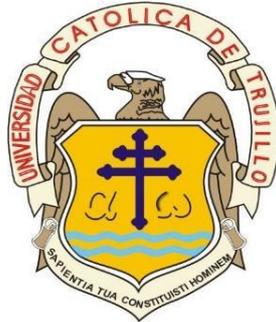


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE PLÁSTICO PET RECICLADO EN
REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS
ADOQUINES PEATONALES**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Br. Carlos Josmar Gonzales García

Br. Lesly Vanessa Mendoza Jurado

ASESOR:

Mg. Ing. Luis Alberto Alva Reyes

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Vivienda, saneamiento y transporte

TRUJILLO, PERÚ
2021



ACTA DE PRESENTACIÓN, SUSTENTACIÓN Y APROBACIÓN DE TESIS PARA OBTENER LA TITULACIÓN PROFESIONAL

En la ciudad de Trujillo, a los 25 días del mes de septiembre del 2021, siendo las 17:15 horas se reunieron los miembros del Jurado designado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para evaluar la tesis de Titulación Profesional en:

INGENIERO CIVIL

(Indicar el Programa de Estudios)

Especialidad: _____

(De ser el caso)

mediante la Modalidad de Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis de(l) (la)

Bachiller: GONZALES GARCIA CARLOS JOSMAR

(Apellidos y Nombres)

quien desarrolló la Tesis Titulada:

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE PLÁSTICO PET RECICLADO EN REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS ADOQUINES PEATONALES

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) mencionado(a) Bachiller fue

APROBADO por UNANIMIDAD

(Aprobado o desaprobado (*))

(En caso de ser aprobado: Unanimidad o mayoría o grado de excelencia (**))

emitiéndose el calificativo final de DIECISEIS 16

(Letras)

(Números)

Siendo las 18:10 horas concluyó la sesión, firmando los miembros del Jurado.

Presidente: Mg. Saldaña Milla Fernando

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

Secretario: Mg. Gonzales Valdivia Janet

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

Vocal: Mg. Alva Reyes Luis Alberto

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

(*) Desaprobado: 0-13; Aprobado: 14-20

(**) Mayoría: Dos miembros del jurado aprueban; Unanimidad: todos los miembros del jurado aprueban; Grado de excelencia: promedio



ACTA DE PRESENTACIÓN, SUSTENTACIÓN Y APROBACIÓN DE TESIS PARA OBTENER LA TITULACIÓN PROFESIONAL

En la ciudad de Trujillo, a los 25 días del mes de septiembre del 2021, siendo las 17:15 horas se reunieron los miembros del Jurado designado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para evaluar la tesis de Titulación Profesional en:

INGENIERO CIVIL

(Indicar el Programa de Estudios)

Especialidad: _____

(De ser el caso)

mediante la Modalidad de Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis de(l) (la)

Bachiller: MENDOZA JURADO LESLY VANESSA

(Apellidos y Nombres)

quien desarrolló la Tesis Titulada:

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE PLÁSTICO PET RECICLADO EN REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS ADOQUINES PEATONALES

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) mencionado(a) Bachiller fue

APROBADO

por

UNANIMIDAD

(Aprobado o desaprobado (*))

(En caso de ser aprobado: Unanimidad o mayoría o grado de excelencia (**))

emitiéndose el calificativo final de

DIECISEIS

16

(Letras)

(Números)

Siendo las 18:10 horas concluyó la sesión, firmando los miembros del Jurado.

Presidente: Mg. Saldaña Milla Fernando

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

Secretario: Mg. Gonzales Valdivia Janet

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

Vocal: Mg. Alva Reyes Luis Alberto

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

(*) Desaprobado: 0-13; Aprobado: 14-20

(**) Mayoría: Dos miembros del jurado aprueban; Unanimidad: todos los miembros del jurado aprueban; Grado de excelencia: promedio

19 a 20

FORMULARIO DE CESIÓN DE DERECHOS PARA LA PUBLICACIÓN DIGITAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Moche 26 de septiembre del 2021

A: Mg. Ing. Edwar Lujan Segura

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Nombres y apellidos de cada investigador (a):

Yo Nosotros (as)

Br: Gonzales Garcia Carlos Josmar

Br: Mendoza Jurado Lesly Vanessa

Autor (es) de la investigación titulada:

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE PLÁSTICO PET RECICLADO EN
REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS
ADOQUINES PEATONALES

Sustentada y aprobada el 25 de septiembre del 2021 para optar el Grado Académico/ Título
Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CEDO LOS DERECHOS a la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI para publicar por plazo indefinido la versión digital de esta tesis en el repositorio institucional y otros, con los cuales la universidad firme convenio, consintiendo que cualquier tercero podrá acceder a dicha obra de manera gratuita pudiendo visualizarlas, revisarlas, imprimirlas y/o grabarlas siempre y cuando se respeten los derechos de autor y sea citada correctamente. En virtud de esta autorización, la universidad podrá reproducir mi tesis en cualquier tipo de soporte, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la tesis o trabajo de investigación es una creación de mi autoría o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultada(o)(s) a conceder la presente autorización y además declaro bajo juramento que dicha tesis no infringe los derechos de autor de terceras personas.

Asimismo, declaro que el CD-ROM que estoy entregando a la UCT, con el archivo en formato PDF y WORD (.docx), como parte del proceso de obtención del Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado.

Por ello, el tipo de acceso que autorizo es el siguiente: (Marcar con un aspa (x); una opción)

Categoría de	Descripción del Acceso Marcar con acceso	X
ABIERTO	Es público y será posible consultar el texto completo. Se podrá visualizar, grabar e imprimir.	X
RESTRINGIDO	Solo se publicará el abstract y registro del metadato con información básica.	

OPCIONAL – LICENCIA CREATIVE COMMONS.

Una licencia Creative Commons es un complemento a los derechos de autor que tiene como fin proteger una obra en la web. Si usted concede dicha licencia mantiene la titularidad y permite que otras personas puedan hacer uso de su obra, bajo las condiciones que usted determine.

No, deseo otorgar una licencia Creative Commons

Si, deseo otorgar una licencia Creative Commons. **X**

Si opta por otorgar la licencia Creative Commons, seleccione una opción de los siguientes permisos:

CC-BY: Utilice la obra como desee, pero reconozca la autoría original. Permite el uso comercial.	X
CC-BY-SA: Utilice la obra como desee, reconociendo la autoría. Permite el uso comercial del original y la obra derivada (traducción, adaptación, etc.), su distribución es bajo el mismo tipo de licencia.	<input type="checkbox"/>
CC-BY-ND: Utilice la obra sin realizar cambios, otorgando el reconocimiento de autoría. Permite el uso comercial o no comercial.	<input type="checkbox"/>
CC-BY-NC: Utilice la obra como desee, reconociendo la autoría y puede generar obra derivada sin la misma licencia del original. No permite el uso comercial.	<input type="checkbox"/>
CC-BY-NC-SA: Utilice la obra reconociendo la autoría. No permite el uso comercial de la obra original y derivada, pero la distribución de la nueva creación debe ser bajo el mismo tipo de licencia.	<input type="checkbox"/>
CC-BY-NC-ND: Utilice y comparte la obra reconociendo la autoría. No permite cambiarla de forma alguna ni usarlas comercialmente.	<input type="checkbox"/>

Datos del investigador (a)

Nombres y Apellidos: Carlos Josmar Gonzales Garcia

DNI: 74700041

Teléfono celular: 916312542

Email: 015100218B@uct.edu.pe



Firma

Datos del investigador (a)

Nombres y Apellidos: Lesly Vanessa Mendoza Jurado

DNI: 72315881

Teléfono celular: 943054889

Email: 015100323K@uct.edu.pe



Firma

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

R.P. Dr. John Joseph Lydon McHugh, O.S.A.

Rector

Dra. Silvia Valverde Zavaleta

Vicerrectora Académica

Dr. Carlos Alfredo Cerna Muñoz PhD.

Vicerrector de Investigación

Mg. Edwar Lujan Segura

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri

Gerente de Desarrollo Institucional

Ing. Marco Antonio Dávila Cabrejos

Gerente de Administración y Finanzas

Mg. José Andrés Cruzado Albarrán

Secretario General

APROBACION DEL ASESOR

Yo Mg. Luis Alberto Alva Reyes con DNI N° 42013371 como asesor del trabajo de investigación “Influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales” desarrollada por los bachilleres Carlos Josmar Gonzales García 74700041 y Lesly Vanessa Mendoza Jurado con DNI N°74700041 y DNI N°72315881 respectivamente, egresadas del Programa Profesional de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.



Mg. Luis Alberto Alva Reyes

ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo va dirigido principalmente a Dios, por haberme dado salud para poder cumplir uno de mis objetivos trazados en la vida y por darme fuerzas para seguir adelante.

A mi madre quien no está físicamente con nosotros, pero está presente en todos los corazones de quienes la recordamos. Gracias por tu amor, tu cariño y sobre todo por tu apoyo; sé que desde el cielo estas muy orgullosa de mí y de mis hermanos.

A mi padre y hermanos, por creer en mí y guiarme por el buen camino, varios de mis proyectos son éxitos que también son de ustedes.

A mis tías Esperanza y Rosa, por sus buenos consejos, por estar siempre dispuestas a ayudarme y apoyarme cuando más las necesite.

Carlos Josmar Gonzales García

Autor

El presente trabajo va dirigido primeramente a Dios, por permitir aun estar presente en este mundo, brindándome salud, y dándome la fuerza para continuar día tras día.

A mis padres, por todo el apoyo que me han brindado durante todos los años de preparación profesional, puesto que sin hecho no hubiera podido lograr llegar hasta donde estoy ahora, así mismo son mi gran motivo de superación en la vida.

A mi hermana, por sus buenos consejos, por estar siempre dispuestas a ayudarme y apoyarme cuando más las necesite.

Lesly Vanessa Mendoza Jurado

Autora

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos culminar nuestro proyecto de investigación y cuidar de nuestros padres.

A nuestros padres por apoyarnos económicamente y así poder haber culminado el trabajo de investigación.

A la Universidad Católica Benedicto XVI por permitirnos formar parte de ella y por permitirnos hacer uso de sus laboratorios y ambientes.

A nuestro Asesor el Profesor e Ingeniero Luis Alva Reyes, por tomarse el tiempo de explicarnos y ayudarnos en nuestro respectivo proyecto de investigación, por sus consejos, sus conocimientos, etc

Los Autores

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Carlos Josmar Gonzales García con DNI 74700041, y Lesly Vanessa Mendoza Jurado con DNI 72315881, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”, damos fe que toda la documentación que se presenta es verídico y propio, que hemos seguido rigurosamente los procedimientos establecidos por la universidad para la elaboración y sustentación de la tesis titulada: “Influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales”, el cual está constituido de un total de 83 páginas, en las que se incluye 15 tablas y 14 figuras, más un total de X páginas en apéndices y/o anexos.

Damos prueba de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos de la citada universidad, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación, lo cual es de nuestra entera responsabilidad. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores.

Asimismo, se manifiesta que el porcentaje de similitud o semejanza es de 16%, el cual es admitido por la Universidad Católica de Trujillo.

Los autores



Carlos Josmar Gonzales

García

DNI: 74700041



Lesly Vanessa Mendoza

Jurado

DNI:72315881

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	2
APROBACION DEL ASESOR	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	6
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. <i>Problema general</i>	15
1.2.2. <i>Problemas específicos</i>	16
1.3. Formulación de objetivos	16
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	16
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
1.4. Justificación de la investigación	17
1.4.1. <i>Aspecto económico</i>	17
1.4.2. <i>Aspecto tecnológico</i>	17
1.4.3. <i>Aspecto ambiental</i>	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.2. Bases teórico científicas	22
2.2.1. <i>Agregados</i>	22
2.2.2. <i>Agua</i>	26
2.2.3. <i>Cemento portland</i>	26
2.2.4. <i>Plástico</i>	32
2.2.5. <i>Plástico PET</i>	36
2.2.6. <i>Propiedades Físicas</i>	40
2.2.7. <i>Propiedades Mecánicas</i>	41
2.2.8. <i>Adoquín de concreto</i>	41

2.3.	Definición de términos básicos	44
2.4.	Formulación de hipótesis	45
2.4.1.	<i>Hipótesis general</i>	45
2.4.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	45
2.5.	Operacionalización de variables	46
CAPÍTULO III		48
METODOLOGÍA		48
3.1.	Tipo de investigación.....	48
3.2.	Método de investigación.....	48
3.3.	Diseño de investigación	48
3.4.	Población, muestra y muestreo	48
3.4.1.	<i>Población</i>	48
3.4.2.	<i>Muestra</i>	49
3.5.	Técnicas e instrumentos de recojo de datos	49
3.6.	Técnicas de procedimiento y análisis de datos.....	49
3.7.	Ética investigativa	52
CAPÍTULO IV		53
RESULTADOS.....		53
4.1.	Presentación y análisis de resultados.....	53
4.1.1.	Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales.....	53
4.1.2.	Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales.	54
4.1.3.	Analizar la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso. 56	
4.1.4.	Analizar la variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.	57
4.1.5.	Evaluar la correlación existente entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.....	59
4.1.6.	Comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con la norma NTP 399.611. 61	
4.1.7.	Determinar la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales.....	62
4.2.	Prueba de hipótesis.....	63

4.2.1. Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales.....	63
4.2.2. Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales	64
4.2.3. Analizar la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	65
4.2.4. Analizar la variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	66
4.2.5. Evaluar la correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.....	67
4.2.6. Comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio con la norma NTP 399.611	69
4.2.7. Determinación de la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales	71
4.3. Discusión de resultados.....	74
CAPÍTULO V	76
CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	76
5.1. Conclusiones	76
5.2. Sugerencias	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación Técnica del adoquín de concreto	42
Tabla 2: Características Técnica del adoquín de concreto	43
Tabla 3: Operalización de variables	47
Tabla 4: Promedios de la resistencia a la compresión de 15 adoquines peatonales a 6%, 8% y 10% con reemplazo de agregado grueso por plástico PET.	53
Tabla 5: Promedios de las densidades de adoquines peatonales a 6%, 8% y 10% con reemplazo de agregado grueso por plástico PET.....	55
Tabla 6: Promedio de la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	59
Tabla 7: Comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio con la NTP 399.611. 61	
Tabla 8: ANOVA para la resistencia a la compresión en kg/cm ² de los adoquines peatonales respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.....	63
Tabla 9: ANOVA para la densidad en kg/m ³ de adoquines peatonales respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.....	65
Tabla 10: Prueba de Tukey (medias) para la resistencia a la compresión en kg/cm ² de adoquines peatonales respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.....	64
Tabla 11: Prueba de Tukey (medias) para la densidad en kg/m ³ de adoquines peatonales respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.....	67
Tabla 12: Correlación de Pearson para la resistencia a la compresión y densidad de adoquines peatonales	68
Tabla 13: Correlación de Spearman para la resistencia a la compresión y densidad de adoquines peatonales	68
Tabla 14: ANOVA para la comparación de la resistencia a la compresión obtenida en el laboratorio con la norma NTP 399.611	70
Tabla 15: Prueba de Tukey (medias) para la comparación de la resistencia a la compresión obtenida en el laboratorio con la norma NTP 399.611	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso	51
Figura 2: Resistencia a la compresión de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET.....	54
Figura 3: Densidad de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET.....	55
Figura 4: Resistencia a la compresión de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET-Tendencia Polinómica.	56
Figura 5: Resistencia a la compresión de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET-Tendencia Lineal.	57
Figura 6: Densidad de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET – Tendencia Polinómica.	58
Figura 7: Densidad de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET – Tendencia Lineal.	58
Figura 8: Resistencia vs. Densidad – Tendencia Lineal.....	59
Figura 9: Resistencia vs. Densidad – Tendencia Polinómica.....	60
Figura 10: Comparación de la resistencia a la compresión de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET con la NTP.399.611	61
Figura 11: Resistencia a la compresión y densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	62
Figura 12: Comparación de la resistencia a la compresión obtenida en el laboratorio con la norma NTP 399.611	71
Figura 13: Variación de la resistencia a la compresión de adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	72
Figura 14: Variación de la densidad de adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	73

RESUMEN

La finalidad de la presente investigación fue determinar la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales.

Por lo tanto, para lograr cumplir con este objetivo se elaboraron 45 adoquines con una proporción de cemento-agregado fino-agregado grueso de 1:2:1.4 respectivamente con una relación a/c de 0.43, el plástico PET reciclado se añadió a la mezcla en porcentajes de 6%, 8% y 10%, en relación al peso del agregado grueso. Posteriormente se comenzó el llenado de la mezcla en los moldes de madera de dimensiones 20 x 10 x 6 cm para luego dejarlos secar a temperatura ambiente durante 24 horas, después se procede a ponerlos en una poza con agua y cal para su respectivo curado de 28 días.

Pasado el tiempo de curado se procedió con ayuda de una balanza a determinar la masa de cada adoquín, dichas datos fueron anotados para luego ser procesados. También se realizó el ensayo de resistencia a la compresión con la prensa de concreto, de igual manera se procedió a la recolección de datos del ensayo para después ser comparados con la NTP 399.611.

Después de procesar los resultados se llegó a la conclusión que existe una influencia positiva y significativa para el caso de la resistencia a la compresión, siendo el porcentaje del 6% el que llegó a alcanzar la resistencia requerida, por otro lado, fue de la densidad que se tiene que todos los porcentajes tienen influencia positiva y significativa en los adoquines peatonales.

Palabras clave: Plástico PET reciclado, adoquines peatonales, resistencia a la compresión, densidad.

ABSTRACT

The purpose of the present research was to determine the influence of the percentage of recycled PET plastic replacing coarse aggregate on the properties of pedestrian paving stones.

Therefore, to achieve this objective, 45 pavers were made with a ratio of cement-fine aggregate-coarse aggregate of 1: 2: 1.4 respectively with a w / c ratio of 0.43, the recycled PET plastic was added to the mix. in percentages of 6%, 8% and 10%, in relation to the weight of the coarse aggregate. Subsequently, the filling of the mixture began in the wooden molds of dimensions 20 x 10 x 6 cm and then let them dry at room temperature for 24 hours, then they were placed in a pool with water and lime for their respective 28 days..

