

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-MECÁNICAS DEL
ADOQUÍN CON POLIETILENO TEREFALATO RECICLADO Y ADOQUÍN
CONVENCIONAL TIPO I**

Línea de investigación de la universidad: Transporte y urbanismo
Línea de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:
Transporte

PRESENTADO POR:

Bach: MISAEL FERNANDEZ GARCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2019

Ing. Julio Buyú, Nakandakare Santana

ASESOR

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Dedico este trabajo a mi madre Escolástica García Chocca, mi gratitud eterna por todas las cosas buenas que ha inculcado en mí.

Agradezco a los docentes de la Universidad Peruana Los Andes la Facultad de Ingeniería por compartir sus conocimientos y experiencias en mi formación profesional.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Casio, Aurelio Torres López
Presidente

Ing. Rando, Porras Olarte.
Jurado Revisor

Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Jurado Revisor

Ing. Nataly Lucia Cordova Zorrilla
Jurado Revisor

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales
Secretario Docente

INDICE

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURA.....	viii
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación y sistematización del problema.....	2
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problema especificas.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Social.....	3
1.3.2 Metodológica.....	3
1.3.3 Ambiental.....	4
1.3.4 Practico.....	4
1.4 Delimitación de la Investigación.....	5
1.4.1 Espacial.....	5
1.4.2 Temporal.....	5
1.4.3 Económica.....	5
1.5 Limitaciones.....	5
1.5.1 Tecnológica.....	5
1.5.2 Económica.....	6
1.6 Objetivos de la investigación.....	6
1.6.1 Objetivo general.....	6
1.6.2 Objetivo especificas.....	6
CAPITULO II:.....	7

MARCO TEORICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Marco conceptuales.....	14
2.3 Definición de términos	19
2.4 Hipótesis.....	22
2.4.1 Hipótesis general	22
2.4.2 Hipótesis específicas	22
2.5 Variables	23
2.5.1 Definición conceptual de la variable	23
2.5.2 Definición operacional de la variable.....	23
2.5.3 Operacionalización de la variable	24
CAPÍTULO III.....	25
METODOLOGÍA	25
3.1 Método de investigación	25
3.2 Tipo de investigación	26
3.3 Nivel de investigación.....	26
3.4 Diseño de la investigación	26
3.5 Población y muestra	27
3.6 Técnicas y/o instrumentos de recolección de datos	28
3.7 Procesamiento de la Información.....	28
3.8 Técnicas y análisis de datos	28
3.9 Procedimiento de la investigación	29
CAPÍTULO IV	46
RESULTADOS	46
CAPITULO V	71
DISCUSION DE RESULTADOS.....	71
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	76
ANEXOS	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Espesor nominal y Resistencia a la comprensión</i>	16
Tabla 2	<i>Tolerancia Dimensional</i>	16
Tabla 3	<i>Operacionalización de la variable</i>	24
Tabla 4	<i>Cantidad de agregados</i>	30
Tabla 5	<i>Límite de granulometría de agregado fino</i>	38
Tabla 6	<i>Características y propiedades del Polietileno Tereftalato</i>	39
Tabla 7	<i>Requisitos para agua potable</i>	40
Tabla 8.	<i>Resumen de los ensayos físicos mecánicos</i>	47
Tabla 9	<i>Análisis Granulométrico del agregado fino</i>	48
Tabla 10	<i>Contenido de Humedad del Agregado fino</i>	49
Tabla 11	<i>Peso unitario suelto seco</i>	50
Tabla 12	<i>Peso Unitario Compacto</i>	50
Tabla 13	<i>Peso Específico y Porcentaje de Absorción</i>	51
Tabla 14	<i>Resumen de resultados del agregado fino</i>	51
Tabla 15	<i>Calculo de Resistencia Promedio</i>	52
Tabla 16	<i>Asentamiento recomendado para varios tipos de estructuras</i>	52
Tabla 17	<i>Consistencia de la mezcla</i>	53
Tabla 18	<i>Requisito aproximados de agua de mesclado y aire incorporado</i>	53
Tabla 19	<i>Relación Agua/Cemento Resistencia a la Comprensión</i>	54
Tabla 20	<i>Valores por volumen absoluto</i>	54
Tabla 21	<i>Valores de diseño por 1 m³ (seco)</i>	55
Tabla 21	<i>Corrección por humedad y absorción sin Polietileno Tereftalato</i>	55
Tabla 23	<i>Porción de materiales corregidos</i>	56
Tabla 24	<i>cantidad de materiales en distintas dosificaciones para 1 m³</i>	56
Tabla 25	<i>Cantidad de materiales por 15 unidades</i>	57
Tabla 26	<i>Dosificación para 15 Unid en diferentes porcentajes ACI 211</i>	57
Tabla 27	<i>Dimensional del adoquín convencional</i>	58
Tabla 28	<i>Dimensional del adoquín con 0.25% de Polietileno Tereftalato</i>	58
Tabla 29	<i>Dimensional del Adoquín con 0.50% de Polietileno Tereftalato</i>	59
Tabla 30	<i>Dimensional del adoquín con 0.75% de Polietileno Tereftalato</i>	59
Tabla 31	<i>Absorción de adoquines con Polietileno Tereftalato</i>	60
Tabla 32	<i>Resistencia a la comprensión de adoquines con Polietileno Tereftalato</i>	62
Tabla 33	<i>Resistencia a la tracción (flexión)</i>	63
Tabla 34	<i>Costos y presupuestos sin Polietileno Tereftalato</i>	66
Tabla 35	<i>Costos y Presupuestos al 0.25% de Polietileno Tereftalato</i>	67
Tabla 36	<i>Costos y presupuestos 0.50% de Polietileno Tereftalato</i>	68
Tabla 37	<i>Costos Y Presupuestos Al 0.75% De Polietileno Tereftalato</i>	69
Tabla 37	<i>Resumen de costos</i>	69

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Ensayo de tracción (Flexión).....	45
Figura 2: Resultados promedios de absorción. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 3: Resultados promedio de comprensión. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 6: Resultados promedio a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.	64

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

%	Porcentaje
NTP	Norma Técnica Peruana
KPa	Kilogramo Pascal
Kg/cm ²	kilogramo por centímetro cuadrado
ITINTEC	Instituto Nacional de Investigación Tecnológica y
Normas	Técnica
Mm	Milímetros
ASTM C	Standard Specification for Solid Soncrete.
ACI	American Concrete Institute
M3	Metro cubico
L	Litros
PET	Tereftalato de polietileno
PVC	Policloruro de vinilo
SENCICO	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de
la	Construcción.
°C	Grados Celsius
KN	Kilo Newtons
Kgf/cm ²	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado
Kg	Kilogramo
Lt	Litros
F'c	Fuerza máxima de compresión en el concreto
Hh	Hora hombre

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuáles son las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional?, se propuso como objetivo: Determinar las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional; la hipótesis fue : Las características Físicas-Mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado se incrementaran frente al adoquín convencional.

La metodología de investigación fue científica del tipo aplicada, de nivel descriptivo-comparativo de diseño experimental, la población fueron los adoquines del tipo I, el tipo de muestra fue probabilístico no aleatoria.

De todo esto se concluye: Para determinar las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional, se usó del método ACI para el diseño de mezclas, se fabricaron en proporciones de 0.25%, 0.50%, y 0.75% de PET, dichas muestras se sometieron a ensayos dimensional (largo, ancho, alto), absorción, comprensión y flexión, concluyendo que las características físicas mecánicas son aceptables según la norma NTP 399.611, demostrado que la reutilización del PET es favorable, para reemplazar los agregados.

Palabras claves: Adoquín convencional, Polietileno tereftalato, método ACI

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: What are the physical-mechanical characteristics of the type I paving block with recycled polyethylene terephthalate compared to conventional paving? The objective was to: Determine the physical-mechanical characteristics of type I paving with recycled polyethylene Terephthalate to the conventional cobblestone; the hypothesis was: The physical-mechanical characteristics of type I paving stones with recycled polyethylene terephthalate will increase compared to conventional paving stones.

The investigation methodology was scientific of the applied type, of descriptive-comparative level of experimental design, the population was the pavers of type I, the type of sample was probabilistic non-random.

From all this it is concluded: To determine the physical-mechanical characteristics of the type I paving block with recycled polyethylene terephthalate compared to the conventional paving stone, the ACI method was used for the design of mixtures, they were manufactured in 0.25%, 0.50%, and 0.75 proportions. % of PET, said samples were subjected to dimensional tests (length, width, height), absorption, compression and bending, concluding that the mechanical physical characteristics are acceptable according to the norm NTP 399.611, demonstrated that the reuse of the PET is favorable, to replace the aggregates.

Keywords: Conventional cobble, Polyethylene terephthalate, ACI method

INTRODUCCIÓN

El estudio “Análisis de las características físicas-mecánicas del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado y el adoquín convencional Tipo I” se puede definir como el mejoramiento de adoquines empleando una alternativa diferente a la tradicional utilizando residuos de plástico Polietileno Tereftalato (PET) con la finalidad de mejorar sus características físicas mecánicas, los adoquines en la actualidad vienen presentando fallas en su proceso de uso generando una mala inversión y un aspecto estético no aceptable; y por otro lado tenemos los residuos de plástico PET en las ciudad constituye un problema de difícil solución, persistentes en el tiempo. El reutilizar como áridos son una alternativa de solución. El informe de investigación se divide en 5 capítulos de la siguiente manera.

Capítulo I, sobre el problema, el planteamiento del problema, la formulación del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones, objetivos de la investigación.

Capitulo II, marco teórico, los antecedentes de la investigación, definición de términos, hipótesis y las variables.

Capitulo III, sobre la metodología, el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas y/o instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la investigación, técnicas y análisis de datos, procedimiento de la investigación.

Capitulo IV, sobre los resultados, se analizó los materiales de construcción para la fabricación de adoquines, se describe las características físicas mecánicas de los adoquines con de Polietileno Tereftalato (PET), y los costos estimados para el nuevo diseño.

El investigador

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Planteamiento del problema

A la actualidad el adoquín es un material muy cotidiano que se usa en obras de tránsito peatonal, se viene produciendo unidades de albañilería adoquines de cemento de fabricación según las NTP 399.611 y NTP 399.604 los cuales estos materiales son beneficiosos ya que son reutilizables, y dan una mejor presentación a las calles, parques y playas de estacionamiento y otros, pero a la fecha estos adoquines de cemento no cuentan con un certificado de calidad, los cuales no llegan a satisfacer la calidad y durabilidad exigido según las NTP 399.611 y NTP 399.604. Por lo cual nos da una evidencia ante la población que es un mal proyecto y una mala inversión y a la par en su lugar nos da un mal aspecto.

Por otro lado, en la ciudad de Huancayo tenemos materiales a bajos costos por ser residuos que se desechan y pueden ser reutilizables siendo esto uno de ellos el plástico Polietileno Tereftalato procedente de envases de bebidas, comidas y otros, muchos de ellos son llevados a rellenos sanitarios municipales o incinerados, así generando problemas de contaminación ambiental.

El reciclado del plástico es una práctica muy común que se viene desarrollando en diferentes países siendo principalmente las grandes ciudades, tienen organizaciones para recolectar plásticos y cuyo material es económicamente barata.

El plástico Polietileno Tereftalato es un material reciclable y su circulación por las cadenas productivas puede hacerse un número infinito de veces sin que se vean afectados sus propiedades físicas químicas lo que lo hace un material ambientalmente amigable.

En esta investigación los adoquines son elaborados con una composición alternativa a la convencional siendo empleado el plástico Polietileno Tereftalato (PET) reemplazando en diferentes porcentajes al agregado fino, lo cual nos permite contribuir al uso más eficiente del plástico Polietileno Tereftalato disminuyendo la contaminación y brindando un beneficio ambiental al reciclarlo y reutilizarlo.

La resistencia de un adoquín está en función a los materiales utilizados y la producción del determinado producto.

1.2 Formulación y sistematización del problema

Los adoquines que se usan en las diferentes obras de tránsito peatonal, parques, playas de estacionamiento, evidencian fallas en su gran mayoría por diseño de fabricación de adoquines. Esto es debido a la falta de conocimiento técnico y manipulación de dicho material por lo cual nos da una evidencia ante la población que es un proyecto de mala inversión y a la par en su lugar nos da un mal aspecto, La motivación de esta investigación es proponer adoquines alternativos utilizando residuos plásticos de Polietileno Tereftalato con mejores resultados que el adoquín tradicional siendo el plástico PET un principal problema en la actualidad que genera gran contaminación en el medio ambiente.

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional?

1.2.2 Problema específicas

- a) ¿Cuáles son los porcentajes de dosificación de materiales para la elaboración del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado del Tipo I?
- b) ¿Cuál será el comportamiento físico-mecánico del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional?
- c) ¿Cuál será el costo de los adoquines con Polietileno Tereftalato Reciclado frente al adoquín convencional?

1.3 Justificación

1.3.1 Social

La presente investigación generara en la población un buen aspecto tanto limpio y ordenado, dándole conocimientos técnicos del uso de reciclado de plástico en obras de construcción. De esta manera se optimizará la mano de obra, mejorando la calidad de vida con calles limpias y así contrarrestar los problemas de salud y salubridad, presentadas en la actualidad.

1.3.2 Metodológica

La investigación se basa a los pasos del método científico y las normas técnicas peruanas de construcción, analizando la zona de estudio y los

recursos existentes. Las teorías que están en el presente estudio podrán servir para posteriores investigaciones análogas y podrán ser aplicadas en distintos temas similares. La finalidad de la investigación es la fabricación de adoquines del Tipo I con una composición alternativa para pavimento articulados.

1.3.3 Ambiental

La presente investigación hace uso de tecnología para la reutilización de plásticos reciclados, Los beneficios que se tienen por el reciclado de plásticos es la disminución de residuos. La cantidad de ellos que producimos es tal que pronto se necesitará otro planeta sólo para poder poner vertederos, el reciclaje en cualquiera de sus vertientes es una de las soluciones de esta manera evitaremos impactos y trasformaremos los residuos en material de construcción.

1.3.4 Practico

La finalidad de la investigación es la fabricación de adoquines del Tipo I con una composición alternativa para pavimento articulados .empleándose el plástico reciclado Polietileno Tereftalato como agregado, se realizó un nuevo diseño de mezcla para la elaboración de adoquines, el cual servirá para la rehabilitación de los pavimentos articulados de tránsito peatonal, esto será posible mediante ensayos normados para así poder analizar la resistencia que tenga en el tiempo dado, por lo cual podremos identificar el desempeño del adoquín convencional y el adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado de la misma manera con este nuevo diseño se intenta reducir la contaminación ambiental que generan los plásticos.

