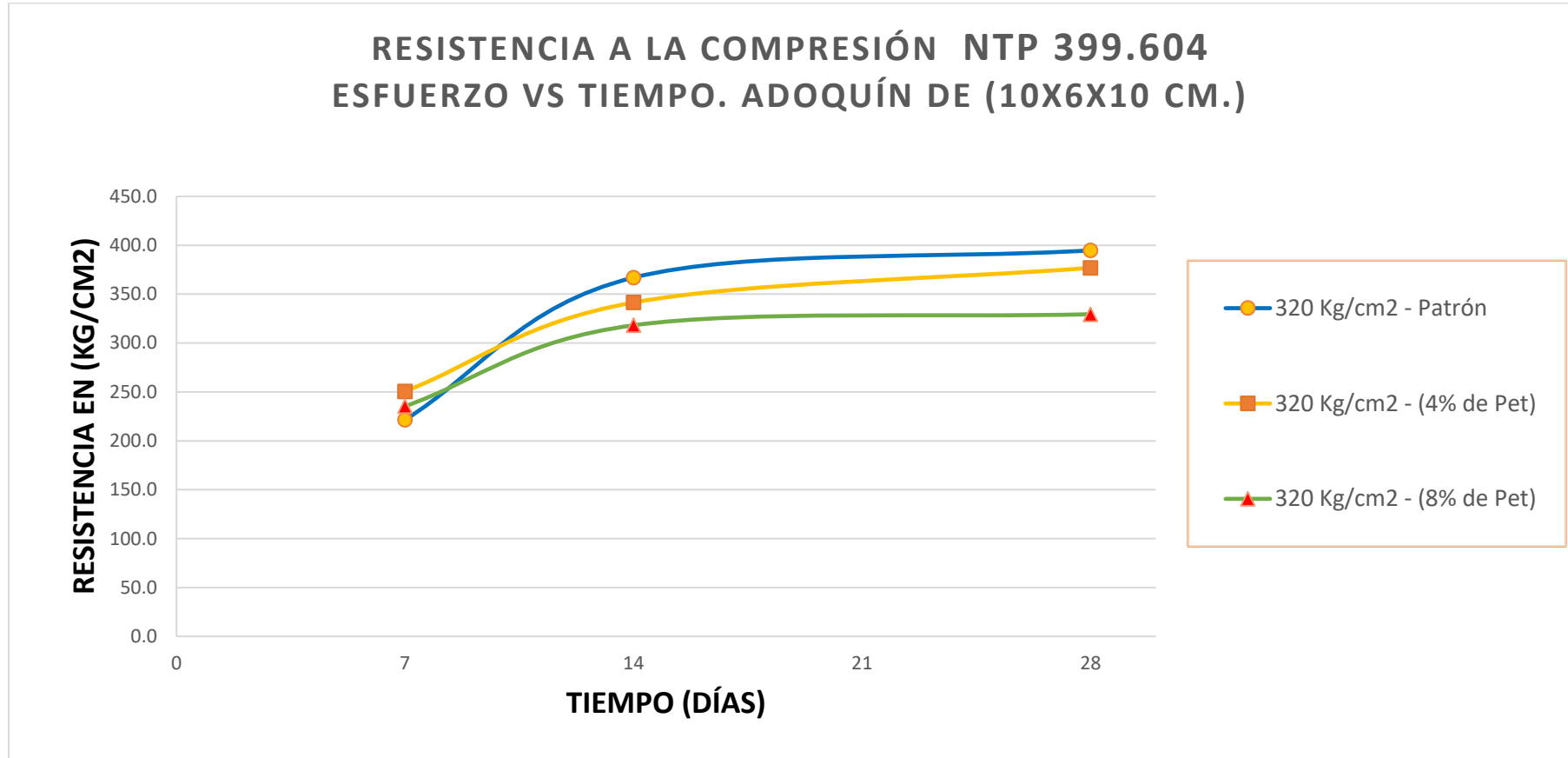
Esfuerzo vs Tiempo, Patrón + 8% Pet reciclado



Nota. El grafico representa el esfuerzo de rotura promedio obtenido con respecto al tiempo para una muestra patrón +8% de Pet reciclado.

Figura 13

Resultados de Esfuerzo vs Tiempo, Patrón, 4% y 8%



Nota. El grafico representa el esfuerzo de rotura promedio obtenido con respecto al tiempo para todas las muestras, tanto para la muestra patrón (+4%, +8% de Pet reciclado).

Resultados de flexión en Adoquines de concreto

Tabla 55

Resultados de Flexión – Patrón 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 7 DÍAS - 3 MUESTRAS

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"										
Origen:	CANTERA RIO BADO										
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY										
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - Patrón									Relación a/c =0.45	
PROBETA	DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)										
CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD1-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	103.10	59.50	670	6570	5.00
FAD2-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	102.80	59.80	710	6963	5.30
FAD3-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	103.20	60.30	660	6472	4.80
PROMEDIO					7	185.0	103.0	59.9	680	6669.00	5.03

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón a los 7 días.

Tabla 56*Resultados de Flexión – Patrón 14 días***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 14 DÍAS - 3 MUESTRAS**

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"										
Origen:	CANTERA RIO BADO										
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY										
Esfuerzo:	320	Kg/cm ² - Patrón								Relación a/c =0.45	

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD4-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	102.90	60.20	840	8238.00	6.10
FAD5-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	103.30	60.10	890	8728.00	6.50
FAD6-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	103.50	59.90	860	8434.00	6.30
PROMEDIO					14	185.0	103.2	60.1	863.33	8467.00	6.30

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón a los 14 días.

Tabla 57*Resultados de Flexión – Patrón 28 días***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 28 DÍAS - 3 MUESTRAS**

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"	
Origen:	CANTERA RIO BADO	
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY	
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - Patrón	Relación a/c =0.45

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD7-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	103.10	60.20	1030.00	10101.00	7.50
FAD8-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	103.20	61.20	1110.00	10885.00	7.80
FAD9-0	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	103.40	61.00	1070.00	10493.00	7.60
PROMEDIO					28	185.0	103.2	60.8	1070.00	10493.00	7.60

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón a los 28 días.

Tabla 58*Flexión promedio – Patrón a los 7,14 y 28 días***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 7-14-28 DÍAS - 3 MUESTRAS**

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"										
Origen:	CANTERA RIO BADO										
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY										
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - Patrón									Relación a/c =0.45	

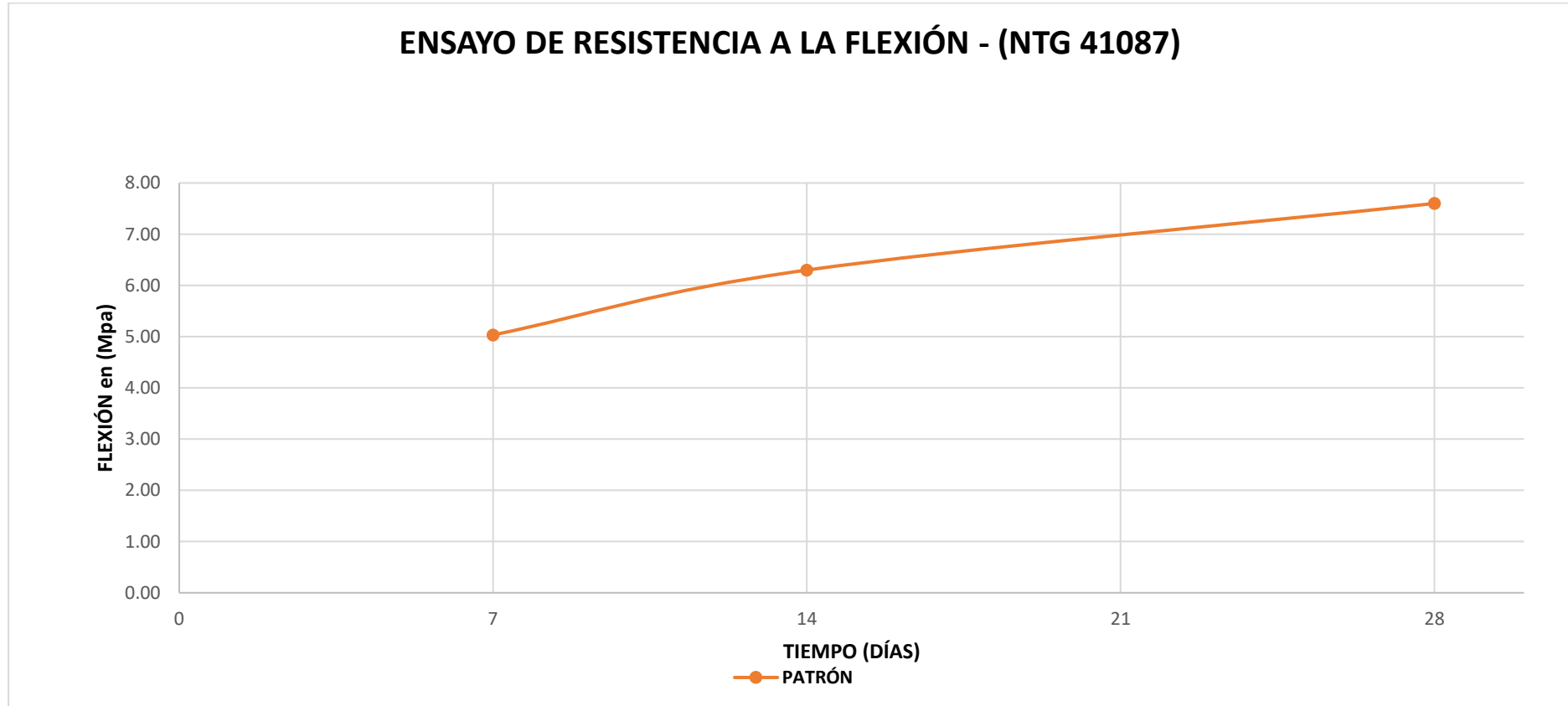
PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO(DIAS)	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
Promedio - 7	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	103.0	59.9	680.0	6669.00	5.03
Promedio - 14	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	103.2	60.1	863.3	8467.00	6.30
Promedio - 28	1:1.6:2.70	-	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.2	60.8	1070.0	10493.00	7.60

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión promedio para una muestra patrón.

Figura 14

Flexión vs Tiempo en una muestra - Patrón



Nota. El grafico representa el esfuerzo a la flexión para la rotura promedio obtenido con respecto al tiempo para una muestra patrón.

Tabla 59*Resultados de Flexión – Patrón + 4 Pet, 7 días***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 7 DÍAS - 3 MUESTRAS**

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"	
Origen:	CANTERA RIO BADO	
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY	
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (4% de Pet)	Relación a/c =0.45

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD1-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	103.20	60.50	690.00	6767.00	5.00
FAD2-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	102.90	60.70	710.00	6963.00	5.10
FAD3-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	103.10	61.20	680.00	6669.00	4.80
PROMEDIO					7	185.0	103.1	60.8	693.3	6800.00	5.00

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón +4% de Pet reciclado a los 7 días.

Tabla 60*Resultados de Flexión – Patrón + 4 Pet, 14 días***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 14 DÍAS - 3 MUESTRAS**

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"	
Origen:	CANTERA RIO BADO	
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY	
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (4% de Pet)	Relación a/c =0.45

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD4-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	103.20	60.50	690.00	6767.00	5.00
FAD5-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	102.90	60.70	710.00	6963.00	5.10
FAD6-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	103.10	61.20	680.00	6669.00	4.80
PROMEDIO					14	185.0	103.1	60.8	693.3	6800.00	5.00

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón +4% de Pet reciclado a los 14 días.