After the curing time, we proceeded with the help of a scale to determine the mass of each paving stone, these data were recorded and then processed. The compressive strength test was also carried out with the concrete press, in the same way the test data was collected to later be compared with the NTP 399,611.

After processing the results, it was concluded that there is a positive and significant influence in the case of compressive strength, being the percentage of 6% that reached the required strength, on the other hand, it was the density that all the percentages have a positive and significant influence on the pedestrian paving stones.

Keywords: Recycled PET plastic, pedestrian pavers, compressive strength, density.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.Planteamiento del problema

Actualmente, los prefabricados se han convertido en una opción muy atractiva en el área de la construcción, ya que estos han venido revolucionando, debido a su fácil uso y la gran diversidad de soluciones que brindan, uno de estos es el adoquín, un bloque de concreto utilizado para la pavimentación, este prefabricado es una excelente alternativa para usar sobre cualquier tipo de superficie y apto para soportar cargas mayores dependiendo el tipo de adoquín. Mayormente se utiliza en la construcción de pavimentos articulados, permitiendo así el fácil tránsito de personas y vehículos de tránsito, por lo que se pueden emplear tanto en calles, aceras, patios, jardines, ya que, presenta diversas formas, colores y tamaños, lo que lo hace muy versátil y eficaz.

En los últimos años se ha podido observar la implementación del adoquín en la pavimentación en diversas ciudades, puesto que, “es un pavimento de muy fácil acabado, donde no influye los procesos térmicos ni químicos, ni mucho menos periodos de espera, debido a la sencillez del proceso constructivo, la economización tanto en tiempo, equipos, materiales, costos financieros y sociales” (Sheila, 2017). Así mismo, su utilización trata de mantener en buen estado los pavimentos, que sean resistentes a la abrasión de las llantas, a la acción de la intemperie y al derrame de combustibles y aceites, prolongándolos por más tiempo a pesar de las condiciones diversas que se presenten a lo largo de los años.

Sin embargo este tipo de adoquín que se emplea en la pavimentación sigue siendo un poco costoso en su fabricación a pesar que también sufre degradación en su tiempo de servicio provocado principalmente por el salitre, el cual da lugar a deficiencias como fisuras y quebraduras ocasionando peligro a los peatones y vehículos que transitan sobre este pavimento, por lo que se busca alternativas para poder mejorar las propiedades mecánicas y físicas, igualmente que se disminuyan los costos de fabricación, daños al medio ambiente y sobre todo que tengan una mayor durabilidad.

En el caso de residuos que se pueden reciclar, el plástico es uno de los principales problemas mundiales que originan mucha contaminación ambiental, también es el contaminante más abundante. “Existe bastante plástico en el mundo para cubrir un país

entero del tamaño de Argentina" (Geyer, 2017). Enfocándonos en las botellas PET (Tereftalato de polietileno), es uno de los materiales más usados en la actualidad por la industria, ya que es utilizada para la fabricación de bebidas que hoy en día todo el mundo consume a diario, por lo tanto, es uno de los que más abunda en la superficie, tanto en el mar como en la tierra. Sin embargo, más del 90% de los residuos de plástico que existen hoy en la naturaleza, no fueron reciclados ni una sola vez (Geyer, 2017).

Una de las grandes ventajas de los muchos tipos de plástico es que están diseñados para durar mucho tiempo, cuenta con una buena resistencia frente a esfuerzos permanentes de desgaste, además alta rigidez y dureza, el cual se puede aprovechar de muy buena manera. "Como es el caso del concreto reforzado con fibras hechas de materiales reciclados, que se muestra como una técnica de refuerzo de bajo costo capaz de mejorar la resistencia a la tracción, ductilidad estructural y aislante del concreto" (Fraternali et al, 2011), por ello se busca, de alguna manera, dar solución a la gran cantidad de plástico que se encuentra en las calles, promoviendo así el reciclaje para su posterior uso en la elaboración de eco-adoquines, ya sea para cualquier tipo de tránsito como lo indica la NTP 399.611.

Finalmente, nos damos cuenta de que existe un problema ambiental, con los residuos de plástico, "Nos dirigimos rápidamente hacia un 'planeta de plástico', y si no queremos vivir en ese tipo de mundo, tal vez tengamos que repensar la forma en que usamos algunos materiales" (Geyer, 2017). Por consiguiente, la presente investigación presentará una alternativa de solución para este gran problema, fabricando un nuevo adoquín peatonal utilizando el plástico PET reciclado como reemplazo del agregado grueso en diferentes porcentajes, con la intención de no solo proporcionar un nuevo material, sino que también ampliar el conocimiento de las diversas opciones existentes en nuestro medio.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales?
- ¿Cuál es el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales?
- ¿Cómo varía la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso?
- ¿Cómo varía la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso?
- ¿Existe correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso?
- ¿Cuál es la diferencia entre los valores obtenidos en el laboratorio con respecto a lo solicitado en la norma NTP 399.611?

1.3. Formulación de objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales
- Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales

- Analizar la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso
- Analizar la variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso
- Evaluar la correlación existente entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso
- Comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con la norma NTP 399.611.

1.4. Justificación de la investigación

Al elaborar estos adoquines peatonales estaremos beneficiando en lo económico, tecnológico y socio-ambiental.

1.4.1. Aspecto económico

La fabricación de este nuevo material de la construcción reutilizando el plástico PET reciclado, tiene una gran importancia económica, puesto que, en el ámbito de la construcción, se ha tratado de optimizar en cuestión de tiempo y economía, se buscó el material adecuado que cumpla con lo debido, por eso se escogió al plástico PET reciclado, el cual se consigue de una manera fácil y con bajo costo, así mismo, el proceso de fabricación de los adoquines peatonales con PET es muy sencillo de elaborar y las herramientas con las que se elabora no son difíciles de adquirir.

1.4.2. Aspecto tecnológico

Se ha fabricado un nuevo material, el cual resulta viable y rentable en cuanto al mercado, puesto que se plantea disminuir costos en la elaboración de adoquines con plástico PET reciclado, cuya resistencia a la compresión cumpla con los requisitos de la NTP 399.611, realizando un conjunto de pruebas a los nuevos adoquines peatonales, determinando así los porcentajes

utilizados de plástico PET reciclado, para poder obtener un adoquín peatonal con una resistencia óptima satisfactoria, que pueda ser utilizada en las nuevas pavimentaciones de las calles y poder efectuar un mejor uso de uno de los más abundantes residuos producidos y poder reducir considerablemente la generación de desechos PET mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización para así mismo poder contribuir con los objetivos 9, 12 y 13 del desarrollo sostenible (ODS) el cual apuesta por el desarrollo tecnológico y la innovación en los sistemas de gestión de residuos mediante inversiones, permitiendo lograr una mayor eficiencia proyectándose a unos años más adelante.

1.4.3. *Aspecto ambiental*

Este nuevo material de la construcción surge a consecuencia de la conocida problemática mundial ambiental, por lo tanto, se presenta una solución al gran problema de la no utilización de residuos, en especial del plástico PET. Si bien en la actualidad se habla bastante del reciclaje, reúso, y reemplazo de materias primas naturales, por otras que no afectan las condiciones terrestres, es por ello que se incorporará el plástico PET al adoquín peatonal, haciéndolo más ecológico.

Se contribuirá con el medio ambiente y con la sociedad, ayudando a reducir la contaminación a través del reciclado de plástico que normalmente se encuentran botados por las avenidas y pasajes de las ciudades, buscando que el producto cumpla con el requerimiento de calidad y durabilidad que requiere la sociedad. Se muestra una solución atractiva para ayudar al medio ambiente, promoviendo el reciclado de plástico PET, tratando de reducir la contaminación desde el diseño, manteniendo productos y materiales en uso y regenerar sistemas naturales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Echeverría (2017) En su investigación titulada “LADRILLOS DE CONCRETO CON PLÁSTICO PET RECICLADO” busco establecer las propiedades físico-mecánicas de los agregados y determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto con plástico PET. Lo primero que realizo fue el diseño geométrico del ladrillo con medidas de 22cm x 13cm x 9cm, luego se utilizó una proporción de 1: 5.5: 2.5 para elaborar los ladrillos con porcentajes 3%, 6% y 9 % de plástico PET teniendo un promedio de 100 ladrillos por cada porcentaje de plástico PET. Logro determinar que las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo con dichos porcentajes de plástico PET disminuyen su peso unitario y aumentan su capacidad de absorción respecto al ladrillo control que no contiene plástico PET, además las resistencias a la compresión de los ladrillos fueron 127.08 kg/cm², 118.80 kg/cm² y 110.46 kg/cm² con porcentajes de 3%, 6% y 9 % de plástico PET respectivamente, de acuerdo a las resistencias obtenidas los ladrillos se clasificarían como unidad de albañilería clase II.

Khalil y Jumaa (2017) En su investigación titulada “ECO-FRIENDLY CONCRETE CONTAINING PET PLASTIC WASTE AGGREGATE” buscaron determinar las propiedades del concreto agregando plástico PET. Se usaron moldes de acero, en donde cada molde se llenó con mezcla de concreto con plástico PET en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, utilizando una proporción de 1: 1.19: 1.8 con una relación A/C de 0.41. Cada capa fue compactada en la mesa vibradora durante unos 20 segundos para eliminar el aire atrapado. Lograron determinar que el plástico PET ayuda a incrementar las propiedades aislantes del concreto y su resistencia a la compresión.

Flores (2018) En su investigación titulada “ELABORACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO CON LA ADICIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO PET” busco establecer las propiedades físico-mecánicas del producto y analizar el costo del elemento prefabricado. Lo primero que realizo fue

ejecutar diferentes ensayos para ver las propiedades de los agregados tanto fino como grueso; posteriormente efectuó el diseño de mezcla para los adoquines de concreto utilizando una relación A/C de 0.35, 0.40 y 0.45 con porcentajes de 10%, 20% y 30% de plástico PET y un molde metálico de 20cm x 10cm x 6cm. Logro determinar que los adoquines no obtuvieron la resistencia a la compresión mínima de 290 kg/cm² que indica la NTP 399.611 y a la vez el 30% de plástico PET tuvo un costo aceptable para la fabricación de dichos adoquines.

Ahmad, Razali, Sahat y Kaamin (2018) En su investigación titulada “PET concrete as paver block” buscaron determinar de qué manera influye el plástico PET en las propiedades del concreto para su posterior uso en adoquines. Utilizaron moldes cúbicos para elaborar las probetas en donde se realizaron 6 bloques sin plástico PET, 6 bloques con 5%, 10% y 15% de plástico PET respectivamente con una relación A/C de 0.45, dicho plástico PET se usó como agregado fino en la mezcla. Lograron determinar que el plástico PET ayuda a reducir su peso, pero a la vez disminuye la resistencia a la compresión ya que obtuvieron una resistencia máxima de 20.9 MPa en el 5% de plástico PET comparado con los bloques sin plástico PET que obtuvieron una resistencia de 21.4 MPa.

Meza (2018) En su investigación titulada “PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON PLÁSTICO RECICLADO PARA PAVIMENTO PEATONAL EN EL CENTRO COMERCIAL TAMBO PLAZA, LURÍN - 2017” busco establecer en cuanto influye el plástico PET en las propiedades físicas del adoquín y a la vez ver su grado de influencia en la trabajabilidad del mortero. Realizo un total de 44 adoquines utilizando el plástico como agregado en diferentes porcentajes de 3%, 5% y 8% respectivamente, obteniendo como resultado que el plástico influye mucho más en las propiedades mecánicas, y en las propiedades físicas (peso unitario). Por otro lado, el adoquín con el 3% de plástico tuvo una resistencia a la compresión de 326 kg/cm² mucho mayor al de los otros porcentajes y a la vez tuvo un peso unitario de 11 % menor al adoquín tradicional.

Tiwari, Baghel y Shinde (2019) En su investigación titulada “Reuse of Plastic Waste in Pedestrial Paver Blocks” buscaron determinar de qué manera influye el

plástico como agregado fino y agregado grueso en la resistencia a la compresión de adoquines. Elaboraron probetas utilizando el plástico en forma de astillas con 10%, 15% y 20% como agregado grueso y gránulos de plástico conjuntamente con polvo de cantera en porcentajes de 30% y 10% como agregado fino. Lograron determinar que conforme se vaya aumentando el porcentaje de plástico la resistencia a la compresión disminuye y a la vez también disminuye su peso unitario.

Fernández (2019) En su investigación titulada “ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-MECÁNICAS DEL ADOQUÍN CON POLIETILENO TEREFALATO RECICLADO Y ADOQUÍN CONVENCIONAL TIPO I” busco analizar las características físico-mecánicas del adoquín con plástico PET con respecto al adoquín convencional tipo I. Se elaboraron 27 adoquines agregándole 0.25%, 0.50% y 0.75% plástico PET y 9 adoquines de concreto convencional para ser evaluadas en ensayos de absorción, compresión y flexión. Logro determinar que el plástico PET es favorable para ser reemplazado como agregado ya que de acuerdo a los ensayos realizados se obtuvieron resultados aceptables a la NTP 399.611.

Misal, Zambani, Gawande y Malekar (2019) En su investigación titulada “Use of PET Plastic Waste in Manufacturing and Testing of Plastic Sand Bricks” buscaron utilizar el plástico PET como material de construcción y a la vez utilizar arena para la fabricación de ladrillos. Se elaboraron ladrillos de dimensiones de 22cm × 10cm × 7.5cm con proporciones de 1: 3, 1: 4 y 1: 5 con arena de 600 µm y 4,75 mm y con residuos de plástico PET. Lograron determinar que la proporción de 1:4 tuvo la mejor resistencia a la compresión de 6.688 N/mm² que las otras proporciones. Además, descubrieron que los ladrillos de arena con plástico pueden ser una buena alternativa para reemplazar a los ladrillos de arcilla convencionales.

Carrasco y Soler (2019) En su investigación titulada “Elaboración de un adoquín a base de plástico PET reciclado para pavimento de uso peatonal, Piura – 2019” tuvieron como objetivo principal determinar las propiedades físico-mecánicas de un adoquín con plástico PET. Se elaboraron 8 adoquines sin plástico PET, 8 adoquines con 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de plástico PET respectivamente, obteniendo como resultado que la resistencia a la compresión y el peso tiende a disminuir conforme se va aumentando el

porcentaje de plástico PET. Por otro lado, el adoquín con el 5% de plástico PET reciclado tuvo la mayor resistencia a la compresión respecto a los otros porcentajes de plástico PET reciclado y el adoquín con el 25% de plástico PET reciclado tuvo una menor densidad respecto a los otros porcentajes de plástico PET reciclado.

Cabanillas (2020) En su investigación titulada “INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CONVENCIONALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2020” busco establecer de qué manera influye el PET reciclado en la fabricación de adoquines. Uso el PET reciclado como agregado fino reemplazando a la arena fina en porcentajes de 10%, 20% y 30% para elaborar los adoquines siguiendo los requerimientos que exige la NTP 339.611 para luego dejarlos 28 días de curado. Logro determinar que el adoquín con 10% de PET reciclado tuvo la mejor resistencia a la compresión respecto a los otros adoquines con 20% y 30% de PET reciclado. Finalmente determino que conforme se agregue PET reciclado a los adoquines su resistencia a la compresión va a disminuir.

2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Agregados

Los agregados son un grupo de partículas tanto de origen natural como de origen artificial que ocupan gran parte del volumen del concreto ya sea agregados finos y agregados gruesos. Estos agregados ocupan un rol muy fundamental ya que ayudan a mejorar las propiedades del concreto. El nombre de agregados se debe a que se agregan al cemento y al agua para formar el hormigón. Los agregados se adquieren a través del desmenuzamiento de diferentes rocas lo cual se obtiene como resultado diferentes tipos de agregados ya sea arena gruesa, arena fina y grava (Hidalgo y Poveda, 2013).

Los agregados ocupan el 75% respecto al volumen del concreto. Estos agregados están definidos como materiales que tiene su propia resistencia la cual no afecta ni perjudica las propiedades del concreto ya sea en estado plástico o en estado endurecido (Lozada y Loyo, 2012).

Según la norma NTP 400.037 los agregados se pueden clasificar de acuerdo a su tamaño en:

- Agregado Fino: Este definido como un agregado que proviene del desmenuzamiento natural o artificial. La norma NTP 400.037 establece unos requisitos para ver si es o no un agregado fino, el agregado tiene que pasar por el tamiz 9.5 mm y quedar retenido en el tamiz N°200.
- Agregado Grueso: Este definido como un agregado que proviene del desmenuzamiento natural o artificial. La norma NTP 400.037 establece unos requisitos para ver si es o no un agregado grueso, el agregado tiene que quedar retenido en el tamiz N°4.

2.2.1.1. Propiedades físicas de los agregados. Muro (2019) señala que si el investigador busca determinar las propiedades de los agregados es necesario utilizar la NTP 400.037, esta norma detalla los requisitos por los cuales los agregados deben cumplir para su posterior uso, lo cual aconseja los siguientes ensayos:

Granulometría. La granulometría está definida por el tamaño de partículas de un agregado que se determina por un análisis de tamices de acuerdo a la norma ASTM C 136. Para un agregado fino la norma nos indica que se utilizan tamices desde la malla N°100 a 9.52 mm (Muro, 2019).

Está distribuida por la grandura de las partículas de agregado fino(arena). Dicha distribución está determinada por diferentes mallas que se encuentran establecidas y definidas por la norma ASTM. Las mallas que se utilizan para hallar el agregado fino son las N°4, 8,16, 30, 50 y 100 (Abanto,2009).

Peso Específico. Los agregados contienen partículas que están conformadas por una masa, lo cual vienen a ser huecos que están en comunicación con la superficie del agregado que lleva como nombre saturable y también hay huecos que no están en comunicación con la

superficie del agregado que lleva el nombre poros impermeables (Muro, 2019).

Absorción y Humedad. Está definida por el porcentaje de agua que se necesita para poder saturar un concreto en relación a los materiales secos y la humedad está definida por la cantidad de agua que retiene el agregado en sus poros internos. Dichos ensayos son importantes para determinar de manera eficiente la cantidad de agua que se necesita para que la mezcla y el diseño sean correctos (Muro, 2019).

Peso Unitario. Está definido como la cantidad de material que se requiere para saturar por completo un receptáculo. En el peso unitario se tiene en cuenta el volumen y los vacíos que hay entre las partículas. Se recomienda utilizar la norma NTP 400.017 y ASTM C 29 para hacer las conversiones de peso a volumen (Torre, 2004).