1.4 Delimitación de la Investigación

1.4.1 Espacial

La investigación se delimita para:

Región : Junín
Provincia : Huancayo
Distrito : Huancayo
Laboratorio : Facultad de Ingeniería - UPLA

1.4.2 Temporal

El proceso de investigación que se realizara, demando aproximadamente 04 meses del año 2018, donde se realizara un trabajo exclusivo de laboratorio y gabinete en la que se genera el problema y finalmente se realizara una propuesta para la obtención de adoquines con nueva tecnología.

1.4.3 Económica

En cuanto concierne al presupuesto que con lleve la investigación fueron cubiertos en su totalidad por el investigador.

1.5 Limitaciones

1.5.1 Tecnológica

La investigación presentó limitaciones en algunos ensayos como es el ensayo de desgaste cuyo ensayo no se encuentran en la región ni en la capital de Lima.

1.5.2 Económica

La investigación presenta limitaciones por la adquisición de materiales que es el plástico reciclado polietileno tereftalato en forma de fibras, por el hecho que este material no lo venden por kilos sino por fardos y lo producen en la ciudad de Lima, así el costo muy elevado por tal motivo se llegó a fabricar nuestras propias fibras con el PET siendo superada nuestra limitación.

1.6 Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo general

Determinar las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional.

1.6.2 Objetivo específicas

- a) Calcular los porcentajes de dosificación de materiales para la elaboración del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado del Tipo I
- b) Evaluar el comportamiento físico-mecánico del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional.
- c) Cuantificar los costos de los adoquines con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional.

CAPITULO II:

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

En la revisión de antecedentes bibliográficos se tomó en cuenta las investigaciones que relacionan diseños de adoquines con distintos reutilizables siendo uno de ellos el plástico.

Internacionales

Artículo científico, Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET, A. Martin, M. Cote. 2014, INGE CUC, quien:

Los procesos industriales suelen ser los grandes contaminantes del planeta, ya sea por emisión de gases que se producen durante el proceso o por los desechos que estos generan. Uno de las industrias más contaminantes es la de producción de ladrillo, la cual usa mucho carbón y materiales como llantas para generar la energía. En este trabajo se diseña y fabrica un ladrillo a base de cemento y escamas de PET (Tereftalato de Polietileno); para tal fin se estudiaron varias composiciones con diferentes pruebas de resistencia y comprensión usando una máquina de tracción PCE-MTS500. Los resultados muestran un producto resistente comparable con los

comerciales según la norma NTC 673; la muestra optima presenta un esfuerzo de comprensión de 5600 kgf en comparación con los ladrillos comerciales, que presentan un esfuerzo máximo de 4480 kgf. Se analizaron los costos comparativos con los del mercado actual brindando un excelente costo beneficio. (Martinez & Cote, 2014) (1)

Artículo científico, Diseño y elaboración de un sistema de adoquines de bajo costo y material reciclado para construcción en núcleos rurales, Raúl Di Marco, 2015, Revista ESAICO, quien sostiene:

Que este trabajo de investigación se desarrolla a partir de la hipótesis de la utilización de desechos sólidos de PET (Tereftalato de Polietileno) como sustituto de áridos (arena), ingredientes de mortero, en la fabricación de componentes constructivos y específicamente de adoquines. El artículo presenta los resultados del estudio de Las propiedades físico-químicas de distintos morteros cuyo contenido de arista se reemplazó por partículas de escamas de PET en distintas proporciones. Así mismo se demuestra la comparación y evaluación de las propiedades físico mecánicas de los morteros en estudios con los convencionales mediante ensayos de granulometría, absorción y resistencia a la flexión. Todo ello permitió determinar que las partículas del PET en adoquines pueden ser usado como un posible sustituto de áridos, ya que se obtuvieron adoquines con 35% de reemplazo de la arena, que presentaron similar absorción (aceptable) y resistencia por encima a las exigidas por la norma NTC.2017. (Di Marco, 2017) (2)

Tesis, Agregado alternativo para fabricación de bloques y adoquines en base de Politileno Tereftalato, Moreno R. y Cañizares V., (2011), Escuela Política Nacional, quienes sostiene:

Que el presente trabajo hace caracterización de los residuos sólidos urbanos que se generan en la ciudad de Quito, donde el 13.2% del total recolectado es material plástico (196.8 ton/día) como son las botellas de refrescos no retornables y fundas plásticas que se desechan libremente sin un tratamiento previo. De la misma

manera se investigan las características de PET (Polietileno Tereftalato) para descartar efectos nocivos al momento de incluirlos en la mezcla con los materiales tradicionales como son el cemento, agua, agregados finos y gruesos.

Se elaboraron bloques estándar con dimensiones: 40*15*20 cm sin incluir PET y bloques con PET al 25%,50%y 75% en la mezcla dosificados al volumen. Luego se efectúan los ensayos de resistencia a compresión, permeabilidad y temperatura comparando el comportamiento entre los bloques tradicionales y los bloques que se les incluyo el PET, los cuales deben cumplir con requerimientos establecidos por las normas del instituto ecuatoriano de normalización (INEN).

Se fabricaron adoquines con agregados tradicionales (arena + gravilla + cemento) y adoquines con la inclusión de PET en la mezcla al 9%, 13%, 25%, 38% en volumen, luego se sometieron a ensayos de resistencia de compresión de acuerdo a la norma INEN 1485, desgaste de acuerdo a la norma UNE 1338/2004 y se hace la comparación con los adoquines sin agregar plástico.

Finalmente se realiza el análisis de costos de trituración y producción del PET, en lo referente a precios referenciales y recomendados para que el proyecto sea factible y se generen ganancias razonables. (Moreno & Cañizares, 2011) (3)

Tesis, Proyecto de factibilidad para la producción de eco-adoquines peatonales mediante la reutilización de desechos plásticos (PET), S. Quevero y C. Guaman, 2013, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

En esta investigación es del proyecto de factibilidad para la producción de eco-adoquines peatonales mediante la reutilización de desechos plásticos (Polietileno Tereftalato).se analizó el entorno de mercado realizando encuestas a los municipios de Chimborazo prefiriendo instalar esta alternativa ecológica. El estudio de mercado proyectado como resultado una demanda insatisfecha de 3.542.414 unidades, lo que significa una gran oportunidad de inversión.

La localización de la planta se determinó mediante el método cualitativo por puntos, indicando que el lugar óptimo para la realización del proyecto es Riobamba; esta contara con una capacidad de producción de 829.440 unidades por año con un incremento del 22% anual y una producción en línea que está debidamente representada en tiempos, movimientos distribución de puestos y planta

La producción de eco-adoquines se determinó un costo por unidad de USD 0.50 estimándose ventas anuales que van de cifra USD 414.720,00 en el primer año hasta USD 2.483.095 el último año proyectando utilidades de USD 17.007,61 en el primer año hasta USD 966.520,13 en el último año.

En el estudio financiero se determinó la factibilidad económica del proyecto con indicadores como el VAN de \$1487.358.34; el TIR de 33.13%, el PRI de 4 años 3 meses con 24 días y una rentabilidad de 58.56%.

Se concluyó que este proyecto es de vital importancia debido a la contribución que hace a la preservación de la naturaleza; ya que se muestra un proceso de producción limpio con los altos estándares de calidad. (Quevero & Guaman, 2013)
(4)

Nacionales:

Informe, Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado, Ayrton Pastor Castillo, Jean Pierre Salazar Oliva, Ricardo Seminario Regalado, Andrés Tineo Camacho, Jean Carlo Zapata Valladolid, 2015, Universidad de Piura, quienes sostienen que:

En esta investigación el diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado se realizó los ensayos de resistencia en adoquines con una proporción de 1 de cemento con 1.5 de arena y 0.5 de PET, se obtuvo 100.63 kg/cm² de resistencia, estos resultados son prometedores ya que fueron examinados a los 7 días de curado donde la resistencia actual está entre el 25%-

30% de la resistencia final según el diseño del concreto obtenido. Por esto el bloque cumpliría con la norma NTP 399.611 con una resistencia mayor a la exigida.

En los ensayos de absorción. Los resultados en el adoquín fueron muy debajo de la exigida por la NTP 399.611, la cual exige un promedio de 6% como máximo en un promedio de 3 bloques y 7% por individual. El resultado del promedio de evaluación fue de 2.17% de absorción.

Llegando a la conclusión que el porcentaje de resistencia final del adoquín, mejorando su dosificación o también al producto terminado aún proceso de curado con un mayor control en el cual la humedad se puede conservar eficientemente durante este proceso demostrándose que la sustitución de arena por plástico reciclado ha demostrado ser más factible ya que no afecta en gran medida el cambio de la composición realizada. Además, contribuye a reducir el impacto ambiental ocasionado por este residuo sólido urbano. (Pastor, Salazar, Seminario, Tineo, & Zapata, 2015) (5)

Tesis, Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo, Cesar Alberto, Reyna Parí, 2016, Universidad Nacional de Trujillo. Donde concluye que:

En la presente investigación se logró los resultados de reutilizar los residuos plásticos Polietileno Tereftalato, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de vivienda de bajo costo.

Se utilizó como materia prima, para el diseño de mezclas. El cemento portland extra fuerte, gravilla de ½", arena gruesa y los residuos de plástico Polietileno Tereftalato, papel y bagazo de caña de azúcar, estos residuos sustituyeron a la arena gruesa en los porcentajes en peso de 5% ,10% y 20% respectivamente.

Se elaboraron probetas de concreto simple y concreto conteniendo los residuos antes mencionados según las Normas Técnicas Peruanas 339.033, luego se realizó el ensayo de compresión a las probetas, después de 28 días de curado, según la norma ASTM C39, con lo cual se pudo determinar que el concreto conteniendo 5% de plástico Polietileno Tereftalato presentó la mejor resistencia a la compresión. También se determinó que conforme se aumenta el contenido de los residuos en el concreto su resistencia a la compresión disminuye.

Finalmente se comparó el costo unitario del concreto simple y el concreto conteniendo plástico Polietileno Tereftalato, concluyéndose que efectivamente hay un ahorro con la incorporación de plástico Polietileno Tereftalato en el concreto. (Reyna, 2016) (6)

Tesis, Comparación de las propiedades físico mecánicas de unidades de ladrillo de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015, Astopilco Valiente Alexander Jhoel, 2015, Universidad Privada del Norte.

El presente estudio tiene como objetivo determinar las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos. Se tomó como referencia las normas NTP 399.604 "Unidades de albañilería" NTP 399.601 "Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería" y NTP 399.601 "Ladrillos de concreto requisitos". PVC es empleada como reemplazo del agregado grueso tradicional, para el diseño de mezclas de los ladrillos de concreto se basó en el método ACI, Las proporciones del precio de la mezcla incluyen de 50 y 100 por ciento de PVC triturado. La principal motivación de estudios comparar las propiedades Físicas-Mecánicas de ladrillos de concreto y ladrillos con PVC reciclado. Se inicia con la descripción teórica de la clasificación y propiedades del PVC y los ladrillos de concreto. Luego se describe los ensayos a los cuales se someterán los ladrillos para verificar sus propiedades. Se describe también la definición de materiales, equipos, procedimientos, cálculo de los ensayos, medición de dimensiones, alabeo, succión, absorción, resistencia a

la comprensión, y resistencia a la flexión. También se detallan los ensayos para el análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico, peso unitario, y absorción de los agregados fino y gruesos extraídos de las canteras roca fuerte ubicado en el rio chonta. La elaboración de los ladrillos de concreto se realizó en el laboratorio de tecnología de concreto verificando el control de calidad del concreto en estado fresco, según en lo estipulado en la norma NTP 339.46 de peso unitario del concreto y NTP 399.35 de medición de asentamientos. Finalmente se realizó ensayos para determinarlas propiedades físico-mecánicas de ladrillos. Donde se concluyó que las propiedades físico-mecánicas aumentan, añadiendo PVC triturado, con la excepción de la resistencia a la compresión. (Astopilco, 2015) (7)

Tesis, Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca, 2014, Luz Katherine Cabrera Barboza, 2014, Universidad Privada del Norte, quien estudia la:

Influencia del vidrio molido sobre la resistencia de adoquines de concreto. Se utiliza la norma NTP 399.604 “unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto” y NTP 399.611 “unidades de albañilería. adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos”. El vidrio es empleado para el reemplazo parcial del agregado grueso tradicional del concreto. La mezcla utilizada en la fabricación de los adoquines se diseña en base al método ACI 210, las proporciones del peso de la mezcla incluye cinco, diez, quince, veinticinco y cincuenta por ciento de vidrio. La principal motivación de esta tesis es comparar la resistencia de adoquines de concreto y adoquines con vidrio reciclado; la tesis inicia con la descripción teórica, clasificación y propiedades del vidrio y de los adoquines, para verificar el cumplimiento de la norma NTP 399.604 .se describe también la definición de materiales y equipos, procedimiento y cálculo de los ensayos de resistencia a la compresión, absorción y observación de aspectos visuales de los adoquines realizados artesanalmente.

Adicionalmente se detalla los materiales y equipos, así como procedimientos y cálculos de los ensayos de análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico, peso unitario y absorción de los agregados gruesos y finos extraído de la cantera claves ubicada en río Mashcon. En este trabajo se realizó el diseño de mezcla para cada porcentaje de vidrio y de acuerdo al tamaño nominal máximo del agregado se detalla la elaboración de los adoquines en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte. Al realizar los ensayos se verifico el cumplimiento de los requisitos mínimos de resistencia a la comprensión, absorción y aspectos visuales (dimensiones, pesos textura y color) al reemplazar el agregado grueso por distintos porcentajes de vidrio molido en los pesos utilizados en las mezclas. Finalmente se concluyó que al adicionar el 50% de vidrio reciclado a la mezcla se incrementa el 4.09% la resistencia del adoquín. (Cabrera, 2014) (8)

2.2 Marco conceptuales

Tecnología limpia

Es un concepto novedoso que, basado en la sostenibilidad, pretende desarrollar nuevos instrumentos para mejorar la relación, impactante por naturaleza, entre el ser humano y la naturaleza. Además, pretende brindar, generalmente en industrias económicas, soluciones técnicas que sean más aptas para la protección de los recursos agotables. Esto se debe no solo a que representan recursos que no pueden ser sustituidos, sino a que conlleva a un ahorro de los mismos y un aprovechamiento real y una garantía de sobrevivencia en el largo plazo.