Tabla 61*Resultados de Flexión – Patrón + 4 Pet, 28 días***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 28 DÍAS - 3 MUESTRAS**

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"	
Origen:	CANTERA RIO BADO	
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY	
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (4% de Pet)	Relación a/c =0.45

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD7-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	103.60	60.70	910.00	8924.00	6.50
FAD8-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	103.20	62.10	900.00	8826.00	6.20
FAD9-4	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	102.90	63.10	960.00	9414.00	6.40
PROMEDIO					28	185.0	103.2	62.0	923.33	9055.00	6.40

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón +4% de Pet reciclado a los 28 días.

Tabla 62

Flexión promedio – Patrón + 4% Pet a los 7,14 y 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 7-14-28 DÍAS - 3 MUESTRAS

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"	
Origen:	CANTERA RIO BADO	
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY	
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (4% de Pet)	Relación a/c =0.45

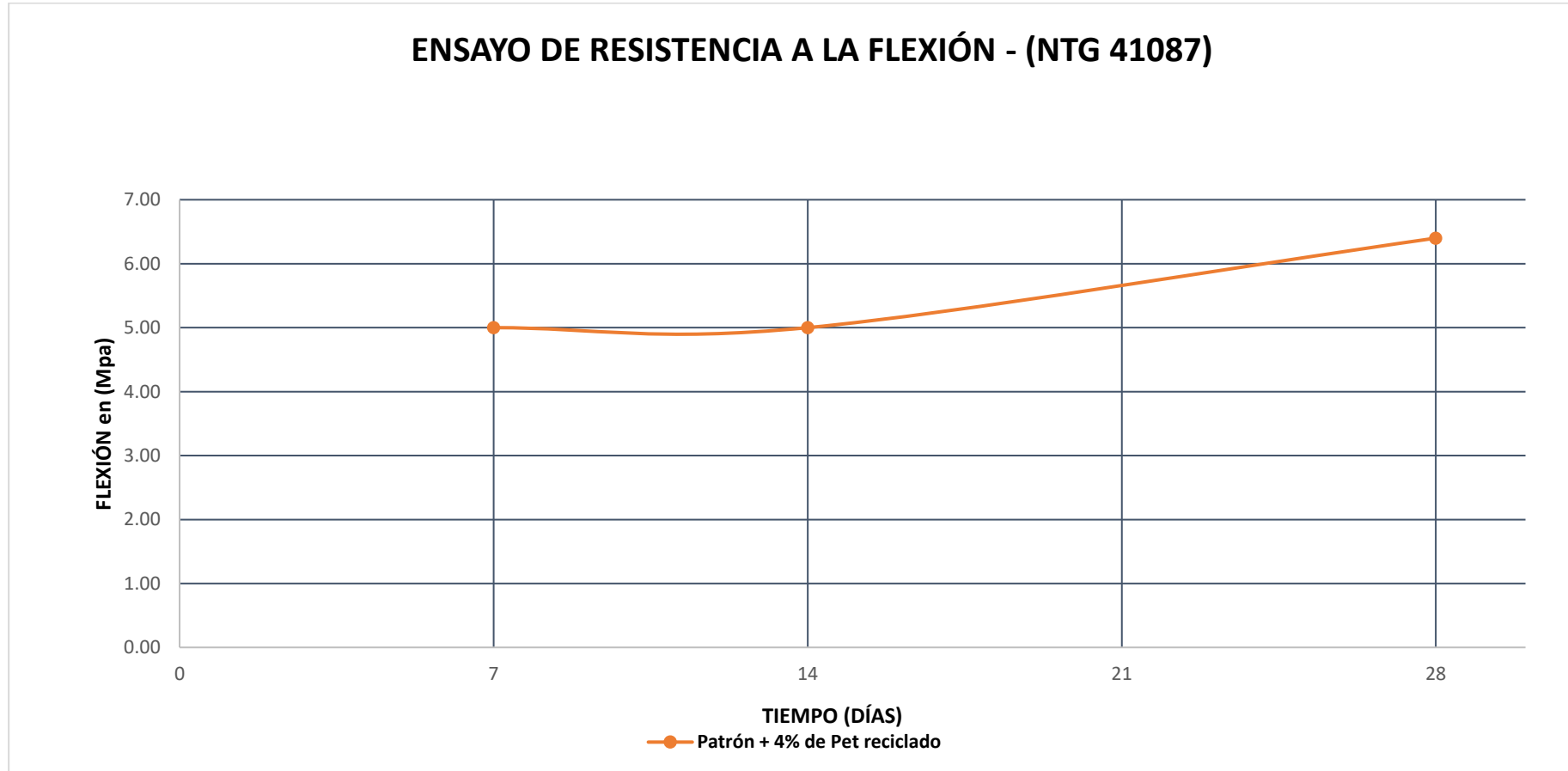
PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUIN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO(DIAS)	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
Promedio - 7	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	103.1	60.8	693.3	6800.00	5.00
Promedio - 14	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	103.1	60.8	693.3	6800.00	5.00
Promedio - 28	1:1.6:2.70	4	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.2	62.0	923.3	9055.00	6.40

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión promedio para una muestra patrón 4% de Pet reciclado.

Figura 15

Flexión vs Tiempo muestra – Patrón + 4% de Pet reciclado



Nota. El grafico representa el esfuerzo a la flexión para la rotura promedio obtenido con respecto al tiempo para una muestra patrón + 4% de Pet reciclado.

Tabla 63*Resultados de Flexión – Patrón + 8 Pet, 7 días*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 7 DÍAS - 3 MUESTRAS											
Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"										
Origen:	CANTERA RIO BADO										
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY										
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (8% de Pet)									Relación a/c =0.45	
PROBETA	DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN (20x10x6 cm.)										
CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD1-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	102.90	62.70	480.00	4707.00	3.20
FAD2-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	103.10	62.40	520.00	5099.00	3.50
FAD3-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	19/05/2023	7	185.00	103.30	61.60	490.00	4805.00	3.40
PROMEDIO					7	185.0	103.1	62.2	496.7	4870.33	3.40

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón +8% de Pet reciclado a los 7 días.

Tabla 64*Resultados de Flexión – Patrón + 8 Pet, 14 días***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 14 DÍAS - 3 MUESTRAS**

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (8% de Pet)								Relación a/c =0.45			

PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD4-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	102.80	60.70	530.00	5198.00	3.80
FAD5-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	103.30	60.30	570.00	5590.00	4.10
FAD6-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	26/05/2023	14	185.00	103.60	61.30	550.00	5394.00	3.80
PROMEDIO					14	185.0	103.2	60.8	550.0	5394.00	3.90

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón +8% de Pet reciclado a los 14 días.

Tabla 65*Resultados de Flexión – Patrón + 8 Pet, 28 días***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087 EDAD 28 DÍAS - 3 MUESTRAS**

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RIO BADO DE HUAMACHUCO"											
Origen:	CANTERA RIO BADO											
Realizado por:	MAX LOPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL y RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY											
Esfuerzo:	320 Kg/cm ² - (8% de Pet)								Relación a/c =0.45			

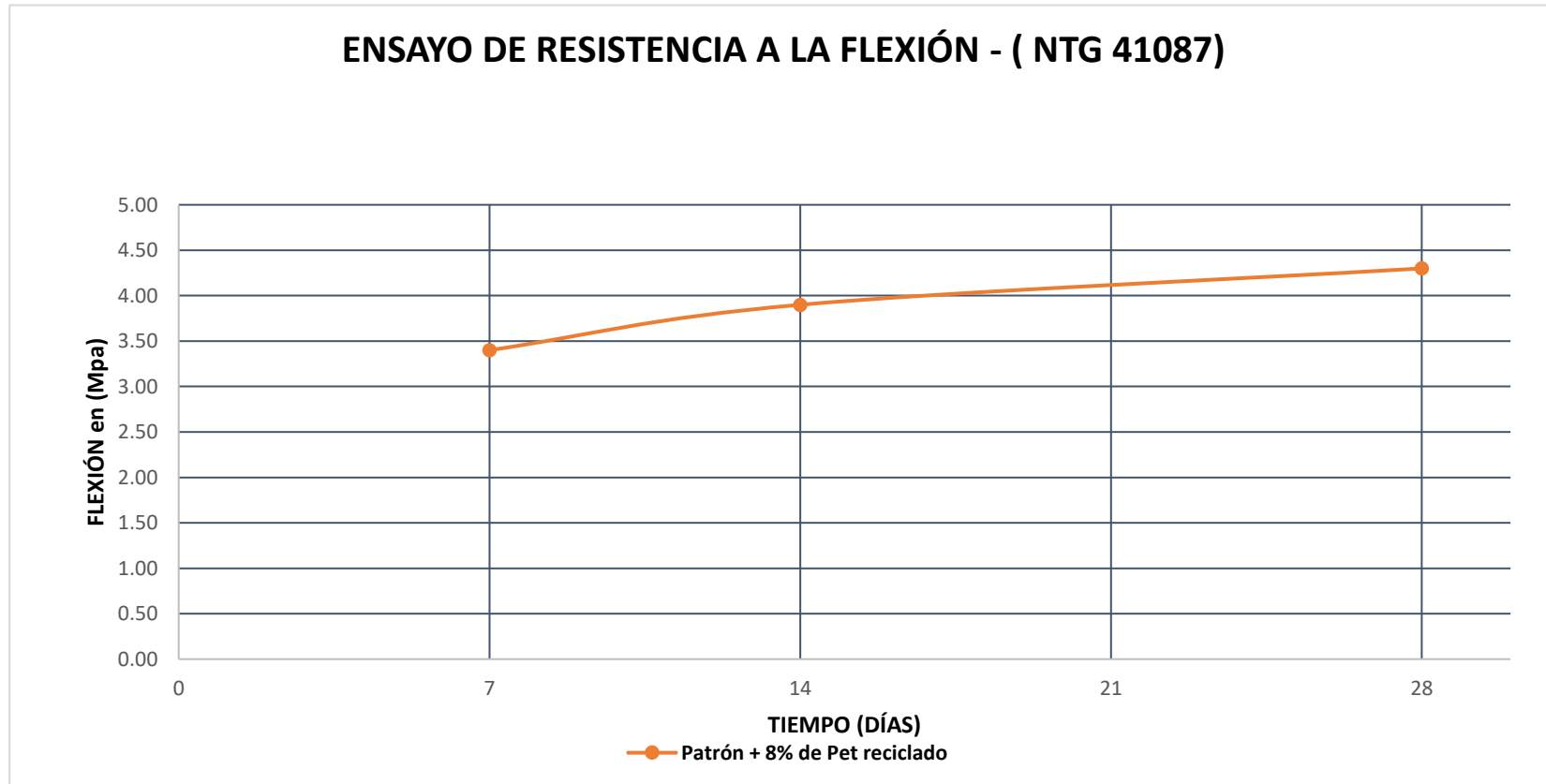
PROBETA**DETALLES DE TESTIGO - ADOQUÍN (20x10x6 cm.)**

CÓDIGO	Dosificación	% De Pet	Fecha de Elaboración:	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)	Carga en (N)	Resistencia en (MPa)
FAD7-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	103.20	61.10	620.00	6080.00	4.40
FAD8-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	103.10	62.40	630.00	6178.00	4.30
FAD9-8	1:1.6:2.70	8	12/05/2023	09/06/2023	28	185.00	103.50	61.30	610.00	5982.00	4.30
PROMEDIO					28	185.0	103.3	61.6	620.00	6080.00	4.30

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del esfuerzo a la flexión para una muestra patrón +8% de Pet reciclado a los 28 días.