Densidad. La densidad de los agregados es muy importante al momento de diseñar un concreto de bajo o alto peso unitario. La densidad del agregado va a depender de las partículas que presenta y de la porosidad que presenta el material (Torre, 2004).

Porosidad. Está definido como el espacio que no es ocupado por material sólido. La porosidad viene a ser una propiedad muy importante en los agregados puesto que incide mucho en la resistencia a la compresión, estabilidad química, absorción, entre otros (Torre, 2004).

Porcentaje de Vacíos. Torre (2004) lo define como la cantidad de vacíos que existe entre partículas de los agregados, su valor es relativo ya que depende de la transigencia del agregado. Esta expresado en la siguiente formula:

$$\% \text{ vacios} = \frac{(SxW - P.U.C)}{SxW} * 100$$

Contenido de Humedad. Torre (2004) define al contenido de humedad como la proporción de agua que se encuentra retenido aparentemente por la partícula, su peso está en la superior o inferior porción de agua imprescindible en la composición. Esta expresado en la siguiente formula:

$$\% \text{ vacios} = \frac{(SxW - P.U.C)}{SxW} * 100$$

2.2.1.2. **Propiedades mecánicas de los agregados.** Muro (2019) señala que los agregados poseen las siguientes propiedades:

Coefficiente de Expansión. Calcula la cabida de incremento de tamaño de los agregados en servicio de la temperatura, necesita bastante de la contextura profunda de las piedras y depende considerablemente de las diferentes clases de piedras. En los agregados ásperos es aproximadamente un 10% superior que en circunstancias arbitrariamente espesa (Torre, 2004).

Calor Específico. Calcula el calor preciso para aumentar de un °C la temperatura. No cambia demasiado en los diferentes tipos de piedra excepto en el suceso de agregados sumamente livianos y esponjosos (Torre, 2004).

Conductividad Térmica. Es la superiormente e inferiormente sencillo para guiar el calor. Está condicionado fundamentalmente por la esponjosidad existiendo su clase variabilidad razonablemente reducido (Torre, 2004).

Difusividad. Simboliza la rapidez con el que se logran realizar variaciones térmicas dentro de una pasta que esta expresado como el coeficiente de fraccionar la conductividad térmica entre la multiplicación del calor específico y la densidad (Torre, 2004).

2.2.2. Agua

El agua es un elemento muy importante para la mezcla del concreto ya que cada cantidad de cemento se necesita una cierta cantidad de agua del total para hidratar el cemento y lo restante del agua ayuda a elevar la fluidez de la mezcla. Para que el agua no produzca porosidad en el concreto y así no se reduzca su resistencia se debe utilizar aditivos plastificantes. El agua también está definida como una sustancia que es utilizada para generar una reacción al momento de mezclar con el cemento portland (Lozada y Loyo, 2012).

El agua utilizada para el concreto debe ser de consumo humano ya que el agua potable tiene características muy importantes tanto químicas como físicas, además esta agua está libre de aceites, ácidos, materias orgánicas, entre otros (Lozada y Loyo, 2012). En el Perú es habitual que se trabaje con agua no potable esto se debe a que las obras se encuentran en la parte más lejana de las ciudades, pero estas aguas si se pueden utilizar eso siempre y cuando cumplan con los requisitos que exige la norma NTP 339.088 (Muro, 2019).

El agua en el curado tiene un rol muy importante ya que mantiene saturado el concreto. Esta agua debe contar con las siguientes propiedades: colorantes nulos, tiene que ser clara, no debe contener ácidos ni materias orgánicas. El agua potable que se usa en el concreto no deberá contener sustancias, ya que es probable que impida o retarde el fraguado, disminuya la resistencia a la compresión, reduzca la durabilidad, entre otros (Lozada y Loyo, 2012).

2.2.3. Cemento portland

El cemento portland es un material que se comercializa mucho debido a su fácil compra. Este material al mezclarse con el agua, ya sea agregando arena, piedra u otros materiales adquiere una propiedad que le ayuda a formar una pasta endurecida. En esencia el cemento portland es un Clinker que ha sido debidamente triturado en partículas muy finas, elaborado por el hervor a

altas temperaturas de diferentes combinaciones de materiales como el aluminio, fierro, cal y sílice en distintas relaciones (Abanto, 2009).

Conglomerante, constituido a raíz de una combinación de arcilla calcinada y caliza, seguidamente molidas hasta que se vuelva polvo, lo cual tiene la particularidad de endurecerse a la fricción con el agua, reaccionando químicamente con ella para luego fabricar un material beneficioso al momento de unir varios materiales. La fase de la pulverización entre estas rocas se le conoce como Clinker, finalmente se transforma en cemento al momento de añadirle yeso, conjuntamente tienen la propiedad de fraguar y endurecerse. Es el más usual para la fabricación de elementos de construcción y es empleado para unir varios materiales como el hormigón (Sánchez y Tapia, 2015).

El cemento portland tipo I tiene un peso específico que varía de 3.1 a 3.2, pero es usado mayormente 3.15 ya que hay obras que no mencionan o determinan el peso específico exacto que se tendrá que utilizar. La importancia de la densidad del cemento portland está determinada por el diseño e inspección de mezcla del concreto (Muro, 2019).

2.2.3.1. Proceso de fabricación. La asociación de Productores de Cemento (2016) señala que para que existen 4 etapas para producir cemento las cuales son las siguientes:

Explotación y Extracción. Asociación de Productores de Cemento [ASOCEM] (2016) indica que el proceso de fabricación del cemento comienza con la primera etapa de explotación de las canteras para la adquisición de materiales básicos. En la segunda etapa se procede a transportar los materiales que han sido resultado debido a la explotación en volquetes para ser triturados. La molienda de las piedras consta de dos fases:

- En la primera fase se procede a triturar las rocas para reducir y obtener tamaños de 1.5 cm a 25 cm. Este material triturado se almacena

en un depósito para examinar su estructura química (Asociación de Productores de Cemento [ASOCEM], 2016).

- La segunda fase se procede a triturar los materiales que se han obtenido de la primera fase para reducir su tamaño alrededor de 2mm. Este material adquirido se procede a llevar a la fábrica a través de cintas transportadoras para luego depositarlas en un área de almacenamiento (Asociación de Productores de Cemento [ASOCEM], 2016).

Molienda de la materia prima. “La tercera etapa abarca la molienda a través de prensas rotativas, los cuales elaboran un material fino. En esta etapa se procede a seleccionar los materiales conforme al diseño de mezcla estipulado para mejorar el material riguroso que entrara al horno, evaluando el cemento con las óptimas propiedades” (Asociación de Productores de Cemento [ASOCEM], 2016).

Para asegurar que haiga una validez en el proceso de clinkerización es necesario determinar que el material molido este homogenizado. Este proceso se ejecuta en almacenes de homogenización. El material obtenido está formado por un polvo fino que a la vez presenta una estructura química firme (Asociación de Productores de Cemento [ASOCEM], 2016).

Clinkerización. “En la cuarta etapa el material riguroso es introducido a través de un medio de transporte neumático y precisamente dosificado a un cambiador de calor por detención de gases de diferentes fases, en el apoyo del cual, se establece un sistema de pre-calcinación de la mezcla antes del acceso al horno rotatorio en el cual se incrementan las respuestas químicas y físicas que dan origen al Clinker. El cambio de calor se origina a través de traspasos térmicos por enlace interno a temperaturas de 950°C a 1100°C en un sistema de 4 a 6 ciclones” (Asociación de Productores de Cemento [ASOCEM], 2016).

Para fabricar cemento es importante el horno ya que es un componente primordial. El horno se encuentra formado por un tubo circular de acero con distancias de 40 m a 60 m y con un calibre de 3 m a 6 m, que se encuentra colocado con materiales opuestos. Para producir cemento el horno tiene que tener temperatura de 1500°C a 1600°C ya que las respuestas que produce la clinkerización se ubica a una temperatura aproximadamente de 1450°C. El Clinker que sale del horno a una temperatura de 1200°C pasa a una transformación de enfriamiento. Después se procede a transportarlo a un depósito (Asociación de Productores de Cemento [ASOCEM], 2016).

Finalmente, el cemento es llevado a través de separadores neumáticos a unos depósitos donde se procederá a ser empaquetados y luego comercializados. La venta del cemento portland se da en la fábrica, de ahí se distribuye a los diferentes lugares, cada bolsa de cemento tiene un peso aproximadamente de 42.5 kg (Asociación de Productores de Cemento [ASOCEM], 2016).

2.2.3.2. **Tipos de cementos portland.** Sánchez y Tapia (2015) indicaron que el cemento portland está constituido por el Clinker y por un porcentaje de yeso. La norma NTP 334.009 de acuerdo a las diferentes propiedades que presenta cada tipo de cemento portland los clasifica de la siguiente manera:

TIPO I: Uso general.

TIPO II: Resistencia moderada a los sulfatos.

TIPO III: Altas resistencias a edades tempranas, a 3 y 7 días

TIPO IV: Bajo calor de hidratación.

TIPO V: Alta resistencia a los sulfatos.

2.2.3.3. **Requisitos físicos y químicos del cemento portland.** Vázquez (2009) indica que el cemento debe cumplir los siguientes requisitos para tener una buena calidad:

Resistencia a la compresión. Está definido como la fractura que sufren las muestras que tienen forma de cubo con dimensiones de 50 mm de lado, estas muestras son preparadas con una mezcla que contiene cemento y arena estándar debido a lo cual se utiliza una relación agua/cemento de 0.485. Dichas muestras se dejan secar un día en el molde para luego ser retiradas del molde, después son sumergidas a una poza de curado con agua y cal para luego ser ensayadas a 3,7 y 28 días (Vásquez, 2009).

Tiempo de fraguado. El fraguado está definido como un estado que alcanza el hormigón(concreto) o mortero de cemento cuando pierde su plasticidad. Este tiempo de fraguado es determinado con el ensayo de la aguja de vicat (Vásquez, 2009). El fraguado consiste en la disminución de plasticidad que experimenta la masa de cemento. Existen dos fases, el primero se le conoce como “fase inicial” donde la pasta comienza a malgastar plasticidad; al segundo se le conoce como “fase final” donde la masa adquiere una consistencia rígida (Abanto, 2009).

Expansión en autoclave. “Se determina con una muestra que tiene forma prismática con dimensiones de 25 mm de sección transversal cuadrada y 250 mm de longitud, esta muestra es curada durante 24 horas en una cámara húmeda. Posteriormente se mide la expansión que fue producida en la muestra, de acuerdo a esa expansión se determina la causa ya que puede ser por hidratación tardía de CaO libre o MgO que están presentes en cantidades desmesuradas en el cemento” (Vásquez, 2009).

Resistencia a los sulfatos. “Cuando el concreto sea expuesto a sulfatos se debe utilizar cementos resistentes a los sulfatos como lo son el Cemento Portland tipo II, Cemento Portland adicionado Tipo MS, Cemento Portland Tipo V y Cemento Portland adicionado Tipo HS” (Vásquez, 2009).

Calor de hidratación. Está definido como el calor que se genera cuando el cemento y el agua reaccionan. El calor es muy importante en estructuras de gran volumen ya que crean esfuerzos que fisuran el concreto (Vásquez,

2009). Dicho calor está sometido también a los componentes químicos ya sean el C3A y el C3S, siendo estos componentes fundamentales para evaluar el calor. Además, existen otras causas que aumentan el calor como la relación a/c, temperatura de curado. Existen diferentes normas para evaluar el calor de hidratación las cuales tenemos la norma ASTM C 186, NTC 117, NTP334.064, entre otras (Notas de concretos, 2011).

Abanto (2009) indica que en la etapa de endurecimiento se genera calor. Aunque las divisiones sean cortas o pequeñas y a la vez se pueda liberar el calor, el calor de hidratación ya no es fundamental, sin embargo, al momento de vaciar voluminosos tamaños de hormigón y a la vez el calor no pueda liberarse con facilidad, produce un factor de temperatura que puede generar un calor de hidratación de 50°C. Al vaciar voluminosos tamaños de concreto se tiene que ver que no ocurra el efecto para que no haiga problemas en el concreto. Se debería usar cemento que contenga un pequeño calor de hidratación. Su unidad de medida del calor de hidratación es en calorías gramo, es preferible que el calor de hidratación del cemento sea menor, de esa manera se evitara que la temperatura se eleve poco en el concreto.

Óxido de magnesio. El óxido de magnesio solidifica en forma de periclasa ya que incrementa el volumen y origina fisuras en el concreto. El trióxido de azufre expresa los sulfatos que están presentes en el cemento (Vásquez, 2009).

Pérdida por ignición. Señala la hidratación que se produce por el mal almacenamiento del cemento. El agotamiento del cemento reduce la resistencia y eleva el tiempo de fraguado del concreto (Vásquez, 2009). La pérdida por calcinación está determinada debido al calentamiento producido en un espécimen de cemento con un espécimen ya conocido que se encuentra entre las temperaturas de 900°C a 1000°C hasta obtener masa fluida (Notas de concretos, 2011).

Generalmente, una pérdida por calcinación es una señal de prehidratación que ha sido producido por un mal almacenamiento o de la sofisticación a lo largo del traslado. Existen diferentes normas para evaluar la pérdida por ignición las cuales tenemos la norma ASTM C 114, NGO 41003 h18, NTP334.086, entre otras (Notas de concretos, 2011).

Residuo insoluble. “Está definido como el índice de la variación de óxidos en determinados compuestos. El ensayo verifica si el cemento ha sido falsificado” (Vásquez, 2009).

Álcalis. Es la reacción que existe entre los álcalis y el agregado, esta reacción forma una pasta que absorbe el agua, se dilata y genera fisuras en el concreto. Para evitar expansiones del concreto se recomienda utilizar cementos de bajo contenido de álcalis (Vásquez, 2009).

2.2.4. **Plástico**

El Ágora (2020) define al plástico como aquellos materiales que han sido formados por una mezcla de materiales orgánicos, sintéticos o semisintéticos, que son dúctiles y se pueden dar forma ya sea a tensión o calor. El plástico tiene una gran variedad de usos. Además, tiene una característica que se denomina “plasticidad”, esa cualidad le ayuda a deformarse, pero sin que se rompa.

El plástico es un gran descubrimiento ya que posee una buena resistencia y tiene la característica de ser ligero, consistente o flexible, puede ser transparente u oscuro, es moldeable, dichas características le convierten en un material esencial para la población. A partir de su descubrimiento, no es necesario labrar cosas en metal, madera u otros materiales, ya que solo bastaría con vaciar una masa al molde del objeto que se quiere hacer la copia (El Ágora, 2020).

2.2.4.1. **Tipos de plástico.** El Ágora (2020) clasifica a los plásticos de acuerdo a sus características y propiedades que poseen:

Polietileno de alta densidad. Es un plástico que tiene la característica de ser dúctil, además tiene un endurecimiento que le ayuda a resistir efectos químicos y el agua. Es por esa razón que se utiliza en recipientes ya sea en aceite para el motor, productos de limpieza, entre otros. Posteriormente al reciclar este tipo de plástico se acostumbra a utilizarlo en la creación de nuevos recipientes, contenedores, macetas y también se puede utilizar para fabricar algunos tipos de muebles (El Ágora, 2020).

El Angora (2020) manifiesta que el polietileno de alta densidad (PEAD) presenta las siguientes características y/o propiedades:

- Tiene una elevada resistencia química y resistencia térmica
- Resistencia a los efectos
- Es resistente, sin color
- Tiene un fácil procesamiento
- Es dúctil, pero presenta endurecimiento
- Es Liviano
- Es Impenetrable y limpio
- Tiene la facilidad de resistir el agua, aceites y diferentes diluyentes

Polietileno de baja densidad. Es un plástico que tiene la característica de tener una excesiva resistencia, a punto de los efectos ya sean químicos y el agua. Es suficientemente dúctil y su claridad depende del grosor del plástico. Este plástico se utiliza para fabricar el papel film, el rollo de plástico de burbujas. Este tipo de plástico es fácil de reciclar, posteriormente el plástico se utiliza para fabricar los mismos productos. Cuando se arroja este plástico al medio ambiente tarda en deshacerse unos 150 años, no obstante, se destruiría en diminutos pedazos (El Ágora, 2020).

El Angora (2020) manifiesta que el polietileno de baja densidad (LDPE) presenta las siguientes características y/o propiedades:

- Tiene una elevada resistencia química y resistencia térmica
- Resistencia a los efectos
- Tiene un fácil procesamiento
- Presenta mayor ductilidad en comparación con el PEAD.
- Es cristalino y sin color, depende del grosor del plástico.
- Presenta inconvenientes para estampar, trazar o adherir encima de su espacio.

Policloruro de vinilo. Es un plástico muy inestable que se produce por la mezcla del cloro y el carbono, que se retira de un 57% de la sal y el 43% se retira del gas. Posee la característica de ser dúctil y riguroso, pero eso depende de cómo se procese el plástico. También tiene la propiedad de resistir, además este tipo de plástico tiene una baja densidad. Este plástico se utiliza para fabricar las tarjetas de crédito, tuberías, puertas y diferentes productos. Para reciclar el plástico es suficientemente complicado, pero a la vez es factible reciclar. Ya que si la persona contribuye con el reciclaje va a ayudar a que se fabriquen tuberías de drenajes y otros productos (El Ágora, 2020).

El Angora (2020) manifiesta que el policloruro de vinilo (PVC) presenta las siguientes características y/o propiedades:

- Es riguroso y dúctil de acuerdo a su proceso de fabricación
- Es blando y fuerte y presenta una elevada resistencia
- Posee un bajo peso específico y una elevada resistencia a los efectos
- Duradero e inmóvil
- No se puede quemar fácilmente
- Es eficiente para separar cables eléctricos
- Tiene un pequeño costo de montaje
- Resistencia al desgaste

- Se puede reciclar

Polipropileno. Es un plástico que posee la característica de ser termoplástico esto quiere decir que resiste altas temperaturas sin producir ninguna deformación, además es muy dúctil. Es fácil de moldear para obtener un producto. Se utiliza para fabricar tapas de botellas, tapetes, alfombrillas, carpas y otros productos. Este plástico se puede reciclar (El Ágora, 2020).