Al tratar de encontrar la mejor definición para la terminología de tecnología limpia podemos hacer referencia la presentada en el programa de las naciones unidas para el medio circundante natural y artificial, que dice que esta es “la aplicación continua de una estrategia amigable con el medio natural que sea preventiva

integrada y aplicada a procesos, productos, y servicios para mejorar la eco eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio natural. (Innovartic, 2007) (9)

Normatividad

CE-010 Pavimentos urbanos:

Esta Norma Técnica Peruana habla sobre los diferentes tipos de pavimentos que existen, de acuerdo a su demanda, para así poder seleccionar los diferentes tipos de pavimentos que se van a usar. (Megabyte, 2014) (10)

NTP 399.611 Unidades de albañilería adoquines de concreto para pavimentos

Requisitos

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a la fabricación de los adoquines de concreto destinados para uso en pavimentos peatonales, vehiculares y en patios industriales o de contenedores.

Las dimensiones de los adoquines serán de 20 cm de largo por 10 cm de ancho y 4 cm de altura. Que se utilizaran en áreas de tránsito peatonal.

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes características y uso. (NTP 399.611, 2010) (11)

Tabla 1
Espesor nominal y Resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la Compresión, min MPa(kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
Tipo I	40	31(320)	28(290)
	60	31(320)	28(290)
II	60	41(420)	37(380)
(Vehículo Ligero)	80	37(380)	33(340)
	100	35(360)	32(325)
III			
(Vehículo pesado, patios industriales o de contenedores)	> o = 80	55(561)	50(510)

Nota: Los valores establecidos en la Tabla serán considerados como estándar, los valores mostrados entre paréntesis son únicamente para información. Fuente: NTP 399.611

Tabla 2
Tolerancia Dimensional

Tolerancia Dimensional, Max. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
±1,6	±1,6	±3,2

Fuente: NTP 399.611

❖ Se aplica a todos los tipos

NTP 399.604 Unidades de Albañilería. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto

Esta norma técnica peruana establece el procedimiento para el muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad. (NTP 399.604, 2002) (12)

Agua NTP 339.088

La presente norma es de alcance nacional y su aplicación es obligatoria para la elaboración de materiales de construcciones en edificaciones. También se orienta al diseño de construcciones, reparaciones y pavimentos articulados. La norma se refiere a las características técnicas del agua.

NTP 400.010 2001 Agregados: Extracción y preparación de las muestras

La presente norma técnica peruana establece los procedimientos del muestreo del agregado grueso y fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento.
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales.

(NTP 400.010, 2001) (13)

NTP 400.012,2001 Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino grueso y global

Esta Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Los valores indicados en el SI deben ser considerados como estándares. La ASTM E-11 designa los tamices en pulgadas, para esta NTP, se designan en unidades SI exactamente equivalentes. (NTP 400.012, 2001) (14)

NTP 339.185,2013 Agregados: Métodos de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

La Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método. (NTP 339.185, 2013) (15)

NTP 400.017,1999 Agregado: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

La siguiente Norma Técnica Peruana determina el peso unitario suelto y compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño nominal de 150 mm (NTP 400.017, 1990) (16)

NTP 400.021,2002 Agregados: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

Esta Norma Técnica Peruana establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas. Este método de ensayo no es aplicable para agregados ligeros. (NTP 400.021, 2002) (17)

NTP 400.022,2013 Agregados: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

La presente norma tiene por objetivo establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino (NTP 400.022, 2013) (18)

2.3 Definición de términos

Adoquín: Son elementos prefabricados macizos, elaborados con una mezcla de arena, piedra, agua y cemento a través de un proceso industrial de vibro-compresión en moldes. Las formas y colores de estos productos pueden ser muy diferentes; se utilizan como capa de rodadura en todo tipo de pavimentos (desde patios y veredas hasta pistas de aterrizaje en aeropuertos). (Cementos & Pacasmayo, 2015) (19)

Plástico PET, (Polietileno Tereftalato) es un tipo de plástico de materia prima plástica derivada del Polietileno Tereftalato, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromáticos. Su denominación técnica es polietileno tereftalato o polietereftalato de etileno. Empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de films. (Plásticos Castro Hnos SACIFIA-Fabricación y Desarrollo, 2005) (20)

Reciclado, Es la acción y efecto de reciclar (aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse). El reciclaje implica dar una nueva vida al material en cuestión lo que ayuda a reducir el consumo de recursos y la degradación del planeta.

El tratamiento de reciclado puede llevarse a cabo de manera total o parcial según cada caso. Con algunos materiales, es posible obtener una materia prima, mientras

que otros permiten generar un nuevo producto. (Perez & Gardey, Definicion .de, 2010) (21)

Medición de Dimensiones, La dimensión (del latín dīmensiō abstracto de dēmētiri 'medir') es un número relacionado con las propiedades métricas o topológicas de un objeto matemático. La dimensión de un objeto es una medida topológica del tamaño de sus propiedades de recubrimiento. Existen diversas medidas o conceptualizaciones de dimensión: dimensión de un espacio vectorial, dimensión topológica, dimensión fractal, etc. (Wikipedia, 2017) (22)

Ensayo de absorción, La absorción de los agregados se obtiene generalmente después de haber sometido al material a una saturación durante 24 horas, cuando esta termina se procede a secar superficialmente el material y por diferencia de masa se logra obtener el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material. (Civil, 2010) (23)

Ensayo de resistencia a la compresión, Es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

El ensayo universalmente conocido para determinar la resistencia a la compresión, es el ensayo sobre probetas cilíndricas elaboradas en moldes especiales que tienen 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. Las normas NTC 550 y 673 son las que rigen los procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayo de resistencia a la compresión respectivamente. (Osorio, 360° en Concreto, 2013). (24)

Módulo de rotura (ensayo a flexión), Este ensayo consiste en someter a una deformación plástica una probeta recta de sección plena, circular o poligonal, mediante el pliegue de estas, sin inversión de su sentido de flexión, sobre un radio especificado al que se le aplica una presión constante. (Construcción, 2018) (25)

Concreto, es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistente para hacer bases y paredes. La combinación entre la arena, el agua y el cemento en algunos países latinoamericanos se le conoce como mortero, mientras que cuando el concreto ya está compactado en el lugar que le corresponde recibe el nombre de hormigón (Perez & Gardey, Definición .de, 2010). (21)

Curado, es el proceso con el cual se mantienen una temperatura y un contenido de humedad adecuada, durante los primeros días después del vaciado, para que se puedan desarrollar en él las propiedades de resistencia y durabilidad. La temperatura adecuada está entre los 10 °C y los 20 °C. A menos de 10 °C la ganancia de resistencia es prácticamente nula y por encima de 20 °C se comienza a correr el riesgo de someter el concreto a una temperatura superior a la que en promedio va a tener durante toda su vida, lo cual puede inducir a agrietamientos en el concreto. (Osorio, 360° en Concreto, 2010). (24)

Durabilidad, es la capacidad que tienen las estructuras de concreto reforzado de conservar inalteradas sus condiciones físicas y químicas durante su vida útil cuando se ven sometidas a la degradación de su material por diferentes efectos de cargas y solicitaciones, las cuales están previstas en su diseño estructural. Dicho diseño debe estipular las medidas adecuadas para que la construcción alcance la vida útil establecida en el proyecto, teniendo en cuenta las condiciones ambientales, climatológicas y el género de edificio a construir. Las medidas preventivas indicadas en la etapa de proyecto suelen ser muy eficaces y reducen posibles gastos posteriores (Valdes, 2017) (26)

Fraguado. Al mezclar el cemento con el agua, se forma una pasta en estado plástico, en el cual la pasta es trabajable y moldeable, después de un tiempo que depende de la composición química del cemento, la pasta adquiere rigidez; es conveniente distinguir entre el fraguado y el endurecimiento, pues este último se

refiere a resistencia de una pasta fraguada. El tiempo que transcurre desde el momento que se agrega el agua, hasta que la pasta pierde viscosidad y eleva su temperatura se denomina “tiempo de fraguado inicial”, e indica que la pasta esta semidura y parcialmente hidratada. Posteriormente la pasta sigue endureciendo hasta que deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rígida y llega al mínimo de temperatura; el tiempo trascurrido desde que se echa el agua hasta que llega al estado descrito anteriormente se denomina “tiempo de fraguado final”, e indica que el cemento se encuentra aún más hidratado (no totalmente) y la pasta ya esta dura. A partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento y la pasta ya fraguada va adquiriendo resistencia. (Bernal, 2009).(27)

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado se incrementarán frente al adoquín convencional.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a) Los porcentajes de dosificación de materiales para la elaboración del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado del Tipo I, incidencia en la resistencia y durabilidad.
- b) El adoquín con Polietileno Tereftalato presentara mejores comportamientos mecánicas frente al adoquín convencional.
- c) El costo de los adoquines con Polietileno Tereftalato reciclado serán económicos frente al adoquín convencional.

2.5 Variables

Determinar las características físicas mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional.

2.5.1 Definición conceptual de la variable

Determinar las características Física Mecánica del adoquín convencional frente al adoquín con Polietileno Tereftalato, para obras del Tipo I.

Variable X:

Características física Mecánicas del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado.

Variable X:

Características Físicas Mecánicas del adoquín convencional

2.5.2 Definición operacional de la variable

Variable X:

El adoquín con incorporación de plástico reciclado nos permitirá mejorar la resistencia del adoquín tanto a la flexión, compresión y absorción para poder así obtener un nuevo diseño de concreto que sea más resistente y económica al uso de tránsito peatonal.

Variable X:

El adoquín convencional es un material muy usado en los parques, playas de estacionamiento cocheras, etc. los cuales a la actualidad no son muy rentables ya que con el poco tiempo de uso tienden a quebrar

2.5.3 Operacionalización de la variable

Tabla 3
Operacionalización de la variable

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Propiedades del Adoquín Convencional	El adoquín convencional es un material muy usado en los parques playas de estacionamiento cocheras etc. Los cuales a la actualidad no son muy rentables ya que con el poco tiempo de uso tienden a quebrarse	Diseño de un adoquín convencional	Dosificación (AF-C-A)
		Propiedad estructural	Resistencia a la compresión
			flexión
			Absorción
		Aspecto visual	Dimensiones
Costos	Peso		
Propiedades del Adoquín Con Polietileno Tereftalato	El adoquín con incorporación de plástico reciclado nos permitirá mejorar la resistencia del adoquín tanto a la flexión, compresión y absorción para poder así obtener un nuevo diseño de concreto que sea más resistente y económica al uso de tránsito peatonal	Diseño de un adoquín con Polietileno Tereftalato	Dosificación (P-AF-C-A)
		Propiedades estructurales	Resistencia a la compresión
			flexión
			Absorción
		Aspecto visual	Dimensiones
Costos	Peso		
		Soles	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

La metodología que se usó para abordar la investigación es el método científico, ya que mediante la interpretación de los datos obtenidos se analizaron los hechos y sucesos en forma metódica y secuencial, cumpliendo con la comprobación de la hipótesis, además de analizar, cada una de las variables para generar nuevos argumentos y criterios, para ello se pasaron a describir cada uno de éstos mediante los siguientes pasos:

El método que se utiliza en el presente trabajo de investigación es el método comparativo, donde el autor resalta que: El método comparativo es un procedimiento de búsqueda sistemática de similitudes léxicas y fonéticas en las lenguas con el objeto de estudiar su parentesco y eventualmente reconstruir la protolengua que dio lugar a las dos o más lenguas comparadas en el procedimiento. Sólo tenemos una manera de demostrar que un fenómeno es causa de otro; es comparar los casos en que están simultáneamente presentes o ausentes y buscar si las variaciones que presentan en estas diferentes combinaciones de

circunstancias prueban que uno depende del otro. Cuando pueden producirse artificialmente, según el deseo del observador, el método es de experimentación propiamente dicha. (UTP, 2010). (28)

3.2 Tipo de investigación

Según el énfasis en la naturaleza de los datos manejados es del tipo de investigación es aplicada, porque se evalúan los adoquines según los parámetros de la norma. Según el énfasis del manejo de datos es cuantitativa y cualitativa es porque se basan a la descripción de las características y cálculos de los ensayos realizados.

3.3 Nivel de investigación

La investigación es de carácter descriptiva-comparativo, ya que se pretende comparar los dos tipos de adoquines (PET y el convencional) para demostrar cuál de los dos es más útil, y también se describirá el comportamiento de las muestras evaluadas.

3.4 Diseño de la investigación

Es una investigación experimental porque nos permite manipular directamente las dos variables los ensayos se desarrollaron en los laboratorios, comparando la resistencia de adoquines con plástico Polietileno Tereftalato reciclado y los adoquines convencionales de concreto.

3.5 Población y muestra

Población:

Las poblaciones en el trabajo de investigación son los adoquines del tipo I.

Muestra:

Tipo de muestra es probabilística no aleatoria y fueron distribuyen según las diferentes dosificaciones de PET, las cuales son.

Para la resistencia a la comprensión: se elaboraron 3 muestras de adoquines patrón, 3 con el remplazo de 0.25% de PET, 3 con reemplazo de 0.50% de PET y 3 con reemplazo de 0.75% PET.

Para la resistencia a la flexión: se fabricó 3 muestras adoquines patrón, 3 fueron con el remplazo de 0.25% de PET, 3 con reemplazo de 0.50% de PET y por último 3 con reemplazo de 0.75% PET.

Para el ensayo de absorción: se fabricaron 3 muestras de adoquines patrón, también 3 con de 0.25% de PET, 3 con reemplazo de 0.50% de PET y por último 3 con reemplazo de 0.75% PET.

El muestreo se determinará según las NTP 399.604. el cual menciona que se deben ensayar un mínimo de 3 unidades para la resistencia la comprensión y flexión, Por tanto, la muestra de la población a evaluar de acuerdo al requerimiento modelado por las hipótesis será: 9 adoquines de concreto convencional y 27 adoquines con Polietileno Tereftalato en diferentes porcentajes.

3.6 Técnicas y/o instrumentos de recolección de datos

Observación: para obtener datos de las características del adoquín se evaluaron las diferentes formas de reciclaje entre ellas se eligió el material a utilizar el PET reciclado luego se seleccionaron el material a utilizar. Una vez elaborado el adoquín se llegó a codificar para su identificación de cada muestra, haciendo una evaluación de las dimensiones y pesos.

Ensayos: se realizaron ensayos en el laboratorio de estructuras de la. Con el fin de determinar las características físicas mecánicas del adoquín entre ellos comprenden: resistencia a la compresión, resistencia flexión,

Ficha evaluación, mediante un cuestionario cerrado y las observaciones de las muestras obtenidas y los ensayos realizados, se tomó nota de todas características físicas y mecánicas del adoquín.