Figura 16

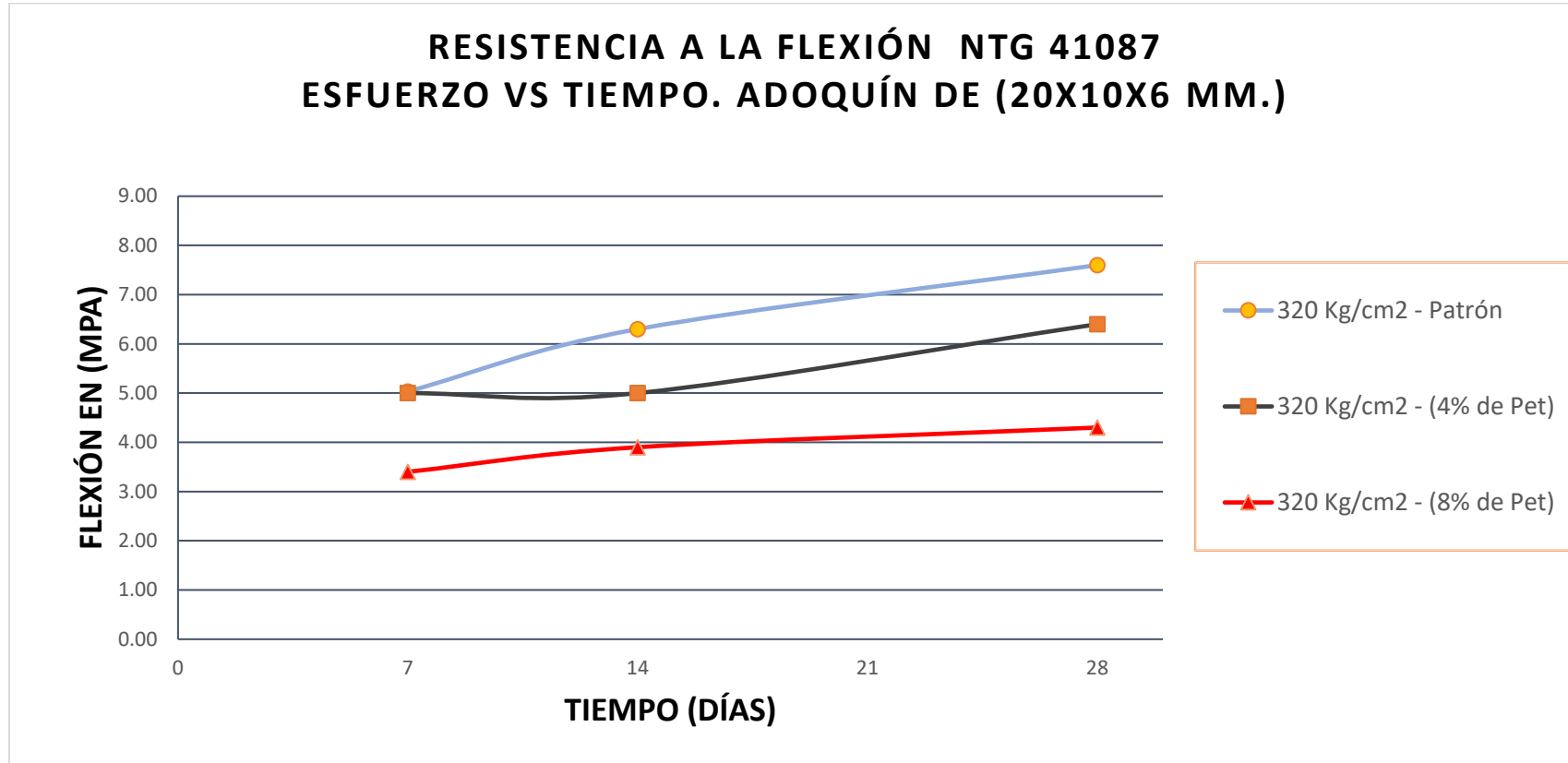
Flexión vs Tiempo muestra – Patrón + 8% de Pet reciclado



Nota. El grafico representa el esfuerzo a la flexión para la rotura promedio obtenido con respecto al tiempo para una muestra patrón + 8% de Pet reciclado.

Figura 17

Resultados de Flexión vs Tiempo, Patrón, 4% y 8%



Nota. El grafico representa el esfuerzo a la flexión (MPa) promedio obtenido con respecto al tiempo para todas las muestras, tanto para la muestra patrón (+4%, +8% de Pet reciclado).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La utilización de los agregados en el presente trabajo de Grado, procedente de la cantera RIO BADO de Huamachuco, estas proporcionan una buena calidad y seguridad, cumpliendo con las especificaciones técnicas y los correctos usos requeridos estipulados en la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012, de acuerdo a los ensayos realizados un laboratorio Geotec Vial SAC para el análisis de los agregados, se adquirieron los siguientes resultados:

Tabla 66

Resultados del análisis de los agregados

CARACTERISTICAS	MATERIAL	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de finura	2.4	-
Tamaño Máximo Nominal	-	3/4"
Contenido de Humedad	0.96%	0.31%
Peso Unitario Suelto	1665 kg/cm ³	1364 kg/cm ³
Peso Unitario Compactado	1797 kg/cm ³	1522 kg/cm ³
Peso Especifico	2.82 gr/cm ³	2.46 gr/cm ³
Absorción	2.21%	1.04%

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los análisis de los agregados obtenidos en el laboratorio.

Con los resultados obtenidos nos permitirán elaborar de los ensayos de dosificación y posteriormente determinar la absorción, resistencia a la compresión y flexión, para la elaboración de nuestro adoquín de concreto se optó por un diseño de mezcla $F'c=320 \text{ Kg/cm}^2$, producido con porcentajes de Pet reciclado, utilizando una muestra patrón, +4% y +8% de Pet. Se eligió el método de diseño ACI 211.1, la cual nos proporciona una serie de pasos con ayuda de gráficos y tablas, permitiendo dosificar los materiales en concordancia con sus características avalando la resistencia requerida.

Después se procedió a realizar el vaciado de concreto en los moldes, con el objetivo de ser utilizados para los ensayos de resistencia a la compresión,

flexión y absorción, para ello se procedió a utilizar moldes para adoquín con medidas de 20cm x 10cm x 6cm,(20 cm de largo, 10 cm ancho y 6 cm de altura), obteniendo testigos con medidas que varían de 20.51 x 10.29 x 6.05 cm y áreas entre 211.0 a 212.5, tanto estos moldes fueron realizados para los dos ensayos de resistencia, como también el ensayo de fluidez.

Todas las probetas que fueron ensayadas en esta investigación fueron correctamente preparados, curados, para el ensayo de absorción se procedió a utilizar la Norma ASTM C 140 adicionalmente se utilizó la Norma NTP 399.611 como requisito para el porcentaje de absorción en adoquines, posteriormente para la resistencia a la compresión se utilizó como guía la Norma NTP 339.604 y para la resistencia a la flexión se utilizó la Norma NTG 41087; estos dos últimos ensayos se realizaron después de 7, 14, 28 días. Para poder realizar el ensayo de absorción se procedió a utilizar 3 adoquines por cada muestra y proceder calcular el peso saturado y seco de cada espécimen, para luego poder calcular el porcentaje de absorción de cada muestra. Según por cada tiempo de prueba se procedió a realizar la compresión la cual utilizaron 3 adoquines que fueron sometidos a una carga en toda su área, esto a su edad especificada y pudiendo dividir la carga máxima obtenida entre el área de la sección transversal del adoquín, para el ensayo de la resistencia a la flexión se utilizaron 3 adoquines, donde se aplicó la carga en un punto medio de manera progresiva hasta la llegar a la falla para así registrar la carga máxima y poder calcular el módulo de rotura.

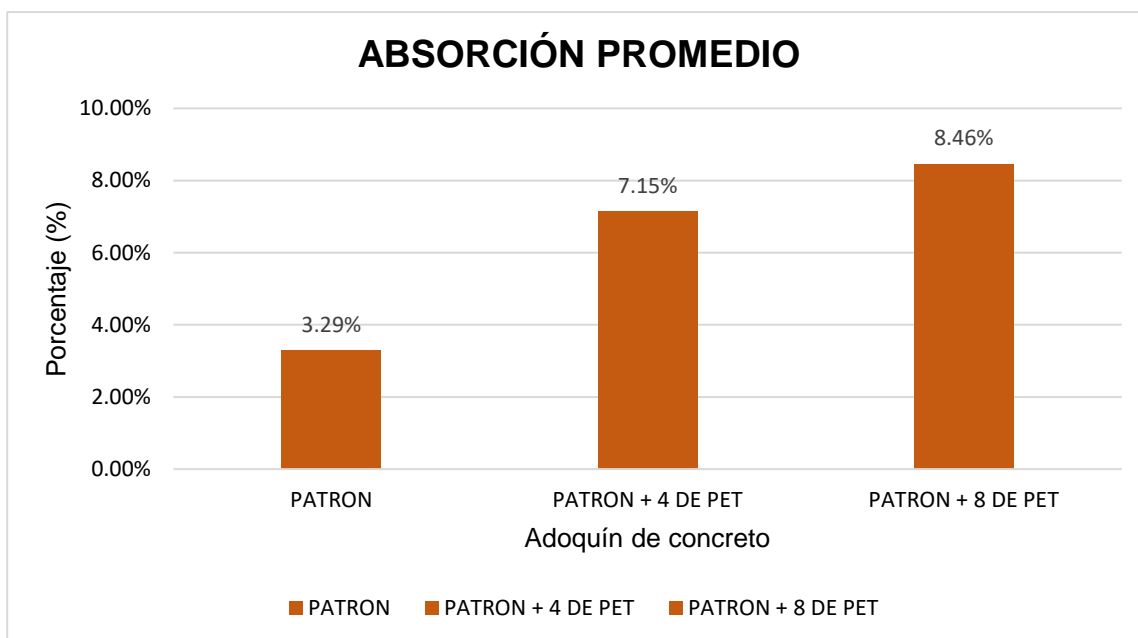
Finalmente, se realizó el resumen de los resultados obtenidos del ensayo de la absorción de adoquines, los cuales fueron:

Tabla 67

Absorción promedio

ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	
PATRON	3.29%
PATRON + 4 DE PET	7.15%
PATRON + 8 DE PET	8.46%

Nota. Esta tabla muestra los porcentajes de absorción promedio de los adoquines.

Figura 18*Demostración de absorción promedio*

Nota. El grafico representa el porcentaje de absorción de los adoquines esto bajo los requerimientos de la *NTP 399.604*.

Luego de obtener los valores de los esfuerzos por cada espécimen (Patrón, Pet reciclado al 4% y 8%) a los 28 días, después se procedió a realizar una tabla resumen con los resultados obtenidos de los adoquines ensayados, tanto en compresión y flexión.

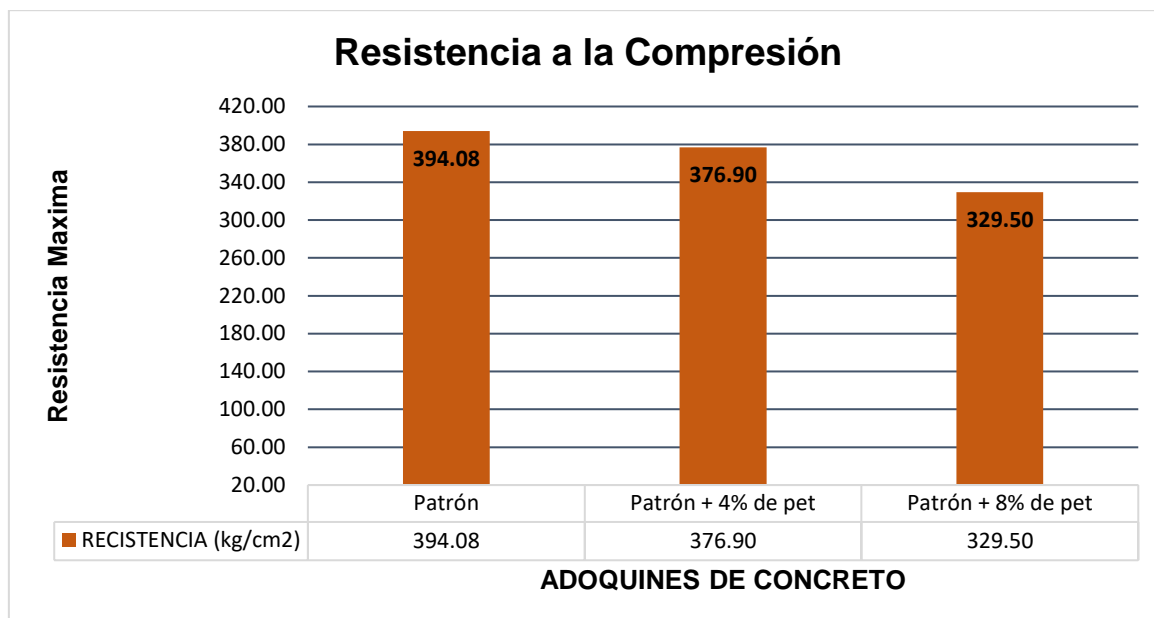
Tabla 68*Resumen de resistencia a la compresión a los 28 días*

RESISTENCIA LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS	
TIPOS DE ESPECIMENES	RECISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	394.08
Patrón + 4% de Pet	376.90
Patrón + 8% de Pet	329.50

Nota. Esta tabla muestra el resumen de los restados del esfuerzo a la compresión para los adoquines de concreto para cada muestra.

Figura 19

Demostración de resistencia a la compresión



Nota. El grafico representa la comparación de resistencia a la compresión obtenida de las muestras de adoquines de concreto.

Se puede observar en los resultados de la resistencia a la compresión que todas pasan el diseño planteado inicial, que fue de $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ y a la vez no sobre pasando la resistencia a la compresión promedio, obteniendo como resultados que el diseño patrón llega a tener una capacidad alta con respecto a las de más resistencias, al agregar 4% de Pet reciclado aumenta a una capacidad aceptable y por el contrario al agregar 8% Pet aumenta a una capacidad mínima.

Tabla 69

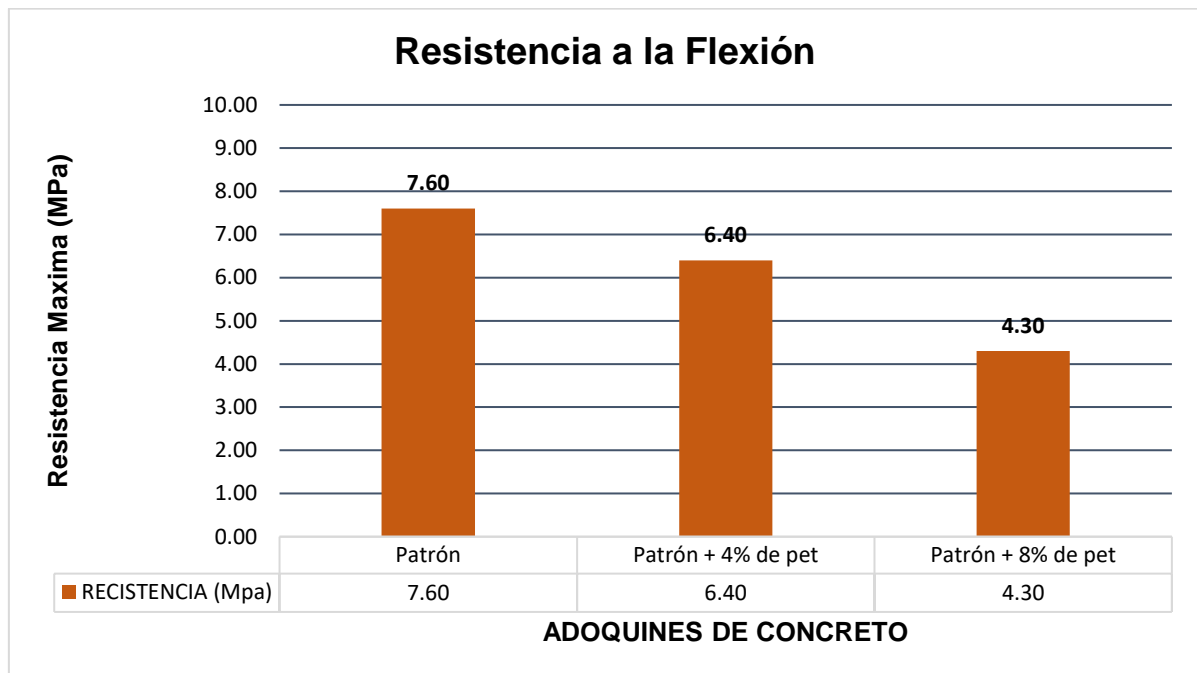
Resumen de resistencia a la Flexión a los 28 días

RESISTENCIA LA FLEXIÓN A LOS 28 DIAS	
TIPOS DE ESPECIMENES	RECISTENCIA (Mpa)
Patrón	7.60
Patrón + 4% de Pet	6.40
Patrón + 8% de Pet	4.30

Nota. Esta tabla muestra el resumen de los restados del esfuerzo a la Flexión para los adoquines de concreto para cada muestra.

Figura 20

Demostración de resistencia a la flexión



Nota. El grafico representa la comparación de resistencia a la flexión obtenida de las muestras de adoquines de concreto.

Se puede observar que se obtuvo como resultados que la resistencia más alta es la Resistencia patrón y luego disminuye su resistencia gradualmente, obteniendo una mínima resistencia al 8% Pet reciclado.

CONCLUSIONES

Se concluye que, según lo señalado en la norma NTP 400.012, los análisis de los agregados cumplen con sus especificaciones técnica. Se logró que el módulo de finura del agregado fino es de 2.7, y con respecto al agregado grueso se tiene un Tamaño Máximo Nominal de 3/4", esto nos brinda mejor trabajabilidad para concreto.

Se concluye, que la muestra del agregado fino llega a tener un porcentaje de contenido de humedad de 0.96% y del agregado grueso de 0.31%. Con respecto al peso específico, el agregado fino cuenta con un peso unitario seco y suelto de 1665 kg/m^3 , por otra parte, el peso unitario seco y suelto del agregado grueso es de 1364 kg/m^3 , considerando el peso unitario seco y compactado se obtuvo 1797 kg/m^3 para el agregado fino y para el agregado grueso es de 1522 kg/m^3 . Para finalizar se obtuvo el peso específico y la absorción de los agregados, teniendo como resultado 2.82 gr/cm^3 y 2.21% para el agregado fino y del agregado grueso llega hacer de 2.46 gr/cm^3 y 1.04% respectivamente.

Se concluye que, para diseñar la muestra patrón se considera una tanda de 0.0279 m^3 , de modo que se usará 11.79 kg de cemento, 5.75 L de agua, 19.72 kg de agregado fino y 28.16 kg de agregado grueso.

Se concluye que, añadiendo 2.617 kg de Pet reciclado representa el 4%, la cual deberá ser añadida a los pesos obtenidos de la muestra patrón, por otra parte, la muestra con 8% de Pet reciclado se deberá de añadir 5.234 kg.

Se concluye que, al elegir las dimensiones de los adoquines nos basamos en la norma La NTP 399.611, por ello para los ensayos de absorción y resistencia a la compresión y flexión se optó el uso de moldes de 20 x 10 x 6.

Se concluye que, para determinar el porcentaje de absorción nos basamos en la Norma ASTM C 140 y bajo los requerimientos la NTP 399.611, se obtuvo un promedio de 3.29% para el adocuin patrón (cumpliendo con lo

especificado en la norma), 7.15% añadiendo 4% Pet y 8.46% de Pet reciclado, estos dos últimos no cumplen con lo requerido en la norma.

Se concluye que, para determinar los valores de resistencia a la compresión, se utilizó como guía de diseño la NTP 399.604, demostrando que las muestras ensayadas sobrepasan el diseño patrón de 320 kg/cm², obteniendo que la muestra con PET más alta es la que posee un 4%, generando una resistencia de 376.9 kg/cm², obteniendo un 28% más con respecto a la muestra de diseño.

Se concluye que, para determinar la resistencia a la flexión, se siguió con lo estipulado en la norma NTG 41087. Obteniendo que la muestra con PET que cumple con los requisitos mínimos que indica la norma, es la que posee 4%, generando una resistencia de 6.40 Mpa a los 28 días, y llegando a fallar por una carga puntual en el centro.

Con los resultados se concluye que, en el ensayo de absorción se puede comprobar que los adoquines que contienen Pet reciclado exceden el 6% máximo según la NTP 399.611. Evaluando la resistencia a la compresión se comprobó que su resistencia en su estructura con 4% de Pet reciclado aumenta en un 28% su resistencia. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, si se busca aumentar su resistencia, no se debería aumentar la cantidad por encima de este porcentaje.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de 42.5 kg de Cemento Portland Compuesto Tipo Ico como medida, si la intención es replicar el estudio en condiciones de terreno. Esta decisión se basa en la premisa de que este mismo tipo de cemento fue empleado en la creación de las muestras de adoquín que más tarde fueron sometidas a evaluación.
- Se recomienda que, para futuras investigaciones con Pet reciclado, realizar diseños de adoquín reemplazando los agregados fino y grueso con este polímero, con el objetivo de obtener nuevos resultados de investigación.
- Se recomienda para las próximas investigaciones de concreto con agregado de PET reciclado, realizar el análisis de otras propiedades, como la resistencia a la abrasión, resistencia al congelamiento, deshielo y ensayos químicos.
- Se recomienda ampliar la investigación mediante la incorporación de un aditivo que pueda aumentar la capacidad de adherencia entre el PET reciclado y la mezcla de concreto, con el propósito de evaluar cómo afecta la calidad de adoquines que contengan PET reciclado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo, H. J. (2019). *Bases teóricas para realizar la investigación influencia de fibras de plástico reciclado en las propiedades mecánicas y físicas del ladrillo machihembrado Trujillo, 2018.*
- Barrantes, J. A., & Holguín, R. C (2015) "*INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE REEMPLAZO DE CENIZA VOLANTE POR CEMENTO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE TRANSITO LIVIANO*".
- Blancard, M., Choplin, L., Mbaye, M., & Olivereau, A. (2019, June 24). *Un sistema de depósito para botellas de plástico en Lima: ¿una alternativa colectiva y exitosa para resolver el problema de la contaminación y de la creciente producción de plástico en el Perú?*
https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/1754/2019_MATC_18-1_01_T.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Cabanillas, H. B. (2020). *INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CONVENCIONALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2020.*
https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24147/Cabanillas_Hernández_Harold_Brando.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chaluiza, Á. M. (2012) "*RELACIONES DE COMPRESIÓN Y TENSIÓN EN ADOQUINES FABRICADOS CON MATERIALES PROCEDENTES DE LA CANTERA DE PESILLO, UBICADA EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA*".
- Cristián, A., Ize, I., & Gavilán, A. (2003). *La situación de los envases de plástico en México.* <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906905.pdf>
- De la Colina, J., & Ramírez, H. (1999). *LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL.*
<https://www.redalyc.org/pdf/104/10401812.pdf>
- Echeverría, E. R. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico Pet reciclado.*

Universidad Nacional de Cajamarca.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1501>

Gómez, J. G. (2016). *DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO DEL PLÁSTICO - BOTELLAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE: UN ESTADO DEL ARTE.*
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf>

Hernández, N., Ulloa, M., Almaguer, Y., & Ferrer, Y. R. (2013). *EVALUACIÓN AMBIENTAL ASOCIADA A LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN LA INAGUA, GUANTÁNAMO, CUBA.*

Herrera, R. D. de J., & Piñeros, M. E. (2018). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), APLICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA.*
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS BLOQUE PET.pdf>

Huachaca, W. (2014). *Norma Técnica Peruana Agregados 400.012.*
<https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-agregadoa-400012>

Malca, C. (2017). *NTP 399.611 2017 | PDF | Hormigón | Materiales de construcción.* <https://es.scribd.com/document/466454252/NTP-399-611-2017>

Meza, Y (2018) *“PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON PLÁSTICO RECICLADO PARA PAVIMENTO PEATONAL EN EL CENTRO COMERCIAL TAMBO PLAZA, LURÍN - 2017.”*

MINAM. (2018). *En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables | Ministerio del Ambiente.*
<https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidos-reaprovechables/>

Muñoz, H. M. (2018). *Análisis de la resistencia a la compresión exigida por la*

especificación INV ART 510 -13 y de la resistencia a la flexotracción exigida NTC 2017 (Segunda Actualización) para adoquines rectangulares de concretos fabricados con materiales de la región.
<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1443>

Quevedo, S. G., & Guamán, Cristina, A. (2014). *Proyecto de Factibilidad para la Producción de Eco-Adoquines Peatonales Mediante la Reutilización de Desechos Plásticos (Pet).*
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3029>

Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. In *Omnia Año* (Vol. 20, Issue 3).

Vila, P., Pereyra, M. N., & Gutiérrez, Á. (2017). Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín. *Revista ALCONPAT*, 7(3), 247–261.
<https://doi.org/10.21041/RA.V7I3.186>

Elder, A. A. (2023). *Influencia del Plástico Reciclado PET en las Características Físico Mecánicas de Adoquines de Concreto para el Uso en Espacios Públicos.* Pimentel, Perú. Obtenido de
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/11102/Agui%20lar%20Agui%20Elder.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUEVARA, S. I. (2021). *DISEÑO Y PROTOTIPAJE DE ADOQUÍN DE BAJO TRAFICO VEHICULAR TIPO GRAMADOQUIN USANDO PLASTICO DE ALTA DENSIDAD RECICLADO TIPO HDPE.* Girardot, Colombia.
 Obtenido de
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10082/T%20RABAJO%20DE%20PROYECTO%20DE%20GRADO%20GRAMADOQUIN%20.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Limache López, M. R. (2021). *Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado - escoria de la fundición de cobre de la Oroya – Pucallpa.* Pucallpa: UCV. Obtenido de

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/82292/Lima
che_LMR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/82292/Lima_che_LMR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tenesaca, T. N. (2023). *Propiedades mecánicas de adoquines con porcentajes de plástico reciclado*. Cuenca, Ecuador . Obtenido de [https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/12818/1/PATI%
c3%91O%20TENESACA%20TEODORO%20NATANAEL%20.pdf](https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/12818/1/PATI%c3%91O%20TENESACA%20TEODORO%20NATANAEL%20.pdf)

ANEXOS

Figura 1

Fichas de recolección de datos -1.

ANALISIS GRANULOMTRICO POR TAMIZADO NTP 400.012					
AGREGADOS NTP 400.012					
MALLA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO PARCIAL RETENIDO (%)	PESO ACUMULADO RETENIDO (%)	PESO ACUMULADO QUE PASA (%)
4"	100.000				
3 1/2"	90.000				
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
N° 4	4.750				
N° 8	2.360				
N° 16	1.180				
N° 30	0.600				
N°50	0.300				
N° 100	0.150				
N° 200	0.075				
Fondo					

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO		
Descripción	U. M.	Prueba 1
Peso recipiente	gr	
Peso recipiente + muestra Húmeda	gr	
Peso recipiente + muestra seca	gr	
Peso de muestra húmeda	gr	
Peso de muestra seca	gr	
peso de agua	gr	
Contenido de humedad	gr	
Promedio	%	

Figura 2*Fichas de recolección de datos -2.*

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADOS				
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Peso recipiente + muestra suelta	kg			
Peso de recipiente	kg			
Peso de muestra en estado suelto	kg			
Volumen del recipiente	m ³			
Peso unitario suelto	kg/m³			
Promedio	kg/m³			

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADOS				
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Peso recipiente + muestra apisonada	kg			
Peso de recipiente	kg			
Peso de muestra estado compactado	kg			
Volúmen del recipiente	m ³			
Peso unitario compactado	kg/m³			
Promedio	kg/m³			

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN NTP 400.022 - AGREGADO FINO			
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr		
Peso del pignómetro lleno de agua	gr		
Peso del pignómetro lleno de muestra y agua	gr		
Peso de la muestra en estado SSS	gr		
Peso específico base seca	gr/cm³		
Promedio	gr/cm³		
Peso específico base SSS	gr/cm³		
Promedio	gr/cm³		
Absorción	%		
Promedio	%		

Figura 3*Fichas de recolección de datos -3.*

DESCRIPCIÓN	PATRON			
	UND	P - 1	P - 2	P - 3
Peso Muestra Saturada 24h.inm	gr.			
Peso muestra seca en estufa	gr.			
% de Absorción	%			
Absorción Promedio	%			

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.604						
CÓDIGO	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Carga (kg)
P-1						
P-2						
P-3						
PROMEDIO						

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - NTG 41087						
CÓDIGO	Fecha de Ensayo:	Edad (días)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Carga (Kgf)
P-1						
P-2						
P-3						
PROMEDIO						

Figura 4

Plano de ubicación de la cantera Río Bado.

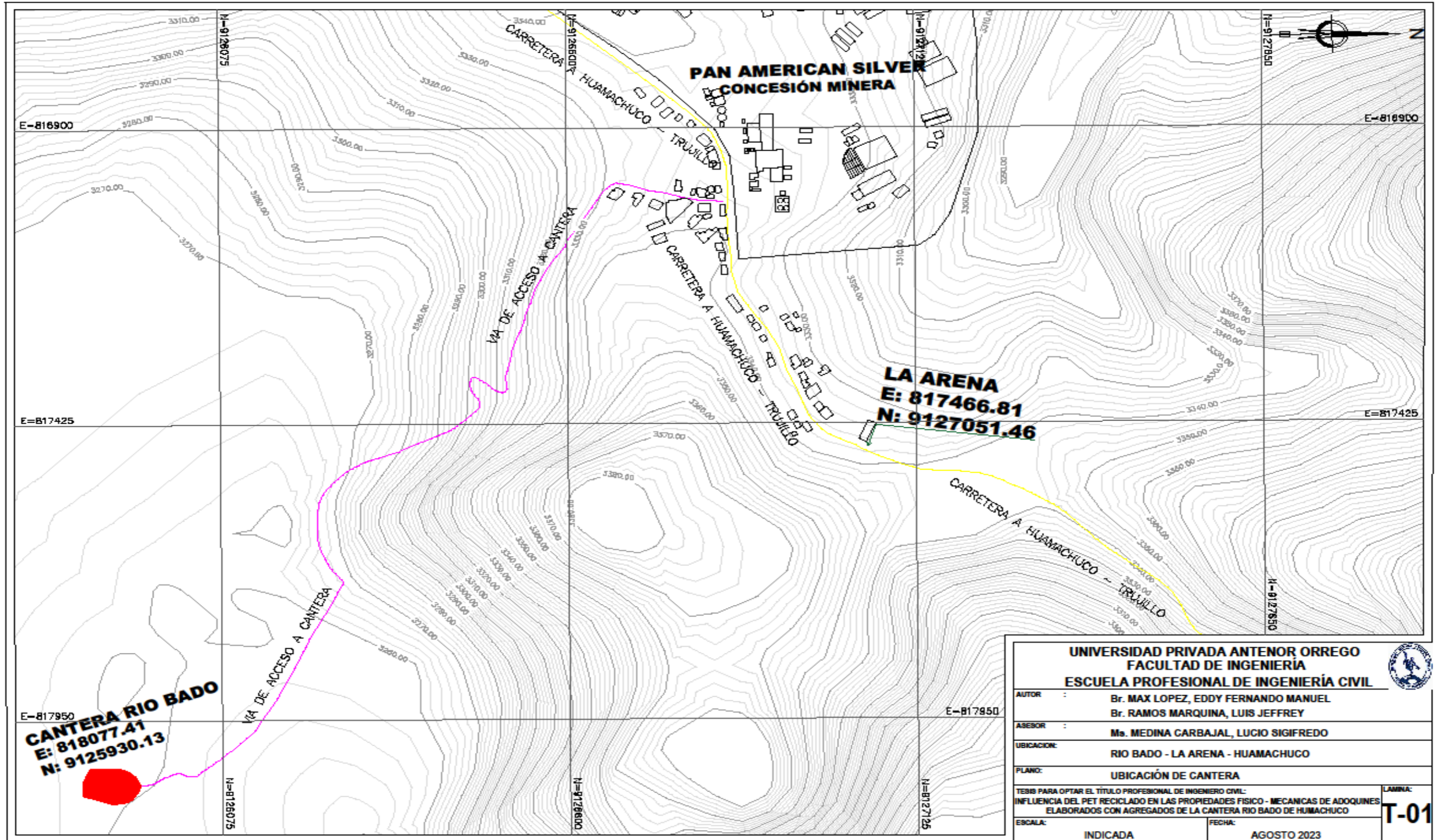



Figura 5

Certificación del Diseño de Mezcla para Adoquines.

CERT N° 000946-2023 006




GEOTEC VIAL
S.A.C.

R.U.C. 20601362563

- Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
- Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
- Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
- Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

INFORME DE DISEÑO DE DOSIFICACION DE MEZCLAS PARA CONCRETO
f'c = 320 kg/cm²



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Especificaciones Técnicas del Proyecto:	
Cemento	: Portland tipo I
Peso Especifico	: 3.150 gr/cm ³
Asentamiento	: 1 pulgada.
Resistencia Solicitada	: 320 kg/cm ²

Especificaciones de Dosificación:	
S	: -
Factor	: 84.00 kg/cm ²
f'cr	: 404.00 kg/cm ²
Concretos sin aire incorporado	

A. Características de Agregados

Cantera : Agregado Fino y Grueso: CANTERA "RÍO BADO"

	Agregado Fino	Agregado Grueso	U.M.
Módulo de Finura	2.40	-	-
Tamaño Máximo Nominal	-	3/4	In.
Peso Unitario Seco y Suelto	1665	1364	kg/m ³
Peso Unitario Seco y Compactado	1797	1522	kg/m ³
Peso Especifico de los Sólidos	2.82	2.46	-
Contenido Natural de Humedad	0.96	0.31	%
Porcentaje de Absorción	2.21	1.04	%


B. Materiales por m³


Materiales	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Proporción en Obra		
				Volumen	por m ³	
Cemento	422.00	422.00	0.272	1.00	1.00 Bolsa	9.90 Bls.
Agregado Grueso	1005.00	1008.00	0.739	2.70	4.80 Lata	0.76 m ³
Agregado Fino	699.00	706.00	0.424	1.60	2.70 Lata	0.45 m ³
Agua de Mezcla	190.00	206.00	0.206	0.80	22 Its/Bls	213 Its/m ³

Aditivo : NINGUNO

Resultados de Mezcla de Prueba

Asentamiento






GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. C.I.P. N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 6

Certificación del Diseño de Mezcla para Adoquines.

CERT N° 000946-2023 007



GEOTEC VIAL
S.A.C.

R.U.C. 20601362563

- Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
- Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
- Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
- Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

CALCULO DE DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO: $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$

Slump 1"

Información:

Resistencia Deseada	:	$f_c =$	320.00 kg/cm^2
Resistencia de Cálculo	:	$f_{c \text{ calculo}} =$	404.00 kg/cm^2

Agregados:

Agregado Grueso

Peso Vol. Seco y Compactado	:	1522	kg/m^3
Peso Vol. Seco y Suelto	:	1364	kg/m^3
Tamaño Máximo Nominal	:	3/4	pulgada
Porcentaje de Absorción	:	1.04	%
Contenido Natural de Humedad	:	0.31	%
Gravedad Específica de Sólidos	:	2.46	

Agregado Fino


Peso Vol. Seco y Compactado	:	1797	kg/m^3
Peso Vol. Seco y Suelto	:	1665	kg/m^3
Modulo de Finura	:	2.40	
Porcentaje de Absorción	:	2.21	%
Contenido Natural de Humedad	:	0.96	%
Gravedad Específica de Sólidos	:	2.82	


Cemento

Portland tipo I	:	ASTM	
Peso Volumétrico:	:	1550.00	kg/m^3
Peso Específico	:	3150.00	kg/m^3

Diseño:

1. Asentamiento Máximo	:	1	pulgada.
2. Tamaño Máximo Nominal	:	3/4	pulgada
3. Estimación del Agua de Mezclado	:	A =	190 kg/m^3
4. Relación Agua/Cemento (a/c)	:		0.45
5. Contenido de Cemento	:	C =	422 kg/m^3
	:	C =	9.90 bolsas
6. Contenido de Agregado Grueso:	:		
Tamaño Máximo Nominal	:		3/4 pulgada
Modulo de Finura	:		2.40
Volumen Agregado Grueso	:		0.66
Peso Agregado Grueso Compactado	:		1005.0 kg/m^3





Ing. Robinson Tapia Medina
 JEFE DE LABORATORIO
 R. CIP. N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 7

Certificación del Diseño de Mezcla para Adoquines.

CERT N° 000946-2023 008



GEOTEC VIAL
S.A.C.

R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

7. Contenido de Agregado Fino:

7.1 Volúmenes Absolutos

Agua	0.1900
Cemento	0.1340
Aire	0.0200
Agregado Grueso	0.4080
TOTAL	0.7520
Agregado Fino	0.248

7.2 Pesos Húmedos

Agua	190.0	kg/m3
Cemento	422.0	kg/m3
Agregado Fino	699.0	kg/m3
Agregado Grueso	1005.0	kg/m3
TOTAL	2316.0	kg/m3

8. Rectificación por Humedad:

	Peso	w-%Abs	(w-%Abs)/100	Aporte
Agregado Grueso	1005.00	-0.73	-0.007	-7.30
Agregado Fino	699.00	-1.25	-0.012	-8.70
TOTAL				-16.00

Agua Neta = 206.00 Its

9. DOSIFICACION EN PESO


	Para m3	Para Cono
Cemento :	422 kg	2.53 kg
Agregado Grueso :	1,008 kg	6.05 kg
Agregado Fino :	706 kg	4.24 kg
Agua de Mezclado :	206 kg	1.24 Its
P.U. teórico del concreto por m3 :	2,342 kg	

10. DOSIFICACION EN VOLUMEN RESULTANTE

Cemento :	0.272 m3
Agregado Grueso :	0.739 m3
Agregado Fino :	0.424 m3
Agua de Mezclado :	0.206 m3

11. RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION

	Volumen	Volumen Recomendado
Cemento	1.000	1.00
Agregado Grueso	2.715	2.70
Agregado Fino	1.557	1.60
Agua de Mezclado	0.757	0.80 21.5 Its/Blts




GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R CIP N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 8

Certificación del Diseño de Mezcla para Adoquines.



GEOTEC VIAL
S.A.C.

CERT N° 000946-2023

0010


R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

INFORME DE CALCULO PARA LA ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO

f_c = 320 kg/cm²



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

A. CALCULO DE TANDA PARA ELABORACION DE ADOQUINES

1. Dimensiones del Adoquin

Largo : 0.205 m
Ancho : 0.103 m
Espesor : 0.060 m
Volumen : 0.0012669 m³

2. Tanda de Fabricacion por variable



Testigos por Tanda : 21.0 Adoquines
Desperdicio : 5.0 %
Volumen corregido por Unidad : 0.0013302 m³
Volumen por Tanda : 0.0279342 m³

3. Resultados por variable

Descripcion	Peso Seco (kg/m ³)	U.M.	Patron	Patron + 4.00% PET	Patron + 8.00% PET
Cemento	422.00	kg	11.788	11.788	11.788
Agregado Grueso	1008.00	kg	28.158	28.158	28.158
Agregado Fino	706.00	kg	19.722	19.722	19.722
Agua de Mezcla	206.00	kg	5.754	5.754	5.754
PET (Tereftalato Polietileno)	-----	kg	0.000	2.617	5.234

4. Usos de adoquines a ensayar

Ensayo	Patron	Patron + 4% PET	Patron + 8% PET
Ensayo a compresión			
7 DIAS	3.00	3.00	3.00
14 DIAS	3.00	3.00	3.00
28 DIAS	3.00	3.00	3.00
Ensayo a Flexocompresión			
7 DIAS	3.00	3.00	3.00
14 DIAS	3.00	3.00	3.00
28 DIAS	3.00	3.00	3.00
Absorción			
28 DIAS	3.00	3.00	3.00
TOTAL DE UNIDADES	21.00	21.00	21.00

GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. CIP N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 9

Certificación de Ensayo de Compresión a los 7 días.

CERT N° 000946-2023 0020



GEOTEC VIAL
S.A.C.

R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

COMPRESION UNIAXIAL DE UNIDADES DE CONCRETO (ADOQUIN)
NTP 399.604



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa

- * NTP 399.604: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
- * NTP 339.811: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Aduques de concreto para pavimentos. Requisitos.

CARACTERISTICAS Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS:

N° Muestra	Descripcion Identificación	Fecha Vaclado	Fecha Ensayo	Edad (días)	L (cm)	A (cm)	Carga (kg)	Seccion (cm²)	Resist. A la Compresion		Resist. De Diseño (kg/cm2)	(%) Obten
									kg/cm2	MPa		
1	PATRON / P-M1	12/05/2023	19/05/2023	7	20.51	10.29	43150	211.05	204.45	20.04	320.00	63.89
2	PATRON / P-M2	12/05/2023	19/05/2023	7	20.50	10.31	50650	211.36	239.64	23.48	320.00	74.89
3	PATRON / P-M3	12/05/2023	19/05/2023	7	20.56	10.33	46810	212.38	220.41	21.60	320.00	68.88
4	PATRON + 4% / 4%M-1	12/05/2023	19/05/2023	7	20.51	10.29	53420	211.05	253.12	24.81	320.00	79.10
5	PATRON + 4% / 4%M-2	12/05/2023	19/05/2023	7	20.50	10.31	52660	211.36	249.15	24.42	320.00	77.86
6	PATRON + 4% / 4%M-3	12/05/2023	19/05/2023	7	20.56	10.33	53010	212.38	249.60	24.46	320.00	78.00
7	PATRON + 8% / 8%M-1	12/05/2023	19/05/2023	7	20.49	10.32	47810	211.46	226.09	22.16	320.00	70.65
8	PATRON + 8% / 8%M-2	12/05/2023	19/05/2023	7	20.48	10.29	51210	210.74	243.00	23.81	320.00	75.94
9	PATRON + 8% / 8%M-3	12/05/2023	19/05/2023	7	20.45	10.31	49930	210.84	236.81	23.21	320.00	74.00

Datos del Equipo de Compresión:

- * Marca: PERUTEST
- * Modelo: Tipo Columna - Lector Digital PC-120/ Exp. 1242-2019
- * Fecha de Calibración: 05-09-2022
- * Certificado N° PT-LF-055-2022

Nota:

- * Las muestras descritas y el ensayo de compresion fueron ensayadas por el solicitante en el laboratorio.

REQUISITOS FISICOS NPT 339.611					
TIPO	Espesor Nominal (mm)	Resistencia la Compresion min.			
		Prom. 3 Unidades		Unidad Individual	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
I	40	320	31	290	28
	60	320	31	290	28
II	60	420	41	380	37
	80	380	37	340	33
	100	360	35	325	32
III	≥ 80	561	55	510	50



GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. CIP N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 10

Certificación de Ensayo de Compresión a los 14 días.

CERT N° 000946-2023 0021

R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

GEOTEC VIAL
S.A.C. **COMPRESION UNIAXIAL DE UNIDADES DE CONCRETO (ADOQUIN)**
NTP 399.604



GEOTEC VIAL
S.A.C.



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa

- * NTP 399.604: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
- * NTP 339.611: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Aduques de concreto para pavimentos. Requisitos.

CARACTERÍSTICAS Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS:

N° Muestra	Descripción Identificación	Fecha Vaclado	Fecha Ensayo	Edad (días)	L (cm)	A (cm)	Carga (kg)	Sección (cm²)	Resist. A la Compresion		Resist. De Diseño (kg/cm2)	Obten (%)
									kg/cm2	MPa		
1	PATRON / P-M4	12/05/2023	26/05/2023	14	20.54	10.28	78250	211.15	370.59	36.32	320.00	115.81
2	PATRON / P-M5	12/05/2023	26/05/2023	14	20.53	10.33	77320	212.07	364.60	35.73	320.00	113.94
3	PATRON / P-M6	12/05/2023	26/05/2023	14	20.51	10.36	77710	212.48	365.73	35.84	320.00	114.29
4	PATRON + 4% / 4%M-4	12/05/2023	26/05/2023	14	20.54	10.28	76280	211.15	361.26	35.40	320.00	112.89
5	PATRON + 4% / 4%M-5	12/05/2023	26/05/2023	14	20.53	10.33	68490	212.07	322.96	31.65	320.00	100.92
6	PATRON + 4% / 4%M-6	12/05/2023	26/05/2023	14	20.51	10.36	72320	212.48	340.36	33.36	320.00	106.36
7	PATRON + 8% / 8%M-4	12/05/2023	26/05/2023	14	20.51	10.32	66390	211.66	313.66	30.74	320.00	98.02
8	PATRON + 8% / 8%M-5	12/05/2023	26/05/2023	14	20.49	10.33	68150	211.66	321.98	31.55	320.00	100.62
9	PATRON + 8% / 8%M-6	12/05/2023	26/05/2023	14	20.47	10.29	67180	210.64	318.93	31.26	320.00	99.67

Datos del Equipo de Compresión:

- * Marca: PERUTEST
- * Modelo: Tipo Columna - Lector Digital PC-120/ Exp. 1242-2019
- * Fecha de Calibración: 05-09-2022
- * Certificado N° PT-LF-055-2022

Nota:

- * Las muestras descritas y el ensayo de compresion fueron ensayadas por el solicitante en el laboratorio.

REQUISITOS FISICOS NPT 339.611

TIPO	Espesor Nominal (mm)	Resistencia la Compresion min.			
		Prom. 3 Unidades		Unidad Individual	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
I	40	320	31	290	28
	60	320	31	290	28
II	60	420	41	380	37
	80	380	37	340	33
	100	360	35	325	32
III	≥ 80	561	55	510	50



GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. CIP. N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 11

Certificación de Ensayo de Compresión a los 28 días.

CERT N° 000946-2023 0022



GEOTEC VIAL
S.A.C.

R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

COMPRESION UNIAXIAL DE UNIDADES DE CONCRETO (ADOQUIN)
NTP 399.604



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa

- * NTP 399.604: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
- * NTP 339.611: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos.

CARACTERÍSTICAS Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS:

N° Muestra	Descripción Identificación	Fecha Vaclado	Fecha Ensayo	Edad (días)	L (cm)	A (cm)	Carga (kg)	Sección (cm²)	Resist. A la Compresion		Resist. De Diseño (kg/cm2)	(%) Obten
									kg/cm2	MPa		
1	PATRON / P-M7	12/05/2023	09/06/2023	28	20.56	10.32	84350	212.18	397.54	38.96	320.00	124.23
2	PATRON / P-M8	12/05/2023	09/06/2023	28	20.52	10.31	83210	211.56	393.32	38.54	320.00	122.91
3	PATRON / P-M9	12/05/2023	09/06/2023	28	20.53	10.35	83640	212.49	393.62	38.57	320.00	123.01
4	PATRON + 4% / 4%M-7	12/05/2023	09/06/2023	28	20.56	10.32	79210	212.18	373.32	36.58	320.00	116.66
5	PATRON + 4% / 4%M-8	12/05/2023	09/06/2023	28	20.52	10.31	80340	211.56	379.75	37.22	320.00	118.67
6	PATRON + 4% / 4%M-9	12/05/2023	09/06/2023	28	20.53	10.35	79780	212.49	375.45	36.79	320.00	117.33
7	PATRON + 8% / 8%M-7	12/05/2023	09/06/2023	28	20.52	10.36	69200	212.59	325.51	31.90	320.00	101.72
8	PATRON + 8% / 8%M-8	12/05/2023	09/06/2023	28	20.51	10.32	70340	211.66	332.33	32.57	320.00	103.85
9	PATRON + 8% / 8%M-9	12/05/2023	09/06/2023	28	20.49	10.29	69710	210.84	330.63	32.40	320.00	103.32

Datos del Equipo de Compresión:

- * Marca: PERUTEST
- * Modelo: Tipo Columna - Lector Digital PC-120/ Exp. 1242-2019
- * Fecha de Calibración: 05-09-2022
- * Certificado N° PT-LF-055-2022

Nota:

- * Las muestras descritas y el ensayo de compresion fueron ensayadas por el solicitante en el laboratorio.

REQUISITOS FISICOS NPT 339.611

TIPO	Espesor Nominal (mm)	Resistencia la Compresion min.			
		Prom. 3 Unidades		Unidad Individual	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
I	40	320	31	290	28
	60	320	31	290	28
II	60	420	41	380	37
	80	380	37	340	33
	100	360	35	325	32
III	≥ 80	561	55	510	50



GEOTEC VIAL S.A.C.
4ºg. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. C. P. N° 174365


Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 12

Certificación de Ensayo de Flexión a los 7 días.

CERT N° 000946-2023 0024

R.U.C. 20601362563




GEOTEC VIAL
S.A.C.

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.
NTG 41087



GEOTEC VIAL
S.A.C.

Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

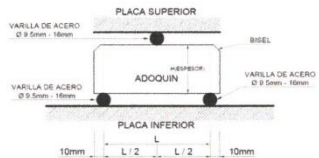
Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa
* NTG 41087: Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.

Formula de calculo

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Donde:
MR : Módulo de ruptura, en Mpa
P : Carga máxima aplicada, en N
L : Distancia entre los ejes de los apoyos, expresado en mm.
B : Longitud del eje menor del rectángulo inscrito, expresado en mm.
H : Espesor del adoquín, expresado en mm.



CARACTERÍSTICAS Y RESULTADOS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS:


N° Muestra	Descripción Identificación	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Carga (kg)	Carga (N)	Resist. A la Compresion (MPA)
1	PATRON / P-M10	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	103.1	59.5	670	6570	5.00
2	PATRON / P-M11	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	102.8	59.8	710	6963	5.30
3	PATRON / P-M12	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	103.2	60.3	660	6472	4.80
4	PATRON + 4% / 4%M-10	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	103.2	60.5	690	6767	5.00
5	PATRON + 4% / 4%M-11	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	102.9	60.7	710	6963	5.10
6	PATRON + 4% / 4%M-12	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	103.1	61.2	680	6668	4.80
7	PATRON + 8% / 8%M-10	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	102.9	62.7	480	4707	3.20
8	PATRON + 8% / 8%M-11	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	103.1	62.4	520	5099	3.50
9	PATRON + 8% / 8%M-12	12/05/2023	19/05/2023	7	185.0	103.3	61.6	490	4805	3.40

Datos del Equipo de Compresión:

- * Marca: PERUTEST
- * Modelo: Tipo Columna - Lector Digital
PC-120/ Exp. 1242-2019
- * Fecha de Calibración: 05-09-2022
- * Certificado N° PT-LF-055-2022

Observaciones:

- * Las pruebas se realizaron con la carga aplicada en el punto medio del adoquín ensayado.
- * Las muestras descritas y el ensayo de compresion fueron ensayadas por el solicitante en el laboratorio.




GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. CIP N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 13

Certificación de Ensayo de Flexión a los 14 días.

CERT N° 000946-2023
0025




R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
 Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
 Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.
NTG 41087



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

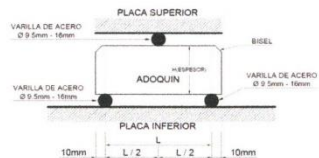
Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa
* NTG 41087: Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.

Formula de calculo

$$MR = \frac{3PL}{2B^2}$$

Donde:
 MR : Módulo de ruptura, en Mpa
 P : Carga máxima aplicada, en N
 L : Distancia entre los ejes de los apoyos, expresado en mm.
 B : Longitud del eje menor del rectángulo inscrito, expresado en mm.
 H : Espesor del adoquín, expresado en mm.



CARACTERISTICAS Y RESULTADOS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS:


N° Muestra	Descripcion Identificación	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Carga (kg)	Carga (N)	Resist. A la Compresion (MPA)
1	PATRON / P-M13	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	102.9	60.2	840	8238	6.10
2	PATRON / P-M14	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	103.3	60.1	890	8728	6.50
3	PATRON / P-M15	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	103.5	59.9	860	8434	6.30
4	PATRON + 4% / 4%M-10	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	103.2	60.5	690	6767	5.00
5	PATRON + 4% / 4%M-11	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	102.9	60.7	710	6963	5.10
6	PATRON + 4% / 4%M-12	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	103.1	61.2	680	6668	4.80
7	PATRON + 8% / 8%M-13	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	102.8	60.7	530	5197	3.80
8	PATRON + 8% / 8%M-14	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	103.3	60.3	570	5590	4.10
9	PATRON + 8% / 8%M-15	12/05/2023	26/05/2023	14	185.0	103.6	61.3	550	5394	3.80

Datos del Equipo de Compresión:

- * Marca: PERUTEST
- * Modelo: Tipo Columna - Lector Digital
- PC-120/ Exp. 1242-2019
- * Fecha de Calibración: 05-09-2022
- * Certificado N° PT-LF-055-2022

Observaciones:

- * Las pruebas se realizaron con la carga aplicada en el punto medio del adoquín ensayado.
- * Las muestras descritas y el ensayo de compresion fueron ensayadas por el solicitante en el laboratorio.




Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. CIP N° 174385

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
 Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 14

Certificación de Ensayo de Flexión a los 28 días



GEOTEC VIAL
S.A.C.

CERT N° 000946-2023


0026

R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.
NTG 41087



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

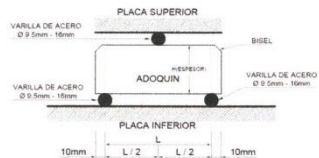
Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa
* NTG 41087: Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.

Formula de calculo

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Donde:
MR : Módulo de ruptura, en Mpa
P : Carga máxima aplicada, en N
L : Distancia entre los ejes de los apoyos, expresado en mm.
B : Longitud del eje menor del rectángulo inscrito, expresado en mm.
H : Espesor del adoquín, expresado en mm.




CARACTERISTICAS Y RESULTADOS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS:

N° Muestra	Descripción Identificación	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Carga (kg)	Carga (N)	Resist. A la Compresion (MPa)
1	PATRON / P-M16	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.1	60.2	1030	10101	7.50
2	PATRON / P-M17	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.2	61.2	1110	10885	7.80
3	PATRON / P-M18	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.4	61.0	1070	10493	7.60
4	PATRON + 4% / 4%M-16	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.6	60.7	910	8924	6.50
5	PATRON + 4% / 4%M-17	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.2	62.1	900	8826	6.20
6	PATRON + 4% / 4%M-18	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	102.9	63.1	960	9414	6.40
7	PATRON + 8% / 8%M-16	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.2	61.1	620	6080	4.40
8	PATRON + 8% / 8%M-17	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.1	62.4	630	6178	4.30
9	PATRON + 8% / 8%M-18	12/05/2023	09/06/2023	28	185.0	103.5	61.3	610	5982	4.30

Datos del Equipo de Compresión:
* Marca: PERUTEST
* Modelo: Tipo Columna - Lector Digital
PC-120/ Exp. 1242-2019
* Fecha de Calibración: 05-09-2022
* Certificado N° PT-LF-055-2022

Observaciones:
* Las pruebas se realizaron con la carga aplicada en el punto medio del adoquín ensayado.
* Las muestras descritas y el ensayo de compresion fueron ensayadas por el solicitante en el laboratorio.



Ing. Robinson Tapra Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. CIP N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 15

Certificación de Ensayo de Absorción (Adoquín Patrón).

CERT N° 000946-2023 0028



GEOTEC VIAL
S.A.C.

R.U.C. 20601362563

- Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
- Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
- Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
- Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

Absorción de Unidades de Albañilería de Hormigón (Adoquín)
ASTM C 140



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa : * ASTM C 140 : Método de Prueba Estándar para Muestreo y ensayo de Unidades de Albañilería de Hormigón y Unidades Relacionadas.

Muestreado por : Solicitante **Supervisado por:** R. Tapia
Ensayado por : Solicitante
Turno : Diurno

MATERIAL	DESCRIPCION	UNIDAD	PATRON		
			P - M19	P - M20	P - M21
A	Peso Muestra Saturada 24 h. inm.	gr.	2,848	2,893	2,801
B	Peso muestra seca en estufa (105 °C)	gr.	2,752	2,810	2,708
%		%	3.49	2.95	3.43
Absorción Promedio		%	3.29		

Requisitos:

TIPO	Absorción Móx. (%)	
	Prom. 3 Und.	Unidad Individual
I y II	6	7.5
III	5	7

OBSERVACIONES *El porcentaje de absorción promedio cumple con lo requerido en la norma 399.611*



GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. C19 N° 174365

Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 16

Certificación de Ensayo de Absorción (Adoquín Patrón + 4% PET).



GEOTEC VIAL
S.A.C.

CERT N° 000946-2023 0029

R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

Absorción de Unidades de Albañilería de Hormigón (Adoquín)
ASTM C 140



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO

Institución Solicitante : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA

Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa : * ASTM C 140 : Método de Prueba Estándar para Muestreo y ensayo de Unidades de Albañilería de Hormigón y Unidades Relacionadas.

Muestreado por : Solicitante Supervisado por: R. Tapia
Ensayado por : Solicitante
Turno : Diurno

MATERIAL	DESCRIPCION	UNIDAD	PATRON + 4% PET		
			4%M-19	4%M-20	4%M-21
A	Peso Muestra Saturada 24 h. inm.	gr.	2,687	2,730	2,694
B	Peso muestra seca en estufa (105 °C)	gr.	2,515	2,546	2,509
% de Absorción = ((A - B)/B*100)		%	6.84	7.23	7.37
Absorción Promedio		%	7.15		

Requisitos:

TIPO	Absorción Móx. (%)	
	Prom. 3 Und.	Unidad Individual
I y II	6	7.5
III	5	7

BSERVACIONES

El porcentaje de absorción promedio NO cumple con lo requerido en la norma 399.611



GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 174365



Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 17

Certificación de Ensayo de Absorción (Adoquín Patrón + 8% PET).



GEOTEC VIAL
S.A.C.

CERT N° 000946-2023

0030

R.U.C. 20601362563

Estudios Geotécnicos y Geofísicos •
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales •
Control de Calidad de Concreto, Asfalto y Agua •
Expedientes Técnicos y Asesoría en Ingeniería •

Resolución N° 025205-2017/DSD-INDECOPI
Certificado: ISO 9001:2015 SIS CERT. N° SIS03722Q069

Absorción de Unidades de Albañilería de Hormigon (Adoquin)
ASTM C 140



Proyecto : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO
Institución : UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
Solicitante : BR. EDDY FERNANDO MANUEL MAX LOPEZ
BR. LUIS JEFFREY RAMOS MARQUINA
Fecha de Entrega : viernes, 30 de Junio de 2023

Referencia Normativa : * ASTM C 140 : Método de Prueba Estándar para Muestreo y ensayo de Unidades de Albañilería de Hormigón y Unidades Relacionadas.

Muestreado por : Solicitante **Supervisado por:** R. Tapia
Ensayado por : Solicitante
Turno : Diurno

MATERIAL	DESCRIPCION	UNIDAD	PATRON + 8% PET		
			8%M-19	8%M-20	8%M-21
A	Peso Muestra Saturada 24 h. inm.	gr.	2,492	2,519	2,488
B	Peso muestra seca en estufa (105 °C)	gr.	2,305	2,311	2,298
% de Absorción = ((A - B)/B*100)		%	8.11	9.00	8.27
Absorción Promedio		%	8.46		

Requisitos:

TIPO	Absorción Máx. (%)	
	Prom. 3 Und.	Unidad Individual
I y II	6	7.5
III	5	7

OBSERVACIONES
El porcentaje de absorción promedio NO cumple con lo requerido en la norma 399.611



GEOTEC VIAL S.A.C.
Ing. Robinson Tapia Medina
JEFE DE LABORATORIO
R. CIP N° 174365



Calle Florencia 1er. Piso N° 303 - Mz. F - Lote 13 - Urb. La Esmeralda - Trujillo
Cel.: 976338404 E-mail: geotec.vial@hotmail.com

Figura 18

Ficha técnica del Cemento Pacasmayo Extra Forte.



FRAGUADO INICIAL Y FINAL



Tiempo de fraguado (minutos)

■ Resultado Promedio
■ Requisito NTP334.090

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Resistencia a la compresión (psi)

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.090

Cemento Extraforte

Cemento Portland Compuesto Tipo ICo

Requisitos normalizados - NTP 334.090

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
SO ₃	Máximo	4.0	%	NTP 334.086	2.7
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Densidad	-	-	g/cm ³	NTP 334.005	2.97
Contenido de aire	Máximo	12.0	%	NTP 334.048	5.6
Finura					
Superficie específica	-	-	cm ² /g	NTP 334.002	5520
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	2.1
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.05
Contracción en autoclave	Máximo	0.20	%	NTP 334.004	-
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	22.4 (3240)
7 días	Mínimo	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	28.0 (4060)
28 días	Mínimo	25.0 (3620)	MPa (psi)	NTP 334.051	35.6 (5160)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	148
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	267

*Valores promedios referenciales de lotes despachados

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.090

Figura 19

Ubicación de la localidad La Arena – Huamachuco.

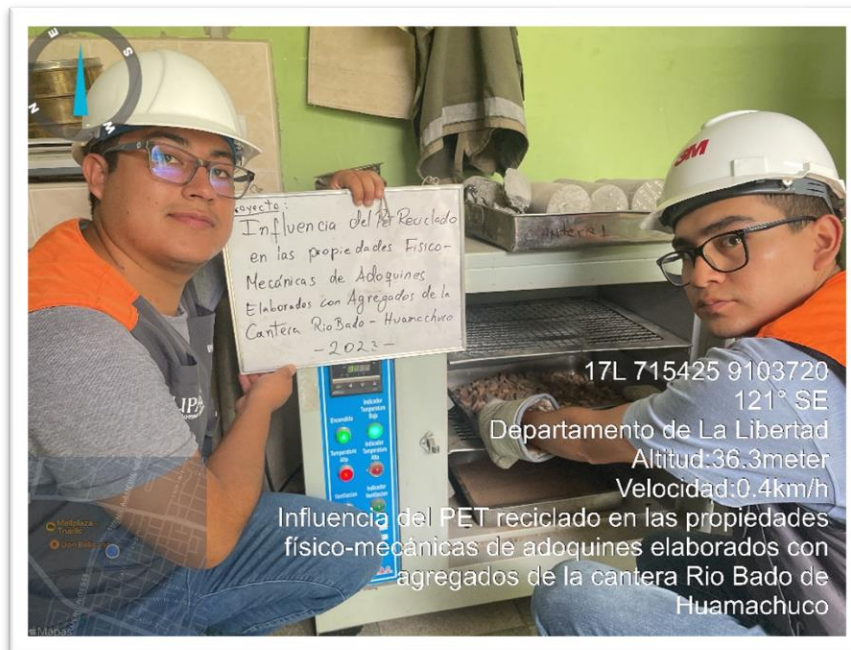
**Figura 20**

Recolección de material grueso en cantera Río Bado.



Figura 23

Preparación y colocación de muestra en horno.

**Figura 24**

Análisis granulométrico de agregado grueso.



Figura 25

Análisis granulométrico de agregados.

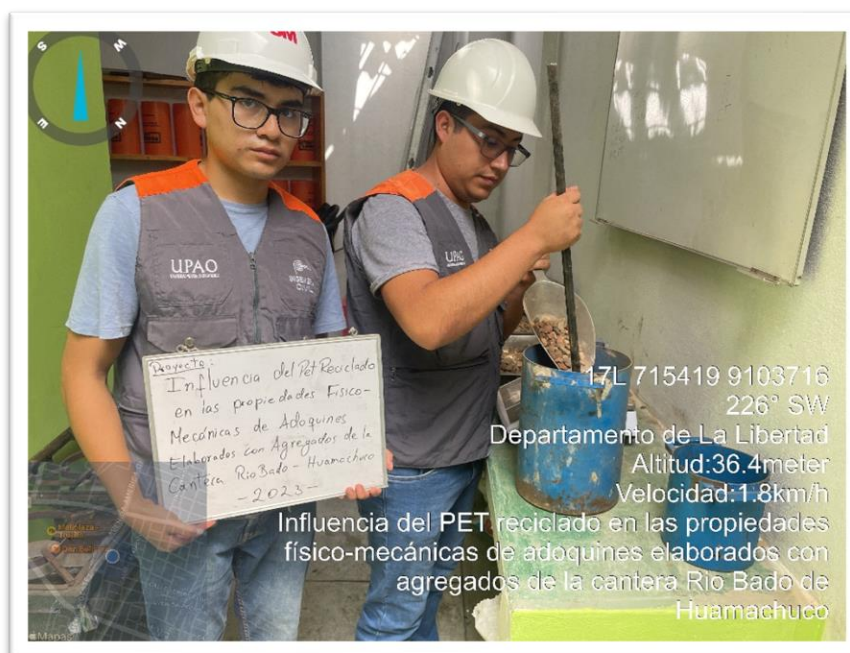
**Figura 26**

Determinación de peso unitario suelto del agregado grueso.



Figura 27

Determinación de peso unitario compactado del agregado grueso.

**Figura 28**

Determinación de peso unitario suelto del agregado fino.



Figura 29

Determinación del peso específico del agregado grueso.

**Figura 30**

Elaboración de mezcla patrón para molde.



Figura 31*Elaboración de especímenes para análisis.***Figura 32***Moldes de adoquines con mezcla patrón.*

Figura 33

Elaboración de mezcla patrón + PET para molde.

**Figura 34**

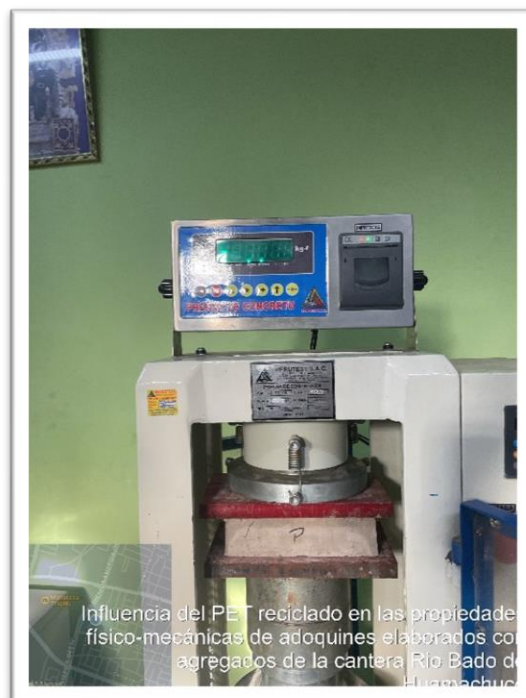
Moldes de adoquines con mezcla patrón + PET.



Figura 35*Desmoldado de adoquines para secado.***Figura 36***Especímenes patrón y con adición de PET.*

Figura 37

Ensayo de resistencia a la compresión de adoquines.

**Figura 38**

Ensayo de esfuerzo a la flexión.



Figura 39

Determinación del grado de absorción.

**Figura 40**

Rotura de adoquines por compresión.



Figura 41

Rotura de adoquines por flexión.



Figura 42

Rotura de adoquines por flexión.



UPAO | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 21 de abril del 2023

RESOLUCIÓN N° 0645-2023-FI-UPAO

VISTO, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado "INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO", de los Bachilleres: **MAX LÓPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL** y **RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: Ing. **PAUL HENRIQUEZ ULLOA**, Presidente; Ing. **JOSE GALVEZ PAREDES**, Secretario; Ing. **MARCELO MERINO MARTINEZ**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: **APROBAR** la modalidad de titulación solicitada por los Bachilleres **MAX LÓPEZ, EDDY FERNANDO MANUEL** y **RAMOS MARQUINA, LUIS JEFFREY**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: **APROBAR** y **DISPONER** la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: "INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO BADO DE HUAMACHUCO".

TERCERO: **COMUNICAR** a los Bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar su tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



Dr. Ángel Alánca Quenta
DECANO

C. Copie
SI. Archivo
SI. Programa de Estudio de Ingeniería Civil
SI. A.A.G./SI. Rector

Figura 43

Rotura de adoquines por flexión.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Programa de Estudio de Ingeniería Civil

Informe Final de Asesoramiento

Señor : Ms. Jorge A. Vega Benites
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil
Asunto : Informe Final de Asesoramiento de Tesis
Fecha : Trujillo, 08 de septiembre del 2023

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de Facultad N° N°0645-2023-FI-UPAO**, el suscrito, docente asesor de la Tesis titulada:

Influencia del PET reciclado en las propiedades físico - mecánicas de adoquines elaborados con agregados de la cantera Río Bado de Huamachuco, de los bachilleres Max Lopez, Eddy Fernando Manunauel y Ramos Marquina Luis Jeffrey; cumplo con informar lo siguiente:

El Informe de Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, asimismo informe que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil.

Asimismo, adjunto al presente el reporte de coincidencias generado con el software Anti plagio Turnitin firmado por el suscrito, precisando que no supera el 20%.

Atentamente,

DOCENTE ASESOR
Ms. Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
Registro CIP: 78895