El Angora (2020) manifiesta que el polipropileno (PP) presenta las siguientes características y/o propiedades:

- Es resistente al manejo
- Es resistente a los elementos químicos
- Es resistente al agua cuando se encuentra a altas temperaturas.
- Es resistente a las fuerzas.
- Es resistente a los desinfectantes
- Tiene un bajo costo
- Es sencillo de dar forma y teñir
- Posee una solidez térmica

Poliestireno. Es un plástico que posee la característica de ser termoplástico esto quiere decir que resiste altas temperaturas sin producir ninguna deformación, además es muy dúctil. Este plástico se obtiene a través de la polinización del estireno. Tiene un procesamiento muy complejo, pero en realidad es factible. Este plástico se utiliza para producir recipientes, bandejas de comida y otros productos (El Ágora, 2020).

El Angora (2020) manifiesta que el poliestireno (PS) presenta diferentes tipos los cuales son:

- El poliestireno firme, cristalino y claro, además es muy débil.

- El poliestireno de alto efecto. Es sólido y resistente; puede resistir efectos sin quebrarse.
- El poliestireno extensivo, débil y liviano. Este plástico se usa para fabricar corchos blancos para las bandejas de comida.
- El poliestireno hilado tiene una similitud al poliestireno extensivo ya que tiene la característica de ser impermeable.

2.2.4.2. Impactos del plástico. Existen diversos problemas donde el plástico es vinculado. El primer problema es que los plásticos debido a que presentan bastante peso molecular son esquematizados frecuentemente desde el resultado que se da por las reacciones químicas de los hidrocarburos. La productividad del plástico considera el uso del componente principal no renovable de lo cual este material es el principal responsable de la transmisión de gases produciendo así un cambio en el clima (El Ágora, 2020).

La segunda problemática es el tiempo de duran los plásticos en el medio ambiente. El plástico tiene la característica de resistir impactos o efectos, tiene diferentes usos, pero a la vez se vuelve un problema para la naturaleza ya que el plástico no se degrada fácil y no desaparece del medio ambiente sino más bien se rompe en pequeñas partículas finas. El plástico se ha convertido en una sopa para los mares, pero eso no es el único problema que se da, sino que hasta se puede encontrar pequeñas partículas en el medio ambiente y además se puede encontrar micro plástico en los tejidos de los seres vivos (El Ágora, 2020).

2.2.5. Plástico PET

El Polietileno Tereftalato, fue inventado como un plástico por J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941. En 1955, comenzó la producción comercial de fibra de poliéster; y desde ese momento, el plástico PET a servido para fabricar diversos productos, de tal manera que se incremento la demanda del plástico PET a nivel mundial. Desde 1976 se utiliza para

producir envases ligeros, cristalinos y duraderos, este tipo de plástico se usa mayormente para fabricar envases de bebidas (Hachi y Rodríguez, 2010).

El plástico PET es un componente que se caracteriza por su ligereza, por su elevado grado de transparencia y brillo, aroma de los alimentos, además tiene la particularidad de ser reciclado al 100%. El PET es un plástico que tiene buena calidad al momento de ser reutilizable (Hachi y Rodríguez, 2010).

2.2.5.1. **Ventajas y desventajas.** El plástico en el sector de la industria se ha convertido en un material muy importante para la fabricación de diversos productos, como son los mobiliarios, tuberías, entre otros (Zavala, 2015).

Zavala (2015) señalo que el plástico PET tiene una diversidad de aplicaciones, pero es importante saber sus ventajas las cuales son:

- Es dúctil ya que se puede dar la forma que uno quiere a través de técnicas y maquinarias.
- De acuerdo a sus particularidades del material varia su permisividad.
- No necesita un mantenimiento constante
- Es muy durable.
- Su resistencia está directamente relacionada con el uso que se le dé y es muy resistente a sustancias químicas.
- Tiene la particularidad de resistir altas temperaturas.

Zavala (2015) señalo que el plástico PET tiene muchas aplicaciones, pero dentro de sus desventajas tenemos que:

- Son residuos de complicada solución.
- No tiene un manejo adecuado para la recolección de los desechos.
- Es un material muy inflamable

2.2.5.2. **Obtención del plástico.** El PET es adquirido por medio de una transformación de polimerización por diferentes etapas. El plástico PET es producido por la unión o mezcla de dos materias primas que vienen a ser el petróleo: etileno y p-xileno. Los derivados de estos compuestos, respectivamente, etilenglicol y ácido Tereftálico reaccionan a temperatura y presión elevada para obtener la resina PET en estado amorfo. La resina se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y su viscosidad. Como resultado final se obtiene la resina que se usa para fabricar envases (Hachi y Rodríguez, 2010).

2.2.5.3. **Reciclaje del plástico.** El plástico PET se ha convertido en un problema ya que genera mucha contaminación tanto en el agua, aire y suelo. Este problema se da ya que el plástico es un material que tarda mucho en descomponerse y a la vez no recibe un tratamiento adecuado para su reutilización (Zavala, 2015).

Zavala (2015) señala que existen diferentes etapas de reciclaje del plástico ya sea desde su recolección hasta su posterior reciclaje. A continuación, se presenta cada etapa en el reciclado del plástico.

Recolección. Un sistema de recolección separa los desechos en dos grupos, el primer grupo separa los desechos orgánicos tales como la comida, entre otros y el segundo grupo separa los desechos inorgánicos que vienen a ser los metales, plástico y vidrio (Zavala, 2015).

Centro de reciclado. En el centro de reciclaje es donde se almacenará los desechos del plástico compactado. Encontramos que se presentan algunos aspectos que se debe tener en cuenta en esta etapa las cuales son la radiación ultravioleta y otro punto a tener en cuenta es que el material no debe estar expuesto más de tres meses (Zavala, 2015).

Clasificación. Después de recibir todos los desechos se procede a clasificar de acuerdo al tipo de plástico y a su color. El reciclado del

plástico es muy importante para reducir la contaminación y a la vez genera ingresos a la gente que recicla (Zavala, 2015).

Zavala (2015) señalo que existen varios tipos de técnicas de reciclaje las cuales son:

- **Reciclado Primario:** En esta técnica lo que se hace es conservar las propiedades del residuo, ya que estas propiedades sostienen al material para que no sufra algún cambio después de fundirse a temperaturas bajas.
- **Reciclaje Secundario:** En esta técnica lo que se hace es convertir el plástico en artículos.
- **Reciclaje Terciario:** En esta técnica lo que se hace es degradar el polímero para que sufra cambios químicos y no físicos.
- **Reciclaje Cuaternario:** En esta técnica lo que se hace es calentar el plástico con el propósito de que esa energía térmica sea usada en otros procesos ya sea químicos y físicos.

2.2.5.4. **Principales propiedades del plástico.** Hachi y Rodríguez (2010) señalaron que el plástico PET en general es caracterizado por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. A continuación, algunas propiedades que presenta el plástico PET:

- Eficaz para la producción de botellas, láminas, planchas y piezas.
- Transparente
- Altamente resistente al desgaste.
- Resistencia térmica y química
- Barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Excelentes propiedades mecánicas.
- Es el No.1 reciclado.
- Liviano.
- Densidad 1,34 – 1.39 g/cm³

2.2.5.5. **El plástico pet en la construcción.** El plástico PET en otros países es usado para la construcción de casas para población que más lo necesita, ya que con esto contribuyen con el medio ambiente para así reducir la contaminación que produce el plástico cuando no es reciclado (Zavala, 2015).

Zavala (2015) señaló que las botellas de plástico ahora son utilizadas en la construcción ya que es un material que al ser mezclado con el cemento y los agregados forman unas ventajas las cuales son:

- Manejo creativo de los residuos.
- Conservación de la tierra.
- Agregado de bajo costo
- Obras de menor peso
- Disponibilidad de una casa construida con plástico, cemento y agregados para gente de bajos recursos.

Un proyecto importante para la sociedad es reciclar el plástico PET para fabricar bloques y paneles. Estos elementos prefabricados pueden tener una buena resistencia por lo cual son utilizados como muros de carga y contención. Existe un sistema de construcción en donde están unidos varios paneles para luego ser anclados al piso con pernos expansibles, dicha casa construida con estos paneles puede ser desmontadas y reubicadas en otro lugar (Zavala, 2015).

2.2.6. *Propiedades Físicas*

2.2.6.1. **Densidad.** La densidad está definida como la relación que existe entre el peso y el volumen de dicho objeto. El concreto tiene una densidad de 2200 kg/cm³ a 2400 kg/cm³, su densidad depende de la cantidad del agregado que se va a utilizar y también de la densidad del agregado. Otro punto que es muy importante en la densidad es el tamaño del agregado, ya que va a influir en la cantidad de agua y cemento a emplear en la mezcla (Notas de Concreto, 2011).

2.2.7. *Propiedades Mecánicas*

2.2.7.1. **Resistencia a la compresión.** Está relacionada con la proporción de agua y cemento. Esta resistencia es una característica principal mecánica del concreto, o también se puntualiza, como la suficiencia de un material para aguantar una carga de aplastamiento por unidad de área. Mayormente se determina la resistencia mecánica del concreto a los 28 días (Lozada y Loyo, 2012).

Revista de Ingeniería Real (2012) señala que es frecuente determinar la resistencia mecánica en edades distintas a los de 28 días. Las edades más usadas pueden ser 1, 3, 7, 14, 90 y 360 días. Considera la dureza del concreto en porcentaje dependiendo los días los cuales son:

- 1 día 16%
- 3 días 40%
- 7 días 65%
- 14 días 90%
- 28 días 99%

Por consiguiente, se emplea la siguiente fórmula para calcular la resistencia a la compresión:

$$\text{Resistencia a la Compresión} = \frac{W}{A}$$

Donde:

W: fuerza máxima (de rotura), en kgf.

A: área, en cm^2 .

2.2.8. *Adoquín de concreto*

El adoquín es un macizo prefabricado con roca de origen natural conjuntamente con el concreto. Dicho adoquín es vaciado a través de un proceso que se denomina “vibro-compactación”. Tiene una forma comúnmente que es prismática, además se puede encontrar en diferentes diseños y colores, el cual es empleado para pavimentar suelos dependiendo

los usos (peatonal, ligero y pesado), a la vez este producto es novedoso; por lo que no emplea ningún cementante, simplemente van encima de una capa de arena gruesa y limpia (Hidalgo y Poveda, 2013).

Su forma prismática al momento de colocar varios adoquines de manera continua ayuda a establecer un conjunto de piezas que posteriormente formaran una superficie completa que estará separados por una junta que va llenada con arena fina, para así dar como resultado un pavimento flexible, durable y con muchas ventajas constructivas. En ámbito de la construcción estos adoquines son empleados en diferentes espacios que viene a ser las calles, parques, centros comerciales, veredas, estacionamientos, entre otros (Hidalgo y Poveda, 2013).

2.2.8.1. Clasificación técnica. Según la norma NTP 399.611 especifica la clasificación técnica que deben tener los adoquines dependen tanto del tipo de adoquín como del uso que se le puede dar a cada adoquín.

Tabla 1

Clasificación Técnica del adoquín de concreto

Tipo	Dimensiones			Uso
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	
I	20	10	4	Veredas, parques, boulevares, Plazas, terrazas, patios, andenes, zonas peatonales tráfico vehicular liviano.
II	20	10	6	Vías internas en Urbanizaciones, calles y avenidas con tráfico vehicular mediano.
III	20	10	8	Zonas de carga, patios de puertos, plataformas de aeropuertos, y zonas donde se tienen cargas muy altas.

Nota: NTP 399.611 (2015).

2.2.8.2. **Características técnicas.** Según la norma NTP 399.611 especifica las características técnicas que deben tener los adoquines dependen tanto del tipo de adoquín como de la resistencia mínima promedio de tres unidades de adoquín y así mismo, de manera individual.

Tabla 2

Características Técnica del adoquín de concreto

Tipo	Espesor Nominal (mm)	Resistencia a la compresión min. MPa (kg/cm ²) Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I	40	31(320)	28 (290)
(Peatonal)	60	31(320)	28 (290)
II	60	41 (420)	37 (380)
(Vehicular Ligero)	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III		55 (561)	50 (510)
(Vehicular Pesado)	μ 80		

Nota: NTP 399.611 (2015).

2.2.8.3. **Ventajas.** Hidalgo y Poveda (2013) señalaron que el adoquín es muy utilizado debido a las ventajas que tiene respecto a otros materiales como lo es el asfalto, pisos de piedra, entre otros. El adoquín presenta las siguientes ventajas:

- Proceso constructivo fácil y rápido.
- Se puede fabricar en diferentes formas y colores.
- No necesita maquinaria de alta tecnología, para su instalación.
- No necesita personal calificado.
- Material removible y reutilizable.
- Mejor aspecto visual o estético.
- Se pueden combinar colores, por la variedad de colores que hay.

- Resistente a los diversos climas y da mayor seguridad, puesto que posee una rugosidad, la cual permite el mejor frenado a los vehículos.
- Mayor durabilidad a comparación del pavimento asfáltico.

2.3. Definición de términos básicos

Reciclaje: Radica en someter un material que ya ha sido utilizado a un ciclo de tratamiento para luego obtener un nuevo producto. También está definido como el logro de obtener productos a partir de los residuos (Hachi y Rodríguez, 2010).

Adoquines: Son elementos prefabricados que están elaborados con concreto por lo que están compuesto por el cemento, agua, agregado fino y agregado grueso. Estos adoquines son utilizados especialmente en obras de pavimentación (Cabezas, 2014).

Plástico pet: Es un polímero de buena calidad y a la vez está definido como un producto de consumo masivo, puesto que su empleo actual es muy diverso, mostrado en formas de envases para bebidas como de gaseosas, agua; que hoy en día es consumido por el ser humano (Mejía y Pachacama, 2018).

Cemento: Aglomerante que, combinado con agua, fragua y endurece sumergido en este líquido, además es el más usado en el área de la construcción (Gonzales, 2019).

Resistencia a la compresión: Medida máxima que puede aguantar un material de concreto, ante una acción de aplastamiento. Habitualmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm²) o en mega pascales (MPa) (Notas de Concretos, 2011).

Pet reciclado. Se basa en recoger, limpiar, escoger el tipo de materia y luego fundir el plástico para usarlo como materia prima de manera adicional o sustituirla en la fabricación de nuevos productos (Zavala, 2015).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H1: Si existe influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales.

H0: No existe influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales.

2.4.2. Hipótesis específicas

Objetivo específico 1

H1: El porcentaje de plástico PET reciclado con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales es de 6%.

Objetivo específico 2

H1: El porcentaje de plástico PET reciclado con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales es de 10%.

Objetivo específico 3

H0: La variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso no es significativa.

H1: La variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso es significativa.

Objetivo específico 4

H0: La variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso no es significativa.

H1: La variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso es significativa.

Objetivo específico 5

H0: No existe correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

H1: Si existe correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

Objetivo específico 6

No aplica

2.5.Operacionalización de variables

Variable independiente: Porcentaje de plástico PET reciclado

Variable dependiente: Propiedades de los adoquines peatonales

Tabla 3

Operalización de variables

Problema	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
¿Cuál es la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales?	Variable independiente: Porcentaje de plástico PET reciclado	El plástico PET reciclado es la transformación de los residuos plásticos que pueden ser reutilizados en la producción de otros productos (Gary, 2019).	Se cortará el plástico en pedazos pequeños de 3 a 5 mm, el cual se utilizará como reemplazo del agregado grueso en diferentes porcentajes de 6%,8% y 10%.	Porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	Porcentaje de plástico PET (%)
	Variable dependiente: propiedades de los adoquines peatonales	Las propiedades mecánicas, son particularidades que dispone un material vinculado con su facultad de transferir y soportar fuerzas o deflexiones (Infinitia Research. 2021).	Después de la elaboración de las probetas, se determinará las resistencias de los adoquines peatonales mediante el ensayo de compresión que se realizó en el laboratorio cumpliendo con la NTP 399.611.	Propiedad mecánica	Resistencia a la Compresión $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$
		Las propiedades físicas, son particularidades que alcanzan a ser visualizadas o medidas sin la obligación de modificar el comportamiento químico del elemento (Meza, 2018).	Asimismo, se determinará la densidad respectiva de cada probeta dependiendo de los porcentajes empleados.	Propiedad física	Densidad $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Nota: Elaboración propia. En la tabla se muestra la forma detallada de las variables y la forma de desarrollo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, puesto que tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, buscando un determinado conocimiento para aplicarlo y potenciar el desarrollo cultural y científico.

Igualmente, esta investigación es de tipo cuantitativa por que los resultados obtenidos son expresados numéricamente, el cual apoya a interpretar de manera clara y precisa.

Por último, es experimental puesto que se manipulará la variable independiente y se evaluará el efecto que esta tiene sobre la variable dependiente.

3.2. Método de investigación

El método que se utilizó es hipotético deductivo puesto que se formulan hipótesis para posteriormente comprobarlas con la práctica científica y aplicar los conocimientos previos.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental puesto que se utilizó el laboratorio para la elaboración del ensayo a la compresión de los adoquines.

Fue correlacional ya que se busca evaluar la correlación que existe entre los porcentajes de PET para la fabricación de los adoquines.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Nuestra población estuvo conformada por 45 adoquines, con dimensiones de 20 x 10 x 6 cm.

3.4.2. Muestra

Nuestra muestra son los adoquines PET, como probetas de tres proporciones diferentes, como se muestra a continuación:

- 6% de plástico Pet reciclado (15 adoquines)
- 8% de plástico Pet reciclado (15 adoquines)
- 10% de plástico Pet reciclado (15 adoquines)

Con esto hace un total de 45 adoquines, los cuales servirán para realizar el ensayo de resistencia a la compresión elaborada por medio de la NTP 399.611 y la densidad.

3.5. Técnicas e instrumentos de recojo de datos

El método experimentado en esta investigación fue la observación para la toma de datos, el cual es un proceso donde se recoge la información, la cual es procesada y almacenada a través de los programas: Ms Excel y IBM SPSS 25, dichos programas fueron necesarios y además de gran ayuda para el procesamiento estadístico. Los ensayos tanto la resistencia a la compresión como la determinación de la densidad se realizaron en las instalaciones de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” empleando el Laboratorio de Materiales y Operaciones bajo la supervisión del asesor.