3.7 Procesamiento de la Información

Para poder realizar el procesamiento de la información lo primero que se realizó es reunir los resultados de los ensayos obtenidos, codificarlos y poder interpretarlos así compararlos por medio de tablas o cuadros estadísticos (circulares, de barras, etc.) Los cuales nos servirán para poder agruparla y estructurar la información adquirida para así responder a la problemática de la investigación, de la misma manera al objetivo e hipótesis del estudio. Para lo cual se hizo uso de fichas realizadas en el programa Excel.

3.8 Técnicas y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos en laboratorio de la fabricación de adoquines en distintas proporciones incorporando plástico Polietileno Tereftalato. Se hizo uso del programa Microsoft Excel de los cuales se obtuvieron datos.

Para poder obtener los resultados físicos mecánico se hizo uso del laboratorio de estructuras de la Universidad Peruana Los Andes cuyos equipos cuentan con una tecnología moderna.

3.9 Procedimiento de la investigación

Fases de planeamiento y organización.

- **Recopilación de información bibliográfica**, antes de proseguir con el trabajo de campo se analizó la situación actual de las obras con adoquín y lo concerniente a la contaminación del plástico PET, por otro lado, también se recopiló y analizó normas de construcción para la fabricación de adoquines tanto para tránsito peatonal, tránsito de vehículos ligeros y vehículos pesados y casos de trabajos previos relacionados.
- **Elaboración y validación de instrumentos de recolección de datos**, Previo a salir al trabajo de campo se diseñó y se perfeccionó los instrumentos a utilizar para recopilar información de los ensayos realizados, estos mismos fueron analizados.

Los instrumentos son propios de las propuestas de las variables e indicadores.

fase de recopilación de información

- **Procedimiento de los ensayos**, una vez realizada lo anterior pasamos a hacer nuestro diseño de adoquín según lo estipula la norma 400.012 granulometría de agregados y la norma.399.611 Adoquines de concreto para pavimentos. Siguiendo los lineamientos para el procedimiento nos apoyamos en los cálculos de Microsoft Excel.

a. Análisis granulométrico

Materiales y equipos: NTP 400.012, 2001

- Agregado grueso de la cantera del rio cunas.
- Juego de tamices de 1 ½” ,1” , 3/4” ,1/2” , 3/8” , N° 4, N° 16, N° 30 N° 50, N° 100 Y N° 200.
- Balanza de precisión de tres decimales.
- Horno a 110 °C +- 5° C
- Palas.
- Tara.

Procedimiento: NTP 400.012, 2001

- Se toma aproximadamente 6 kg de la muestra de los cuales se tiene que proceder a cuartear la muestra hasta que se reduzca a la cantidad deducida por la tabla.
-

Tabla 4
Cantidad de agregados

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm(pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción Kg(lb)
9,5(3/8”)	1(2)
19,0(3/4”)	5(11)
25,0(1”)	10(22)
37,5(1 ½”)	15(33)
50,0(2”)	20(44)
75,0(3”)	60(130)

Fuente: NTP 400.012, 2001

- Secar la muestra representativa en el horno a una temperatura de 110 +- 5°C por un periodo de tiempo de 12 a 24 horas,

- Dejar enfriar la muestra a temperatura de ambiente y pesar la cantidad requerida para realizar el ensayo,
- Disgregue los grumos (terrones), del material con el martillo de goma o un pisón de madera para evitar el rompimiento de los granos (deshacer completamente los grumos)
- Definir si el ensayo se realizara con una muestra sin previo lavado o con una muestra previamente lavada.
- Luego todo el material de la muestra se pasa a través del juego tamices incluyendo la tapa y el fondo, se realiza movimientos horizontales y verticales se agita el juego de tamices horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes secos de vez en cuando. El tiempo de agitación depende de la cantidad de finos de la muestra.
- Se procederá a pesar las fracciones retenidas en cada tamiz y anote en las hojas correspondientes.
- En el análisis por tamices se obtienen los resultados de pesos parciales retenido en cada uno de ellos.

b. Contenido de humedad

Generalidades: NTP 339.185, 2013

Para poder determinar el contenido de humedad en suelo, se definió como la cantidad de agua de un suelo, se representa por la siguiente expresión:

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{W_h}{W_s} * 100$$

Materiales y equipos: NTP 339.185, 2013

- Agregado con humedad natural de cantera.
- Taras
- Horno.
- Balanza.

procedimiento: NTP 339.185, 2013

- Se calculó aproximadamente la cantidad de muestra con la cual se va a trabajar.
- Se pesó correctamente las taras para realizar la práctica.
- Se colocó en las taras el suelo húmedo y pesar (tara + suelo húmedo)
- Se llevó al horno por un tiempo de 24 horas y a una temperatura de 110°C para la eliminación del agua.
- Cumplidas las 24 horas se dejó enfriar las muestras hasta la temperatura de ambiente y pesarlas (tara + suelo seco).
- Así poder calcular el % de contenido de humedad.

c. Peso Unitario

Materiales y equipos NTP 400.017, 1999

- Cilindro de metal: es un cilindro de metal, el cual debe ser lo suficientemente rígido como para no deformarse en condiciones de uso o trabajo fuerte. La altura será del mismo tamaño del diámetro del cilindro, el cual nunca debe ser menos del 80% de la altura o más del 150%. El borde superior del cilindro deberá ser de un espesor de 0,01 pulgadas.

- Barra redonda: es una barra de acero recta de 5/8 de pulgada, 60 cm de longitud y terminada en una punta semiesférica, la cual es usada para el apisonamiento del material.
- Pala de mano: debe poseer las dimensiones adecuadas para el llenado de los cilindros.
- Balanza: la escala de lectura dependerá del tipo que se use de acuerdo con el tipo de agregado, pues para el agregado fino se necesita una con una incertidumbre de $\pm 0,1\text{g}$ ó $0,1\%$; y para el agregado grueso debe ser de $\pm 0,5\text{g}$ ó $0,5\%$.

Procedimiento NTP 400.017, 1999

Procedimiento para el agregado en estado suelto (tanto para la piedra como para la arena):

- Se tomó la muestra que se encontraba en una bandeja y se llevó al lugar de trabajo.
- Se pesó el recipiente en el cual se iba a depositar el agregado.
- Se colocó el recipiente dentro de otra bandeja y con una cuchara pulpera se dejó caer el agregado en el recipiente a una altura de unos 50 mm aproximadamente.
- En el momento que el recipiente se encontró lleno y con material que sobrepasó su superficie, se procedió a pasar el enrasado para nivelar la superficie.
- Luego se pesó el recipiente que contenía el agregado y se anotó su valor.
- Se repitió todo el proceso una vez más, hasta comprobar que el porcentaje de error no superó el 1% respecto del promedio.
- Procedimiento para el agregado en estado envarillado (agregado grueso):
- Se tomó la muestra que se encontraba en una bandeja y la lleve al lugar de trabajo.

- Se pesó el recipiente en el cual se iba a depositar el agregado.
- Se llenó un tercio de la capacidad del recipiente de forma aproximada.
- Se compactó el material con 25 golpes que se distribuyó de manera uniforme en la superficie de agregado expuesta.
- Se llenó un tercio más (sumando con esto dos tercios) de la capacidad del recipiente de forma aproximada.
- Se compactó el material con 25 golpes que se distribuyó de manera uniforme en la superficie de agregado expuesta.
- Luego se terminó de llenar el recipiente con el agregado, de tal forma que parte del material sobrepasó la superficie del recipiente.
- Otra vez, se compactó el material con 25 golpes que se distribuyó de manera uniforme en la superficie de agregado expuesta.
- Se niveló la superficie con los dedos y con la ayuda de un enrasador.
- Luego se pesó el recipiente que contenía el agregado y se anotó su valor.
- Se repitió todo el proceso una vez más, hasta que se comprobó que el porcentaje de error no superó el 1% respecto del promedio.

d. Peso específico agregado fino

Materiales y equipos (NTP 400.022, 2013)

- Muestra de agregado
- Agua
- Balanza

Procedimiento (NTP 400.022, 2013)

- Se pesó la tara.
- Luego se pesó la muestra con la tara.

- Luego se colocó la muestra en un balde de metal y se colocó en un gancho para después sumergirla totalmente.
- Finalmente se anotó el peso sumergido de la muestra.

e. Absorción

Materiales y equipos

- Tamiz N° 200
- Muestra de agregados fino
- Bandeja
- Tara
- Horno

- Balanza

Procedimiento (NTP 400.022, 2013)

- Se cogió una muestra de agregado grueso la cual se procedió a realizar el cuarteo, se realizó tres veces este procedimiento.
- Esa muestra seleccionada se zarandó con la malla N°04 y lo retenido corresponde al agregado grueso adecuado y que se utilizó para el ensayo.
- Ahora se tomó una muestra, el cual se procedió a lavarla hasta que el agua alcance una transparencia y luego se dejó sumergida en agua durante 24 horas.
- Una vez lavada la muestra del agregado grueso, se dejó la muestra en una bandeja hasta al siguiente día en el laboratorio. Entonces al día siguiente saturado la muestra, se cogió el recipiente del agregado. Solo se tomó un parte de la muestra y la otra se eliminó. Debido a las partículas grandes del agregado sólo se secó con una franela o trapo. Así se obtuvo la muestra parcialmente seca.
- Se colocó la muestra en una tara, la cual se llevó al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas.

- Después de haber pasado las 24 horas, se secó la muestra y se pesó.

f. Fabricación de adoquines, la fabricación de adoquines se realizó obteniendo los resultados anteriores.

Procedimiento:

- Se realizó la recepción de la materia prima de los adoquines: cemento, agregado fino (arena gruesa) y agua.
- Se realizó el cálculo correspondiente para poder determinar el porcentaje de fibra de plástico Polietileno Tereftalato a utilizar en la mezcla.
- Se dosificó cada materia prima para cada una de las mezclas sin fibra y con 0.25%, 0.50%, 0.75% de fibra de plástico reciclado.
- Se transportó las materias primas dosificada a la mezcladora y se encendió la mezcladora.
- Se vertió las materias primas y se añadió el agua necesaria para cada mezcla, espero hasta la homogenización de la mezcla.
- Se transportó la cantidad requerida de mezcla al molde y se llenó los moldes.
- Se vibró compactó la mezcla en el molde y se retiró el molde de la máquina.
- Se desmoldó los adoquines en un lugar limpio y adecuado donde se realizó el proceso de fraguado.
- Cumplido el proceso de fraguado, se transportó los adoquines al recipiente de curado.
- Se repitió los procesos anteriormente hasta realizar el total de muestras necesarias (sin plástico y con 0.25%, 0.50 %, y 0.75% de plástico reciclado).
- Se esperó 7 días cumpliendo el proceso de curado.
- Se retiró adoquines de la poza de curado.
- Se transportó los adoquines a un lugar adecuado hasta que se realizó los ensayos respectivos.

Materiales

Cemento:

El cemento para la producción de adoquines cumplió con la norma NTP 334.009 “Cemento. Cemento Portland. Requisitos”, se utilizó cemento gris.

El cemento empacado en sacos se almacenó en un lugar seco, preferiblemente cerrado o cubierto con telas impermeables o plásticos que impidieron que humedezca.

Agregados finos:

Son materiales provenientes de la desintegración natural o artificial de rocas,

Requisitos generales:

La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirá obtener valores que serán utilizadas para los diseños de mezclas del concreto a estudiar, cuyos agregados cumplieron con los requisitos establecidos en la norma NTP 400.010 “AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras” y NTP 400.012 “AGREGADOS. Análisis Granulométrico del agregado grueso, fino y global” también se usarán la norma ASTM C33 que nos especifica sobre los límites máximos y mínimos del agregado fino permitidos.

Para la fabricación de adoquines se utilizó un agregado fino con un tamaño máximo de 9,51 mm (3/8”) y que en ningún momento sobrepasó los 12,7 mm (1/2”).

Granulometría de los agregados

Los agregados cumplieron con la granulometría completa siguiente:

Tabla 5
Límite de granulometría de agregado fino

Límite Inferior ASTM.		Limite Superior ASTM.	
cazuela	----- -----	cazuela	----- -----
N° 200	0	N° 200	0
N° 100	2	N° 100	10
N°50	10	N° 50	30
N°30	25	N°30	60
N°16	50	N°16	85
N°8	80	N°8	100
N°4	95	N°4	100

Fuente: Norma ASTM C 33

Plástico Polietileno Tereftalato (PET):

El Polietileno tereftalato es una resina plástica derivada del Polietileno Tereftalatoróleo que pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados Poliéster. Es un termoplástico lineal el cual fue desarrollado inicialmente para hacer fibras textiles.

Debido a sus excelentes propiedades intrínsecas se empezó a utilizar para la fabricación de envases. Actualmente es la resina más comúnmente utilizada para la elaboración de contenedores de bebidas carbonatadas por su excelente capacidad para contener gases y su excelente capacidad de ser translucido como el vidrio.

Tabla 6*Características y propiedades del Polietileno Tereftalato*

Características	Propiedades del material
Material base	Polietileno Tereftalato
textura	lisa
longitud	30 mm
Densidad relativa	0.90-0.92
Diámetro equivalente	0.8 mm
Tensión de la ruptura	500 Mpa
Absorción de agua	0%
Conductividad eléctrica	nula
Resistencia química alta	alta

Fuente: Semana sostenible.

Agua de diseño: (NTP 339.088)

El uso del agua para el mesclado del concreto cumple una gran importancia para la preparación del concreto, los cuales están relacionados con la resistencia trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

Las normas recomiendan que el agua a utilizar sea agua potable de consumo, siendo así se puede llegar asegurar que esté libre de materiales orgánicos y otras impurezas.

El agua de diseño tiene que cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTP 339.088. El cual estima que debe ser preferencia agua potable u otra procedencia, pero exigiendo los límites que se dan a continuación. Se utilizó en la mezcla una relación agua/ cemento cercano a 0.43.

- Requisitos para agua potable-NTP

Tabla 7
Requisitos para agua potable.

Descripción	Limite Permisible
Cloruro	300 ppm
sulfato	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: NTP 339.088

Método de diseño de mezcla

En la actualidad se emplea diversos métodos de diseño de mezclas, la gran mayoría de métodos de dosificación de basan en el empleo de factores empíricos, como son el método del American Concrete Institute (ACI), el método Walker y el método de fineza de módulo de fineza de la combinación de agregados. Para el trabajo de investigación haremos uso del método ACI 211.

Método ACI 211(American Concrete Institute)

El comité ACI 211 ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezcla bastante simple el cual se basa en algunas tablas, las cuales permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto. El procedimiento para la selección de las proporciones de materiales es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que cada una de las

tablas se indican en ellas, también este método puede ser utilizado en el diseño de concretos pesado y ciclópeo.

g. Ensayos físicos mecánicas

Ensayos de absorción NTP 399. 611

Materiales:

Para poder utilizar este ensayo se necesitó de cada dosificación:

- ✓ Tres unidades de adoquines de concreto artesanales
- ✓ Tres unidades de adoquines de concreto artesanales fabricados con porcentajes de plástico Polietileno Tereftalato.
- ✓ Balanza con una precisión de 0,5 g.
- ✓ Recipiente de agua.
- ✓ Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Procedimiento

- ✓ Se sumergió los adoquines en un recipiente lleno de agua, manteniéndolos completamente sumergidos durante 24 h, se aseguró que la temperatura del baño estuvo comprendida entre 15°C y 30°C.
- ✓ Transcurrido el lapso indicado, se sacó del agua y se retiró el agua superficial de los adoquines secando con paño húmedo, se pesó y se obtuvo el peso saturado.
- ✓ Se secó los adoquines en el horno entre 110°C y 115°C por 24 horas y se pesó luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repitió el tratamiento hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de dos horas muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0.2 % del peso último previamente determinado del adoquín y se registró el peso secado al horno del adoquín.

Se calculó la absorción A (%) de la siguiente manera:

$$A (\%) = \left(\frac{W_s - W_d}{W_d} \right) * 100$$

Donde:

Ws=peso saturado del adoquín

Wd=peso seco al horno del adoquín

Ensayos de resistencia a la compresión (NTP 399. 611)

Para realizar el ensayo de resistencia se izó uso de la Máquina para ensayo a compresión axial, marca SERVOSIS, serie: 10165, capacidad: 1500 KN., debiendo estar provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico y solidario con el cabezal superior de la máquina.

Tres unidades de adoquines de concreto artesanales

Tres unidades de adoquines de concreto artesanales fabricados con porcentajes de plástico Polietileno Tereftalato.

Preparación de las muestras.

Se cubrió ambas caras opuestas del adoquín con solución alcohólica de goma y laca y se deja secar.

Se aplicó un refrenado con yeso, no excediendo de 3.2 mm como espesor medio extendiéndola hasta obtener una superficie plana y uniforme. Se repitió el procedimiento en la otra cara del adoquín. Luego se comprobó que ambas caras sean aproximadamente paralelas y se esperó 2 horas, antes de efectuarse el ensayo.

- Procedimiento

Se ensayó los especímenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo, la carga se aplicó en la dirección de su menor dimensión.

Se unió la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad proveniente, después se ajustó los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil.

- Cálculos

La resistencia a la compresión se calculó por la ecuación siguiente

$$\sigma = \frac{P_{\text{máx}}}{A}$$

Siendo:

σ = La resistencia a la compresión.

P = La carga de rotura

A = Área bruta de la sección

La superficie A se calculó por la ecuación siguiente:

$$A = a \cdot l$$

Siendo:

a = ancho de la muestra, en centímetros.

l = largo de la muestra, en centímetros

Ensayos de resistencia a la flexión (ITINTEC 339.124 1988)

Para realizar el ensayo de resistencia a la flexión se hizo uso de la Máquina para ensayo de flexión, marca SERVOSIS, serie: 10165, capacidad: 1500 KN., debiendo estar provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal

endurecido de asiento esférico y solidario con el cabezal superior de la máquina.

- ✓ Tres unidades de adoquines de concreto artesanales
- ✓ Tres unidades de adoquines de concreto artesanales fabricados con porcentajes de plástico Polietileno Tereftalato.
- ✓ Barras de acero de 5/8".

- Preparación de las muestras

1. Se colocan los adoquines en la máquina de ensayo de flexión.
2. Se fue aplicando gradualmente cargas, registrando los valores de deformación y cargas hasta la rotura.
3. Luego se extrajo el adoquín de la máquina.

El cálculo de resistencia a la tracción por flexión como el módulo de rotura según se calcula según la siguiente formula.

$$S = \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2}$$

Siendo:

S=módulo de rotura del espécimen en el plano de falla (kgf/cm²)

W=carga máxima aplicada en (kgf)

L= distancia entre apoyos

b=ancho promedio de la unidad en la sección de rotura (cm)

h= altura promedio de la unidad en la sección de rotura (cm)

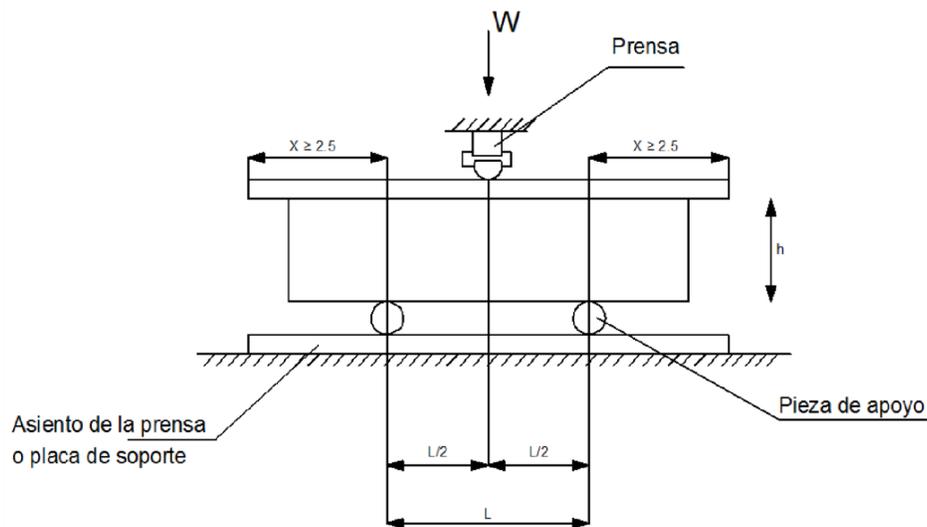


Figura 1.Ensayo de tracción (Flexión)

- **Toma de imágenes**, se procedió a evidenciar mediante fotografías los adoquines ensayados en los laboratorios así mismo las fuentes que podrán hacer posible la elaboración del proyecto.

Análisis y procedimiento en gabinete

- **Procesamiento de datos**, una vez realizado los ensayos correspondientes, determinamos las técnicas de construcción que fueron empleadas para su ejecución, así mismo hemos hecho reconocimiento de los materiales de construcción empleados.
- **Elaboración del informe de investigación**, Se procedió a la elaboración de informe del proyecto de investigación, el informe de las consideraciones para el diseño y la programación de los trabajos a realizar.
- **Preparación para la sustentación**, Se procedió a ordenar las ideas obtenidas del proyecto, haciendo una síntesis de lo más resaltante, posteriormente se procedió a usar imágenes y resúmenes usando el programa Microsoft Power Point.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo presentamos los resultados obtenidos de los ensayos realizados en los laboratorios de suelos y estructuras, en los adoquines en distintos porcentajes con PET.

Resultado General

Las características físicas mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional.

Al analizar las características físicas mecánicas de los adoquines con PET frente al adoquín convencional, se evaluaron según la norma NTP 399.604 y la norma ITINTEC 339.124 1988.

Las medidas de largo y ancho de los adoquines no variaron en más de 1.5 mm y la variación del espesor fue menor a 3.2 mm con respecto a las medidas fijadas en nuestro producto. Teniendo como variación de 1.05 mm, 1.20 mm y 0.82 mm para el largo ancho y espesor respectivamente, para los ensayos de absorción el porcentaje máximo promedio que menciona la norma es de 6%, los adoquines

convencionales tienen un promedio de 3.68 a diferencia de los adoquines con PET al 0.25%, 0.50%, 0.75%, siendo (4.27, 4.25, 4.92). siendo el de 0.75% el que presenta mayor absorción. Para los ensayos de compresión, Los adoquines convencionales presentan una resistencia de 365.16 kg/cm², a diferencia de los adoquines con PET al 0.25%, 0.50%, 0.75% siendo (444.64 kg/cm², 464.08 kg/cm², 404.75 kg/cm²), En los ensayos de módulo de rotura (flexión) los adoquines convencionales tienen una resistencia promedio a la flexión de 66.29 kg/cm², a comparación de los adoquines con fibra PET al 0.25%, 0.50%, 0.75% siendo (64.47 kg/cm², 60.23 kg/cm², 50.68 kg/cm²) cuyos resultados pierden resistencia según se incrementa el PET.

Tabla 8.
Resumen de los ensayos físicos mecánicos

Ensayos	Norma	Adoquín conv.	adoquines con PET			observación
			0.25%	0.50%	0.75%	
Absorción	NTP 300.611 Max 6% de absorción	3.68%	4.27%	4.25%	4.92%	
Compresión	NTP 300.611 320 kg/cm ² como mínimo	365.16	444.64	464.08	404.75	
Flexión	ITINTEC 339.124 1988 > o = a 50 Kg/cm ²	66.29	64.47	60.23	50.68	conforme se van agregando el PET el comportamiento mecánico disminuye.

Fuente: Elaboración propia, 2018

Una vez identificado las características físicas mecánicas del adoquín diseñadas con PET, los ensayos de absorción, compresión y flexión cumplen con la norma.

4.1 Resultados Específicos

a) Los porcentajes de dosificación de materiales para la elaboración de adoquines con polietileno tereftalato reciclado del tipo I

Para poder elaborar los adoquines con PET se realizaron ensayos de mecánica de suelo, estos fueron hechos en el laboratorio KLAFFER S.A.C. (Ver Anexo 1)

analizamos la granulometría del agregado según el procedimiento descrito en la norma NTP 400.012,2001

Ensayo de granulometría

Para poder determinar la granulometría se visitó a la cantera de rio cunas Pilcomayo y se extrajo muestras de agregados a utilizar.

Se usaron los tamices ½", 3/8", N°4, N°8, N°8, N°16, N° 30, N°50, N°100, N°200 para el ensayo granulométrico del agregado fino.

Luego de haber realizado los pesados se obtiene los datos en la siguiente tabla.

Tabla 9
Análisis Granulométrico del agregado fino

N tamiz"	fac malla mm	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
1/2	12.50	0.00	0.00	100
3/8	9.50	1.54	1.54	98.46
4	4.74	2.10	3.64	96.36
8	2.36	10.20	13.84	86.16
16	1.18	25.40	39.24	60.76
30	0.60	22.10	61.34	38.66
50	0.30	13.50	74.84	25.16
100	0.15	22.73	97.57	2.43
200	0.075	1.40	98.97	1.03
Fondo		1.03	100.00	0.00
Total		0.00	100	
	Característica		Resultado	
	Tamaño Máximo Nominal		3/8" Pulgadas	
	Módulo De Fineza		2.9	

Nota: El siguiente cuadro nos muestra el porcentaje retenido del agregado fino. Fuente: Elaboración Propio, 2018

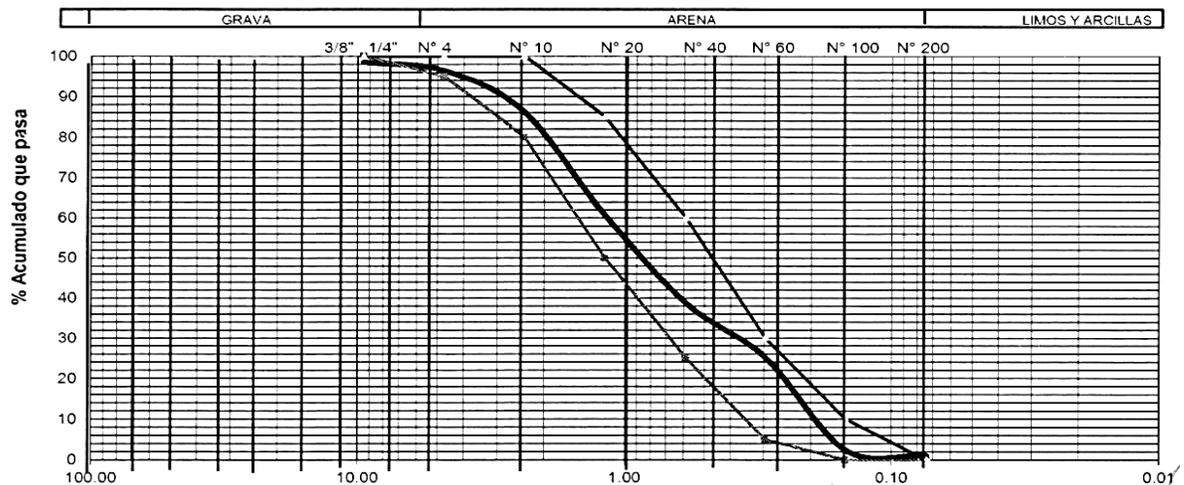


Figura 2. Análisis de la curva granulométrica, Fuente: Elaboración propia, 2018.

El análisis de la curva granulométrica del agregado fino cumple según estipulado en la norma NTP 400.012 obteniendo un módulo de fineza de 2.9 y del mismo modo se usó la norma ASTM C 33 (ver tabla 5) que nos especifica sobre los límites máximos y mínimos permitidos de agregados fino.

Procediendo con los ensayos, para determinar el contenido de humedad según el procedimiento descrito de la norma NTP 339.185,2013. dicha norma nos determina que se tiene que colocar al horno el agregado por un tiempo de 24 horas y a una temperatura de 110°C para poder eliminar la cantidad de agua, luego se procedió a pesar el material seco, obteniendo un contenido de humedad de 1.19 gr (ver tabla 9).

Tabla 10
Contenido de Humedad del Agregado fino

1	Peso de la Tara.	gr	26.53
2	Peso de la tara +Muestra Húmeda.	gr	190.42
3	Peso de la tara +Muestra Seca. (gr)	gr	188.49
4	Peso del agua Contenida. (2-3)	gr	1.93
5	Peso de la Muestra Seca. (3-1)	gr	161.96
6	Contenido de Humedad. (4/5) *100	gr	1.19

Fuente: Elaboración propia, 2018

realizamos el ensayo de peso unitario según la norma NTP 400.017,1999 que nos describe dicho procedimiento, cuyos resultados PUSS es de 1655 y el PUSC es de 1849 tales se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 11

Peso unitario suelto seco

Datos	Descripción	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Peso de la muestra + Recipiente	kg	24751	24631	21710
2	Peso del Recipiente	kg	7922	7922	7922
3	Peso de la muestra suelta húmedo (1-2)	kg	16829	16709	13788
4	Constante de Recipiente		106	106	106
5	Peso unitario suelto húmedo (3*4) /100	kg/m ³	1784	1771	1462
6	Promedio peso unitario ((5) -((5) *C.H. /100))	kg/m ³	1765	1753	1446
7	Promedio peso unitario suelto seco	kg/m ³	1655		

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 12

Peso Unitario Compacto

Datos	Descripción	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Peso de la muestra + Recipiente	kg	25814	25060	25789
2	Peso del Recipiente	kg	7922	7922	7922
3	Peso de la muestra suelta húmedo (1-2)	kg	17892	17138	17867
4	Constante de Recipiente	m ³	106	106	106
5	Peso unitario suelto húmedo (3*4) /100	kg/m ³	1897	1817	1894
6	Promedio peso unitario ((5) -((5) *C.H./100))	kg/m ³	1877	1798	1874
7	Promedio peso unitario suelto seco.	kg/m ³	1849		

Fuente: Elaboración propia, 2018

El ensayo del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino se realizaron según la norma NTP 400.022 y la ASTM C-128 cuyos resultados es de 1.05% y de absorción es 2.60 gr/cm³ tales se demuestran en la siguiente tabla.

Tabla 13
Peso Específico y Porcentaje de Absorción

Datos	Descripción	Unidad	
1	Peso específico de masa	gr/cm ³	2.60
2	Peso específico de masa saturado superficialmente seco	gr/cm ³	2.63
3	Peso específico Aparente	gr/cm ³	2.68
4	Porcentaje de absorción	%	1.05

Fuente: Elaboración propia, 2018

Una vez obtenido los resultados de los ensayos tenemos los datos necesarios para poder hacer el diseño de concreto.

Tabla 14
Resumen de resultados del agregado fino

Características	A. Fino
Peso específico de masa	2.60
Peso específico de masa (S.S.S.)	2.63
Peso unitario suelto seco	1655
Peso unitario seco compactado	1849
Contenido de humedad	1.19
Absorción	1.05
Módulo de finura	2.90

Nota. Los siguientes resultados llegan a ser el resumen de los ensayos realizados al agregado fino. Fuente: Elaboración propia, 2018

Diseño de concreto en distintas dosificaciones

A continuación, realizaremos el diseño de mezcla para lo cual usaremos el método ACI 211.

Para poder realizar nuestro diseño de mezcla $F'c=315 \text{ kg/cm}^2$ denominaremos a este diseño como diseño convencional, Por lo cual definiremos el slump adecuado para así poder definir la cantidad de agua y sucesivamente la cantidad de cemento y agregado, cuyos materiales no varían en la incorporación de fibra reciclada de Polietileno Tereftalato, ya que este material es voluminoso y liviano.

Se calcula la resistencia promedio $F'c$ según la siguiente tabla.

Tabla 15

Calculo de Resistencia Promedio

$F'c$ (kg/cm ²)	$F'cr$ (kg/cm ²)
Menos de 210	$F'c + 70$
210 a 350	$F'c + 85$
Sobre 350	$F'c + 98$

Fuente: ACI 211

$TMN = 3/8''$ Pulg
 $Slump = 1$ Pulg
 $F'cr = 315 + 85 = 400$
 Ym Cemento = 3.01 gr/cm²

Teniendo todas las características del agregado fino. Podemos realizar el diseño correspondiente.

Se asume el asentamiento recomendado según el siguiente cuadro

Tabla 16

Asentamiento recomendado para varios tipos de estructuras

TIPO DE ESTRUCTURA	Asentamiento En Pulgadas	
	Máximo*	Mínimo
Zapatatas y muros de cimentaciones reforzadas	3	1
Cimentaciones simples, cajas y subestructuras de muros	3	1
vigas y muros	4	1
columnas de edificios	4	1
Losas y pavimentos	3	1
concreto ciclópeo	2	1

Fuente: ACI 211

De donde se toma una consistencia seca con un asentamiento de 1 pulgada.

Tabla 17
Consistencia de la mezcla

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" a 2"	Poco trabajable
plástica	3" a 4"	Trabajable
húmeda	> o = 5"	Muy trabajable

Fuente: ACI 211

Teniendo un tamaño máximo nominal del agregado de 3/8" definimos la cantidad de agua según el siguiente cuadro.

- **TMN del agregado 3/8"**
- **Contenido de agua de mezclado**

Concreto de Agua de mezcla 205 Lts
Aire atrapado 3%

Tabla 18
Requisito aproximados de agua de mezclado y aire incorporado

ASENTAMIENTO	AGUA EN KG/CM3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINAL MAXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADAS							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	202	185	180	170
Cont. De aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160
Promedio recomendable para el contenido total de aire atrapado (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: ACI 211

Definimos la relación de agua cemento y resistencia del concreto a compresión según el siguiente cuadro.

Tabla 19*Relación Agua/Cemento Resistencia a la Comprensión*

Resistencia a la compresión a los 28 días (Kg/Cm ²) F'c	Relación Agua/Cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38
400	0.43
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: ACI 211**- Relación agua cemento**

Donde nos especifica que la relación agua cemento es de:

$$F'_{cr}=400 \quad a/c = 0.43$$

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua –cemento:

$$\text{Cemento} = 205 / 0.43 = 476.74 \quad 11 \text{ bolsas/m}^3$$

Cantidad de agregado fino (método del volumen absoluto):

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado y así como el volumen del aire se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes.

Tabla 20*Valores por volumen absoluto*

Materiales		Volumen	
Cemento	476.74/(3.01x1000)	0.158	m3
Agua	205/(1x1000)	0.205	m3
Aire	3/100	0.030	m3
Ag. Fino	1-(C+H2O+AIRE)	0.607	m3
Total		1.000	m3

Fuente: Fuente propia 2018

- **Valores de diseño de mezcla para 1 m³(seco)**

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño serán:

Tabla 21
Valores de diseño por 1 m³ (seco)

Materiales	Peso	
Cemento	476.74	kg/m ³
Ag. Fino	1578.20	kg/m ³
Agua	205.00	kg/m ³

Fuente: Fuente propia 2018

- **Corrección por humedad y absorción**

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cubica del concreto son corregidos en función a las condiciones de humedad del agregado fino.

- Peso humedal del agregado fino: $1578.20 \times (1 + 1.19/100) = 1596.98$
- Humedad superficial del agregado fino: $1.19 - 1.05 = 0.14$
- Aportes de agregado fino: $1596.98 \times (0.14/100) = 2.23$
- Agua efectiva: $205 - 2.23 = 202.77$

Los pesos de los materiales ya corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las mezclas de prueba serán:

Tabla 22
Corrección por humedad y absorción sin Polietileno Tereftalato

Materiales	Peso	
Cemento	476.74	kg/m ³
Ag. Fino	1596.98	kg/m ³
Agua	202.79	kg/m ³

Fuente: Fuente propia, 2018

- **Porción en obra**

La proporción de los materiales en obra ya corregida en obra de los materiales serán:

Tabla 23
Porción de materiales corregidos

Materiales	Cantidad
Cemento	1
Agua	0.43
Agregado fino	3.35

Fuente: Fuente propia, 2018

- **Dosificación para 1m³ de mezcla con fibra Polietileno Tereftalato:**

Tabla 24
cantidad de materiales en distintas dosificaciones para 1 m³

Porcentaje De Polietileno Tereftalato	0%	0.25%	0.50%	0.75%
Cemento(kg)	476.74	476.74	476.74	476.74
Agregado fino(kg)	1596.98	1591.29	1585.60	1579.91
Agua de diseño(lt)	202.79	202.79	202.79	202.79
Plástico Polietileno Tereftalato (kg)	0.00	5.69	11.38	17.07

Fuente: Elaboración propia 2018

- **volúmenes de un adoquín**

- ✓ Para un molde $0.20 \times 0.10 \times 0.04 = 0.0008 \text{ m}^3$
- ✓ Para 15 moldes $15 \times 0.0008 = 0.012 \text{ m}^3$

Dosificación por 15 unidades por el método ACI 211

Tabla 25

Cantidad de materiales por 15 unidades

Porcentaje De Polietileno Tereftalato	0%
Cemento(kg)	5.72
Agregado fino(kg)	19.16
Agua de diseño(lt)	2.43
Plástico Polietileno Tereftalato (kg)	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

Dosificación de 15 unidades de adoquín por método ACI 211 con plástico reciclado Polietileno Tereftalato

Tabla 26

Dosificación para 15 Unid en diferentes porcentajes ACI 211

Porcentaje De Polietileno Tereftalato	0.25%	0.50%	0.75%
Cemento(kg)	5.72	5.72	5.72
Agregado fino(kg)	19.10	19.03	18.96
Agua de diseño(lt)	2.43	2.43	2.43
Plástico Polietileno Tereftalato (kg)	0.07	0.14	0.20

Fuente: Elaboración propia, 2018

Analizando los resultados obtenidos, se pudo determinar las propiedades del agregado fino, el cual presenta una granulometría óptima que se encuentra dentro de los límites indicados en la norma ASTM C-33. Siendo el peso específico de 2.60 kg/cm³ y, el porcentaje de absorción del agregado es de 1.05%, el contenido de humedad es de 1.19% y un peso unitario suelto de 1655kg/m³ cuyos resultados son aceptados por la norma. Para la fabricación de adoquines se eligió el método ACI 211, se tomó en consideración las características y trabajabilidad de este material y así no alterar nuestro diseño, se fabricaron 12 unidades de adoquines de cada dosificación siendo reemplazado él agregado fino por PET, En 0.25%,0.50% y 0.75% de PET fueron (0.07kg, 0.14 kg, 0.20 kg). Para ver más a detalle los datos encontrados del estudio de suelos y diseño de concreto. (ver anexo 1 y anexo 2)

b) El comportamiento físico mecánico del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional.

En este proceso se buscó analizar el comportamiento físico mecánicas en ambos adoquines siendo estas: dimensiones (largo, ancho, altura y peso) y el comportamiento mecánico. (absorción, compresión y flexión)

Medición de dimensiones

El procedimiento consiste en medir el largo, ancho y la altura y el peso, con la precisión de 0.1 mm de cada espécimen entero medidos en cada cara.

- Reconocimiento de dimensiones y características

Tabla 27
Dimensional del adoquín convencional

Muestras	Dimensiones			Peso	Textura	Color
	Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto			
1	20.0	10.1	4.1	1.721	Aspero	Cris Oscuro
2	19.8	10.0	4.2	1.722	Aspero	Cris Oscuro
3	19.9	9.9	4.3	1.743	Aspero	Cris Oscuro
4	19.9	9.9	4.3	1.743	Aspero	Cris Oscuro
5	19.8	10.0	4.4	1.744	Aspero	Cris Oscuro
6	19.9	10.0	4.1	1.723	Aspero	Cris Oscuro
7	19.8	10.0	4.1	1.723	Aspero	Cris Oscuro
8	19.9	10.0	4.4	1.723	Aspero	Cris Oscuro
9	19.9	10.0	4.4	1.724	Aspero	Cris Oscuro

Nota. El siguiente cuadro nos muestra las dimensiones y características del adoquín. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 28
Dimensional del adoquín con 0.25% de Polietileno Tereftalato

Muestra s	Dimensiones			Peso	Textura	Color
	Largo	Ancho	Alto			
1	20.0	9.9	4.4	1.750	Aspero	Cris Oscuro
2	19.9	10.0	4.2	1.731	Aspero	Cris Oscuro
3	19.9	9.9	4.3	1.732	Aspero	Cris Oscuro
4	19.9	10.0	4.2	1.731	Aspero	Cris Oscuro
5	20.0	9.9	4.3	1.741	Aspero	Cris Oscuro
6	19.8	9.9	4.2	1.736	Aspero	Cris Oscuro
7	19.8	10.1	4.2	1.731	Aspero	Cris Oscuro
8	19.9	9.8	4.2	1.741	Aspero	Cris Oscuro
9	19.9	9.9	4.2	1.736	Aspero	Cris Oscuro

Nota. El siguiente cuadro nos muestra las dimensiones y características del adoquín. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se realizaron las codificaciones a cada muestra de los adoquines enumerándolas y describiendo sus características físicas tales como ancho, largo, alto y peso del adoquín con 0.25% de Polietileno Tereftalato tales muestras se encuentran dentro de lo establecidos por la norma.

Tabla 29
Dimensional del Adoquín con 0.50% de Polietileno Tereftalato

Muestras	Dimensiones			Peso	Textura	Color
	Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)			
1	19.9	9.9	4.4	1.725	Áspero	Rojo Oscuro
2	20.0	10.0	4.3	1.720	Áspero	Rojo Oscuro
3	20.0	9.9	4.4	1.725	Áspero	Rojo Oscuro
4	20.0	9.9	4.5	1.730	Áspero	Rojo Oscuro
5	20.0	10.0	4.3	1.721	Áspero	Rojo Oscuro
6	19.9	10.0	4.2	1.693	Áspero	Rojo Oscuro
7	19.9	10.0	4.1	1.712	Áspero	Rojo Oscuro
8	19.8	10.0	4.3	1.724	Áspero	Rojo Oscuro
9	20.0	10.0	4.3	1.724	Áspero	Rojo Oscuro

Nota. El siguiente cuadro nos muestra las dimensiones y características del adoquín. Fuente: Elaboración propia.2018.

Siguiendo los análisis de los adoquines de 0.50% de Polietileno Tereftalato. Se codificaciones a cada muestra de los adoquines enumerándolas y describiendo sus características.

Tabla 30
Dimensional del adoquín con 0.75% de Polietileno Tereftalato

Muestras	Dimensiones			Peso	Textura	Color
	Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto			
1	20.0	10.1	4.0	1.679	Áspera	Rojo Oscuro
2	19.9	10.0	4.6	1.683	Áspera	Rojo Oscuro
3	19.9	9.9	4.3	1.717	Áspera	Rojo Oscuro
4	19.9	9.9	4.2	1.691	Áspera	Rojo Oscuro
5	19.8	10.0	4.4	1.731	Áspera	Rojo Oscuro
6	19.9	10.0	4.1	1.679	Áspera	Rojo Oscuro
7	19.8	10.0	4.1	1.679	Áspera	Rojo Oscuro
8	19.9	10.0	4.4	1.731	Áspera	Rojo Oscuro
9	19.9	10.1	4.5	1.745	Áspera	Rojo Oscuro

Nota. El siguiente cuadro nos muestra las dimensiones y características del adoquín. Fuente: Elaboración propia.

Una vez codificado cada muestra del adoquín con 0.75% de polietileno tereftalato se puede definir que se encuentran dentro de lo establecido en la norma.

Las medidas de largo y ancho de los adoquines no variaron en más de 1.5 mm y la variación del espesor fue menor a 3.2 mm con respecto a las medidas fijadas en nuestro producto. Teniendo como variación de 1.05 mm, 1.20 mm y 0.82 mm para el largo ancho y espesor respectivamente para los adoquines de 20x10x04 cm

Ensayos

Se realizaron los ensayos para determinar las propiedades del adoquín siendo estas las siguientes.

- Absorción

Una vez realizado dichos ensayos en el laboratorio de estructuras de la facultad de Ingeniería-Upla se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 31

Absorción de adoquines con Polietileno Tereftalato

Tipos	Adoquín. Convencional			Adoquín. Con polietileno tereftalato 0.25%			Adoquín con polietileno tereftalato 0.50%			Adoquín con polietileno tereftalato 0.75%		
	2	6	7	1	4	5	7	8	9	3	4	6
Muestras:												
Peso seco Wd (kg):	1.742	1.722	1.723	1.731	1.75	1.715	1.720	1.707	1.681	1.681	1.683	1.717
Peso saturado Ws (kg):	1.804	1.785	1.789	1.802	1.827	1.789	1.792	1.766	1.767	1.758	1.769	1.804
Absorción (%):	3.56	3.66	3.83	4.10	4.40	4.31	4.186	3.456	5.116	4.58	5.11	5.07
Absorción promedio (kg/m ³)	3.68			4.27			4.25			4.92		

Nota. Los valores obtenidos en la tabla son los resultados de los ensayos realizados según las NTP 399.611. Fuente: Elaboración propia.

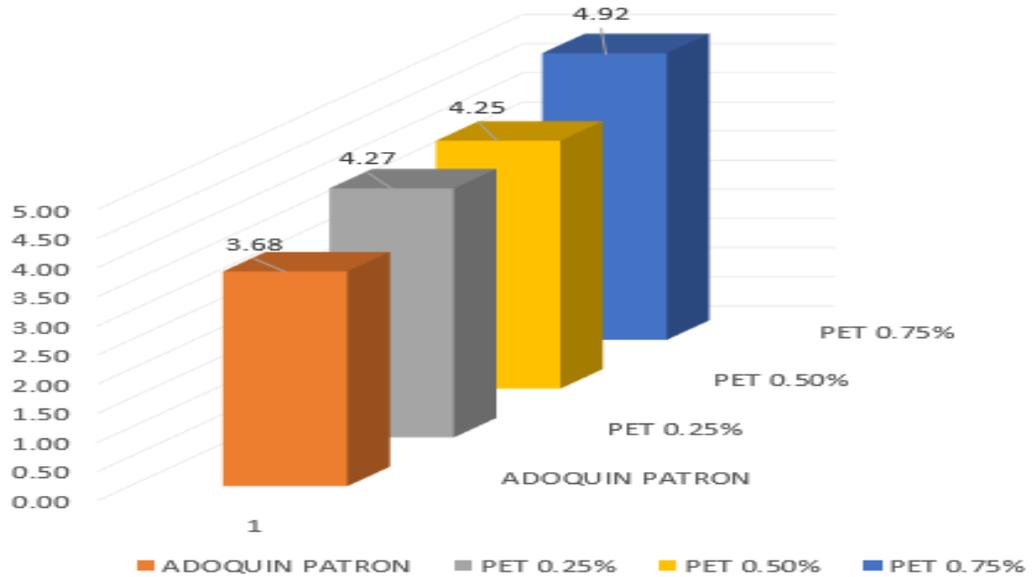


Figura 2: Resultados promedios de absorción. Fuente: Elaboración propia.

La medición de absorción se hizo según la norma que menciona de 6% como máximo en un promedio de tres muestras. Los adoquines convencionales tienen un promedio de absorción de 3.68% y los resultados promedios de los adoquines con 0.25% ,0.50% y 0.75% de PET fueron (4.27, 4.25, 4.92). cumplen con la norma.

- Resistencia a la comprensión

El ensayo de la resistencia a la comprensión se realizó según la norma NTP 399.604 se determina mediante la aplicación de fuerza de comprensión sobre la unidad en la misma dirección en que trabaja en el pavimento, Una vez realizado dichos ensayos se obtuvieron los resultados:

Tabla 32*Resistencia a la compresión de adoquines con Polietileno Tereftalato*

Muestras	Adoquín convencional			Adoquines 0.25% de PET			Adoquines 0.50% de PET			Adoquines 0.75% de PET		
	1	5	3	9	3	8	4	3	1	7	5	8
Edad(días)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Largo promedio(cm)	4.01	3.99	4.00	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.00	4.01	3.99	4.00
Ancho promedio(cm)	4.02	4.00	4.01	4.02	4.00	4.00	4.00	4.01	4.00	4.01	4.01	3.99
Alto promedio(cm)	4.00	4.40	4.30	4.20	4.30	4.20	4.50	4.40	4.40	4.10	4.40	4.40
Area (cm ²)	16.12	15.96	16.04	16.12	16.04	16.04	16.04	16.08	16.00	16.08	16.00	15.96
Peso(kg)	1.72	1.74	1.74	1.74	1.73	1.74	1.73	1.73	1.73	1.68	1.73	1.73
Carga ultima (KN)	61.12	52.72	58.52	71.23	70.32	68.63	71.61	73.15	74.24	65.76	62.91	62.03
Resistencia F ^c (kg/cm ²)	386.62	336.83	372.03	450.57	447.04	436.30	455.24	463.87	473.14	417.01	400.94	396.32
Promedio de resistencia a compresión(kg/cm ²)	Convencional			0.25% de PET			0.50% de PET			0.75% de PET		
	365.16			444.64			464.08			404.75		

Nota. El siguiente nos muestra los resultados de los ensayos de compresión realizados en los diferentes tipos de adoquín según la NTP 399. 611.Fuente: Elaboración propia

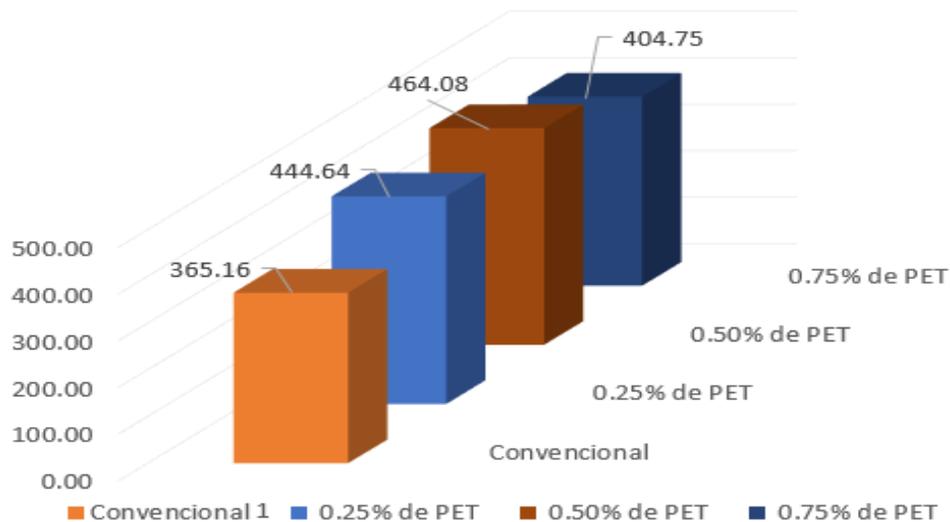


Figura 3: Resultados promedio de compresión. Fuente: Elaboración propia.

El valor de resistencia a la comprensión del adoquín y con la adición de PET a los 28 días para el adoquín con 20x10x4 cm fue de 444.64 kg/cm², 464.08 kg/cm², 404.75 kg/cm² valores que están dentro de lo estipulado por la norma para adoquines cuyos resultados han sido presentados.

- Resistencia a la flexión

Los ensayos fueron realizados según la norma ITINTEC 339.124 1988

Dichos ensayos fueron realizados en fechas diferentes tales fueron:

-Ensayo realizados a los 28 días

Tabla 33

Resistencia a la tracción (flexión)

Datos	Adoquines convencionales			Adoquines 0.25% de PET			Adoquines 0.50% de PET			Adoquines 0.75% de PET		
	4	8	9	2	6	7	6	2	5	9	1	2
Edad(días)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Largo promedio(cm)	19.90	19.90	19.90	19.90	19.80	19.90	19.90	20.00	19.90	19.90	19.90	19.90
Ancho promedio(cm)	9.90	10.10	10.00	10.00	9.90	10.10	10.00	10.00	10.10	10.10	10.00	9.90
Alto promedio(cm)	4.30	4.20	4.10	4.30	4.20	4.40	4.20	4.50	4.20	4.50	4.50	4.40
Area (cm ²)	197.01	200.99	199.00	199.00	196.02	200.99	199.00	200.00	200.99	200.99	199.00	197.01
Peso(kg)	1.74	1.72	1.73	1.72	1.74	1.74	1.69	1.73	1.69	1.75	1.75	1.73
Carga última (kn)	5.23	5.70	4.39	5.23	5.03	5.32	4.78	5.05	4.76	4.83	3.85	4.53
Resistencia f'c (kg/cm ²)	533.30	581.23	447.65	533.30	512.91	542.48	487.42	514.95	485.38	492.52	392.58	461.92
Promedio de módulo de rotura(kg/cm ²)	Adoquines convencionales			0.25% de PET			0.50% de PET			0.75% de PET		
	66.29			64.47			60.23			50.68		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

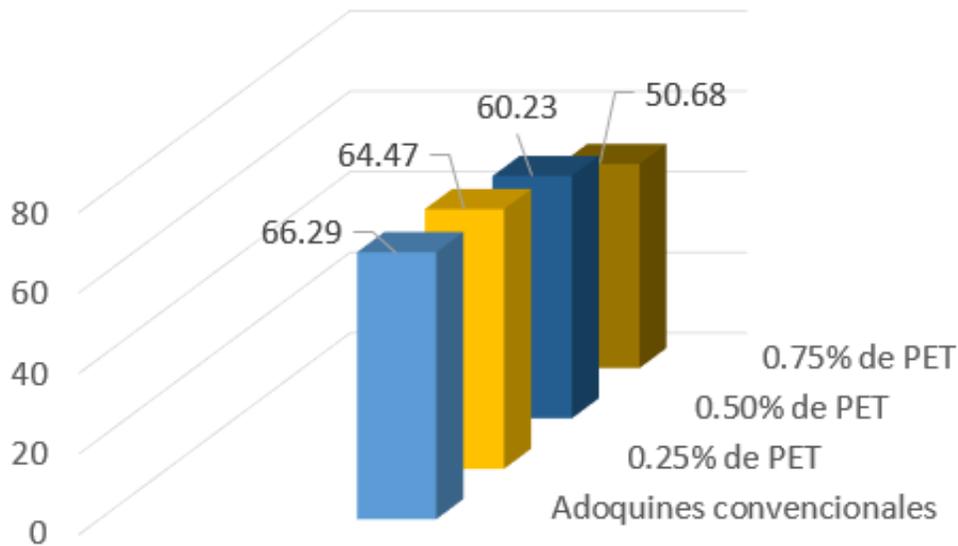


Figura 4: Resultados promedio a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

El adoqueín convencional tiene un promedio de 66.29 kg/cm² y los resultados promedios de los adoquines con adición de PET fueron (64.47 kg/cm², 60.23kg/cm², 50.68kg/cm²), Cumpliendo con lo estipulado en las normas.

Las medidas de largo y ancho de los adoquines variaron de 1.05 mm, 1.20 mm y 0.82 mm lo cual se encuentran dentro de la norma. En los ensayos de absorción los adoquines convencionales absorben 3.68% y los resultados promedios de los adoquines con 0.25%, 0.50% y 0.75% de PET tiene una absorción de (4.27, 4.25, 4.92) que cumplen la norma. Los ensayos de resistencia a la comprensión del adoqueín convencional son de 365.16 kg/cm² y los resultados promedios con 0.25%, 0.50%, y 0.75% de PET fueron (444.64 kg/cm², 464.08 kg/cm², 404.75 kg/cm²) cumplen la norma. En los ensayos de flexión los resultados del adoqueín convencional tienen un promedio de 66.29 kg/cm² y los resultados promedios con 0.25%, 0.50%, 0.75% de PET fueron (64.47 kg/cm², 60.23kg/cm², 50.68kg/cm²), cumplen la norma.

c) Los costos de los adoquines con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional.

Una de las múltiples funciones del Ingeniero Civil, es la de evaluar económicamente cada una de sus alternativas de solución buscando siempre el óptimo desarrollo del trabajo al menor costo posible.

Se analizará el precio de fabricación de adoquines por metro cuadrado (50 unidades) del adoquín del cemento y la opción alternativa que es con incorporación de PET.

Para la fabricación de los adoquines se utilizó una máquina de mesa prensadora con molde, los materiales que se requieren se consiguen en diferentes canteras de nuestra localidad de preferencia las mencionadas en nuestro trabajo.

Para los adoquines de cemento elaborados por mano de obra calificada se considerará según la zona, el análisis de los precios unitarios se considera para los materiales el precio del mercado tanto para el cemento, los agregados, y el PET.

- Análisis de costo por m² de adoquín.

Tabla 34

Costos y presupuestos sin Polietileno Tereftalato

Fabricación de Adoquines							
Rendimiento	m ² /Dia	12	EQ.12.00		Costo unitario directo por: m ³	28.28	
H-H		8					
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
Operario			hh	1.0000	0.6667	8.75	5.83
Peon			hh	1.0000	0.6667	7.50	5.00
							10.83
Materiales							
Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)			bol		0.4487	21.00	9.42
Agua para concreto			m3		0.0081	2.00	0.02
Arena gruesa de cantera			m3		0.0281	60.00	1.68
							11.12
Equipos							
Herramientas manuales			%mo		3.0000	10.83	0.33
Mesa prensadora con molde			hm	1.0000	0.6667	4.00	2.67
Mezcladora de concreto 11 P ³ (18 Hp)			hm	1.0000	0.6667	5.00	3.33
							6.33

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la tabla se puede apreciar el costo del adoquín convencional por metro cuadrado (m²) apreciando un costo de S/ 28.28 nuevos soles.

- Costos y presupuestos del adoquín con 0.25% de Polietileno Tereftalato.

Tabla 35

Costos y Presupuestos al 0.25% de Polietileno Tereftalato

Fabricación de Adoquines con PET 0.25%							
Rendimiento	M ² /Día	12	EQ.12.00		Costo unitario directo por: m ³	28.73	
H-H		8					
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
Operario			hh	1.0000	0.6667	8.75	5.83
Peon			hh	1.0000	0.6667	7.50	5.00
							10.83
Materiales							
Cemento portland tipo i (42.5 kg)			bol		0.4487	21.00	9.42
Agua para concreto			m3		0.0081	2.00	0.02
Arena gruesa de cantera			m3		0.0280	60.00	1.68
Plástico reciclado			kg		0.2300	2.00	0.46
							11.58
Equipos							
Herramientas manuales			%mo		3.0000	10.83	0.33
Mesa prensadora con molde			hm	1.0000	0.6667	4.00	2.67
Mezcladora de concreto 11 p ³ (18 hp)			hm	1.0000	0.6667	5.00	3.33
							6.33

Fuente: Elaboración propia, 2018

En tabla anterior determinamos el costo del adoquín con fibra Polietileno Tereftalato al 0.25% cuyos costos por metro cuadrado (m²) es de S/ 28.73 nuevos soles donde reemplazamos el agregado por la fibra Polietileno Tereftalato verificar tabla 36

- Costos y presupuestos del adoquín con 0.50% de Polietileno Tereftalato.

Tabla 36

Costos y presupuestos 0.50% de Polietileno Tereftalato

Fabricación de Adoquines con PET 0.50%							
Rendimiento	M ² /Dia	12	EQ.12.00		Costo unitario directo por: m ³	29.19	
H-H		8					
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
Operario			hh	1.0000	0.6667	8.75	5.83
Peón			hh	1.0000	0.6667	7.50	5.00
							10.83
Materiales							
Cemento portland tipo i (42.5 kg)			bol		0.4487	21.00	9.42
Agua para concreto			m ³		0.0081	2.00	0.02
Arena gruesa de cantera			m ³		0.0279	60.00	1.67
Plástico reciclado PET			kg		0.4600	2.00	0.92
							12.03
Equipos							
Herramientas manuales			% mo		3.0000	10.83	0.33
Mesa prensadora con molde			hm	1.0000	0.6667	4.00	2.67
Mezcladora de concreto 11 p ³ (18 hp)			hm	1.0000	0.6667	5.00	3.33
							6.33

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se determina el costo del adoquín con fibra Polietileno Tereftalato al 0.50%. cuyos costos por metro cuadrado (m²) es de S/ 29.19 nuevos soles. Verificar tabla 37.

- Costos y presupuestos del adoquín con 0.75% de Polietileno Tereftalato.

Tabla 37

Costos Y Presupuestos Al 0.75% De Polietileno Tereftalato

Fabricación de Adoquines con PET 0.75%							
Rendimiento	m²/Dia	12	EQ.12.00		Costo unitario directo por: m ³	29.62	
H-H		8					
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
Operario			hh	1.0000	0.6667	8.75	5.83
Peón			hh	1.0000	0.6667	7.50	5.00
							10.83
Materiales							
Cemento portland tipo i (42.5 kg)			bol		0.4487	21.00	9.42
Agua para concreto			m3		0.0081	2.00	0.02
Arena gruesa de cantera			m3		0.0278	60.00	1.67
Plástico reciclado PET			kg		0.6800	2.00	1.36
							12.46
Equipos							
Herramientas manuales			%mo		3.0000	10.83	0.33
Mesa prensadora con molde			hm	1.0000	0.6667	4.00	2.67
Mezcladora de concreto 11 p ³ (18 hp)			hm	1.0000	0.6667	5.00	3.33
							6.33

Fuente: Elaboración propia, 2018

Determinamos el costo del adoquín con fibra Polietileno Tereftalato al 0.75%. cuyos costos por metro cuadrado(m²) es de S/ 29.62 nuevos soles. Donde se llega a reemplazar el agregado fino por la fibra Polietileno Tereftalato.

Tabla 38

Resumen de costos

Datos	Precio/m2
Ad. convencionales.	28.28
0.25% de PET	28.73
0.50% de PET	29.19
0.75% de PET	29.62

Fuente: Elaboración propia, 2018

Los costos por m² (50 unidades) al fabricar unidades de adoquines convencionales en comparación con el PET en 0.25%, 0.50%, 0,75% de PET incrementa en (S/0.45 nuevos soles y S/0.91 nuevos soles S/1.43 nuevos soles), los cuales estos nuevos diseños varían por m², cuyos resultados ya fueron presentados en los cuadros anteriores. Verificar tabla 39.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Discusiones generales

Para determinar las características físicas mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional son aceptables. Como se muestran en los resultados los adoquines con fibra Polietileno Tereftalato cumplen con la norma, en tal sentido se acepta la hipótesis general “Las características Física Mecánica del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado se incrementarán frente al adoquín convencional.” Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Rubén Andrés, Moreno Cárdenas Y Freddy Fernando, Cañizares Ortega en la tesis “Agregado alternativo para fabricación de bloques y adoquines en base a Polietileno Tereftalato” para la Escuela Política Nacional, donde concluye que su diseño de concreto cumple las normas técnicas.

5.2 Discusiones específicas

- a) De los ensayos realizados de granulometría y el diseño de mezcla por el método ACI 211 se obtuvo los resultados para la fabricación de adoquines con polietileno tereftalato reciclado en distintas dosificaciones del tipo I estas son eficientes cumpliendo las normas establecidas, las diferentes dosificaciones realizadas sustituyendo al agregado por fibra de plástico reciclado polietileno tereftalato en diferentes porcentajes en 0.25% de PET ,0.50% de PET y de 0.75% de PET. Por lo cual se acepta la hipótesis de “Los porcentajes de dosificación de materiales para la elaboración del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado del Tipo I, incidencia en la resistencia y durabilidad” estos resultados obtenidos guardan relación con la investigación de la tesis. “Comparación de las propiedades físicas mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos PVC, Cajamarca, 2015” del autor Astopilco Valiente, Alexander Jhoel, para la Universidad Privada del Norte, donde se concluye que su diseño de concreto cumple las especificaciones técnicas establecidas según la norma NTP 400.012 “análisis de la granulometría de agregados” y la norma NTP N° 399.611 “Adoquines de concreto para pavimentos”
- b) Para poder evaluar el comportamiento físico mecánico del adoquín con polietileno tereftalato reciclado frente al adoquín convencional se realizaron los ensayos físicos y mecánicos. En los ensayos físicos se determinó que los adoquines fabricados con fibra PET son resistentes porque cumple la norma NTP 399.604. En los ensayos mecánicos se realizó los ensayos de absorción, comprensión y flexión de esta manera se pudo determinar las propiedades físico mecánico del adoquín con incorporación de Polietileno Tereftalato obteniendo resultados favorables, en tal sentido se acepta hipótesis específica “El adoquín con Polietileno Tereftalato presentara mejores comportamientos físicas mecánicas frente al adoquín convencional”. los resultados obtenidos están relacionados con lo que sostiene Raúl Omar, Di Marco Morales en la revista

ESAICA, “Diseño y elaboración de un sistema de adoquines de bajo costo y material reciclado para construcciones en núcleos rurales “en lo que respecta a las características mecánicas, donde concluye que su diseño de adoquín con PET es presentan mejores comportamientos.

- c) Los costos de los adoquines con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional resultan caros. Este nuevo diseño de adoquines con fibra Polietileno Tereftalato su fabricación nos resulta muy costosas frente al adoquín convencional, por tal motivo se rechaza la hipótesis específica “El costo de los adoquines con Polietileno Tereftalato reciclado será más económico frente al adoquín convencional” los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Ayrton, Pastor Castillo; Jean Pierre, Salazar Oliva; Ricardo, Seminario Regalado; Andrés, Tineo Camacho; Jean Carlo, Zapata Valladolid; en el informe “Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado” para la Universidad de Piura en lo que respecta a costos, donde concluye que la fabricación de adoquines con plástico PET son más cómodas.

CONCLUSIONES

Conclusiones generales

Al fabricar adoquines en proporciones de 0.25%, 0.50%, y 0.75% de PET, dichas muestras se sometieron a ensayos de dimensional (largo, ancho, alto), absorción, compresión y flexión, Se concluye que las características físicas mecánicas son aceptables según la norma NTP 399.611, quedando demostrado que la reutilización del PET es favorable, para reemplazar los áridos del concreto.

Conclusiones específicas

1°La propuesta de diseñar adoquines con reciclado de PET en diferentes porcentajes es una alternativa óptima para la fabricación de adoquines en este proyecto se demuestra que es posible la utilización de este material, así mejorar sus características físicas mecánicas.

2°Se puede concluir que los adoquines fabricados adicionando PET cumplen con lo establecidas por la norma NTP 399.611 y NTP 399.604 tanto en físicas y mecánicas, presentando una mayor resistencia que aquellos sin PET.

3°Se analizó el costo unitario del concreto por m² de las muestras con PET al 0.25% y 0.50% y 0.75% como resultado se, concluye que el adoquín con PET es más caro frente al adoquín convencional.

RECOMENDACIONES

- 1°Se recomienda también el análisis de este nuevo diseño, en Pavimentos Rígidos, Vigas, Columnas y Zapatas.
- 2°Se recomienda hacer más investigaciones de otros materiales reciclados sólidos, para poder así determinar el comportamiento físico-mecánico y de esta manera usarlos como constituyentes en parte del concreto o asfalto.
- 3°Se recomienda realizar estudios de impacto ambiental en la fabricación de fibras de plástico reciclado Polietileno Tereftalato.
- 4°La implementación de programas para incentivar el uso del concreto con plásticos reciclado en pavimentos articulados ya que de esta manera se estaría reduciendo la contaminación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Martinez, A., & Cote, M. (2014). Diseño y Fabricacion de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de POLIETILENO TEREFTALATO. *INGE CUC*, 76-80.
2. Di Marco, R. (2017). Diseño y elaboración de un sistema de adoquines de bajo costo y material reciclado para construcción en núcleos rurales. *Revista ESAICO*, 30-38.
3. Moreno, R. A., & Cañizares, F. (2011). *Agregado alternativo para fabricacion de bloques y adoquines en base a politilen tereftalato*. Quito: Escuela Politica Nacional.
4. Quevero, S., & Guaman, C. (2013). *proyecto de factibilidad para la produccion de eco-adoquines peatonales mediante la reutilizacion de desechos plasticos(PET)*. Riobamba-Ecuador: Escuela superior Politecnica de Chimborazo.
5. Pastor, A., Salazar, J., Seminario, R., Tineo, A., & Zapata, J. (2015). *Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plastico reciclado*. Piura.Peru: Univerisdad de Piura.
6. Reyna, C. A. (2016). *Reutilizacion de plastico Polietileno Tereftalato papel y bagazo de caña de azucar, como materia prima en la elaboracion de concreto ecologico para la construccion de viviendas de bajo costo*. Trujillo: Univerisdad Nacional de trujillo.
7. Astopilco, A. (2015). *Comparacion de las propiedades Fisico-Mecanicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plasticos PVC,cajamarca,2015"*. cajamarca: Universidad Privada del Norte.
8. Cabrera, L. (2014). *Comparacion de resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
9. Innovartic. (7 de Febrero de 2007). *www.innovartic.cl*. Obtenido de www.innovartic.cl: http://www.innovartic.cl/tecnologias_limpias.html
10. Megabyte. (2014). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Peru: Megabyte.

11. NTP 399.611, Adoquines de concreto para pavimentos (CNB-INDECOPI 25 de 03 de 2010).
12. NTP 399.604, Metodos de muestreo y ensayo de unidades de albañileria de concreto (INDECOPI-CRT 05 de 12 de 2002).
13. NTP 400.010, Extraccion y preparacion de las muestras (INDECOPI-CRT 24 de 01 de 2001).
14. NTP 400.012, Analisis granulometrico del agregado fino, grueso y global (INDECOPI.CRT 31 de 05 de 2001).
15. NTP 339.185, Metodo de ensayo normalizado para contenidos de humedad total evaporable de agregados por secado (CNB-INDECOPI 07 de 08 de 2013).
16. NTP 400.017, Metodo de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (INDECOPI-CRT 21 de 04 de 1990).
17. NTP 400.021, Metodo de ensayo normalizado para peso especifico y absorcion del agregado grueso (INDECOPI-CRT 16 de 05 de 2002).
18. NTP 400.022, Metodo de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso especifico) y absorcion del agregado fino (CNB-INDECOPI 26 de 12 de 2013).
19. Cementos, & Pacasmayo. (24 de marzo de 2015). *Adoquines*. Obtenido de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/nosotros/historia/>
20. Plasticos Castro Hnos SACIFIA-Fabricacion y Desarrollo. (04 de septiembre de 2005). *Textos Cientificos.com*. Obtenido de Textos Cientificos.com: <https://www.textoscientificos.com/polimeros/pet>
21. Perez, J., & Gardey, A. (2 de junio de 2015). *Definicion.D*. Obtenido de <https://definicion.de/transito/>
22. Wikipedia. (10 de Junio de 2017). *es.wikipedia.org*. Obtenido de [es.wikipedia.org: https://es.wikipedia.org/wiki/Dimensi%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Dimensi%C3%B3n)
23. Civil, C. (1 de Diciembre de 2010). *Constructor Civil*. Obtenido de Constructor Civil: <http://www.elconstructorcivil.com/2010/12/la-absorcion-de-los-agregados.html>

24. Osorio, J. (28 de Junio de 2013). *360° en Concreto*. Obtenido de 360° en Concreto: <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>
25. Construccion, D. d. (21 de Abril de 2018). *definicion-de-ensayo+de+flexi%F3n*. Obtenido de definicion-de-ensayo+de+flexi%F3n: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-ensayo+de+flexi%F3n>
26. Valdes, A. (22 de 03 de 2017). *Hormigon Especial*. Obtenido de Hormigon Especial: <http://www.hormigonespecial.com/blog/?p=349>
27. Bernal, J. (8 de Enero de 2009). *El Concreto*. Obtenido de <http://elconcreto.blogspot.pe/2009/01/fraguado-del-cemento.html>
28. UTP. (2010). *Metodologia de la investigación científica*. Lima, Peru: UTP

ANEXOS

Anexo 1. Análisis del agregado fino.

Anexo 2. Diseño de mezcla.

Anexo 3. Informe de ensayos de absorción.

Anexo 4. Informe de ensayos de comprensión.

Anexo 5. Informe de ensayos de flexión.

Anexo 6. Formatos utilizados en los ensayos de los adoquines.

Anexo 7. Procesamiento de los datos.

Anexo 8. Matriz de consistencia.

Anexo 9. Panel fotográfico.