3.6. Técnicas de procedimiento y análisis de datos

La finalidad de esta investigación es establecer la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de adoquines para uso peatonal, para eso se elaboraron un total de 45 adoquines empleando un molde de madera de 20x10x6 cm, el cual se usó en los porcentajes de 6%, 8% y 10% de plástico PET reciclado, estos porcentajes se agregaron a la mezcla en relación al peso del agregado grueso.

Para conseguir el plástico PET se tuvo que acopiar las botellas durante una semana, luego con ayuda de unas tijeras se procedió a cortarlas manualmente en diámetros de 3 mm a 5mm, además para realizar la mezcla se utilizó una proporción de 1:2:1.4 (cemento, agregado fino, agregado grueso) con relación al volumen del molde

de madera y a las densidades de todos los materiales a utilizar. Asimismo, se utilizó una relación agua/cemento de 0.43 debido a que el adoquín por ser un elemento prefabricado.

Posteriormente se procedió a realizar la mezcla de los materiales tanto el cemento, los agregados, el plástico PET reciclado y el agua hasta tener un mortero completamente uniforme. Por otra parte, antes de realizar el vaciado de la mezcla a la probeta se tuvo que chequear que este limpia y no presente impurezas para después ser engrasado con aceite quemado. Se comenzó el llenado de la probeta haciendo un vibrado correspondiente.

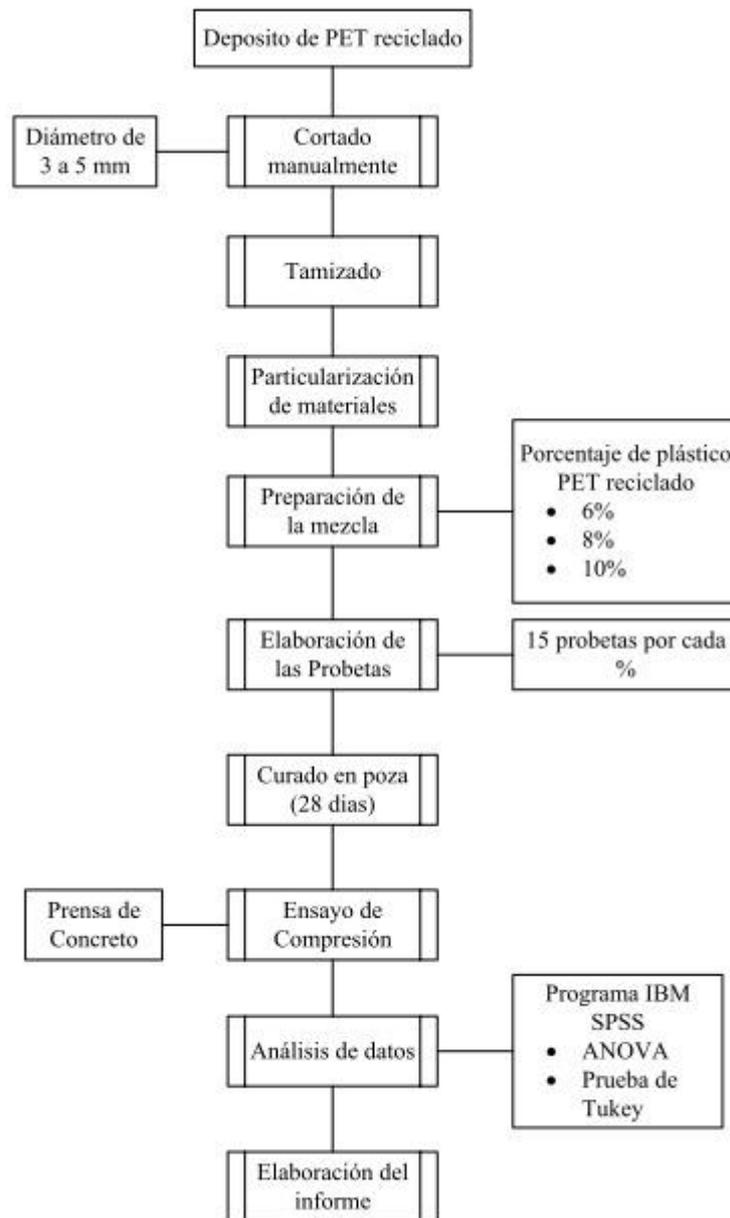
Una vez llenado la probeta del adoquín se dejó secar por 24 horas a temperatura ambiente para poder retirarlo del molde para luego colocarlo en una base plana y limpia para su respectivo secado. Posteriormente se realizó el mismo proceso con los demás adoquines, una vez pasado este tiempo se hizo un curado en una poza con agua y cal durante 28 días en el Laboratorio de Materiales y Operaciones de la Universidad Católica De Trujillo “Benedicto XVI”.

Luego se procedió a retirar los adoquines de la poza para posteriormente realizar el ensayo a compresión con la prensa de concreto. También, se procedió al cálculo de la densidad de los adoquines empleando una balanza electrónica digital para que los resultados tengan un margen de error mínimo y sean más confiables. Posteriormente fueron comparados con la Norma Técnica Peruana 399.611, y así poder validar las distintas hipótesis planteadas.

A fin de entender mejor el proceso para realizar los adoquines se elaboró el siguiente diagrama de flujo de la metodología:

Figura 1

Diagrama de flujo del proceso



Nota: La figura nos indica el proceso de la investigación. Elaboración propia (2021)

Por último, para procesar los resultados fue necesario utilizar los siguientes programas: Ms Excel, IBM SPSS 25, inclusive nos ayudaron en la obtención de los datos para luego ser llevados a unas hojas de cálculo, con esos datos se logró hacer un

análisis de los datos mediante el ANOVA, Prueba de Tukey y las respectivas medidas estadísticas (correlación de Pearson y Spearman).

3.7.Ética investigativa

Se realizaron todos los ensayos respectivos a las probetas de adoquines PET y la recolección de datos de la forma más veraz posible, sin cambiar ningún dato o resultado obtenido en el laboratorio de la universidad católica de Trujillo “Benedicto XVI”, y acatando las normas éticas de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación y análisis de resultados

4.1.1. Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales.

En la Tabla 4, se presenta los promedios obtenidos de la resistencia a la compresión de 15 adoquines peatonales a 6%, 8% y 10% con reemplazo de agregado grueso por plástico PET, realizados experimentalmente en el laboratorio.

Tabla 4

Promedios de la resistencia a la compresión de 15 adoquines peatonales a 6%, 8% y 10% con reemplazo de agregado grueso por plástico PET.

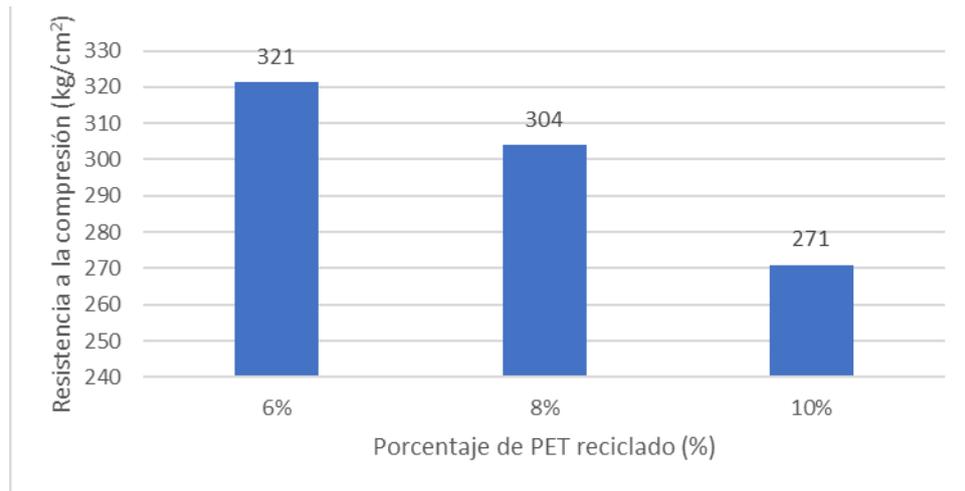
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)			
Número	Porcentaje de PET (%)		
	6%	8%	10%
1	318	306	274
2	325	309	268
3	319	308	272
4	325	306	272
5	317	303	273
6	325	305	269
7	320	302	271
8	325	304	269
9	320	305	269
10	325	304	272
11	315	302	273
12	325	302	268
13	319	303	275
14	325	301	267
15	318	299	273
PROMEDIO	321	304	271

Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021)

En la Figura 2, se visualiza que con el porcentaje de 6% de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso se obtuvo la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales.

Figura 2

Resistencia a la compresión de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET reciclado.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021)

4.1.2. Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales.

Se presenta en la Tabla 5, los promedios de las densidades de 15 adoquines peatonales a 6%, 8% y 10% con reemplazo de agregado grueso por plástico PET reciclado.

Tabla 5

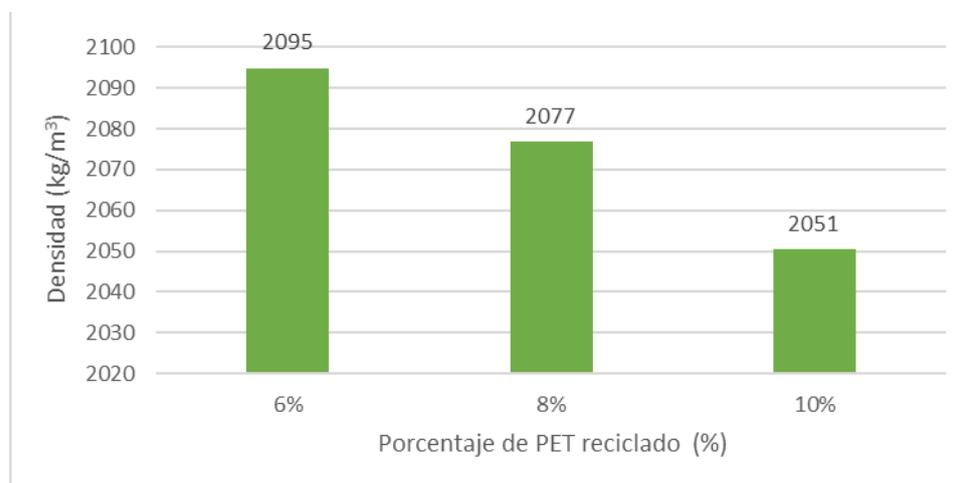
Promedios de las densidades de adoquines peatonales a 6%, 8% y 10% con reemplazo de agregado grueso por plástico PET reciclado.

DENSIDAD (kg/m ³)			
Número	Porcentaje de PET (%)		
	6%	8%	10%
1	2107	2073	2055
2	2082	2068	2073
3	2097	2076	2042
4	2100	2100	2025
5	2096	2075	2032
6	2092	2071	2075
7	2106	2060	2073
8	2092	2078	2048
9	2100	2083	2058
10	2082	2082	2027
11	2098	2062	2028
12	2077	2071	2057
13	2088	2085	2070
14	2103	2083	2045
15	2106	2088	2050
PROMEDIO	2095	2077	2051

Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

Figura 3

Densidad de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET reciclado.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

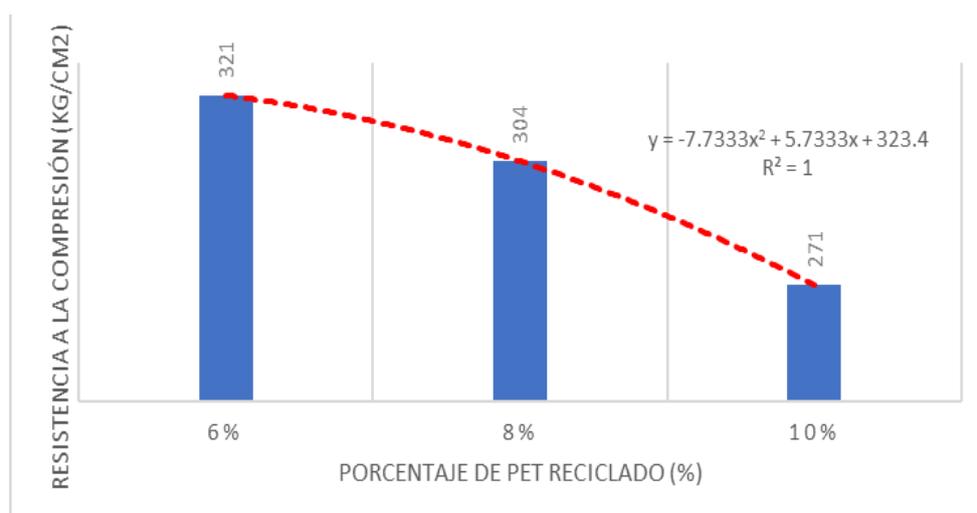
En la Figura 3, se visualiza que con el porcentaje de 10% de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso se obtuvo la menor densidad de los adoquines peatonales.

4.1.3. Analizar la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

Para llevar a cabo el análisis de la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, se hizo una gráfica para luego trazar una línea de tendencia polinómica con su determinada ecuación para observar el comportamiento del promedio de los resultados alcanzados de 15 adoquines peatonales a 6%, 8% y 10%, así mismo se obtuvo el valor de R^2 , siendo este igual a 1, el cual indica que presenta una dispersión perfecta, esto lo podemos visualizar en la figura 4.

Figura 4

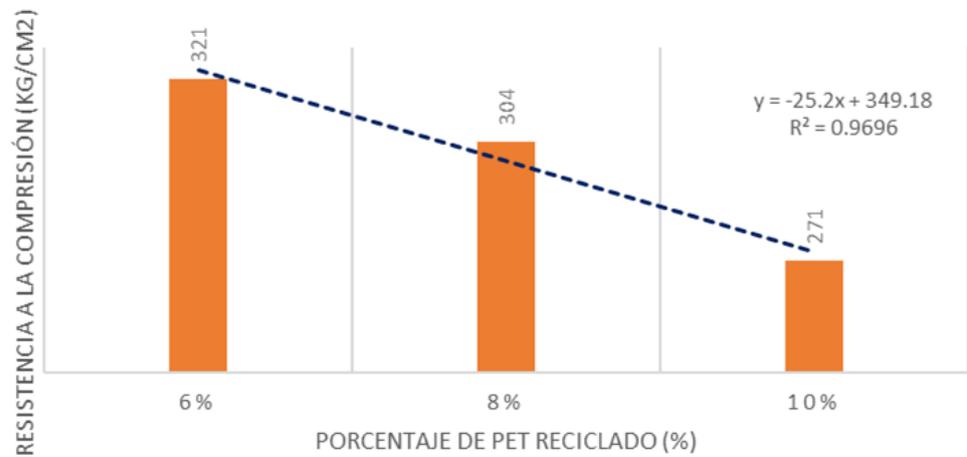
Resistencia a la compresión de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET-Tendencia Polinómica.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

Figura 5

Resistencia a la compresión de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET-Tendencia Lineal.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

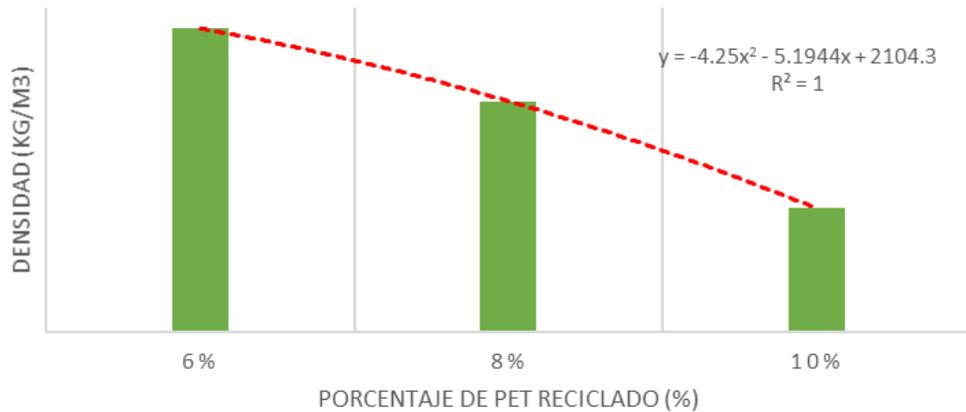
También se realizó una gráfica donde se trazó una línea de tendencia lineal con su determinada ecuación para observar el comportamiento del promedio de los resultados alcanzados de 15 adoquines a 6%, 8% y 10%, así mismo se obtuvo el valor de R^2 , siendo este igual a 0.9696, el cual indica que no presenta una dispersión perfecta, esto lo podemos visualizar en la figura 5.

4.1.4. Analizar la variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

En la Figura 6, se visualiza una gráfica la cual se trazó una línea de Tendencia Polinómica con su determinada ecuación para evaluar como varía las densidades de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado, así mismo se obtuvo un valor de R^2 , siendo este igual a 1, el cual indica que tiene una dispersión perfecta.

Figura 6

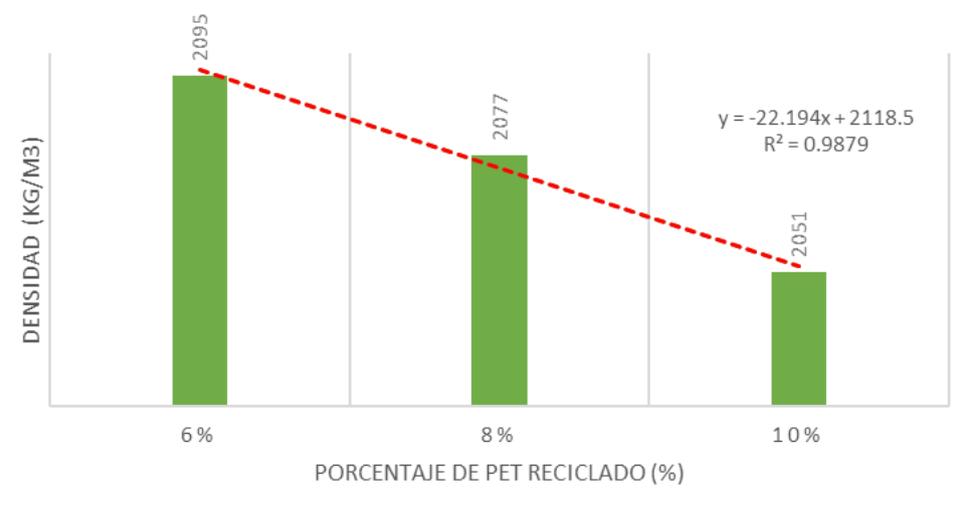
Densidad de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET – Tendencia Polinómica.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

Figura 7

Densidad de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET – Tendencia Lineal.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

De casi igual manera se visualiza en la Figura 7, una gráfica donde se trazó una línea de Tendencia Lineal con su determinada ecuación para evaluar como varia las densidades de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, se

obtuvo el valor de R2 siendo igual a 0.9879, el cual indica que no hubo una dispersión perfecta.

4.1.5. Evaluar la correlación existente entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

En la Tabla 6, se presenta los promedios obtenidos entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con porcentajes de 6%,8% y 10% de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

Tabla 6

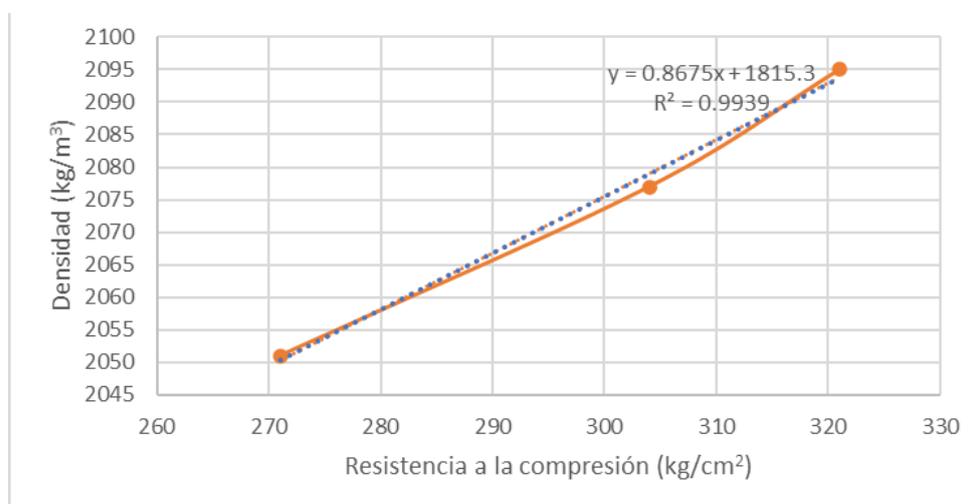
Promedio de la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

Porcentaje (%)	Resistencia (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)
6	321	2095
8	304	2077
10	271	2051

Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

Figura 8

Resistencia vs. Densidad – Tendencia Lineal.

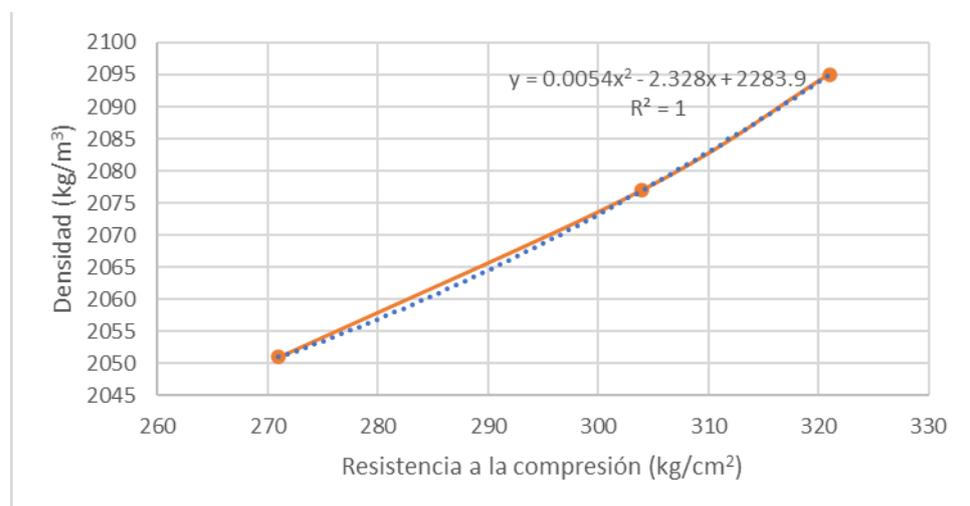


Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

En la Figura 8, se puede visualizar la gráfica originada entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado. Se trazo una línea de Tendencia Lineal con su determinada ecuación, el cual genero un valor de R^2 , que es igual a 0.9939, de esa manera se deduce que no existe una correlación lineal perfecta entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

Figura 9

Resistencia vs. Densidad – Tendencia Polinómica.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

En la Figura 9, se puede visualizar la gráfica originada entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso. Se trazo una línea de Tendencia Polinómica con su determinada ecuación de grado 2, el cual genero un valor de R^2 , que es igual a 1, de esa manera se deduce que existe una correlación Polinómica perfecta positiva entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.

Después de analizar las figuras 8 y 9, la que se adecua más al comportamiento de las propiedades de los adoquines peatonales es la línea de tendencia polinómica, ya que presenta un valor de R2, igual a 1, siendo esta una dispersión perfecta.

4.1.6. Comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con la NTP 399.611.

En la Tabla 7, se presenta los promedios obtenidos experimentalmente de la resistencia a la compresión, siendo estos resultados comparados por la NTP. 399.611.

Tabla 7

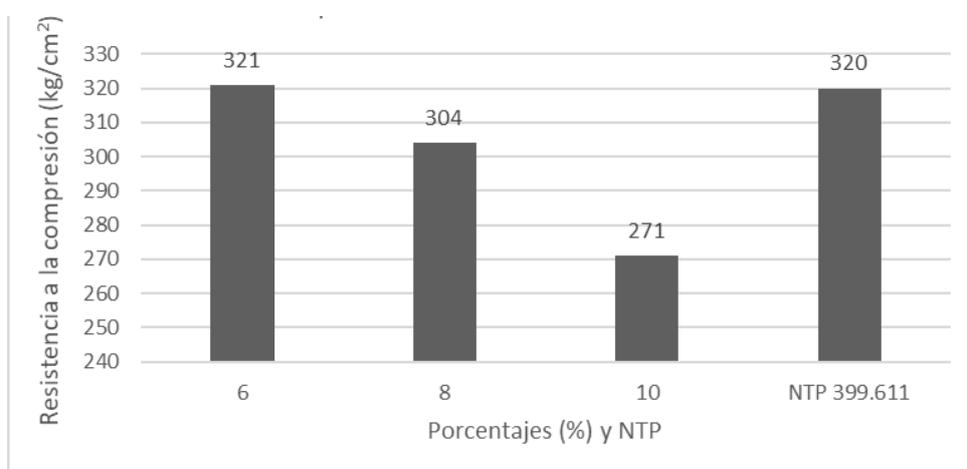
Comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio con la NTP 399.611.

Porcentaje (%)	Resistencia (kg/cm ²)
6	321
8	304
10	271
NTP 399.611	320

Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

Figura 10

Comparación de la resistencia a la compresión de adoquines peatonales con reemplazo de agregado grueso por plástico PET con la NTP.399.611



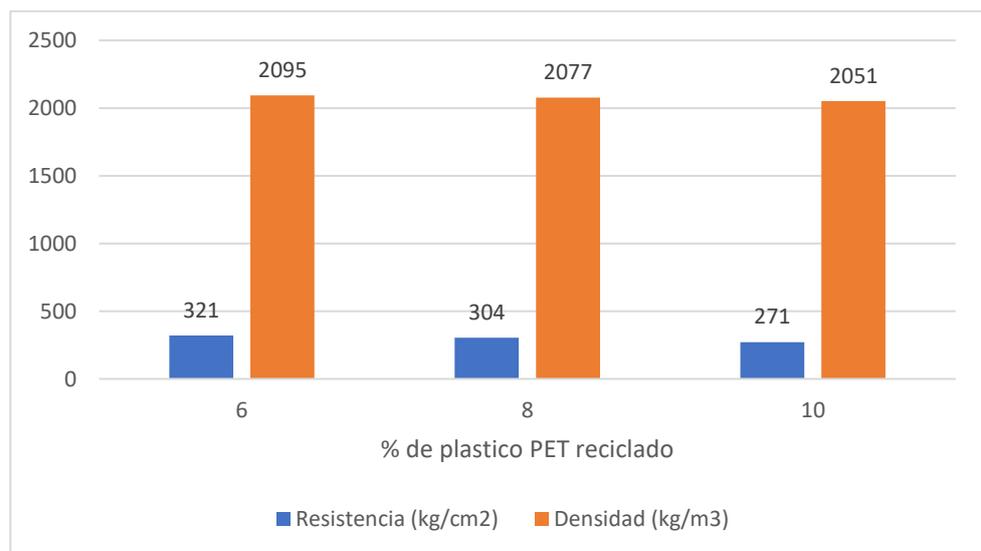
Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

En la Figura 10, se visualiza la resistencia a la compresión promedio de los diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso. Asimismo, se puede observar que el porcentaje de 6% alcanza la resistencia a la compresión requerida por la NTP.399.611.

4.1.7. Determinar la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales.

Figura 11

Resistencia a la compresión y densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2021).

En la figura 11, se registra los datos obtenidos experimentalmente tanto en la resistencia a la compresión como en densidad de los adoquines peatonales a 6%, 8% y 10% de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, estos valores son útiles para determinar la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales.

También se puede observar que conforme se aumenta el porcentaje de plástico PET reciclado la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales va disminuyendo, al igual que la densidad, cuanto más se adiciona el plástico PET reciclado la densidad disminuye. Por lo tanto influye negativamente en la resistencia a la compresión, caso contrario en la densidad ya que influye positivamente el plástico PET reciclado, en los adoquines peatonales.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales

Al evaluar los resultados obtenidos experimentalmente en el laboratorio de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”, obtenemos que el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales es el 6% con una resistencia a la compresión de 321 kg/cm², por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada. Para determinar la mayor resistencia a la compresión se procedió a realizar con ayuda del programa IBM SPSS un ANOVA. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 8

ANOVA para la resistencia a la compresión en kg/cm² de los adoquines peatonales respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	19649,244	2	9824,622	1101,729	0,000
Dentro de grupos	374,533	42	8,917		

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2021)

En la Tabla 8, se presenta los resultados obtenidos del análisis en el ANOVA entre los 3 porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso evaluados con respecto a la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales, el cual nos da un valor estadístico F es de 1101,729 y que un nivel de significancia de 0.00, de esa manera se deduce que existen resultados diferentes entre los diferentes porcentajes de plástico PET reciclado.

4.2.2. Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales

Al evaluar los resultados obtenidos experimentalmente en el laboratorio de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”, obtenemos que el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales es el 10% con una densidad de 2051 kg/m³, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada. Para determinar la menor densidad se procedió a realizar con ayuda del programa IBM SPSS un ANOVA. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 9

ANOVA para la densidad en kg/m³ de adoquines peatonales respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15050,533	2	7525,267	45,057	0,000
Dentro de grupos	7014,667	42	167,016		

Total	22065,200	44
-------	-----------	----

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2021)

En la Tabla 9, se presenta los resultados obtenidos del análisis en el ANOVA entre los 3 porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso evaluados con respecto a la densidad de los adoquines peatonales, en esta tabla se observa que el valor estadístico F es de 45,057 y un nivel de significancia de 0.00, de esa manera se deduce que existen resultados diferentes entre los diferentes porcentajes de plástico PET reciclado.

4.2.3. Analizar la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso

Para llevar a cabo la confrontación de la hipótesis se procedió a realizar con ayuda del programa IBM SPSS la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. De esa manera se buscó ver si existe una diferencia significativa en las resistencias a la compresión de los adoquines peatonales. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 10

Prueba de Tukey (medias) para la resistencia a la compresión en kg/cm² de los adoquines peatonales respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso

Porcentaje-PET	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
10	15	271,00		
8	15		303,93	
6	15			321,40
Sig.		1,000	1,000	1,000

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2021)

En la Tabla 10, se presenta los resultados obtenidos del análisis de la Prueba de Tukey, dicha prueba da como resultado los promedios de la resistencia a la compresión de cada porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, de esa manera se formaron 3 subconjuntos, cada subconjunto con un porcentaje.

Con lo antes mostrado en la tabla se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada inicialmente, puesto que, se observa como varia la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso es significativa.

4.2.4. Analizar la variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso

Para llevar a cabo la confrontación de la hipótesis se procedió a realizar con ayuda del programa IBM SPSS una prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. De esa manera se buscó ver si existe una diferencia significativa en las resistencias a la compresión de los adoquines peatonales. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

En la Tabla 11, se presenta los resultados obtenidos del análisis de la Prueba de Tukey, dicha prueba da como resultado los promedios de la densidad de cada porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, de esa manera se formaron 3 subconjuntos, cada subconjunto con un porcentaje.

Tabla 10

Prueba de Tukey (medias) para la densidad en kg/m³ de adoquines peatonales respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso

Porcentaje- PET	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
10	15	2050,53		
8	15		2077,00	
6	15			2095,07
Sig.		1,000	1,000	1,000

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2021)

Con lo antes mostrado en la tabla se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada inicialmente, puesto que, se observa como varía la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso es significativa.

4.2.5. Evaluar la correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso

Para evaluar si existe o no correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso se empleó dos medidas estadísticas (correlación de Pearson y correlación de Spearman). La correlación de Pearson se realizó para ver el comportamiento lineal de las variables estudiadas y la correlación de Spearman se realizó para ver el comportamiento no lineal.

En la Tabla 12, se presenta los resultados obtenidos del análisis de correlación de Pearson mediante el programa IBM SPSS, cuyo resultado da un valor de 0.796, por lo tanto, se observa que existe una correlación lineal de las variables estudiadas.

Tabla 11

Correlación de Pearson para la resistencia a la compresión y densidad de adoquines peatonales

		Resistencia- compresión	Densidad
Resistencia- compresión	Correlación de Pearson	1	0,796
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	45	45
Densidad	Correlación de Pearson	0,796	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	45	45

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2021)

Tabla 12

Correlación de Spearman para la resistencia a la compresión y densidad de adoquines peatonales

		Resistencia- compresión	Densidad
Rho de Spearman	Resistencia- compresión	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	45
Densidad		Coefficiente de correlación	0,762
		Sig. (bilateral)	0,000
		N	45

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2021)

En la Tabla 13, se presenta los resultados obtenidos de la correlación de Spearman mediante el programa IBM SPSS, cuyo resultado tiene un valor de 0.762, de esa manera se deduce que existe una correlación positiva entre

las variables estudiadas, un punto a tener en cuenta es que dicha correlación es no lineal. Así mismo con ayuda del grafico de la figura 9 se observa que el R^2 tiene un valor de 1, esto nos sirve para reafirmar que existe una correlación no lineal entre las variables estudiadas.

De manera que, se presenta que, si existe una correlación positiva entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales, siendo la correlación de Spearman la que se ajusta más al comportamiento de las variables estudiadas, por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

4.2.6. Comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio con la NTP 399.611

En la Tabla 14, se presenta los resultados obtenidos del análisis en el ANOVA evaluados entre los 3 porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con respecto a la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales elaborados en el laboratorio y la resistencia a la compresión requerida por la NTP 399.611, el cual nos da un valor estadístico F de 1231,843 y un nivel de significancia de 0,00 , de esa manera se deduce que existe resultados diferentes entre sí, excepto con el 6 % de plástico PET reciclado.

En la Tabla 15 se presenta los resultados obtenidos de la Prueba de Tukey, en el cual nos dice que los valores de la NTP 399.611 con los valores del 6 % no tienen una diferencia significativa, por lo tanto, se puede usar el de 6% de plástico PET reciclado.

Tabla 13

ANOVA para la comparación de la resistencia a la compresión obtenida en el laboratorio con la norma NTP 399.611

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	24716,050	3	8238,683	1231,843	0,000
Dentro de grupos	374,533	56	6,688		
Total	25090,583	59			

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2021)

Tabla 14

Prueba de Tukey (medias) para la comparación de la resistencia a la compresión obtenida en el laboratorio con la norma NTP 399.611

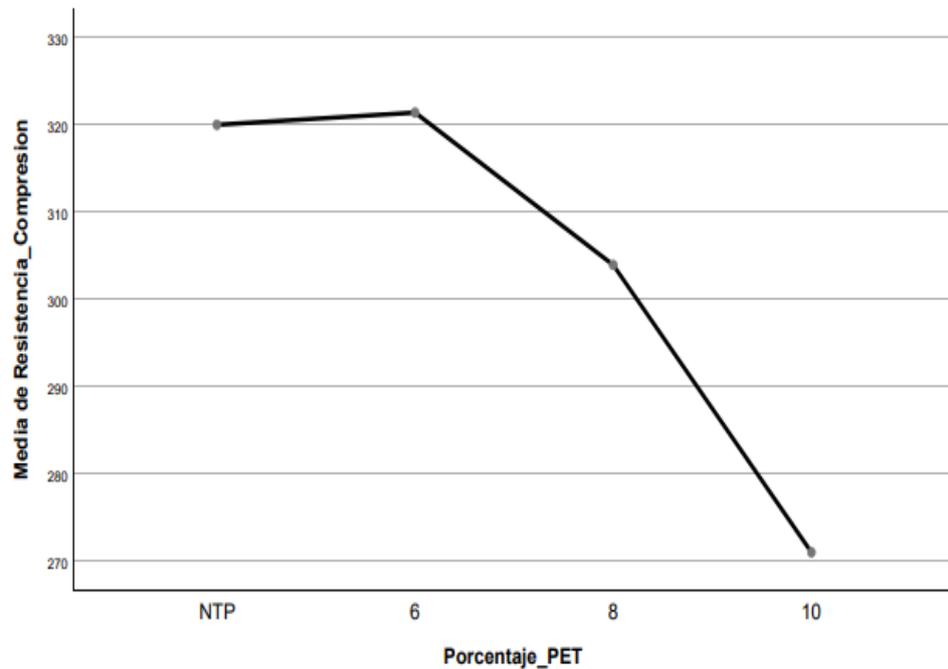
Porcentaje- PET	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
10	15	271,00		
8	15		303,93	
NTP	15			320,00
6	15			321,40
Sig.		1,000	1,000	0,455

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2021)

En la Figura 12, se visualiza una gráfica en donde se aprecia los promedios de las resistencias a la compresión de los adoquines peatonales en los diferentes porcentajes de plástico PET reciclado obtenidas experimentalmente en el laboratorio y el promedio de la resistencia a la compresión de la NTP 399.611, de la cual obtenemos que el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión solo el 6% llegó a superar la resistencia requerida por la norma NTP.399.611.

Figura 12

Comparación de la resistencia a la compresión obtenida en el laboratorio con la norma NTP 399.611



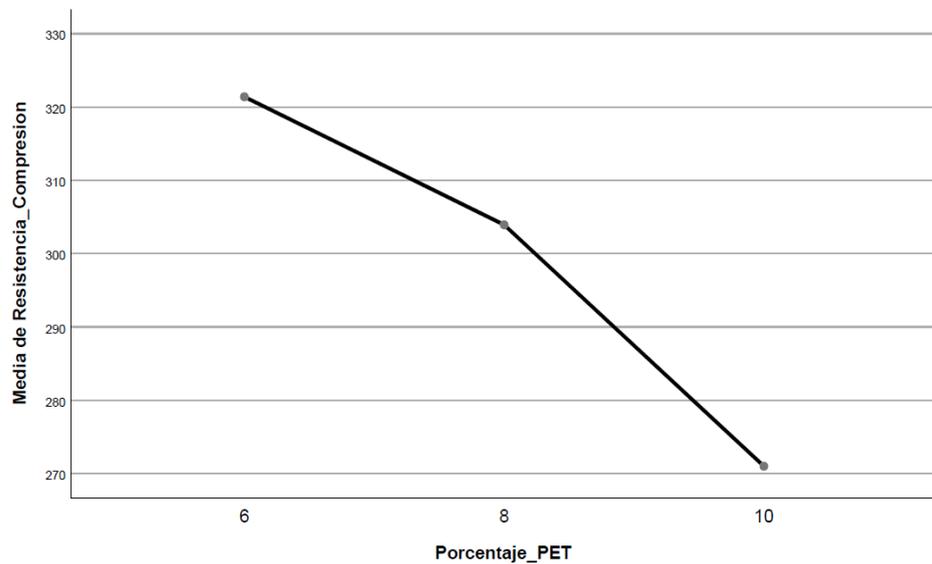
Nota: Grafica elaborada en IBM SPSS (2021).

4.2.7. Determinación de la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales

En la figura 13 se visualiza una gráfica de la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, se logra observar que hay un descenso de la resistencia a la compresión, todo esto se debe conforme aumenta el porcentaje de plástico PET reciclado.

Figura 13

Variación de la resistencia a la compresión de adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso

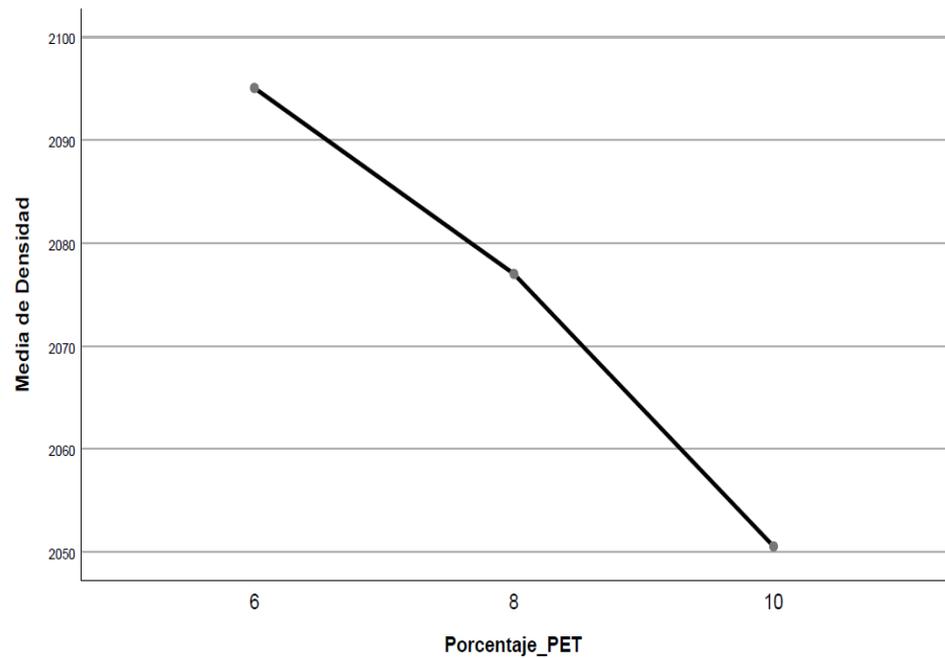


Nota: Grafica elaborada en IBM SPSS (2021).

Por otra parte, en la figura 14 se visualiza una gráfica en donde se distingue la variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, se logra apreciar que conforme se vaya aumentando el porcentaje de plástico PET reciclado la densidad disminuye, esto se debe a que el plástico PET es un material que tiene la característica de ser ligero.

Figura 14

Variación de la densidad de adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso



Nota: Grafica elaborada en IBM SPSS (2021).

Después de analizar las figuras 13 y 14 al igual que las tablas 9 y 11 (pruebas de Tukey para la resistencia a la compresión y la densidad), se deduce que, si existe una influencia significativa y positiva del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre la resistencia a la compresión y densidad de los adoquines peatonales, de esta manera se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

4.3. Discusión de resultados

El resultado obtenido experimentalmente en el laboratorio obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 321 kg/cm² con el 6% de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, dicho resultado se aproxima al valor encontrado por Meza (2018), quien logro una resistencia a la compresión promedio de 326 kg/cm², sin embargo utilizo un 3% de plástico PET.

El porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales es el 10 %, obteniendo un valor de 2.051 g/cm³ de densidad promedio de 15 adoquines peatonales; dicho resultado obtenido se aproxima al valor encontrado por Meza (2018), quien logro una densidad promedio de 1.87 g/cm³, sin embargo, utilizo un 8% de plástico PET como agregado fino y a la vez el adoquín tuvo una dimensión de 20x10x4, mientras que el nuestro tuvo una dimensión de 20x10x6, por lo que se puede ver la diferencia entre las densidades.

Al evaluar la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, se observa que cada vez que se aumenta el porcentaje de plástico PET reciclado la resistencia a la compresión disminuye, esto concuerda con los resultados obtenidos por Tiwari, Baghel y Shinde (2019) y por Cabanillas (2020), quienes de acuerdo a como aumentaban el porcentaje de plástico PET notaban que los adoquines disminuían su resistencia a la compresión.

Al evaluar la variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, se observa que cada vez que se aumenta el porcentaje de plástico PET reciclado la densidad disminuye, esto concuerda con los resultados obtenidos por Meza (2018) y por Carrasco y Soler (2019), quienes de acuerdo a como aumentaban el porcentaje de plástico PET notaban que los adoquines disminuían su densidad.

Al estimar la correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso, se procedió a realizar un análisis de correlación de Pearson y correlación de Spearman, el cual se dedujo que existe una correlación no lineal entre las propiedades señaladas.

Al comparar los adoquines peatonales con 6% de plástico PET reciclado con la NTP.399.611, obtenemos una resistencia a la compresión promedio de 321 kg/cm² con una mínima diferencia al valor indicado por la norma que es 320 kg/cm². A diferencia de Flores (2018) con porcentajes de 10%, 20% y 30% de plástico PET y un molde metálico de 20cm x 10cm x 6cm. Logro determinar que los adoquines no obtuvieron la resistencia a la compresión mínima de 290 kg/cm² que indica la NTP.399.611 pero por unidad.

La influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre la resistencia a la compresión tiene una influencia negativa puesto que conforme se aumente el plástico PET la resistencia a la compresión disminuye, esto concuerda con Tiwari, Baghel y Shinde (2019) quienes determinaron que conforme se vaya aumentando el porcentaje de plástico PET la resistencia a la compresión disminuye. En el caso de la densidad tiene una influencia positiva, ya que conforme se aumente el plástico PET reciclado la densidad disminuye favorablemente, dicho modo de actuar concuerda con Echeverría (2017) quien determino que al aumentar el porcentaje de plástico PET disminuye su densidad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.1. Conclusiones

Se estableció que el porcentaje de plástico PET reciclado influye positivamente en la densidad de los adoquines peatonales siendo el 10% el porcentaje más óptimo, caso contrario es la resistencia a la compresión la cual tiene una influencia negativa, siendo el 6% el porcentaje más apropiado.

Se estableció que el porcentaje de plástico PET reciclado con el que se obtuvo la mejor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales fue del 6%, respecto a los otros porcentajes, la cual tuvo una resistencia a la compresión promedio de 321 kg/cm².

Se determinó el porcentaje de plástico PET reciclado con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales fue del 10%, respecto a los otros porcentajes, la cual tuvo una densidad promedio de 2051 kg/m³.

Se analizó de qué manera varía la resistencia a la compresión respecto al porcentaje de plástico PET reciclado de los adoquines peatonales, llegando a la conclusión que los valores varían significativamente entre los 3 porcentajes de plástico PET reciclado, por otro lado, hay un descenso de la resistencia a la compresión conforme se aumenta el % de plástico PET reciclado. Además, dichos resultados presentan una tendencia polinómica y a la vez una dispersión perfecta,

Se analizó de qué manera varía la densidad respecto al porcentaje de plástico PET reciclado de los adoquines peatonales, llegando a la conclusión que los valores varían significativamente entre los 3 porcentajes de plástico PET reciclado, por otro lado, hay un descenso de la densidad conforme se aumenta el % de plástico PET reciclado esto se debe a que dicho material tiene la característica de ser ligero. Además, dichos resultados presentan una tendencia polinómica y a la vez una dispersión perfecta,

Se determino la correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales respecto a los diferentes porcentajes de plástico PET reciclado, para lo cual se realizó la correlación de Pearson y correlación de Spearman, de esa manera se observó la relación que existe entre las dos propiedades. Se llego a la conclusión que existe una correlación no lineal positiva de R2 igual a 1 entre dichas propiedades, considerando que el comportamiento que mejor se ajusta al modelo es el polinómico de grado 2.

De los resultados obtenidos experimentalmente en el laboratorio comparados con la NTP 399.611, se concluye que el 6% de plástico PET reciclado cumple con la resistencia mínima que establece la norma y además no tiene una diferencia significativa entre los resultados hallados.

5.2. Sugerencias

- Utilizar botellas de bebidas de agua y gaseosa, y antes del cortado procurar que las botellas estén limpias y si en caso no estuviesen lavarlas y secarlas.
- Se recomienda utilizar los mismos porcentajes de 6%, 8% y 10% de plástico PET reciclado, pero esta vez reemplazarlo por el agregado fino, para así visualizar el comportamiento del plástico PET y determinar sus respectivas propiedades de dicho adoquín.
- Para incrementar la resistencia a la compresión del adoquín, se aconseja utilizar otra proporción, ya que la proporción utilizada fue 1: 2: 1.4 (cemento, arena, confitillo de 1/4) y una relación a/c de 0.43.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TESIS

- Echeverria, E. (2017). *Ladrillos de Concreto con Plástico PET Reciclado* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca] Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%20C3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, E. (2018). *Elaboración de Elementos Prefabricados de Concreto con la Adición de Plástico Reciclado PET* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería] Repositorio Institucional UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/16471>
- Meza, Y. (2018). *Propiedades Físico – Mecánicas de Adoquines elaborados con Plástico Reciclado para Pavimento Peatonal en el Centro Comercial Tambo Plaza, Lurín – 2017* [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo] Repositorio institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26903/Meza_DY.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fernández, M. (2019). *Análisis de las Características Físicas-Mecánicas del Adoquín con Polietileno Tereftalato Reciclado y Adoquín Convencional Tipo I* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana los Andes] Repositorio institucional UPLA. <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/923/MISAEEL%20FERNANDEZ%20GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabanillas, H. (2020). *Influencia del PET Reciclado en la Resistencia a la Compresión de Adoquines Convencionales en la Ciudad de Trujillo, 2020* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte] Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24147/Cabanillas%20Hernandez%20Harold%20Brando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hidalgo, D. y Poveda, R. (2013). *Obtención de adoquines fabricados con vidrio reciclado como agregado* [tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional] Repositorio digital institucional EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6104/1/CD-4795.pdf>

- Lozada, J. y Loyo, V. (2012). *Análisis del comportamiento de un mortero utilizado para el relleno de paredes no estructurales de plástico* [tesis de pregrado, Universidad de Carabobo] Repositorio institucional UC. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/5200/jlozada.pdf?sequence=1>
- Muro, C. (2019). *Influencia de la relación agua-cemento en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo] Repositorio institucional UNT. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12358/Muro%20Quispe%20c%20Cristhian%20Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, F. y Tapia, R. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 28 días* [tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego] Repositorio institucional UPAO. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/688/1/REP_ING.CIVIL_FERNANDO.SANCHEZ_ROBINSON.TAPIA_RELACION.RESISTENCIA.COMPRESION.CILINDROS.CONCRETO.EDADES.3.7.14.28.56.DIAS.RESPECTO.RESISTENCIA.COMPRESION.CILINDROS.CONCRETO.EDAD.28.DIAS.pdf
- Hachi, J. y Rodríguez, J. (2010). Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana] Repositorio institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>
- Zavala, G. (2015). *Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado* [tesis de pregrado, Escuela Especializada en Ingeniería (ITCA – FEPADE)] Repositorio digital de Ciencia y Cultura de El Salvador. <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2442/1/04%20Civil%20P1%20c3%20a1stico%20reciclado.pdf>
- Cabezas, M. (2014). *Elaboración de un manual de procesos constructivos del adoquinado* [tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional] Repositorio digital institucional EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7225/1/CD-5387.pdf>

- Mejía, J. y Pachacama, N. (2018). Diseño de bloques para mampostería en obras civiles con agregados de fibras de caucho de neumático y plástico reciclado (PET) [tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas] Repositorio institucional ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15044/T-ESPE-040409.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzales, C. (2019). Estudio de caracterización de agregados con fines de construcción de tres canteras de Trujillo (El Milagro-El Porvenir-Laredo), La Libertad, 2019 [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo] Repositorio institucional UNT. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12324/Gonzales%20Ticle%2c%20Cabrini%20Nelson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrasco, G. y Soler, J. (2019). “Elaboración de un adoquín a base de plástico PET reciclado para pavimento de uso peatonal, Piura – 2019” [tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo] Repositorio digital institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52176>
- Gary, J. (2019). “Reciclado de Plástico PET” [tesis de pregrado, Universidad Católica San Pablo] Repositorio digital institucional UCSP. <https://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/16146>

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- Fraternali, F., Ciancia, V., Chechile, R., Rizzano, G., Feo, L. & Incarnato, L. (2011). Experimental study of the thermo-mechanical properties of recycled PET fiber-reinforced concrete. *Composite Structures*, 93, 2368-2374. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2011.03.025>
- Khalil, I. & Jumaa, K. (2017). ECO-FRIENDLY CONCRETE CONTAINING PET PLASTIC WASTE AGGREGATE. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 10(1), 92-105. <https://doi.org/10.24237/djes.2017.10109>
- Ahmad, N., Razali, S., Sahat, S. & Kaamin, M. (2018). PET concrete as paver block. *AIP Conference Proceedings*, (1), 020015-1 - 020015-6. <https://doi.org/10.1063/1.5055417>

Tiwari, A., Baghel, A. & Shinde, R. (2019). Reuse of Plastic Waste in Pedestrial Paver Blocks. *Applied Science & Engineering Technology*, 7(4), 359-363. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.6061>

Misal, S., Zambani, S., Gawande, D. & Malekar, O. (2019). Use of PET Plastic Waste in Manufacturing and Testing of Plastic Sand Bricks. *Applied Science & Engineering Technology*, 7(5), 1001-1006. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.5167>

LIBROS

Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. San Marcos.

NORMAS

NTP 399.611 (2015). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos (2da Ed.) Inacal.

NTP 400.037 (2014). Agregados: Especificaciones para agregados en concreto (3ra Ed.). Inacal.

DIRECCIONES ELECTRONICAS

Notas de concretos (2011). Pérdida por Calcinación (Pérdida por Ignición, Pérdida al Fuego). <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/perdida-por-calcinacion-perdida-por.html>

Asociación de productores de cemento (2016). ¿Cuál es el proceso de fabricación del cemento? <http://www.asocem.org.pe/productos-a/cual-es-el-proceso-de-fabricacion-del-cemento>

Notas de concretos (2011). Calor de Hidratación del Concreto. <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/perdida-por-calcinacion-perdida-por.html>

- El Ágora (2020). Todo lo que siempre quisiste saber sobre los plásticos.
<https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/economia-circular/cuantos-tipos-de-plastico-hay-aprende-a-distinguirlos/>
- Notas de concretos. (2011). Peso Unitario (Densidad del Concreto).
<https://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/peso-unitario-densidad-del-concreto.html>
- Vásquez, R. (2009). CEMENTO Y SUS APLICACIONES.
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36575781/100611_Cemento_y_sus_aplicaciones.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCEMENTO_Y_SUS_APLICACIONES_CEMENTO_Y_SUS.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191124%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191124T164500Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=28573c6fee44f4e110ed9f8c23152f0f7a80aca14586d64d2bf7adfcf92660cb
- Notas de concretos. (2011). Resistencia a la Compresión del Concreto.
<http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/resistencia-la-compresion-del-concreto.html>
- Geyer, R. (2017). "Hay tantos residuos de plástico en el mundo que podrían cubrir un país como Argentina": la advertencia de un grupo científicos sobre la contaminación que acecha al nuestro planeta. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40664725>
- Revista de Ingeniería Real. (2012). Resistencia del concreto a los 28 días.
<https://ingenieriareal.com/resistencia-del-concreto-a-los-28-dias/>
- Torre, A. (2004). Curso Básico de Tecnología del Concreto.
https://www.academia.edu/9191423/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_DEL_CONCRETO_PARA_INGENIEROS_CIVILES

Sheila, C. (2017). Ventajas y aplicaciones de pavimentos articulados (Adoquines de concreto). <https://civilgeeks.com/2017/02/27/ventajas-aplicaciones-pavimentos-articulados-adoquines-concreto/>

Infinitia Research. (2021). ENSAYOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS: MATERIALES PUESTOS A PRUEBA. <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/ensayos-propiedades-mecanicas-materiales/>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales	Problema general	Hipótesis general	Objetivo general	Porcentaje de plástico PET reciclado	Porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	Porcentaje de plástico PET reciclado (%)	Tipo
	¿Cuál es la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales?	H1: Si existe influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales. H0: No existe influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales.	Determinar la influencia del porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso sobre las propiedades de los adoquines peatonales.				Cuantitativa
	Problemas específicos	Hipótesis específicas	Objetivos específicos				Método
	¿Cuál es el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales?	H1: El porcentaje de plástico PET reciclado con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales es de 6%.	Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de los adoquines peatonales				Aplicada
	¿Cuál es el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales?	H1: El porcentaje de plástico PET reciclado con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales es de 10%.	Determinar el porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso con el que se obtiene la menor densidad de los adoquines peatonales				Diseño
	¿Cómo varía la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso?	H0: La variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso no es significativa. H1: La variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso es significativa.	Analizar la variación de la resistencia a la compresión de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso	Propiedades	Propiedad mecánica	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Población y muestra
	¿Cómo varía la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso?	H0: La variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso no es significativa. H1: La variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso es significativa.	Analizar la variación de la densidad de los adoquines peatonales con respecto al porcentaje de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso				Estará conformado por un total de 45 adoquines de 20 x 10 x 6 cm, utilizando el plástico PET en reemplazo del agregado grueso con los siguientes porcentajes: -6%de plástico PET reciclado (15 adoquines) -8%de plástico PET reciclado (15 adoquines) -10%de plástico PET
	¿Existe correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso?	H0: No existe correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso. H1: Si existe correlación entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso.	Evaluar la correlación existente entre la resistencia a la compresión y la densidad de los adoquines peatonales con diferentes porcentajes de plástico PET reciclado en reemplazo del agregado grueso				Métodos de análisis de investigación
	¿Cuál es la diferencia entre los valores obtenidos en el laboratorio con respecto a lo solicitado en la norma NTP 399.611?	No aplica	Comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con la norma NTP 399.611.				ANOVA unidireccional, Prueba de Tukey y Prueba de correlacion.

ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO



Confitillo 1/4"



Plástico PET reciclado picado



Arena



Cemento Portland



Aceite quemado



Molde de madera 20x10x6 cm



Mezclado de los materiales



Vaciado de la mezcla al molde



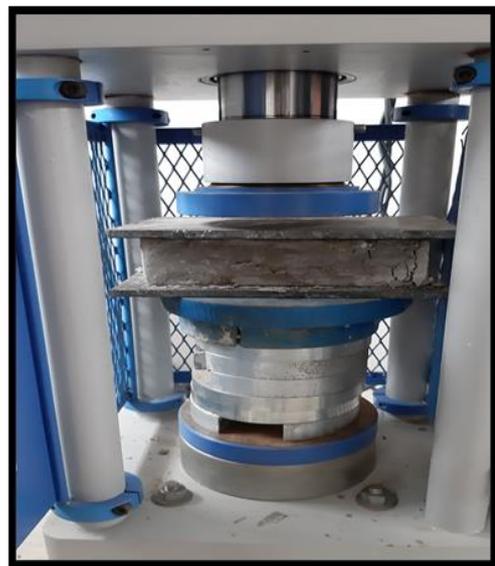
Probetas de 6%,8% y 10%



Pesado de un adoquín peatonal normal



Máquina de Resistencia a la Compresión



Prueba de resistencia de los adoquines con plástico PET reciclado

ANEXO 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS CON SPSS 25

ONEWAY Resistencia_Compresion BY Porcentaje_PET
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /PLOT MEANS
 /MISSING LISTWISE /POSTHOC=TUKEY ALPHA (0.05).

Unidireccional

Descriptivos

Resistencia_Compresion

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo
					Límite inferior	Límite superior	
6	15	321,40	3,680	,950	319,36	323,44	315
8	15	303,93	2,658	,686	302,46	305,41	299
10	15	271,00	2,478	,640	269,63	272,37	267
Total	45	298,78	21,333	3,180	292,37	305,19	267

Descriptivos

Resistencia_Compresion

	Máximo
6	325
8	309
10	275
Total	325

ANOVA

Resistencia_Compresion

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	19649,244	2	9824,622	1101,729	,000
Dentro de grupos	374,533	42	8,917		
Total	20023,778	44			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resistencia_Compresion

HSD Tukey

(I) Porcentaje_PET	(J) Porcentaje_PET	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de ... Límite inferior
6	8	17,467*	1,090	,000	14,82
	10	50,400*	1,090	,000	47,75
8	6	-17,467*	1,090	,000	-20,12
	10	32,933*	1,090	,000	30,28
10	6	-50,400*	1,090	,000	-53,05
	8	-32,933*	1,090	,000	-35,58

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resistencia_Compresion

HSD Tukey

(I) Porcentaje_PET	(J) Porcentaje_PET	Intervalo de ... Límite superior
6	8	20,12
	10	53,05
8	6	-14,82
	10	35,58
10	6	-47,75
	8	-30,28

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Resistencia_Compresion

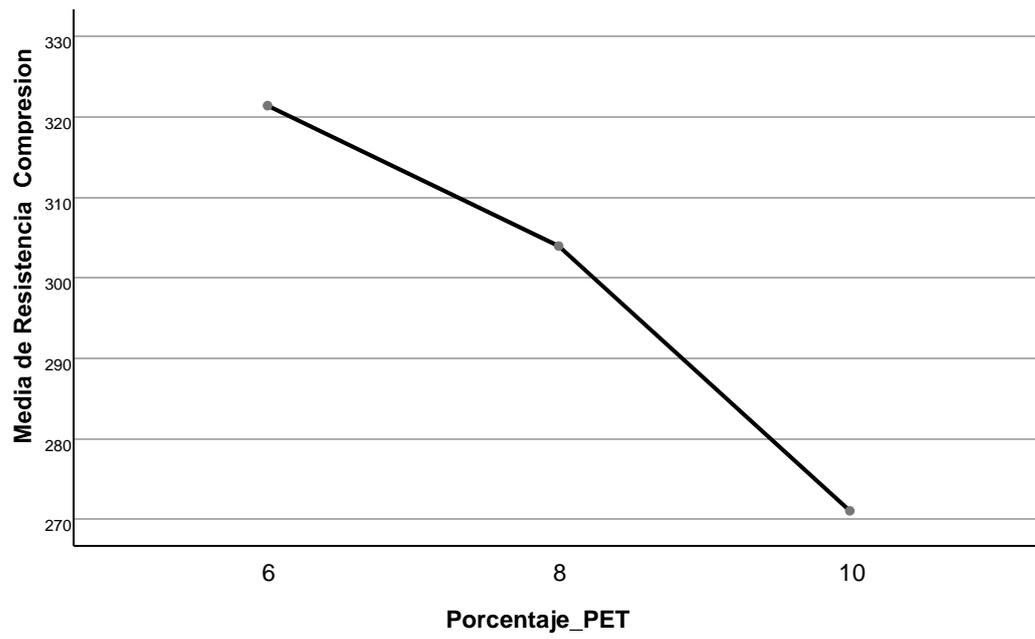
^a
HSD Tukey

Porcentaje_PET	N	Subconjunto para 0.05		
		1	2	3
10	15	271,00		
8	15		303,93	
6	15			321,40
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000

Gráficos de medias



```

ONEWAY Densidad BY Porcentaje_PET
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /PLOT MEANS
  /MISSING ANALYSIS   /POSTHOC=TUKEY ALPHA (0.05) .

```

Unidireccional

Descriptivos

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo
					Límite inferior	Límite superior	
6	15	2095,07	9,422	2,433	2089,85	2100,28	2077
8	15	2077,00	10,351	2,673	2071,27	2082,73	2060
10	15	2050,53	17,468	4,510	2040,86	2060,21	2025
Total	45	2074,20	22,394	3,338	2067,47	2080,93	2025

Descriptivos

Densidad	Máximo
6	2107
8	2100
10	2075
Total	2107

ANOVA

Densidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15050,533	2	7525,267	45,057	,000
Dentro de grupos	7014,667	42	167,016		
Total	22065,200	44			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Densidad

HSD Tukey

(I) Porcentaje_PET	(J) Porcentaje_PET	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de ... Límite inferior
6	8	18,067*	4,719	,001	6,60
	10	44,533*	4,719	,000	33,07
8	6	-18,067*	4,719	,001	-29,53
	10	26,467*	4,719	,000	15,00
10	6	-44,533*	4,719	,000	-56,00
	8	-26,467*	4,719	,000	-37,93

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Densidad

HSD Tukey

(I) Porcentaje PET	(J) Porcentaje PET	Intervalo de ... Límite superior
6	8	29,53
	10	56,00
8	6	-6,60
	10	37,93
10	6	-33,07
	8	-15,00

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Densidad

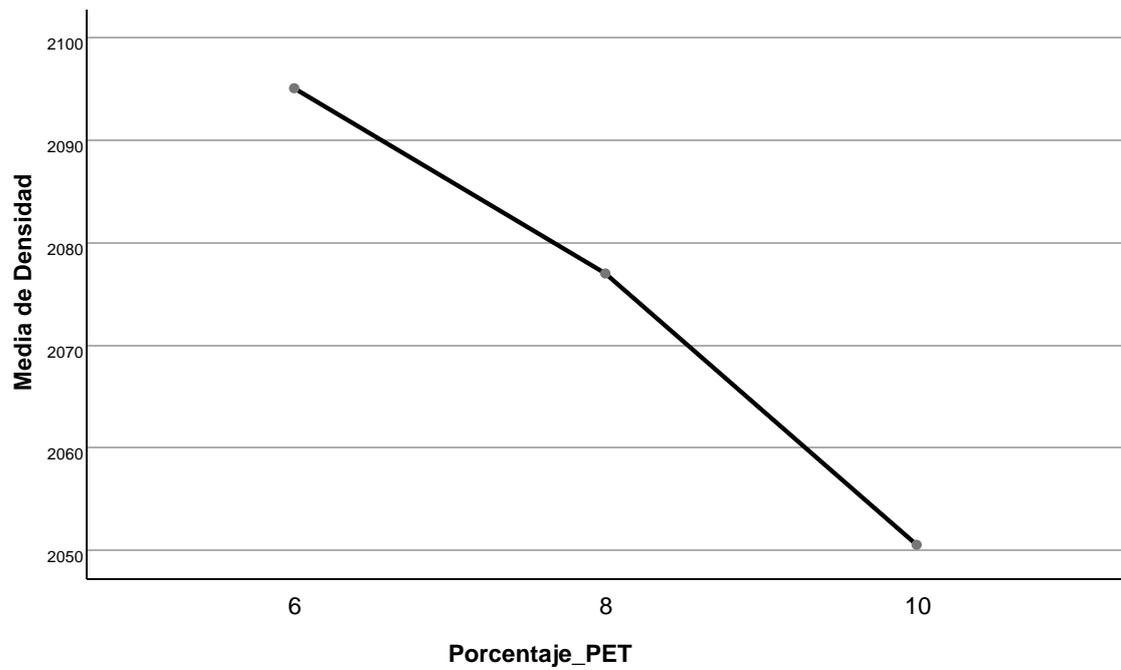
HSD Tukey^a

Porcentaje_PET	N	conjunto para 0.05		
		1	2	3
10	15	2050,53		
8	15		2077,00	
6	15			2095,07
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

Gráficos de medias



```

CORRELATIONS
/VARIABLES=Resistencia Compresión
Densidad
/PRINT=TWOTAIL NOSIG
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/MISSING=PAIRWISE.

```

Correlaciones

Estadísticos descriptivos

	Media	Desv. Desviación	N
Resistencia_Compresion	298,78	21,333	45
Densidad	2074,20	22,394	45

Correlaciones

		Resistencia_Co mpresion	Densidad
Resistencia_Compresion	Correlación de Pearson	1	,796**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	45	45
Densidad	Correlación de Pearson	,796**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	45	45

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

```

NONPAR CORR
/VARIABLES=Resistencia_Compresion
Densidad
/PRINT=SPEARMAN TWOTAIL NOSIG
/MISSING=PAIRWISE.

```

Correlaciones no paramétricas

Correlaciones

			Resistencia_Compresion	Densidad
Rho de Spearman	Resistencia_Compresion	Coeficiente de correlación	1,000	,762**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	45	45
	Densidad	Coeficiente de correlación	,762**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	45	45

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

ONEWAY Resistencia_Compresion BY Porcentaje_PET

/STATISTICS DESCRIPTIVES

/PLOT MEANS

/MISSING ANALYSIS /POSTHOC=TUKEY ALPHA (0.05).

Unidireccional

Descriptivos

Resistencia_Compresion

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo
					Límite inferior superior	Límite superior	
NTP	15	320,00	,000	,000	320,00	320,00	320
6	15	321,40	3,680	,950	319,36	323,44	315
8	15	303,93	2,658	,686	302,46	305,41	299
10	15	271,00	2,478	,640	269,63	272,37	267
Total	60	304,08	20,622	2,662	298,76	309,41	267

Descriptivos

Resistencia_Compresion

	Máximo
NTP	320
6	325
8	309
10	275
Total	325

ANOVA

Resistencia_Compresion

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	24716,050	3	8238,683	1231,843	,000
Dentro de grupos	374,533	56	6,688		
Total	25090,583	59			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resistencia_Compresion

HSD Tukey

	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de ... Límite inferior
NTP	6	-1,400	,944	,455	-3,90
	8	16,067*	,944	,000	13,57
	10	49,000*	,944	,000	46,50
6	NTP	1,400	,944	,455	-1,10
	8	17,467*	,944	,000	14,97
	10	50,400*	,944	,000	47,90
8	NTP	-16,067*	,944	,000	-18,57
	6	-17,467*	,944	,000	-19,97
	10	32,933*	,944	,000	30,43
10	NTP	-49,000*	,944	,000	-51,50
	6	-50,400*	,944	,000	-52,90
	8	-32,933*	,944	,000	-35,43

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resistencia_Compresion

HSD Tukey

(I) Porcentaje PET	(J) Porcentaje PET	Intervalo de ...
		Límite superior
NTP	6	1,10
	8	18,57
	10	51,50
6	NTP	3,90
	8	19,97
	10	52,90
8	NTP	-13,57
	6	-14,97
	10	35,43
10	NTP	-46,50
	6	-47,90
	8	-30,43

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Resistencia_Compresion

a^a

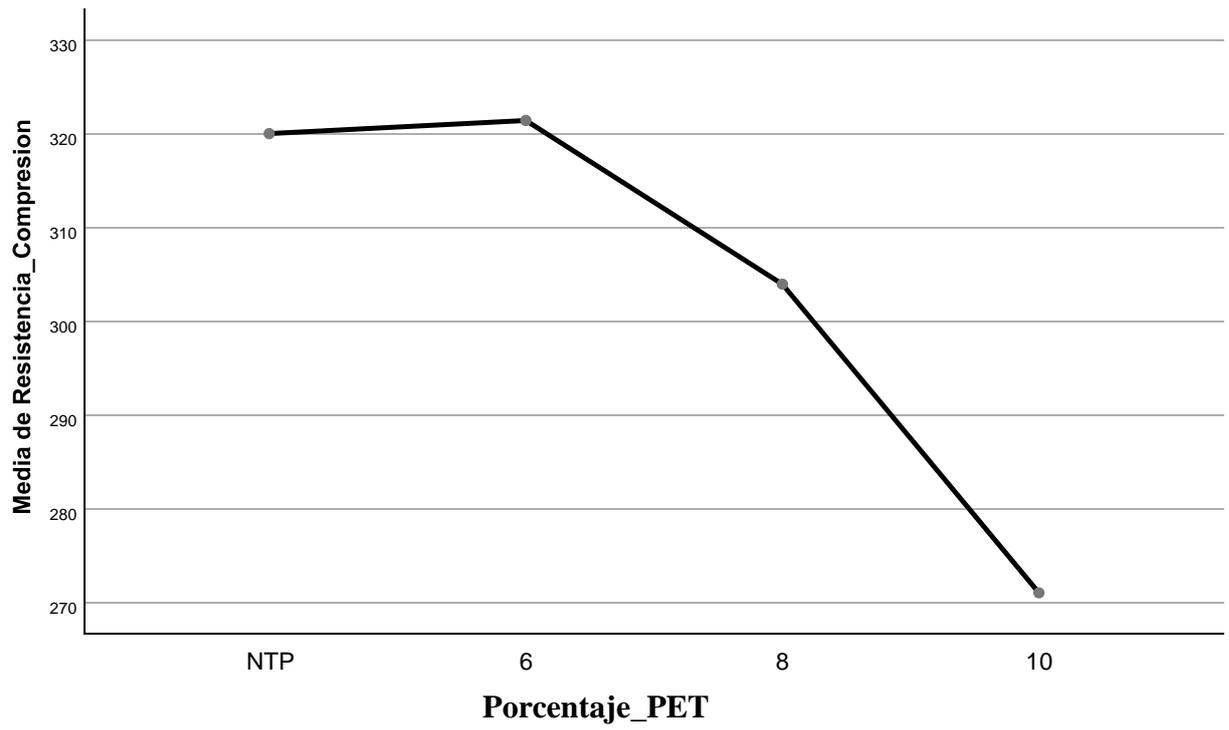
HSD Tukey

Porcentaje_PET	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
10	15	271,00		
8	15		303,93	
NTP	15			320,00
6	15			321,40
Sig.		1,000	1,000	,455

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

Gráficos de medias



ANEXO 4: RESULTADOS TURNITIN

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE PLÁSTICO PET RECICLADO EN REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS ADOQUINES PEATONALES

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	1library.co Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	www.efn.unc.edu.ar Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	biblioteca.mti.gob.ni:8080 Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.ucsp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
20	dspace.unitru.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

21

reinhardt707.wordpress.com

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

M. C. Rubio, A. Menéndez, F. Moreno, A. Belmonte, A. Ramírez. "Propiedades mecánicas de mezclas bituminosas en caliente fabricadas con áridos reciclados de residuos Silestone®", *Materiales de Construcción*, 2011

Publicación

<1 %

25

Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú

Trabajo del estudiante

<1 %

26

pesquisa.bvsalud.org

Fuente de Internet

<1 %

27

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

28

sotacuro97.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

29

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

www.cobiss.si

Fuente de Internet

<1 %

31

www.elagoradiario.com

Fuente de Internet

<1 %

32

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

33

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

34

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

35

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo