

UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAUCHO RECICLADO
ADICIONADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO
RÍGIDO

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTORES

Br. Acosta Arteaga, Kevin Obed

Br. Acosta Arteaga, Darlyn David

ASESOR(A)

Mg. Alva Reyes, Luis Alberto

LINEA DE INVESTIGACION

Vivienda, saneamiento y transporte

TRUJILLO-PERU

2022



Acta de Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis para obtener la Titulación Profesional

En la ciudad de Trujillo, a los 30 días del mes de abril del 2022, siendo las 07:15 horas se reunieron los miembros del Jurado designado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para evaluar la tesis de Titulación Profesional en

INGENIERIA 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: ACOSTA ARTEAGA DARLYN DAVID
(Apellidos y Nombres)

quien desarrolló la Tesis Titulada:

“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAUCHO RECICLADO ADICIONADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO”

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 DIECISIETE 17
(Letras) (Números)

Siendo las 08:10 horas concluyó la sesión, firmando los miembros del Jurado.

Presidente: Mg. Ing. Fernando Aristides Saldaña Milla
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



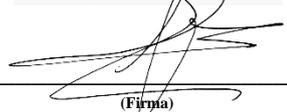
(Firma)

Secretario: Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

Vocal: Mg. Ing. Luis Alberto Alva Reyes
(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



Acta de Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis para obtener la Titulación Profesional

En la ciudad de Trujillo, a los 30 días del mes de abril del 2022, siendo las 07:15 horas se reunieron los miembros del Jurado designado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para evaluar la tesis de Titulación Profesional en

INGENIERIA 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: ACOSTA ARTEAGA KEVIN OBED
(Apellidos y Nombres)

quien desarrolló la Tesis Titulada:

“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAUCHO RECICLADO ADICIONADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO”

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 DIECISIETE 17
(Letras) (Números)

Siendo las 08:10 horas concluyó la sesión, firmando los miembros del Jurado.

Presidente: Mg. Ing. Fernando Aristides Saldaña Milla
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

Secretario: Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

Vocal: Mg. Ing. Luis Alberto Alva Reyes
(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 02 de mayo del 2022

A: Mg. Breitner Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Nombres y apellidos de cada investigador(a):

Yo Nosotros (as) X

Br. Acosta Arteaga, Kevin Obed

Br. Acosta Arteaga, Darlyn David

Autor (es) de la investigación titulada:

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAUCHO RECICLADO ADICIONADO
SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO

Sustentada y aprobada el 30 de abril del 2022 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 Acceso	Descripción del Acceso	Marcar con acceso
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	<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"/>

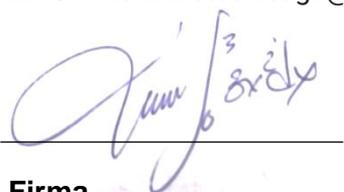
Datos del investigador (a)

Nombres y Apellidos: Darlyn David Acosta Arteaga

DNI: 72358443

Teléfono celular: 918852422

Email: daracostaarteaga@gmail.com



Firma

Datos del investigador (a)

Nombres y Apellidos: Kevin Obed Acosta Arteaga

DNI: 75844324

Teléfono celular: 986338202

Email: kevin25aa@gmail.com



Firma

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

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

Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

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

Rector

Dra. Silvia Valverde Zavaleta

Vicerrectora Académica

Dr. Carlos Alfredo Cerna Muñoz PhD.

Vicerrector de Investigación

Mg. Breitner Díaz Rodríguez

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 caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido” desarrollada por los bachilleres Acosta Arteaga Kevin Obed y Acosta Arteaga Darlyn David con DNI N° 75844324 y DNI N° 72358443 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

PAGINA DE JURADO



Mg. Fernando Arístides Saldaña Milla

PRESIDENTE



Mg. John Piter Bejarano Guevara

SECRETARIO



Mg. Luis Alberto Alva Reyes

VOCAL

DEDICATORIA

*A Dios, por darme salud y cuidar de mí, todos los días, a
toda mi familia por creer en mí y darme su apoyo
incondicional para lograr mi meta.*

Kevin Obed Acosta Arteaga

Autor

DEDICATORIA

A Yahvé, Dios de Paz, quién tuvo misericordia de este ente; a mis progenitores y hermanos, quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera.

Darlyn David Acosta Arteaga

Autor

AGRADECIMIENTO

*A Dios por habernos dado la vida y cuidar de nosotros cada día, durante
nuestra etapa de formación académica*

*a la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI; y a todo el personal
administrativo y docente quienes hacen de esta institución siga creciendo y sirviendo
a la sociedad y en especial al nuestro asesor Mg. Luis Alberto Alva Reyes por el
apoyo diario en el desarrollo de nuestra meta.*

*a nuestra familia; por su apoyo diario y constante para lograr este paso
importante en nuestra formación profesional.*

*a nuestros amigo y compañeros con quienes compartimos conocimiento y
experiencias en el trayecto de nuestra formación académica.*

Los Autores

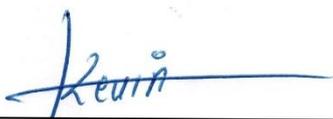
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Acosta Arteaga Kevin Obed con DNI 75844324 y Acosta Arteaga Darlyn David con DNI 72358443, egresados del Programa de Estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: “Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido”, el cual consta de un total de 71 páginas, en las que se incluye 13 tablas y 21 figuras, más un total de 24 páginas en apéndices y/o anexos.

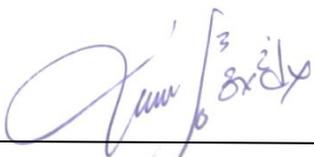
Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos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

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 14%, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

Los autores



DNI 75844324



DNI 72358443

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	2
APROBACION DEL ASESOR	3
PAGINA DE JURADO	4
DEDICATORIA.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO	7
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	8
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema General.....	16
1.2.2. Problemas Específicos.....	16
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo General	17
1.3.2. Objetivos Específicos	17
1.4. Justificación de la investigación	17
MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.2. Bases teórico-científicas	27
2.2.1. Concreto hidráulico.....	27
2.2.1.1. Partes de la mezcla	28
2.2.2. Caucho sintético	31
2.3. Definición de términos básicos.....	45
2.4. Formulación de hipótesis	46
2.4.1. Hipótesis general	46
2.4.2. Hipótesis específicas	47
2.5. Operacionalización de variables	47
CAPITULO III	49
METODOLOGIA	49
3.1. Tipo de investigación.....	49
3.2. Método de investigación.....	49
3.3. Diseño de investigación	49
3.4. Población y muestra	49
3.4.1. Población.....	49
3.4.2. Muestra.....	50
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
3.6. Métodos y técnicas de recolección de datos	50
3.7. Ética investigativa.....	52
CAPITULO IV.....	53
RESULTADOS.....	53
4.1. Presentación y análisis de resultados	53
4.1.1. Análisis de la variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	53

4.1.2.	Análisis de la variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	55
4.1.3.	Análisis de la variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	57
4.1.4.	Determinación del porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido.	58
4.1.5.	Determinación de la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido	59
4.2.	Prueba de hipótesis.....	60
4.2.1.	Análisis de la variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	60
4.2.2.	Análisis de la variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	62
4.2.3.	Análisis de la variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	63
4.2.4.	Determinación del porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido.	64
4.2.5.	Determinación de la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido	64
4.3.	Discusión de resultados	66
CAPITULO V		67
CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....		67
5.1.	Conclusiones.....	67
5.2.	Sugerencias	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Prueba Slump en el concreto.....	26
Figura 02: Características del cemento.....	28
Figura 03: Hormigón para concreto.....	29
Figura 04: Características del agua.....	30
Figura 05: Tendencia de demanda mundial de caucho para fabricación de llantas y generación de desperdicios de caucho proveniente de LLFU en la UE	31
Figura 06: Estructura y aprovechamiento petrolífero de los neumáticos	32
Figura 07: Estructura de la llanta.....	33
Figura 08: Protección contra desfiguraciones duraderas	35
Figura 09: Profundidad de huellas frente a tasa de GCR.....	35
Figura 10: Esquema de reutilización del caucho	36
Figura 11: Técnicas de mezcla seca	40
Figura 12: Técnicas de mezcla húmeda.....	41
Figura 13: Diagrama de flujo del proceso	51
Figura 14: Variación de la densidad de pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado	54
Figura 15: Variación de la resistencia a la compresión de pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado	56
Figura 16: Variación de la absorción de pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado.....	58
Figura 17: Porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido.....	59
Figura 18: Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido	60
Figura 19: Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre la densidad de pavimentos rígidos.....	64
Figura 20: Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre la resistencia a la compresión de pavimentos rígidos	65
Figura 21: Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre la absorción de pavimentos rígidos.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Características principales de GCR	34
Tabla 02: Clases de mezcla caliente de asfalto.....	42
Tabla 03: Creación común de cemento de asfalto para mezclas ordinarias	43
Tabla 04: Información esencial para las pruebas de mezcla de asfalto	43
Tabla 05: Operacionalización de variables.....	47
Tabla 06: Densidad de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.....	52
Tabla 07: Resistencia a la compresión de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.....	55
Tabla 08: Absorción de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.....	57
Tabla 09: ANOVA para la densidad de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.....	61
Tabla 10: Prueba de Tukey (medias) para la densidad de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.....	61
Tabla 11: ANOVA para la resistencia a la compresión de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.....	62
Tabla 12: Prueba de Tukey (medias) para la resistencia a la compresión de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	62
Tabla 13: ANOVA para la absorción de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.....	63
Tabla 14: Prueba de Tukey (medias) para la absorción de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.....	63

RESUMEN

La presente investigación buscó determinar la influencia del porcentaje caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido. Para cumplir este objetivo se elaboraron probetas con un diseño de mezcla para alcanzar un f^c de 280 kg/cm², fueron 60 probetas en total, las cuales se separaron en cuatro grupos de 15, cada uno con diferente porcentaje de caucho reciclado adicionado (0, 5, 10 y 15%). Posteriormente se procedió al curado en agua por 28 días, pesado y rotura con ayuda de una prensa hidráulica, así como determinar la absorción del pavimento rígido.

Los resultados fueron procesados mediante el Análisis de Varianza unidireccional, así como la post prueba de Tukey, llegando a la conclusión que existe una influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido, teniendo que presenta conforme aumenta el porcentaje de caucho reciclado adicionado, las propiedades del pavimento rígido decrecen, siendo esto favorable en el caso de la densidad y absorción (diferencia despreciable entre los grupos evaluados) y para la resistencia a la compresión si se observa un pico de 5%, este es el porcentaje ideal de caucho a adicionar ya que mejora todas las propiedades evaluadas.

Palabras clave: caucho reciclado adicionado, concreto, pavimento rígido, resistencia a la compresión, absorción, densidad

ABSTRACT

The present investigation sought to determine the influence of the percentage of recycled rubber added on the properties of a rigid pavement. To meet this objective, specimens were made with a mix design to achieve an f_c of 280 kg/cm², there were 60 specimens in total, which were separated into four groups of 15, each with a different percentage of recycled rubber added (0, 5, 10 and 15%). Subsequently, it was cured in water for 28 days, weighed and broken with the help of a hydraulic press, as well as determining the absorption of the rigid pavement.

The results were processed through the unidirectional Analysis of Variance, as well as the Tukey post test, reaching the conclusion that there is an influence of the percentage of recycled rubber added on the properties of a rigid pavement, having that it presents as the percentage of rubber increases. added recycling, the properties of the rigid pavement decrease, this being favorable in the case of density and absorption (negligible difference between the groups evaluated) and for the compressive strength if a peak of 5% is observed, this is the ideal percentage of rubber to add since it improves all the properties evaluated.

Keywords: added recycled rubber, concrete, rigid pavement, compressive strength, absorption, density

CAPITULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial existe una gran demanda de los neumáticos, pues todas las ruedas de los vehículos están fabricadas de caucho sintético. Debido a esto los porcentajes de desechos aumentan año tras año. De acuerdo a (Campoamor, 2016), a pesar de que en cada país hay compañías encargadas del reciclaje de las llantas que se fabrican nacionalmente, en general estas mismas empresas no facilitan el tratamiento de estos residuos; debido a que mientras más llantas existan en el mercado, su valor disminuirá y menores ingresos obtendrán de su gestión, y por esta razón muchos neumáticos paran en las calles y en botaderos informales, provocando así un nivel alto de contaminación.

Por ejemplo, Colombia fabrica 110,000 toneladas de llantas utilizadas cada año, 33% de ellas en Bogotá; eliminar estos desechos se ha convertido en una tarea excepcionalmente problemática, el almacenamiento constante de estos componentes se ha sumado a la introducción de roedores e insectos, la quema impredecible de neumáticos ha provocado a los seres vivos en el clima a infecciones, la transmisión de estos gases venenosos se descomponen a el sistema biológico y causan inconvenientes ecológicos, una realidad curiosa sobre la contaminación, es la expansión de los mosquitos, que contagian por sus picadas: dengue, fiebre y encefalitis, que llega a hacer hasta múltiples veces su generación en llantas que contienen agua rancia en hábitat común. (Campagnoli S. , 2016)

Es en este sentido que se estableció una medida en Europa, donde desde 2006 la orden europea restringe el almacenamiento de neumáticos en container, lo que potenciaba la contaminación del aire, la contaminación, la multiplicación de criaturas rastreras y bichos contagiosos. Otro enfoque para ofrecer utilidad a estos materiales o también llamados neumáticos al final de su vida útil (NFU) es mediante el rencauchado para darle al neumático una vida más valiosa, otra opción es que una enorme pieza de este material se destine al negocio de fundición u otros relacionados para producir una fuente de energía, también se considera como combustibles para otros ensamblajes. (Campaña & Galeas, 2015)

De igual manera en España, su administración extiende que para el 2021 se fabricarán más de 300.000 toneladas de cauchos, debido a la expansión popular para los vehículos, por eso es imperativo conocer y desarrollar mejores enfoques para hacerlos útiles, no solo el área de las llantas, está relacionado con la fabricación de numerosos materiales inagotables que acaban de completar su ciclo de vida, por eso intentamos sacar a la luz los problemas entre la población mediante la difusión de programas de promoción sustentables en cada organización: en las universidades, escuelas, establecimientos, enfoques laborales, en las casas, en la red, en consecuencia, la reutilización de neumáticos usados y elásticos expresa otra opción práctica, con respecto a las cualidades de sus propiedades: el neumático tiene maleabilidad y flexibilidad.

En el Perú este problema es más latente, debido a que existen pocas empresas que se dedican al reciclado de neumáticos y solamente se encuentran en Lima y Arequipa, de esta manera, viendo la situación de la ciudad del Trujillo, se puede ver que esta no cuenta con empresas que se dediquen formalmente a la disposición de neumáticos, por lo que la población está acostumbrada a arrojar a estos en los botaderos de basura.

Por todo lo anterior, esta investigación busca disponer de los neumáticos no solo para la fabricación de concreto rígido debido al alto nivel de deformación y capacidad de carga que estos presentan, esto se logrará adicionando caucho reciclado al concreto rígido en diversos porcentajes.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Existe variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado?

- ¿Existe variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado?
- ¿Existe variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado?
- ¿Cuál es el porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado
- Analizar la variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado
- Analizar la variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado
- Determinar el porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Teórica

La actual ineficiencia en la disposición final de los neumáticos usados hace que se necesite de una solución rápida, la cual se lleve a la práctica y no solo quede en teoría o simples investigaciones, como se propone en este trabajo.

1.4.2. Justificación Metodológica

Esta investigación presenta una justificación práctica, al analizar la comparación de un concreto rígido y sus propiedades físicas y buscar sus aplicaciones, y ser utilizada por cualquier empresa o gobierno municipal de tal manera que a presente investigación también espera servir como base a otras investigaciones similares.

1.4.3. Justificación Socio – Ambiental

Por otro lado, la relevancia de este estudio se centra en dar solución definitiva al uso de los neumáticos usados y promover el cuidado del medio ambiente, haciendo énfasis en la ingeniería eco amigable.

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de la investigación

(Yunchao, 2021), en su artículo de investigación científica “Propiedades de compresión del cemento caucho elástico reutilizado expuesto a temperaturas elevadas”, exponen lo siguiente: Con el avance de la mantenibilidad de bajas emisiones de carbono, la reutilización de residuos de hormigón y neumáticos para crear cemento total reutilizado alterado elásticamente (RRAC) se ha convertido en algo básico. Las propiedades de compresión de RRAC después de la apertura a temperaturas elevadas fueron exploradas en esta revisión. Se consideraron la flexión de la presión, la resistencia a la compresión, la ejecución de la distorsión y la oposición a la voladura de las pruebas de RRAC con sustancia elástica de 0%, 4% y 9% después de la apertura a 20, 200, 400 y 600 °C durante 60 minutos. Además, se eligió una condición solitaria para la flexión de presión de RRAC y se contrastó con los resultados de las pruebas. Los resultados propusieron que la expansión de las partículas elásticas podía disminuir en conjunto la desgracia de la masa, trabajar en las resistencias generales a la compresión, e incrementar las tensiones de decepción del hormigón reutilizado. Cuando la sustancia elástica era enorme, se formaban poros adicionales después de la licuefacción elástica, lo que provocaba una mayor porosidad en el ejemplo. En el ínterin, el diseño interior resultó ser exorbitantemente libre, lo que provocó una disminución de la resistencia. A la luz de los resultados obtenidos, se sugiere el uso de una sustancia elástica del 4% en la RRAC.

(Mostafa, 2020), en su artículo de investigación científica “Examen de prueba y expectativa relativa de IA de la conducta solidaria del cemento elástico reutilizado avanzado”, exponen lo siguiente: En el presente trabajo, el plan de compuesto sustancial elástico avanzado que contiene seethe de sílice (SF) y zeolita (ZE) se intentó utilizando la escritura, y las propiedades fueron encuestados (NDT) estrategias. Para racionalizar el compuesto de hormigón tratado con caucho, se consideró el compromiso ideal entre la resistencia a la compresión como nivel fundamental encabezado y la sustancia elástica, al igual que las partes ideales de los aditivos. Las pruebas primarias, incluyendo la utilidad, la

resistencia a la compresión, el módulo versátil, y las pruebas de ultrasonido se completaron para encuestar completamente los impactos de la elástica, ZE, SF, el alivio, y la edad en la conducta compuesta tratada con caucho. Las velocidades de onda esenciales y opcionales, por ejemplo, V_p y no fijadas en piedra de la prueba ultrasónica para describir varias mezclas. Se analizaron los resultados del módulo estático adquiridos de NDT, y se descubrió que los resultados de NDT estaban en excelente concurrencia con los de los resultados de las pruebas ruinosas. Además, se contrastaron las potentes velocidades de las ondas de presión y cizallamiento (V_p , V_s) que se ajustan a la ASTM y las evaluadas a partir de seis conexiones distintas, incluidas las conexiones BS, EN y ACI, junto con otras condiciones notables accesibles en el escrito. Para prever las resistencias a compresión del compuesto de hormigón tratado con caucho como componente de los factores de afectación, se realizó una demostración relativa completa y se crearon modelos prescientes distintivos utilizando recaídas y métodos de IA (ML), por ejemplo, recaída multivariable no lineal (NMVR), organización neuronal artificial (ANN), programación hereditaria (GP), marco de deducción neuro-fluvial versátil (ANFIS), y máquina de vectores de respaldo (SVM). Se determinaron los detalles de la estructura de cierre para los modelos NMVR, ANN y GP, y se realizó una revisión paramétrica para los modelos ML. Las medidas de ejecución, por ejemplo, la raíz del error medio cuadrado (RMSE), el error medio de la tasa de error (MAPE) y el coeficiente de seguridad (R^2) se utilizaron para analizar la exposición de los modelos. Se descubrió que la SVM superó a otros modelos con el R^2 más notable y el RMSE menos equivalente a 0,989 y 1,393, por separado.

(Habid, 2020), en su artículo de investigación científica “Efecto de las temperaturas elevadas en la presentación primaria del cemento elástico reutilizado: Visualización experimental y numérica”, exponen lo siguiente: Para disminuir el daño provocado por la eliminación de materiales no biodegradables como el elástico en el clima, una técnica es utilizar el elástico como sustituto de los materiales normales en el hormigón. No obstante, existe una extraordinaria necesidad de examinar las propiedades mecánicas de este nuevo hormigón, conocido como cemento elástico reutilizado (RRC). Por lo tanto, esta revisión se esforzó por investigar la presentación de RRC que contiene total elástico reutilizado (RRA), suplantando el total fino en un 5, 10, 15 y 20%, bajo altas temperaturas de 200, 400, 600 y 800 °C. Por esta razón, se investigaron las propiedades físico-mecánicas de los RRC en forma de barril, en particular la resistencia a la flexión y a la compresión, el módulo de

versatilidad, la conducta de deformación de la presión de compresión, la firmeza, la deformación superior y la reducción de peso, al igual que la apariencia, después de la apertura al calor. Los resultados muestran un eminente desmoronamiento de los atributos físico-mecánicos de los ejemplos sustanciales como la temperatura ampliada. Además, la reacción al calor de los ejemplos hechos con RRA fue generalmente como la del hormigón de referencia (RC). Mientras tanto, en los ejemplos calentados, a medida que la resistencia persistente disminuía con la expansión de la temperatura, la linealidad de la rama ascendente se expandía, y la rama deslizante se volvía complementaria. Así, se propuso una progresión de modelos de observación para captar los atributos mecánicos del cemento, y se completó una yuxtaposición entre los resultados extraídos de esta revisión y los previstos dependientes de los códigos ASCE, ACI 216, CEB-FIP 1990 y EN 1992. Finalmente, se creó un modelo de deformación por presión para adquirir una condición de observación adecuada para prever los atributos del RRC bajo calor, que mostró una consistencia completa con los resultados de las pruebas.

(Ruijun, 2019), en su artículo de investigación científica “Evaluación de las microfisuras en la zona de cambio interfacial del cemento elástico reutilizado”, exponen lo siguiente: Este trabajo se centra en la posibilidad de reutilizar totales elásticos de neumáticos de desecho en el hormigón reutilizado. La exposición de la zona de cambio de interfaz (ITZ) es un factor clave que influye en las propiedades mecánicas y la robustez del cemento. Se consideró el impacto del tamaño de la molécula elástica (5-10, 10-20, 20-50 y 50-90 de sección transversal) y la parte de volumen del total elástico (0, 10 y 20%) en la ITZ de las colas de hormigón normal y total elástico. Se utilizó la microscopía electrónica de filtrado para notar la microestructura del cemento elástico reutilizado y restaurado a temperatura constante y pegado durante 28 días. Además, se evaluó el tamaño de las microfisuras en la región ITZ. Los resultados mostraron que la anchura de rotura de la ZIT entre el cemento elástico y el cemento cola (ZIT-R) y entre el cemento cola total y el cemento cola (ZIT-S) mostraron diseños de variedad comparables. La expansión del polvo elástico de sección transversal 50-90 desarrolló aún más el diseño de rotura miniatura de la ITZ del cemento elástico. La ampliación de la sustancia elástica y el tamaño de la molécula también ampliaron la anchura de la microfisura de ITZ. El tamaño del total elástico fue el factor clave que influyó en la anchura de rotura de ITZ. Por último, la expansión del elástico dificultó el nivel

de hidratación del hormigón, disminuyó la disposición de los elementos de hidratación en ITZ e influyó significativamente en ITZ-R.

(Qi, 2019), en su artículo de investigación científica “Pronóstico sobre el avance del daño de la reutilización del caucho elástico utilizando la conexión cuantitativa de la visión de la información”, exponen lo siguiente: Para representar la mejora de las propiedades mecánicas para el cemento elástico de morsel reutilizado (RCRC) bajo presión uniaxial y prueba de resistencia a la flexión exhaustivamente, tres reuniones de ejemplo RCRC que cubren la sustancia de total elástico de 10% a 30% y una reunión de ejemplo de cemento ordinario (NC) estaban listos. Los resultados de las pruebas presentan el impacto reconocido del contenido de molécula elástica en la resistencia a la compresión uniaxial y el modo de decepción. Entonces, en ese punto, la mejora de las propiedades de robustez se mostró de forma innata a través de la diferencia en el archivo denominado proporción de la solidaridad de flexión a la de compresión (R_{f-c}). Al mismo tiempo, se desarrolló un modelo matemático mesoscópico sobre el total arbitrario de RCRC y se aprobó mediante la correlación de los resultados de la recreación del daño con las pruebas de entrada. Además, el instrumento de la mejora de la flexibilidad para RCRC se divulga hacia fuera y la expectativa en el avance del daño se descubre de manera cuantitativa por un sistema inteligente de la relación cuantitativa de la visión de la nube (QCIC) en vista de la investigación 2D. De este modo, la ley comparable se establece mediante una QCIC ampliada en 3D denominada técnica de recopilación de daños volumétricos (VDAM). Posteriormente, se establece por encima y más allá de la investigación de vanguardia sobre las propiedades mecánicas de RCRC, que podría avanzar la utilidad del plan ideal para este material biológico en el diseño estructural.

(Abdelmonem, 2019), en su artículo de investigación científica “Ejecución del hormigón de alta resistencia que contiene caucho reutilizado”, exponen lo siguiente:

Reutilización y Utilización de residuos elásticos como una sustitución de total normal en el hormigón es un prometedor inofensivo para el arreglo del ecosistema. El objetivo de esta revisión es evaluar la exhibición de alta resistencia sustancial donde el elástico reutilizado suple un poco el total fino. Se crearon cuatro mezclas distintivas en las que el elástico reutilizado suplantó en cierta medida al total fino en un 0%, 10%, 20% y 30% del volumen. Se evaluaron la caída, la resistencia a la compresión, la elasticidad, la resistencia a la flexión,

el grosor, la oposición al punto raspado, el impacto del agua de mar en el cemento tratado con caucho, la obstrucción del balanceo y el examen microestructural. Las mezclas de cemento tratadas con caucho mostraron una gran funcionalidad y un grosor marginalmente inferior al de la mezcla de control. Se observó una disminución deliberada de prácticamente hasta la mitad en la resistencia a la compresión, maleabilidad y flexión con la ampliación de la sustancia elástica hasta el 30%. Se adquirió una menor obstrucción del punto raspado con la expansión de la sustancia elástica. Las mezclas de cemento tratadas con caucho mostraron un comportamiento adecuado en el agua de mar. Las mezclas de cemento tratadas con caucho también hicieron una aparición a la obstrucción de efecto 83% más alta contrastada con la mezcla de control. Los descubrimientos de esta revisión dan una idea del impacto de la expansión del elástico reutilizado en el cemento de alta resistencia.

(Alarcón, 2019), presento la tesis: “Análisis Comparativo De La Magnitud De Las Características Físico Mecánicas Y Costo De Materiales De Un Concreto Con Adición De Viruta De Caucho Reciclado En Porcentajes De 5, 7.5 Y 10% Del Agregado Fino, Ciudad Del Cusco; Respecto Al Concreto Patrón De $f'c=210\text{kg/Cm}^2$ ”; en la Universidad Andina del Cusco para optar el título profesional de Ing. Civil, la población está compuesta por la fabricación de briquetas sustanciales estándar y cemento con expansión de virutas de caucho elásticas en tasas de 5, 7,5 y 10% del total fino sometido a diversas pruebas, introduciendo un enfoque cuantitativo, gráfico, teórico deductivo, encontrando como fin: muy bien puede valorarse que la curva de avance de la protección de la presión del sustancial con expansión al 5% de virutas elásticas, en contraste con el sustancial con expansión al 7.5 y 10%, lleva después de la del hormigón estándar y, además, las cualidades físico-mecánicas y el gasto de materiales se alteran marginalmente de forma negativa, en absoluto como el peso unitario, que se cambia bien. La expansión de las virutas elásticas en la tasa propuesta para la creación de cemento es acertada.

(Fernández, 2019), presentó la tesis: “Estudio De Un Asfalto Con Adición De Caucho De Neumático Reciclado Como Polímero Base, Chachapoyas – Amazonas – 2017”, en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas para graduarse como Ingeniero Civil, en la población de la ciudad de Chachapoyas, presentando un diseño de tipo experimental, usando la técnica de la observación y el análisis documental, hallando como conclusión: La expansión de los cauchos de los neumáticos reutilizados asfálticos PEN

60/70 bajo estados similares de ensamblaje de las mezclas de asfalto muestra que cuanto menor es el nivel de cauchos en la mezcla, más suave se vuelve el pavimento flexible, y cuanto mayor es el nivel de cauchos en la mezcla, más rígido se vuelve el pavimento asfáltico. De las mezclas de asfalto entregadas para el examen, se detectó que dos no cumplían con las determinaciones especializadas para pavimentos alterados por cauchos, conteniendo un 20% de cauchos, creados a 160 °C y 180 °C.

(Redin, 2018), presentaron la tesis: “Estudio De Las Propiedades Mecánicas Del Concreto 210kg/Cm², Con Granulado De Caucho Reciclado En Reemplazo Parcial Del Agregado Fino De Cunyac”; en la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco para postular al grado de Ing. Civil, la población está constituida por seis clases de mezclas, en primer lugar sin la expansión del grano de cauchos, la segunda suplantando el 5% del Cunyac total fino por una suma similar en volumen de gránulos de cauchos reutilizados, las sucesivas combinaciones de forma similar pero con tasas de sustitución del 10%, 15%, 20% y 25% por separado, elaborando 90 probetas para cada clase de combinación, introduciendo un procedimiento correlacional y aplicado, encontrando como fin que la resistencia a la compresión con la expansión de los cauchos en la combinación disminuye, teniendo mejor conducta las probetas con menos nivel de sustitución de los cauchos, de esta manera se halló el nivel de gránulos de cauchos reutilizados ideal en el hormigón que resulta ser alrededor del 13.9%.

(Schilling, 2018), trató de alterar un pegamento de asfalto utilizando polvo de caucho reutilizado, a través de la técnica húmeda, para descomponer los ajustes en sus atributos reológicos, su obstrucción en condiciones específicas y la posibilidad de utilizar esta estrategia. Tomando como una especie de perspectiva la exploración completada, se ve que la utilización de elásticos es considerada y aplicada en unas pocas naciones, demostrando diversas sutilezas respecto a los sistemas que se hicieron, donde todos coinciden en que esta innovación es una prometedora otra natural, financiera y ecológica. opción. su conducta a los especialistas externos debido a la variedad segura de sus propiedades mecánicas. Se prescribe investigar a nivel nacional, con el punto de producir un manual para el cambio de pegamentos con cauchos, además de crear las bases de los sistemas a seguir, sin perjuicio de ponderar la base y cualidades más extremas a cumplir. En la práctica, simultáneamente se

recomienda el control de los laboratorios donde se dotarán las pruebas, para encontrar la presentación de esta innovación en el campo, con el clima y los atributos de carga.

(Ballén, 2017), presentaron la tesis: “Estudio Para Caracterizar Una Mezcla De Concreto Con Caucho Reciclado En Un 5% En Peso Comparado Con Una Mezcla De Concreto Tradicional De 3500 Psi”, en la Universidad Católica De Colombia para postular al grado de Ingeniero Civil, en la capital colombiana de Bogotá, en el método descriptivo y experimental, hallando como conclusión: Con los ensayos de las resistencias a la compresión la reducción fue significativa con respecto al hormigón habitual, esto producido por la porosidad que se inicia en los ejemplos con la expansión de los cauchos reutilizados, no obstante la baja adherencia que existe entre el cemento y los cauchos, estos últimos, debido a su baja retención de agua no se entrelazan lo suficiente a la combinación en estado nuevo. Es importante destacar que los cauchos pueden encontrar extraordinarias distorsiones versátiles antes de colapsar, en otras palabras, se desfigura considerablemente más que el cemento que lo engloba. La elasticidad fue igualmente influenciada por el reemplazo del elástico reutilizado, sin embargo, a los 28 días de edad estaba recuperando su rigidez, es concebible que las muestras fomenten significativamente más fuerza a edades de alivio posteriores a esta, También se debe referenciar que la mezcla con un mayor nivel de los cauchos gruesos da mejores cualidades al hormigón e incluso trabajan en la adherencia entre el cemento y los cauchos. Esta conducta se introdujo justo ahora que las roturas ocurrieron al aplicar carga a las muestras, las cuales no se separaron debido a las propiedades de flexibilidad de los cauchos y su límite de asimilación energética.

(Huachua, 2017), presento la tesis “Comportamiento Físico Mecánico Del Concreto Hidráulico Adicionado Con Caucho Reciclado”, en la Universidad Nacional De Cajamarca para postular al grado de Ingeniero Civil, en la ciudad de Cajamarca, en la configuración del ensayo, utilizando la técnica de percepción, se observa que el cemento estándar logra un avance del 70% y del 80% de la última resistencia a los 7 y 14 días por separado; mientras que para edades similares el hormigón con la sustitución del 10% del total fino por partículas de cauchos reutilizados adquiere una variedad del 8,74% de la oposición obtenida a los 28 días. De ello se deduce que el hormigón creado con la sustitución del 10% del árido fino por las partículas de cauchos reciclados no presentan una variedad realmente aparente en las

resistencias a la compresión del hormigón estándar, a diferencia de la sustitución de las tasas del 15 y el 20%, pero esto no garantiza que el patrón se mantenga a las 28 jornadas.

(Verdezoto, 2016), Tras probar los ejemplos de pista tradicional, con un 5% de caucho reutilizado y otro con un 10%. Lo que no ocurrió con la mezcla que tiene un 10% de material caucho y que no cumple con los requisitos previos de configuración. Es concebible que sea debido a la abundancia del nivel de caucho que hace que la mezcla sea inadecuadamente pegajosa y duradera, y que el agregado no se pegue al adherente, esto hace que el agregado permanezca libre en la combinación compactada, posteriormente, la confiabilidad es baja y su nivel de huecos es alto, en ese punto tendríamos un asfalto débil para las condiciones circundantes contundentes. Una mejora más destacada en el módulo de inflexión se pudo ver con una expansión del 33,37% en contraste con el diseño tradicional, esto hará concebible un plan de pistas más esbeltas y con una ayuda similar de un asfalto tradicional, ya que el módulo de firmeza decide significativamente el formato de un asfalto.

(Rodríguez, 2016), en su estudio en la Universidad de Costa Rica. Las ventajas que se pueden obtener con el uso de la combinación del pavimento con cauchos reutilizados son numerosas, de todas formas destacaremos las más importantes; a pesar de equilibrar la contaminación provocada por los neumáticos en el planeta, también tenemos diferentes ventajas: el elástico construye el volumen de la mezcla de asfalto, lo que hace que abarque agregado de piedra con capas más gruesas, permite la funcionalidad y sensibilidad a temperaturas cálidas, ha demostrado disminución del rozamiento en contacto con los neumáticos y una mejora impresionante en el rectificando, se ha demostrado que tiene mayor tenacidad y menos deformaciones manteniéndose alejado del desarrollo de roturas y huellas, igualmente se puede hacer referencia a que disminuye el costo de soporte que se cuenta con diferentes métodos en todas partes del mundo. Asimismo, existen algunas limitaciones en Costa Rica, ya que no existen organizaciones proveedoras de polvos de caucho, la compactación es un problema importante al elegir unir elástico reutilizado en esta mezcla de asfalto, de manera similar, se prescribe no almacenar el artículo cuando se mezcla, Es más inteligente darle la última actitud dentro de las 24 horas.

2.2. Bases teórico-científicas

2.2.1. Concreto hidráulico

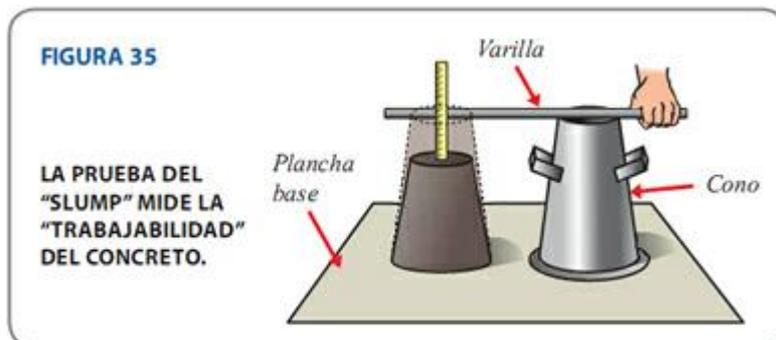
De acuerdo a Aceros Arequipa, el concreto es una combinación de hormigón, arena gruesa, piedra, cemento y agua, que se solidifica a medida que avanza la respuesta compuesta del agua con el hormigón. La cantidad de cada material en la mezcla depende de la oposición mostrada en los planos subyacentes. La resistencia de las secciones y los techos debe ser siempre superior a la de los establecimientos y los suelos falsos. Tras el vertido, es importante garantizar que el hormigón responda artificialmente y fomente su solidaridad. Esto ocurre básicamente durante los 7 días iniciales, por lo que hay que mantenerlo empapado durante este tiempo. Este ciclo se conoce como restauración sustancial. El hormigón tiene dos etapas esenciales: cuando es nuevo y cuando se ha solidificado. (Aceros Arequipa , 2010)

Las principales propiedades del cemento en su estado nuevo son:

Funcionalidad, es la cantidad de trabajo que hay que añadir al hormigón en su nuevo estado en las medidas de mezcla, transporte, disposición y compactación. La forma más conocida de estimar la "trabajabilidad" es a través de la "prueba de slump". Los instrumentos necesarios son una placa base, un cono y un poste metálico. Esta prueba consiste en estimar la altura de una masa de cemento después de haberla extraído de una forma cónica. Cuanto mayor sea la altura, más útil será la sustancia. Del mismo modo, cuanto menor sea la altura, más seco será el material y menos funcional (Madrid, 2003)

Figura 1

Prueba Slump en el concreto



Nota: Extraído del Manual De Maestros Constructores. (Aceros Arequipa , 2010)

La fase inicial de esta prueba consiste en tomar una muestra de cemento de un grupo determinado de la batidora. Con este ejemplo, el cono se llena en tres capas y se golpea con la barra varias veces cada una. Rápidamente, poco después, se iguala el cono, se levanta hacia arriba y se coloca cerca de lo sustancial. Por último, se estima la altura entre el cono y el sustancial poniendo la barra en un plano nivelado sobre el cono. (Madrid, 2003)

2.2.1.1. Partes de la mezcla

a) Cemento.

El hormigón es un material que, unido a la arena, cemento, la piedra y el agua, forma una mezcla preparada para solidificar hasta alcanzar la consistencia de la piedra. El hormigón se vende en sacos de un pie cúbico con un peso de 42,5 kg. Existen varias marcas y surtidos, siendo los más utilizados los tipos I e IP; cada uno de los atributos está impreso en sus sacos particulares. (SENCICO, 2006).

Entre los más populares se encuentran:

- Cemento Clase I De uso común y normal en desarrollos y obras sustanciales donde no se necesitan propiedades únicas.
- Cemento con puzolanas IP Cemento al que se le ha añadido un 15% de puzolana, material que le da una tonalidad rosada y que se adquiere a partir de tierras calcinadas, cenizas volcánicas o bloques machacados. La ventaja de suplir parte del hormigón con este material es que permite retener el agua, lo que conlleva una mayor capacidad de retención. Además, esto retrasa el tiempo de fraguado y es ventajoso cuando se requiere un tiempo adicional, por ejemplo, para restregar un suelo importante (SENCICO, 2006).
- Cemento Clase II Con una protección moderada frente a la agresión de los sulfatos, se sugiere su uso en condiciones de fuerza. Los sulfatos son sustancias que aparecen en las aguas subterráneas o en los suelos, y al entrar en contacto con el concreto, (SENCICO, 2006).
- Cemento Clase III Avance rápido de la oposición. Se sugiere su uso cuando se quiere impulsar el trabajo del encofrado. Al fraguar, crea alta temperatura, por lo que es pertinente en ambientes frescos.
- Cemento Clase IV Al fraguar, crea baja temperatura, sugerido para proyectar enormes masas de cemento. Por ejemplo, en represas importantes (SENCICO, 2006).

Figura 2

Características del cemento



Nota: Extraído del Manual Del Maestro Constructor. (Aceros Arequipa , 2010)

b) Agregado grueso

Tiene un tamaño de molécula más extremo de 5 mm y se utiliza en la preparación de la mezcla para la colocación de bloques y en la disposición del cemento.

- La arena gruesa debe estar libre de residuos, sales o materias naturales (raíces, tallos, fertilizantes, etc.). Por lo tanto, es conveniente comprarla en canteras conocidas y, cuando aparezca en el lugar, debe guardarse en zonas perfectas y libres de residuos.
- Cuando se utiliza en la mezcla de colocación de bloques, debe encontrarse seca con anterioridad a su utilización. Esto evitará que se endurezca prematuramente (solidificación de la mezcla) cuando entre en contacto con el hormigón. Es vendida en metros cúbicos (m³) (SENCICO, 2006).

c) Agregado fino

Sus partículas deben contener un tamaño más extremo de 1 mm. Se usa en la preparación de combinaciones para el embaldosado de divisiones, para techos y para la colocación de mortero para bloques enfrentados. (SENCICO, 2006).

- El agregado fino debe estar seco antes de colocar la combinación, no debe ser mojado antes de su uso. Esto impediría una mezcla adecuada y, al entrar en contacto con el hormigón, provocaría un fraguado prematuro. (SENCICO, 2006).
- No deben tener tierra, por ejemplo, no debe ensuciar las manos. No debe contener brillo, por ejemplo, no debe producir brillo al sol. No debe tener sal ni un aspecto excepcionalmente apagado; debe estar libre de degradaciones y materias naturales (raíces, tallos, residuos, etc.). (SENCICO, 2006).

- En ningún caso debe utilizarse la arena del océano, ya que contiene mucha sal.
- Es vendida en metros cúbicos (m³). (SENCICO, 2006).

d) Piedra triturada

Se obtiene pulverizando rocas con herrajes. Se utiliza en la preparación de cemento. Se vende en los tamaños más extremos de 1", 3/4" y 1/2" y su decisión depende del área de la construcción donde se utilizará. (SENCICO, 2006).

- Es vendida en metros cúbicos (m³).
- Esta piedra debe ser de alta oposición, no debe tener una apariencia permeable o romperse sin ningún problema.
- Debe estar libre de suciedad, barro, polvo y otras materias desconocidas.
- Antes de mezclarla, es prudente ponerla en remojo para limpiarla de polvo y evitar la absorción excesiva de agua. (SENCICO, 2006).

e) Hormigón

Se fabrica a partir de una mezcla que contiene arena gruesa y piedra en extensiones comparativas. Su coste es menor que el de la compra de los dos materiales por separado, pero sólo debe utilizarse para proyectar hormigón de baja resistencia, por ejemplo, para establecimientos, revestimientos y suelos falsos. (SENCICO, 2006).

- Al adquirir el hormigón, hay que tener cuidado de que las extensiones de arena y piedra sean bastante comparables y que las piedras no superen 1" de ancho o de largo.
- No debe utilizarse en el vaciado de elementos de concreto armado como columnas, vigas, zapatas, techos, muros de contención, etc.
- Se vende por metros cúbicos (m³). (SENCICO, 2006).

Figura 3

Hormigón para concreto



Nota: Extraído del Manual Del Maestro Constructor. (Aceros Arequipa , 2010)

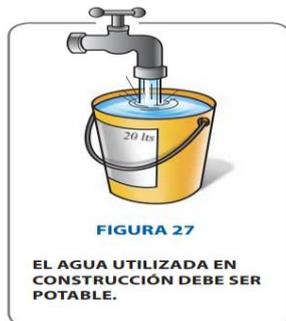
f) El Agua

El agua debe *ser* perfecta, liberada de degradaciones, nueva, sin aroma, deslucida y fresca, por ejemplo, debe ser agua consumible. La medida de agua a utilizar en las mezclas de hormigón es vital. En el momento en que la mezcla no es útil y se amplía la medida de agua, se pierden propiedades significativas del hormigón. (SENCICO, 2006).

- No debe formar espuma cuando se altera.
- No debería ser utilizado en cualquier otra cosa antes de ser utilizado en el desarrollo.
- El agua del océano no es apropiada para el arreglo del cemento a causa de las sales. (SENCICO, 2006).

Figura 4

Características del agua



Nota: Extraído del Manual Del Maestro Constructor. (Aceros Arequipa , 2010)

2.2.2. Caucho sintético

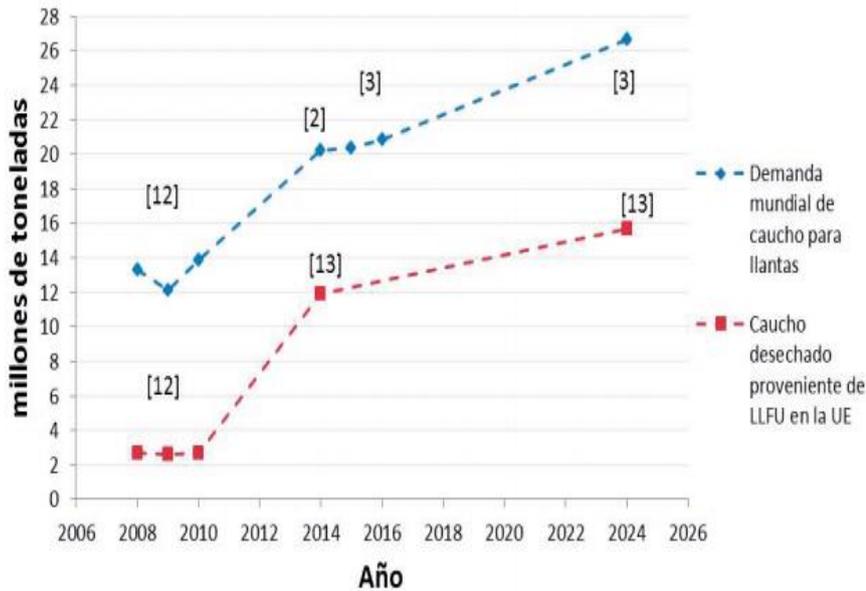
El material de elastómero, denominado como caucho en la mayor parte de las naciones latinoamericanas o como elásticos en otras, tienen una versatilidad y oposición de sustancias que los hace indispensables para neumáticos, calzados, tubos, correas de transmisión o piezas de fijación de líquidos, por poner algunos ejemplos de los artículos para los que más habitualmente se utiliza el elástico como sustancia no refinada. (Peláez Arroyave, 2016).

El 2014, el año postrero para el que se dispone de información combinada sobre el mercado del elástico, la utilización mundial de esta sustancia natural fue de 28,9 millones de toneladas. Se especula que en 2015 el interés mundial por el elástico creció un 0,7 % en comparación con 2014 y que en algún momento entre 2016 y 2024 la utilización se

incrementará un 3,1 % cada año en general, lo que afirma el patrón de desarrollo del sector empresarial que se ha visto en los últimos años. Sorprendentemente, las cifras sobre los patrones del mercado de elásticos son inconsistentemente detalladas por varias fuentes de datos, por lo que ahora mismo es inimaginable esperar diferenciar los datos y hacer una evaluación cuantitativa solidificada patrones disponibles de esta clase de materiales. (Peláez Arroyave, 2016).

Figura 5

Tendencia de demanda mundial de caucho para fabricación de llantas y generación de desperdicios de caucho proveniente de LLFU en la UE



Nota: Extraído de (Peláez Arroyave, 2016).

2.2.3. Reciclaje de caucho

El ciclo de reutilización de los neumáticos es simplemente mecánico, por lo que los elementos posteriores son de primera calidad y están liberados de toda degradación, lo que favorece la reutilización de estos materiales en nuevos ciclos y aplicaciones. La destrucción con armazones mecánicos suele ser la fase inicial de las diferentes técnicas de recuperación y productividad de los neumáticos usados. Del proceso de tratado de neumáticos usados se adquiere alrededor de un 65% de cauchos, 15-25% de aceros, 10-15% de filamentos de material. (González, 2015)

Figura 6

Estructura y aprovechamiento petrolífero de los neumáticos.



Nota: Extraído de (González, 2015)

A raíz de aislar los residuos que pueden ser utilizados en el negocio, el material posterior puede ser utilizado como una característica de las partes de las capas de asfalto utilizadas en el desarrollo de la calle, de esta manera la disminución de la extracción de los agregados en las canteras. Las calles que utilizan estos pavimentos son más seguras y mejores. También se pueden utilizar en revestimientos de suelos, protección de vehículos o baldosas elásticas, y se han utilizado para materiales de intersección de niveles, materiales, masillas, confinamiento de vibraciones. También se utilizan en campos deportivos, parques, suelos de juegos o pistas de paseo y ciclismo. Los usos son interminables y se desarrollan cada día, por ejemplo, en enlaces de freno, mezclas elásticas, suelas de zapatos, banda de retenciones de tránsito, mezclas de rutas o cambios de betún. (González, 2015)

2.2.4. Teorías sobre el caucho reciclado.

Como señalan (Rondón & Reyes, 2015), en su libro Pavimentos: materiales, desarrollo y plan, lanzamiento único distribuido por Ecoe Ediciones Ltda., Bogotá (Colombia), quien demuestra en su escrito que el tamaño de grano de caucho que, sin lugar a dudas, se obtuvo de neumáticos desechados y se utilizó como modificadores de asfalto, sugiriendo que debe ser inferior a 6,3 mm.

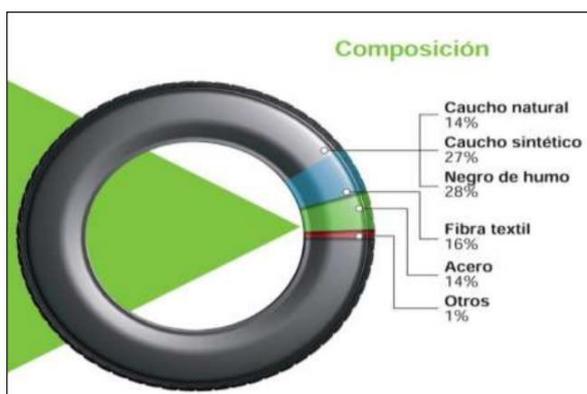
Por otra parte, para (Tortum, 2005), hace referencia a que el tamaño adecuado para obtener una mejor ejecución en combinaciones de asfalto debe ser de 0,425 mm (filtro No. 40 de cada prueba de granulometría de tamiz).

Según los escritores mencionados anteriormente, hay diferentes exámenes sobre de cauchos, y el más utilizado es el grano de caucho o el grano de llanta aplastada para mezclarlos con los áridos esenciales de un plan de mezcla de asfalto, para encontrar una disposición suficiente que contenga un ajuste ajustado. Hormigón de asfalto al que llamaremos "asfaltos de caucho", este segmento hará factible que la conducción mecánica mejore en la pista, haciéndola más segura y resistente a largo plazo. Estos exámenes deciden cómo adquirir nuevos elementos de materiales no disponibles.

Para lograr un grano de llanta machacado, el ciclo de triturado es esencial. Así, como los neumáticos son componentes específicos, no se pueden desintegrar sin esfuerzo de otra manera, ya que su elaboración contiene una enorme cantidad de capas, hechas con alrededor de 250 partes, estas mezclas con componentes hechos principalmente de cauchos característicos y manufacturados son muy organizadas y entrelazadas.

Figura 7

Estructura de la llanta



Nota: extraída de Tratamiento de llantas usadas (2016).

El triturado de la llanta no disponible, implica aplastarla o triturarla mediante granulación, por lo que los metales y tejidos que la contienen deben ser aislados.

Es fundamental tener cuidado con la granulometría de las partículas y aislar los materiales metálicos y materiales que puedan influir en la síntesis del grano de caucho adquirido. Dependerá de las aplicaciones, para nuestro trabajo de examen, la dimensión del caucho se considera de 0,5 mm.

Tabla 1

Características principales de GCR

Características	Requisito
Humedades vs. masas totales de mezcla	0.75% como máximo
Gravedades específicas	1.15 +- 0.05
Contenidos de metal no ferros	No deben tener presencia visible
Contenidos de metal ferros	0.01 % como máximo
Contenidos de fibra en masa para mezclas en caliente	0.5% como máximo
Contenidos de fibra en masa para riesgo	0.1 % como máximo
Contenidos de polvos minerales	4 % como máximo
Contenidos totales de otros elementos extraños	0.25% como máximo

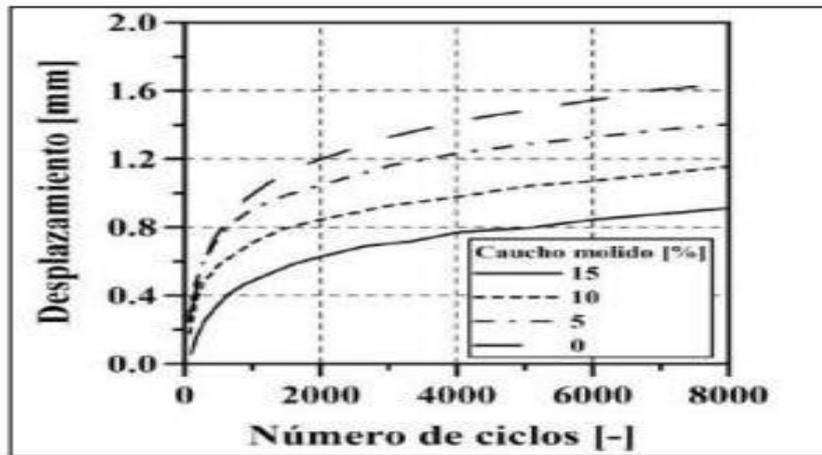
Nota: se muestra las características de principales del grano de caucho.

Como lo indican (Campagnoli S. , 2016), El nivel de grano de caucho es la suma resuelta para lograr la mezcla ideal de asfalto, estos segmentos generalmente son materiales granulares no ligados, también llamados áridos de piedra, son partículas de triturado piedra o roca normal aplastada, que se unen, son cuantificables y evaluados para ser caracterizados para ser considerados precisamente estables, funcionales y simple compactado.

Para (Shen, 2006) se describe una expansión en la protección contra la desfiguración duradera, esto sucede cuando la sustancia del grano de caucho en la combinación del asfalto se expande entre un 5% y un 15%.

Figura 8

Protección contra desfiguraciones duraderas



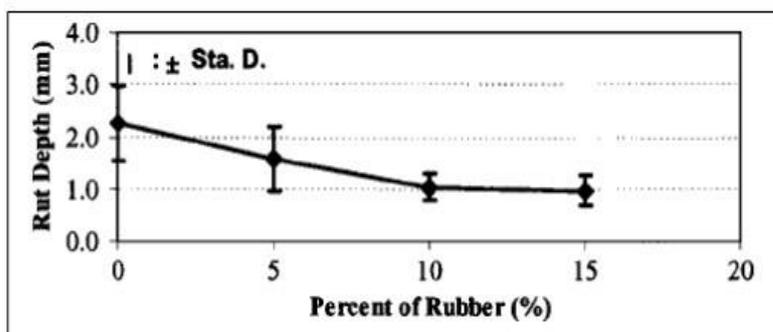
Nota: se muestra la desfiguración cuando se agrega un 5% y 10% de grano de caucho.

También razona que el nivel de ejecución de los hormigones de asfalto de Colombia en las comunidades urbanas de Apiay y Barrancabermeja se expandió de 58.22 a 88.16 y 58.16 a 76.22 cuando se agregaron 13% y 15% de grano de caucho.

(Xiao, 2007), muestra que la formación de huellas disminuye cuando el nivel de GCR aumenta en la mezcla de asfalto, como aparece en la figura adjunta.

Figura 9

Profundidad de huellas frente a tasa de GCR



Nota: se muestra la deformación de la disminución del grano del caucho reciclado aumenta en la mezcla de asfalto

(Way, 2016)Way (2016) hace referencia a que la mezcla alterada de asfalto además del grano de caucho tiene una protección más notable contra la rotura, además, es concebible disminuir la utilización de asfalto en las combinaciones y disminuir el grosor del asfalto

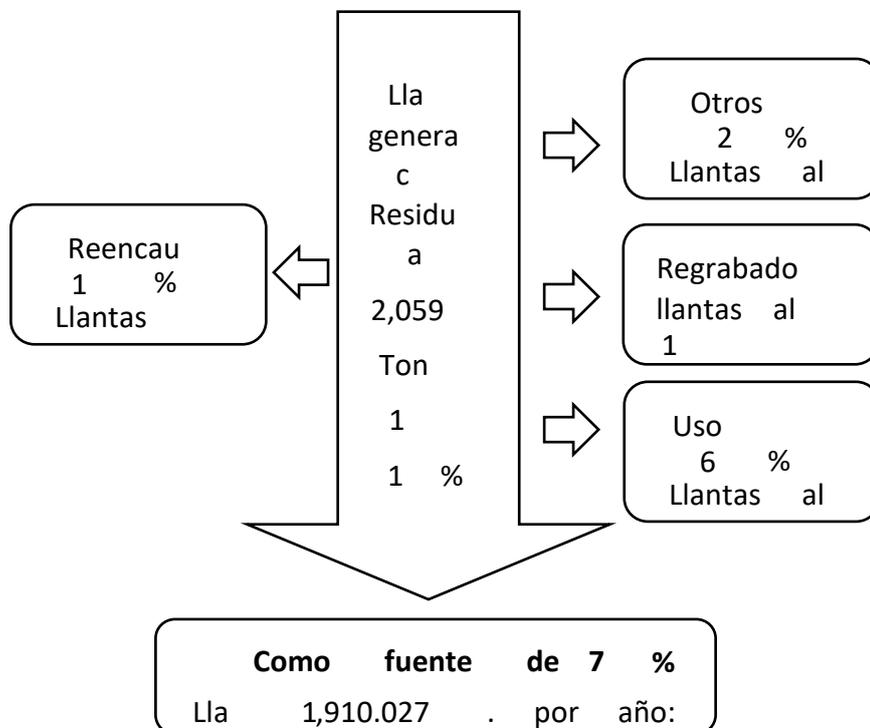
superior, es rentable al disminuir los costos de desarrollo y soporte, logra mejoras en la seguridad de las calles y disminuye el sonido.

(Meier, 1985), notan que al agregar un 5% de GCR al peso total de la mezcla de cobertura negra, aumenta su protección contra el cansancio en 1 a 2 en contraste con una mezcla habitual.

Por otra parte, (Punith, 2011), demuestra que, al agregar 5.3% de GCR a los áridos, la mezcla de capa negra construye su protección contra el cansancio y la formación de huellas, en contraste con una mezcla normal.

Seguidamente, encontraremos en la figura, cómo el material de neumático reutilizado se recoge en el mercado ordinario.

Figura 5
Esquema de reutilización del caucho



Nota: sistema de reutilización de caucho

De la relativa multitud de usos referenciados, hay uno, que es el más utilizado, que consideraremos, son: los granos de neumáticos, aplastados o molidos el Grano de Caucho Reciclado (GCR), que rellenará como sustancia agregada a cambiar las partes de homogeneización de asfalto. Estas innovaciones de mezcla repensadas y los hormigones de asfalto se han concentrado a lo largo y ancho, la unión de polímeros en el asfalto crea que los componentes mecánicos, físicos, sintéticos y reológicos se alteran. Tal es la situación que es importante mejorar las cargas y las condiciones naturales, conocer el comportamiento de las mezclas ordinarias.

Por lo general, los componentes que deben fortalecerse son la protección contra la formación de huellas, la protección contra la debilidad, la maduración, la inflexibilidad, así como la disminución de la vulnerabilidad al calor.

Esta innovación se aplica regularmente en la capa de asfalto de una calle o calzada, para darle una vida útil más prolongada, en diferentes casos se logran asfaltos con espesores de capas de asfalto más delgados de lo normal. Vale la pena decir que, cuando se utiliza este método, en general, los especialistas usan emulsiones asfalto que contienen polímeros elastoméricos, se percibe que los elastoméricos son aquellos materiales, por ejemplo, de caucho regular, este látex es creado por el árbol de caucho, igualmente hay estireno-butadieno-estireno (SBS), el otro es de caucho de ingeniería, que se obtiene del aceite, otro componente es estireno-butadieno (SBR), finalmente GCR (granos de caucho reutilizado, conocido como de caucho aplastado, que proviene del borde del neumático).

Como indican los exámenes de Rondón y Reyes (2015), el mayor detrimento de la mezcla seca es el gasto subyacente de la combinación, por lo que se necesitan nuevos equipos en la planta, por ejemplo, la unidad de mezcla y la capacidad de almacenar caucho-asfalto. Es importante el cambio de sifones y líneas, a pesar de la expansión en la temperatura de mezcla, esto genera una mayor utilización de energía en la planta. Por lo tanto, debido a gastos importantes, no se sugiere la utilización de la mezcla húmeda para nuestro trabajo de estudio.

Según (Velar, 1997), demuestra que la mezcla húmeda requiere el establecimiento de un tanque de acopio adicional para el betún, a pesar de un sifón que pueda manejar esta mezcla, que tiene un aspecto más espeso y rugoso. Aquí, el creador también destaca la importancia de un mayor equipo para lograr los resultados normales.

Según (Papagiannakis, 1996), notan que la mejor presentación de las combinaciones de asfalto alteradas se adquiere cuando el ciclo se completa con métodos húmedos.

Confirman que mediante el ciclo de secado la conducción de las mezclas de asfalto tiene resultados adecuados.

Luego (Cao, 2007), determina la inversa, muestra que cuando las pruebas se realizan por el curso seco, hay una expansión en las propiedades mecánicas de las combinaciones de asfalto.

Por otra parte, según (Oliver, 1981) y (Kaya, 1992), presentan, con el objetivo de que los granos de cauchos puedan mejorar, dependerán de una correcta utilización de la estrategia ya sea en húmedo o en seco, la idea de sus áridos es igualmente concluyente, el nivel de GCR, el tamaño del de caucho aplastado, el factor tiempo, la temperatura de mezcla entre el grano de cauchos y el pegamento.

(Allison, 1967), Es fundamental precisar a este creador, quien determina en su exploración, es en el año 1840, que se entrega en Inglaterra la patente principal de un pegamento asfáltico cambiado dependiente de caucho común. Es en la Década de 1950, cuando las investigaciones elásticas se concentraban con más fuerza notable, más tarde durante la década de los 60, el creador Charles H. Macintosh Donald encontró un enfoque para fusionar el GCR en asfalto al que llamó: Asphalt-Rubber, y con más acentuación notable es el inicio de los siguientes exámenes sobre este tema.

Los puntos focales fundamentales de la utilización de grano de llantas son:
Los neumáticos se pueden reciclar y reutilizar, disminuyendo posteriormente el volumen de contaminación que existe en los rellenos sanitarios y disminuyendo la utilización de nuevos activos comunes.

Su utilización en mezclas bituminosas permite la disminución de los niveles sonoros en la vía, ya que se amortiguan, debido a las pequeñas partículas de granos de cauchos.

Los principales perjuicios de la utilización de grano de llantas serían:

- La utilización de elevadas temperaturas para el curso húmedo expande las emanaciones nocivas que influyen en la producción y expansión de materiales bituminosos.
- La utilización de cauchos presenta peligros insignificantes para la solidez de los trabajadores que manipulan estas partículas. Se encontró en la instalación de investigación de pruebas de materiales que el personal que trabaja directamente con estos componentes no presenta ningún indicio de enfermedad, aparte de que utiliza los medios adecuados para su seguridad, por ejemplo, velos, guantes, gafas, tapones para los oídos, botas, guardapolvo, ropa larga que asegura todas las piezas del cuerpo. Entre los hormigones de asfalto alterados de cauchos, se introducen los puntos focales que los acompañan

(Sibal, 2000), fue el responsable de alterar las mezclas de asfalto por métodos secos, incluido el residuo de caucho molido o el grano de caucho aplastado, todo para evaluar la conducción de la protección contra el agotamiento a diferentes temperaturas.

Podemos referir luego de los creadores que han contemplado el tema, este tipo de pegamentos modificados están siendo considerados para el desarrollo de asfaltos, particularmente la alteración de combinaciones de sólidos de asfalto, hay un número cada vez mayor de estudios con de cauchos reutilizados, esto conlleva que este tema despierte más interés en la población y en los especialistas para completar este tipo de trabajo, solo para tener como información de 1994 a 1998, 0.9 millones de toneladas de mezclas de asfalto recicladas con GCR se han contabilizado en Estados Unidos.

Existen algunas estrategias, estos métodos permiten recuperar parcialmente los materiales antes de ser vistos como materiales de desecho.

Las llantas experimentan diversos granulados para disminuir su tamaño como lo indica el último uso al que se aplicará en este ciclo, así mismo se utiliza para aislar a las

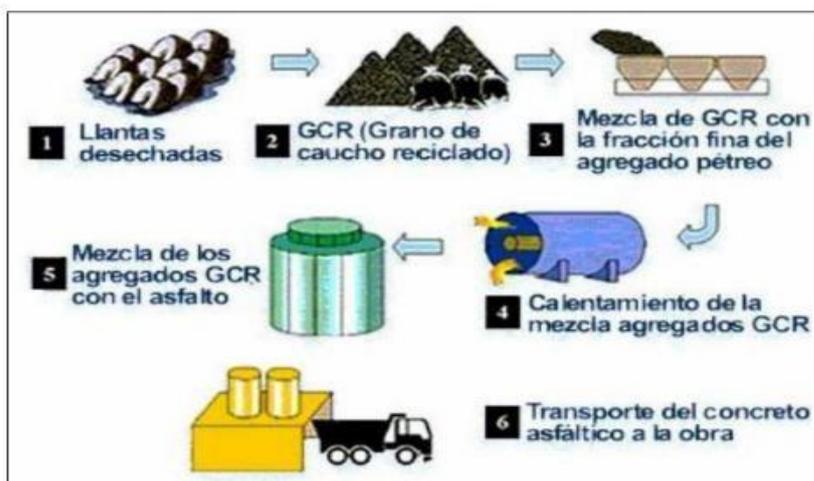
partes que no se utilizarán demasiado con el acero que se encuentra en su interior. Las llantas están expuestas a bajas temperaturas de 195.8 grados bajo cero, lo cual se logra con el uso de nitrógeno fluido, al vacío donde los cauchos pierden su superficie y se vuelven frágiles y débiles, en ese punto pasa a machacar para pulverizar en su último comportamiento.

Las llantas se exponen a un calentamiento anaeróbico sin la presencia de oxígeno que los descomponga, y de esta forma aparecen diferentes hidrocarburos de los que se forman dichos neumáticos. Forma parte de la corrupción sintética que sufren los neumáticos cuando se aplica GAZ, un gas como el propano. Esto se termina con el calentamiento sin producir dioxinas o furanos excepcionalmente ensuciadores sin oxígeno.

La técnica seca consta en que el de caucho aplastado reemplaza un nivel del total de piedra, generalmente las mejores partículas, que se agrega a la mezcla a alta temperatura, en ese punto se obtiene el asfalto y estructura la mezcla de asfalto.

Figura 6

Técnicas de mezcla seca



Nota: Proceso constructivo de mezcla de caucho y mezcla de concreto.

En cuanto al mezclado húmedo, el GCR se mezcla con el asfalto a una temperatura alta, luego está cubierta alterada se agrega al total de árido, este resultado se llama Asphalt-Rubber. Las ventajas de utilizar este método serían: espesor expandido del concreto de asfalto, versatilidad disminuida a altas temperaturas.

Tienen que ver con numerosas variables, por ejemplo, la medida del GCR, la superficie debido al triturado, el tamaño del caucho, el tipo de concreto de asfalto, la temperatura y el tiempo de cocción y mezcla.

Figura 7

Técnicas de mezcla húmeda



Nota: Proceso constructivo de mezcla de caucho y mezcla de concreto.

Según (Rondón & Reyes, 2015), es el resultado de una combinación de áridos de piedra que están deliberadamente ordenados por sus características y en cantidades satisfactorias para unirse con asfalto según el requisito previo para la fabricación de pavimentos de calles. Por lo tanto, estas extensiones decidirán las propiedades reales de este estudio (mezcla de asfalto). Están agrupados de forma diferente, pero el más utilizado es: Por porciones de áridos (tamaño) y por temperaturas de establecimiento.

Según (Rondón & Reyes, 2015) Las mezclas asfálticas en Colombia son conocidas como MDC (Dense Hot Mixes) para la correcta producción y uso de estas combinaciones, es de fundamental importancia para mínima y esparcir a altas temperaturas que van desde 140 a 180 ° C, esto dependerá del grosor del asfalto. La baja sustancia de los huecos con aire consolidado es uno de los atributos fundamentales que contiene la mezcla asfalto, estos ocurren entre 3% a 9%. En la disposición de combinaciones de asfalto, los áridos deben cumplir con los prerrequisitos granulométricos.

Como señalan (Ordóñez, 2006), "Estas mezclas se hacen a partir de la revisión constante de áridos y pegamento de concreto de asfalto y los áridos son estimados por el límite que se encuentran en la tabla N ° 4 "(p. 163).

Para (Ordóñez, 2006), En estas mezclas, se puede utilizar un pegamento ajustado o una cubierta de concreto asfalto. Se rellena como una capa de filtración dentro de la estructura asfáltica y sobre la superficie del asfalto, generalmente relleno como base penetrable y para dar residuos libres a nivel superficial.

Según (Ordóñez, 2006), Son como mezclas de "garded" abierto ya que dan gruesas capas impermeables. Las combinaciones GAP se agrupan en dos clases, una de las cuales es asfalto de masilla de piedra (SMA), esta mezcla requiere esencialmente medidas de relleno mineral de áridos que llegan del 8 al 10% del material a través de la criba 0.075mm o N 200.

Tabla 2

Clases de mezcla caliente de asfalto.

Gradación densa	Open – garded	Gap - graded
Convencional Tamaño máximo nominal usualmente de 12.5 a 19mm (0.5 a 0.75 pulg.)	Porous friction course	Gap - graded convencional
Large – Stone Tamaño máximo nominal usualmente de 25 a 37.5mm (1 a 1.5 pulg.)	Base permeable tratada con asfalto	Stone Mastic Asphalt (SMA)
Arena Asfalto Tamaño máximo nominal menos que 9.5mm (0.375 pulg.)		

Nota: (Ordóñez, 2006)

Para (Ordóñez, 2006), las combinaciones contienen varias cualidades, por ejemplo, la sustancia asfalto, huecos en el total mineral, vacíos de aire y el espesor de la mezcla. La sustancia asfáltica asume una función importante ya que engloba las partículas que forman una película y también es absorbida por los áridos en una proporción específica.

Según (Ordóñez, 2006), Los áridos que involucran una mezcla de asfalto, sin importar si es fino o grueso en total, están hechos del material que pasa por la criba No. 8 (2,36mm). Los áridos finos tienen un lugar con la mayor suma permitida que pasa por la

criba No. 8 y el total grueso se relaciona con la suma base que pasa por la criba No. 8. El total que pasa la criba No. 200 debe obtener un indicador de versatilidad de menos del 4% y no tiene que tener materiales orgánicos para ser utilizado como relleno o filler. El nivel de hormigón de asfalto se resuelve dependiendo de la pesadez de la mezcla.

Según (Ordóñez, 2006)"Es importante exigir grados gruesos en los áridos para combinaciones calientes con asfalto. Por esta razón, los detalles adjuntos sugeridos por la norma ASTM D 3515 aparecen en las tablas de abajo" (p. 178).

Tabla 3

Creación común de cemento de asfalto para mezclas ordinarias.

Tamiz	Tamaño máximo nominal del agregado				
	(1 ½")	(1")	(¾)	(½")	(3/8")
	Porcentaje acumulado que pasa (por peso)				
50 mm(2")	100				
37.5 mm(1 ½")	90-100	100			
25.0 mm(1")		90-100	100		
19.0 mm(¾)	56-80		90-100	100	
12.5 mm(1/2")		56-80		90-100	100
9.5 mm(3/8")			56-80		90-100
4.75 mm(N°4)	23-53	29-59	35-65	44-74	55-85
2.36 mm(N°8)	15-41	19-45	23-49	28-58	32-67
0.30 mm(N°50)	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23
0.15 mm(N°100)					
0.075 mm(N°200)	0-5	1-7	2-8	2-10	2-10
Cemento asfáltico, % en peso de la mezcla total	3-8	3-9	4-10	4-11	5-12

Nota: Minaya y Ordóñez (2006)

Tabla 4

Información esencial para las pruebas de mezcla de asfalto.

a) Constituyentes:						
Material	Gravedad Específica	Composición de Mezcla				
		Bulk	AASHTO	ASTM	% por peso total de mezcla	% por peso del total de agregado
Cemento asfáltico	1.030 (Gb)		T 228	D 70	5.3 (Pb)	5.6 (Pb)
Agregado grueso	2.716 (G1)	T 85	C 127		47.4 (P1)	50.0 (Pb)
Agregado fino	2.689 (G2)	T 84	C 128		47.3 (P2)	50.0 (Pb)
Filler mineral		T 100	D 854			
b) Mezcla asfáltica.						
	Gravedad específica bulk de la mezcla compactada, Gmb (ASTM D 2726)					2.442
	Gravedad específica teórica máxima de la mezcla, Gmm (ASTM D 2041)					2.535

Nota: (Ordóñez, 2006).

Para (Rondón & Reyes, 2015), el paso del tiempo es el sistema de degradación fundamental que se intenta controlar en los procedimientos experimentales del plan de asfalto, así como la perpetua distorsión de la vía vertical. Este evento es uno de los principales sistemas de daño de las combinaciones de asfalto en vías de servicio.

2.3. Definición de términos básicos

- **Configuración de la mezcla:**

El plan de mezcla concreto, teóricamente, es la utilización especializada y realista de la información lógica sobre sus partes y la asociación entre ellas, para lograr un material resultante que cumpla de forma más productiva con los requisitos previos específicos del proyecto de desarrollo. (Alarcón, 2019)

- **Aislamiento:**

Sucede cuando los áridos gruesos, que son más pesados, como la piedra aplastada, se aíslan de los diferentes materiales de lo sustancial. Controla la integración exorbitante para evitar mezclas de baja calidad. Esto ocurre, por ejemplo, cuando el cemento se traslada en calesa por una calle larga y desagradable, ante lo cual la piedra se aísla, por ejemplo, se deposita en la parte inferior de la mezcladora. (Aceros Arequipa , 2010)

- **Exudación:**

Esto ocurre cuando una parte del agua sube a la parte superior de la sustancia. Controle la exudación para evitar que la superficie se debilite debido a la sobreconvergencia de agua. Esto ocurre, por ejemplo, cuando se sobrepasa el tiempo de vibración, haciendo que se acumule una medida de agua más prominente en el nivel superficial de lo que debería irradiar normalmente. (Aceros Arequipa , 2010)

- **Contracción:**

Produce diferencias de volúmenes en lo sustancial debido a la deficiencia de agua por disipación, provocada por las variedades de humedad y temperatura del clima. Controlar

la contracción ya que puede estropear la risa a carcajadas. Una medida para aminorar este problema es ajustarse a la restauración sustancial. (Aceros Arequipa , 2010)

- **Versatilidad:**

Es la capacidad de actuar con flexibilidad dentro de puntos de corte específicos. Es decir, una vez torcido, puede volver a su forma única. (Aceros Arequipa , 2010)

- **Obstrucción:**

Es el límite del cemento para soportar los pesos que se le aplican. Para que fomente la obstrucción demostrada en los planos, debe estar preparado con hormigón de calidad y áridos. Además, debe ser adecuadamente movido, puesto, vibrado y relevado. (Aceros Arequipa , 2010)

- **Cauchos sintéticos:**

El caucho de ingeniería es un elemento artificial, generalmente producido con productos refinados a base de petróleo, que tiene propiedades como las del elástico. A fin de cuentas, es apto para pasar por una distorsión versátil mucho más notable que otros materiales y seguir recuperando su forma única sin deformarse de forma extremadamente duradera. (González, 2015)

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H0: No existe influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido.

H1: Si existe influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

H0: No existe variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.

H1: Si existe variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, y es significativa

Hipótesis específica 2

H0: No existe variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.

H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, y es significativa.

Hipótesis específica 3

H0: No existe variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado.

H1: Si existe variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, y es significativa.

Hipótesis específica 4

No aplica

2.5.Operacionalización de variables

Variable Independiente:

Porcentaje de caucho reciclado

Variable Dependiente:

Propiedades de un pavimento rígido

Tabla 5*Operacionalización de variables*

Problema	Variable	Dimensión	Indicador
¿Cuál es la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido?	Porcentaje de caucho reciclado	Cantidad de material.	Porcentaje en peso: 0%, 5%, 10% y 15%
	Propiedades de un pavimento Rígido	Propiedades Físicas. Propiedades Mecánicas.	Densidad Absorción Resistencia a la compresión

Nota: Esta tabla resume como se medirán las variables de forma detallada.

Fuente: Elaboración propia (2022)

CAPITULO III METODOLOGIA

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental y aplicada, porque manejará de manera intencional una de las variables para analizar su influencia en la otra, y a la vez promueve soluciones tecnológicas y científicas que existen en nuestro entorno basándose en saberes previos.

Asimismo, podemos decir que este proyecto es de carácter cuantitativo porque los resultados son numéricos, lo que facilita el manejo de datos y resultados.

3.2. Método de investigación

El método de investigación es hipotético deductivo ya que va de lo general a lo particular y plantea el uso de una hipótesis.

3.3. Diseño de investigación

La presente investigación, según la naturaleza de datos, se focaliza en un diseño experimental puro

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Nuestra población estuvo conformada por 60 probetas cúbicas de 10x10x10 cm (norma NMX-C-155 -ONNCCE-2014), las cuales fueron sometidas a ensayo de compresión, densidad y absorción, esta población se dividió en 4 grupos con 15 probetas cada uno.

3.4.2. Muestra

La muestra de esta investigación fueron las probetas cúbicas de concreto hidráulico de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (pavimento rígido) con adición de caucho reciclado en diferentes porcentajes, agrupadas de la siguiente forma:

- 0% de caucho (15 probetas)
- 5% de caucho (15 probetas)
- 10% de caucho (15 probetas)
- 15% de caucho (15 probetas)

Esto hizo un total de 60 probetas cúbicas, los cuales permitieron realizar el ensayo de densidad, resistencia a la compresión y absorción a los 28 días de curado

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó en la presente tesis es la observación directa de los hechos ya que de esa manera se pudo identificar y observar el comportamiento del concreto, antes de completar la prueba, se conocieron las cualidades de los materiales utilizados.

La información obtenida se manejará utilizando la programación de Microsoft Excel y SPSS. Los resultados se presentan en tablas, tablas y gráficos mensurables; para luego ser descifrado y examinado para llegar a inferencias y resultados.

3.6. Métodos y técnicas de recolección de datos

El principal objetivo de esta investigación fue determinar la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido, para esto, se elaboraron un total de 60 probetas usando moldes cúbicos de 10 cm de arista, de tal manera que se repartieron en porcentajes diferentes como 0%, 5%, 10%, 15% de caucho reciclado (15 probetas de cada porcentaje), estas probetas se elaboraron un diseño para alcanzar la resistencia de 280 kg/cm^2 , resistencia mínima en el caso de un pavimento rígido.

En el caso del caucho fue necesario tamizarlo para obtener un tamaño prudente (tamiz N°04) y así no presentar inconvenientes con el resto de agregados teniendo una mezcla homogénea y con una trabajabilidad buena.

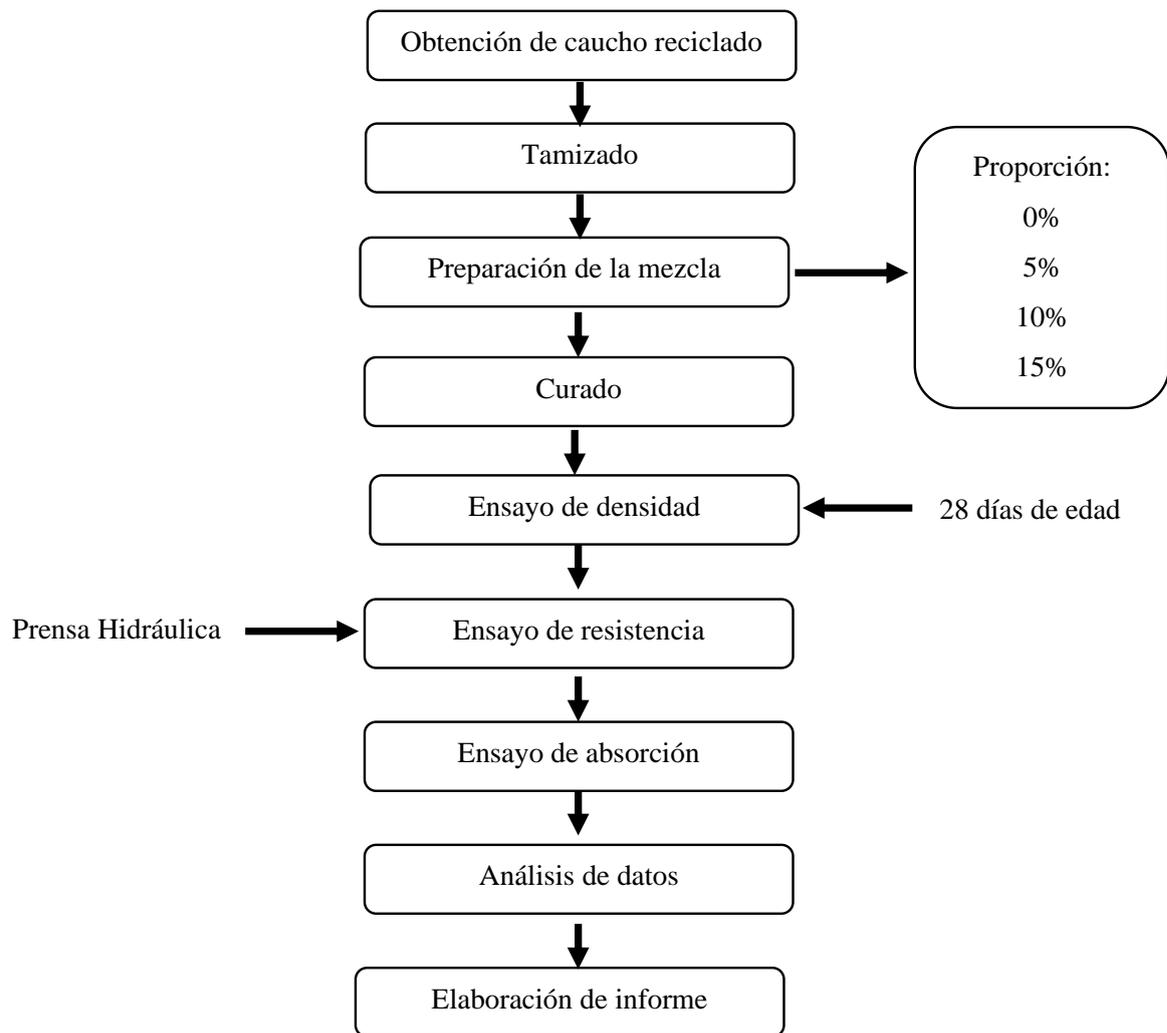
Después de mezclar el concreto con ayuda de un trompo, se procedió a elaborar las probetas, antes de realizar el vaciado de la mezcla a cada probeta estas se limpiaron y aceitaron, luego se hizo un vaciado de manera correcta en los moldes, posteriormente se dejó curar por 28 días en agua

Pasado del tiempo de curado, se procedió a pesar cada probeta y dividir este sobre el volumen, de esta manera se obtuvo la densidad; con ayuda de una prensa hidráulica se realizó el ensayo de compresión y con los trozos obtenidos luego de la rotura, se hizo el ensayo de absorción, para esto se dejó pedazos de probetas rota en el horno a 110°C por 24 horas, se procedió a obtener su peso seco y se sumergieron en agua por 24 horas para así tomar su peso saturado y mediante una fórmula obtener el porcentaje de absorción.

A continuación, la Figura 15 muestra el diagrama de flujo del proceso para poder tener un mejor entendimiento de este

Figura 8

Diagrama de flujo de proceso



Nota: fuente elaboración propia

Finalmente, para procesar los datos nos ayudamos de software y programas como Ms Excel, IBM SPSS 25 los cuales facilitaron el almacenamiento de datos y posterior análisis estadístico con (ANOVA) unidireccional.

3.7. Ética investigativa

Se realizaron todos los ensayos y la obtención de datos se hizo de la manera más verídica posible, sin cambiar o manipular ningún dato y respetando las normas éticas de la investigación.

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. Presentación y análisis de resultados

4.1.1. Análisis de la variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

Para análisis de la variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, en primer lugar, se procedió a determinar las densidades de este pavimento con los diferentes porcentajes de caucho que se adicionó, estos resultados se muestran en la tabla 6

Tabla 6

Densidad de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

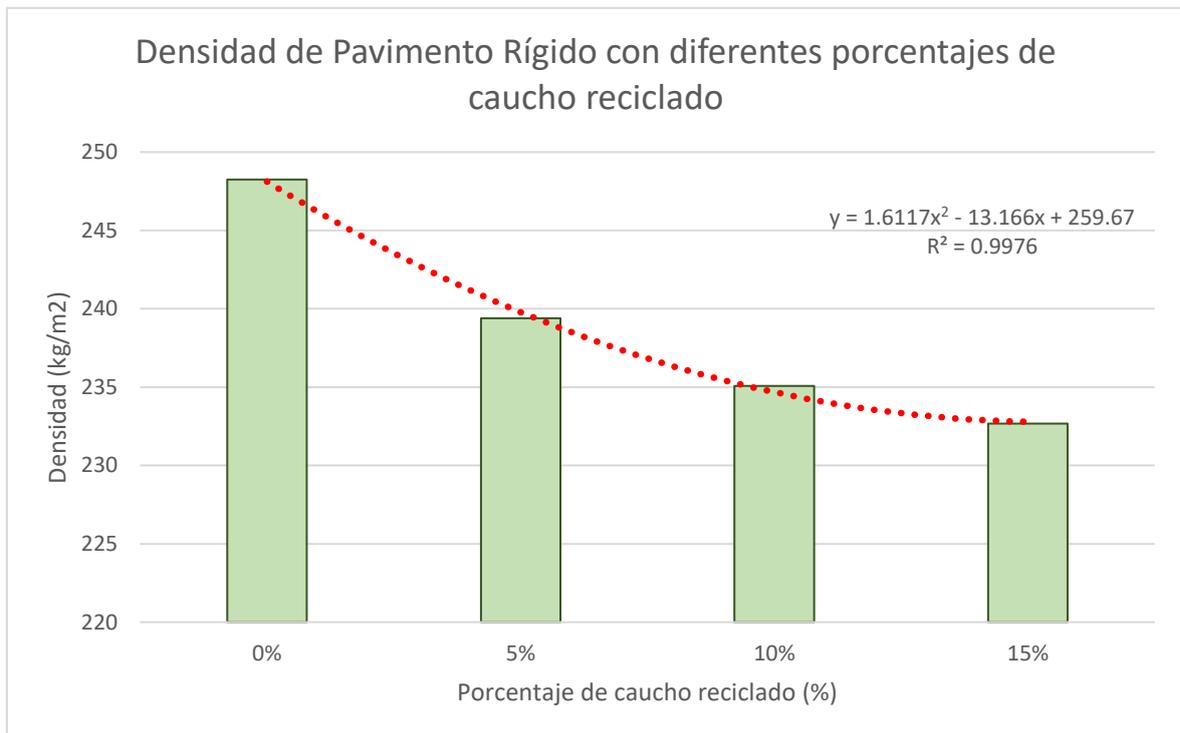
N°	DENSIDAD (kg/m ³)			
	0%	5%	10%	15%
1	256	241	230	233
2	243	237	235	231
3	248	242	237	232
4	242	238	234	236
5	260	242	233	232
6	245	239	238	232
7	244	238	237	234
8	248	242	237	235
9	242	239	234	229
10	239	241	238	231
11	252	243	237	234
12	257	239	240	232
13	256	237	238	234
14	243	236	229	233
15	249	237	229	232
PROMEDIO	248	239	235	233

Nota: Resultados obtenidos experimentalmente en un laboratorio. Elaboración propia (2022)

En esta tabla se pueden observar los resultados de las densidades para las 60 probetas, repartidas en 4 grupos de acuerdo al porcentaje de caucho adicionado (0, 5, 10 y 15%), donde la densidad más alta la presenta el pavimento rígido (concreto) con 0% de caucho reciclado, es decir concreto puro (248 kg/m³) y el valor más bajo lo presenta el concreto con 15% de caucho reciclado (233 kg/m³); luego de esto se procedió a realizar ya en si el análisis de la variación de la densidad para estos pavimentos rígidos con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, en la figura 14 se puede apreciar que los resultados presentan un comportamiento polinómico de grado 2, el cual corresponde a la ecuación $y = 1.6117x^2 - 13.166x + 259.67$, para esta ecuación el R² es de 0.9976, el comportamiento es descendente, con lo que al aumentar el porcentaje de caucho reciclado, la densidad disminuye, siendo esto un factor positivo en este material ya que lo que se desea es que la densidad es la menor posible.

Figura 14

Variación de la densidad de pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado



Nota: Resultados obtenidos experimentalmente en un laboratorio. Elaboración propia (2022)

4.1.2. Análisis de la variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

En el caso de este objetivo, al igual que en el anterior, primero se procedió a obtener los valores de resistencia a la compresión de este pavimento con los diferentes porcentajes de caucho que se adicionó, hay que tener en cuenta que se realizó un diseño de mezcla adecuado para un concreto que debe cumplir la función de pavimento rígido, es decir que debe poseer un $f'c$ de 280 kg/cm² como mínimo, estos resultados se muestran en la tabla 7

Tabla 7

Resistencia a la compresión de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

RESISTENCIA A LA COMPRESION kg/cm2				
N°	0%	5%	10%	15%
1	289	299	256	263
2	275	288	260	267
3	285	297	269	256
4	281	301	279	255
5	284	304	277	263
6	282	299	271	271
7	280	291	273	265
8	281	289	263	253
9	285	305	277	262
10	291	298	275	263
11	287	288	265	263
12	285	297	273	264
13	279	297	261	258
14	285	292	271	264
15	287	293	276	269
PROMEDIO	284	296	270	262

Nota: Resultados obtenidos experimentalmente en un laboratorio. Elaboración propia (2022)

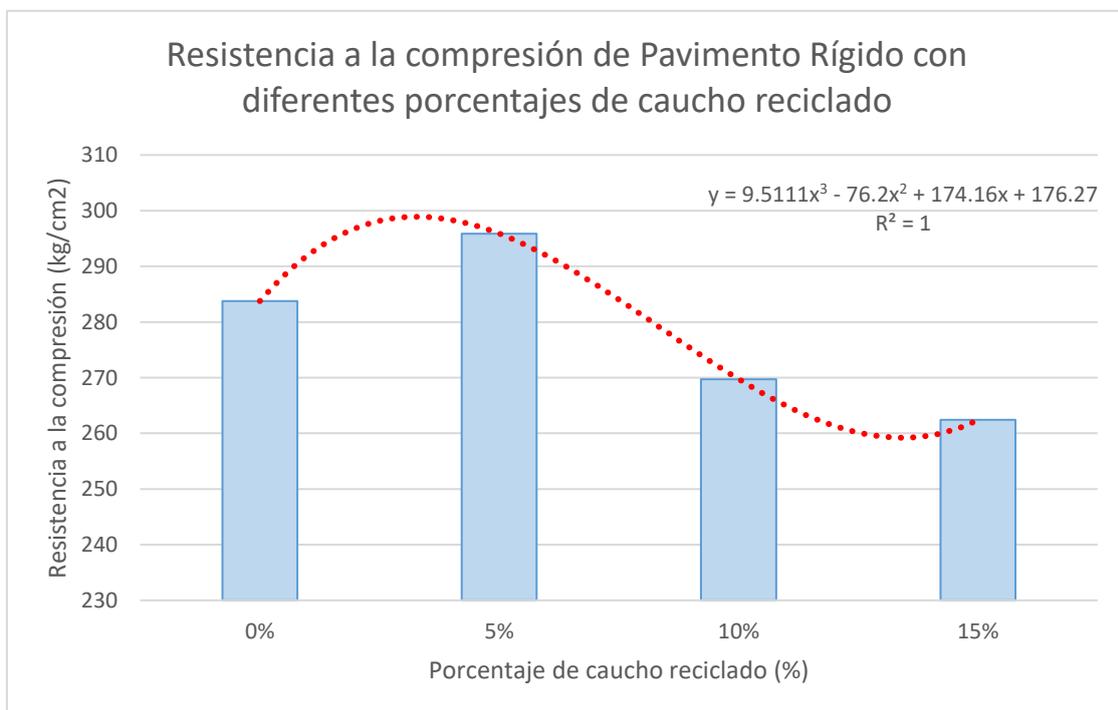
En la tabla 7 se pueden observar los resultados de las resistencias a la compresión para las 60 probetas, ordenadas de acuerdo al porcentaje de caucho adicionado, se logra identificar que, de los valores obtenidos en promedio, las probetas que poseen 0 y 5% de caucho reciclado adicionado, lograron superar el mínimo requerido en cuanto a resistencia

(280 kg/cm²), por otro lado, las probetas que poseen 10 y 15% de caucho, si bien tiene valores menores, estos no son tan lejanos del propuesto.

Para realizar el análisis de la variación de la resistencia a la compresión para estos pavimentos rígidos con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, se procedió a elaborar un gráfico y trazar una línea de tendencia, esta línea resulto responder a una ecuación polinómica de grado 3, $y = 9.5111x^3 - 76.2x^2 + 174.16x + 176.27$, la posee un $R^2 = 1$, con lo que podemos decir que los datos se ajustan perfectamente a esta línea que manifiesta un crecimiento en el caso del 5% y luego este comportamiento empieza a decrecer en el 10%, este es comportamiento usual en los materiales compuestos, ya que llegan a tener un pico donde la propiedad obtiene su máximo valor y luego de esto empieza a decrecer así aumente el porcentaje del material de refuerzo, tal como se muestra en la figura 15

Figura 15

Variación de la resistencia a la compresión de pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado



Nota: Resultados obtenidos experimentalmente en un laboratorio. Elaboración propia (2022)

4.1.3. Análisis de la variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

En el caso de la variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, se utilizaron los pedazos rotos de las probetas sometidas a ensayo de compresión, estas se secaron por 24 horas en un horno a 110°C, se tomó el peso seco y luego de esto se sumergieron en agua por un periodo de tiempo igual, después del cual se procedió a un secado superficial y pesado, con estos datos se obtuvo la absorción, estos resultados se muestran en la tabla 8

Tabla 8

Absorción de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

N°	ABSORCION (%)			
	0%	5%	10%	15%
1	10.67	5.37	5.26	5.10
2	11.21	5.33	5.97	4.64
3	11.34	7.78	5.84	6.01
4	11.57	8.42	6.52	6.90
5	11.46	7.41	7.04	11.85
6	7.69	8.47	10.25	7.74
7	10.91	6.13	9.72	11.08
8	2.22	8.82	5.56	9.91
9	4.07	7.50	6.58	9.30
10	7.62	4.61	8.05	4.70
11	3.17	17.16	3.50	4.72
12	11.57	7.92	5.10	4.78
13	6.28	5.92	7.04	6.18
14	6.94	6.67	5.93	6.78
15	8.51	5.56	18.52	7.95
PROMEDIO	8.4	7.5	7.4	7.2

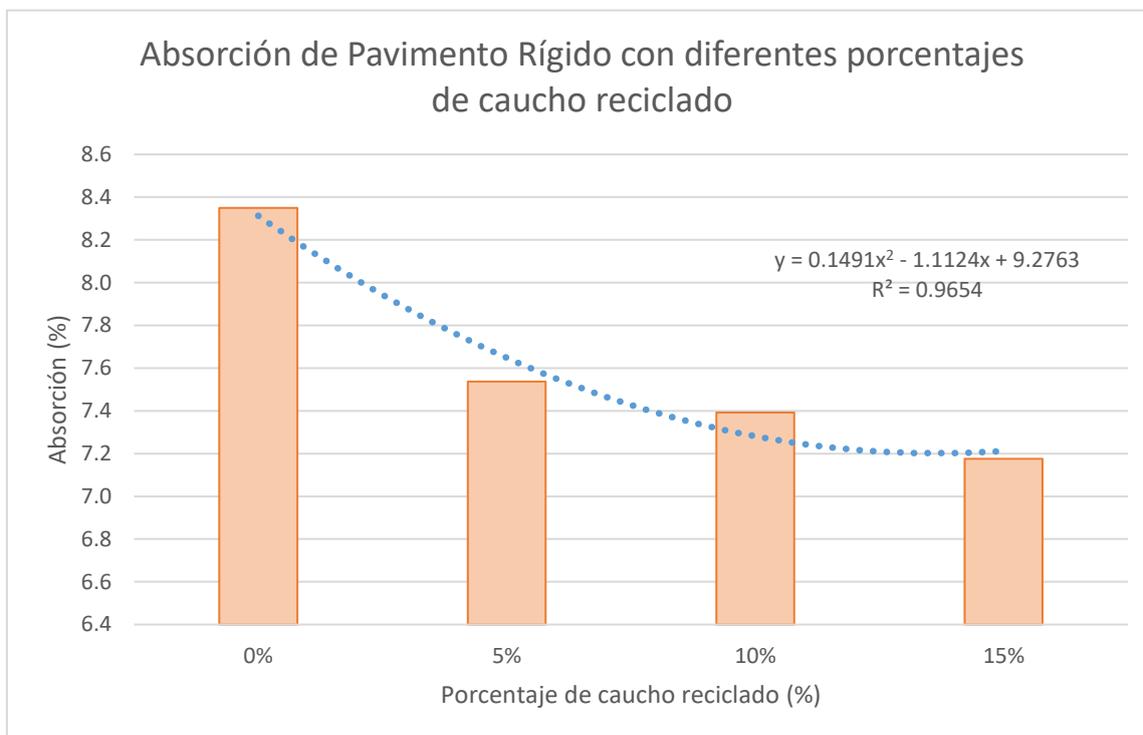
Nota: Resultados obtenidos experimentalmente en un laboratorio. Elaboración propia (2022)

En la tabla 8 se pueden observar el comportamiento decreciente que presenta la absorción conforme va aumentando el porcentaje de caucho reciclado adicionado, este comportamiento es corroborado en la figura 16 donde se elaboró un gráfico de barras con

su respectiva línea de tendencia, la cual tiene un comportamiento polinómico de grado 2 y obedece a la ecuación $y = 0.1491x^2 - 1.1124x + 9.2763$, la cual presenta un $R^2 = 0.9654$

Figura 16

Variación de la absorción de pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado



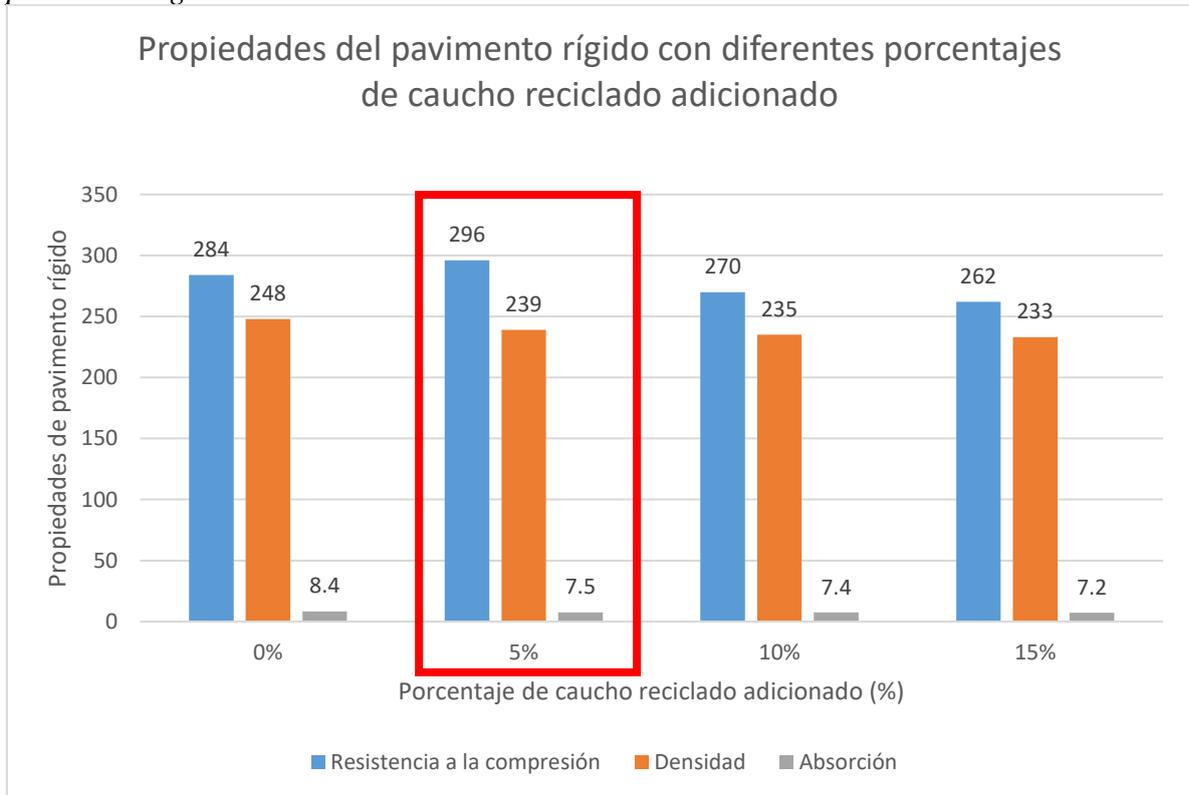
Nota: Resultados obtenidos experimentalmente en un laboratorio. Elaboración propia (2022)

4.1.4. Determinación del porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido.

Para evaluar este objetivo es necesario realizar un entrecruzamiento entre los resultados obtenidos con anterioridad, de esta manera, se escogerán los valores más altos y que, en el caso de resistencia a la compresión, hayan superado el mínimo requerido (280 kg/cm^2)

Figura 17

Porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

Como se aprecia en la figura 17, el porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejora las propiedades de un pavimento rígido es el 5% ya que con este porcentaje se supera al mínimo requerido en resistencia y tanto la densidad como la absorción son menores al 0% (grupo control)

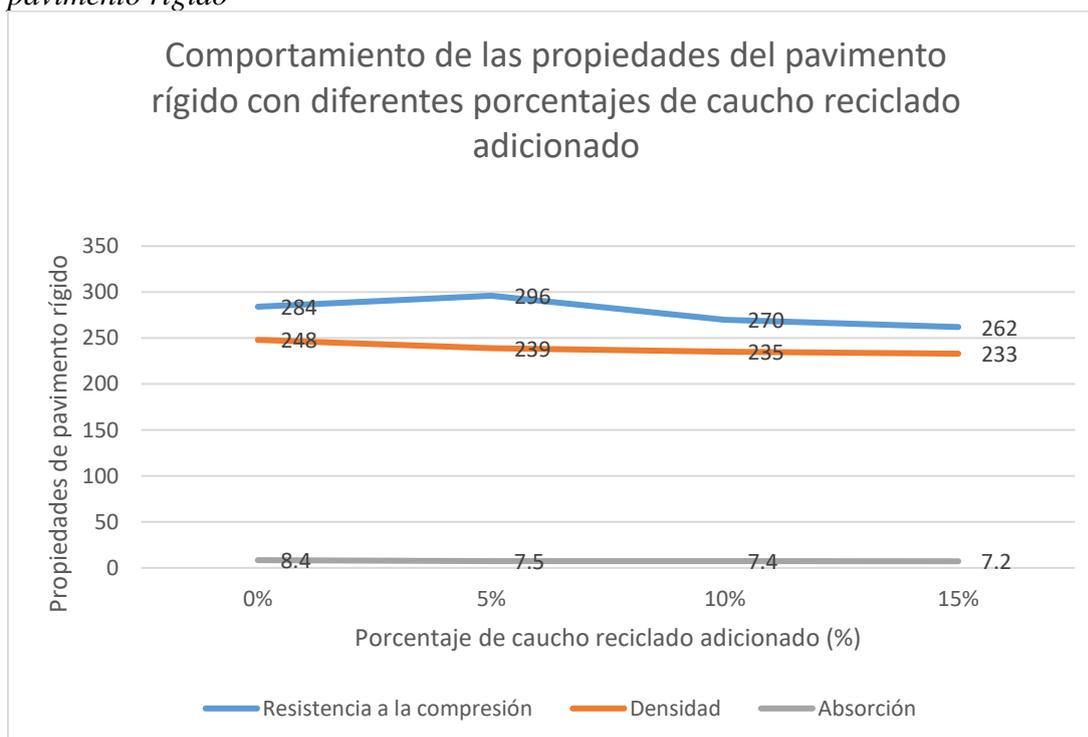
4.1.5. Determinación de la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido

En el caso de la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado, sobre las propiedades de un pavimento rígido, efectivamente se observa que si existe influencia ya que en todas las propiedades se tiene que hay una variación de valores conforme aumenta el porcentaje de caucho reciclado adicionado, en el caso de la absorción y la densidad es más clara esta variación ya que es descendente, lo que provoca, gráficamente, una influencia negativa, sin embargo, al realizar el análisis de los resultados, en estas dos propiedades, es

conveniente que sean las menores posibles; en el caso de la resistencia, la influencia posee dos etapas, una positiva, donde incrementa la resistencia a la compresión, pero al llegar al valor máximo decrece, volviéndose negativa, tal como se muestra en la figura 18

Figura 18

Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Análisis de la variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

En esta contrastación de hipótesis se aplicó el ANOVA unidireccional, con esto se determinó que, al menos uno de los grupos evaluados es diferente a los demás, el nivel de significancia aplicado fue de 0.05% mostrando los resultados en la Tabla 9.

Tabla 9

ANOVA para la densidad de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Densidad	Entre grupos	2122,850	3	707,617	44,887	,000
	Dentro de grupos	882,800	56	15,764		
	Total	3005,650	59			

Nota: tabla elaborada en IBM SPSS (2022)

Los resultados observados en la Tabla 9, evidencia que el valor del estadístico F es de 44.887 y que la significancia obtenida (sig.) es de 0.000%, por lo que es menor que el planteado inicialmente de 0.05% ($p < \alpha$), lo que significa que, efectivamente de los grupos evaluados, al menos uno es diferente a los demás. Ahora que ya se determinó que los grupos son diferentes entre sí, hay que medir el nivel de significancia, y para esto se utilizó la post prueba de Tukey, los resultados se observan en la tabla 10

Tabla 10

Prueba de Tukey (medias) para la densidad de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

Porcentaje_caucho	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
15%	15	232,6667		
10%	15	235,0667		
5%	15		239,4000	
0%	15			248,2667
Sig.		,357	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.

Nota: tabla elaborada en IBM SPSS (2022)

En la tabla 10 podemos observar que de los cuatro grupos evaluados, estos se agrupan en 3 subgrupos, teniendo que el 10 y 15% no presentan diferencia significativa entre sí, sin embargo con respecto al 5 y 0% si existe diferencia significativa, de esta forma se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1) “Si existe variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, y es significativa”

4.2.2. Análisis de la variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

Para esta contrastación se aplicó ANOVA unidireccional con un nivel de significancia de 0.05%, de igual manera se efectuó la post prueba de Tukey para medir la significancia entre los grupos, esto se puede observar en las Tabla 11 y 12 respectivamente.

Tabla 11

ANOVA para la resistencia a la compresión de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Res_compre	Entre grupos	9956,533	3	3318,844	107,605	,000
	Dentro de grupos	1727,200	56	30,843		
Total		11683,733	59			

Nota: tabla elaborada en IBM SPSS (2022)

Tabla 12

Prueba de Tukey (medias) para la resistencia a la compresión de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

Porcentaje caucho	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
15%	15	262,4000			
10%	15		269,7333		
0%	15			283,7333	
5%	15				295,8667
Sig.		1,000	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.

Nota: tabla elaborada en IBM SPSS (2022)

En la tabla 11 podemos observar que efectuado el ANOVA, tenemos un valor de estadístico F de 107,605, y un nivel de significancia de 0.00, el cual es menor al planteado inicialmente (0.05%), con esto se tiene que de los grupos evaluados, al menos uno es diferente a los demás; por otro lado la tabla 12 nos muestra a los resultados agrupados en 4 subgrupos, con lo que se tiene que todos los grupos son diferentes significativamente uno de

otro, con esto rechazamos la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1) “Si existe variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado, y es significativa”

4.2.3. Análisis de la variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

Para este objetivo se aplicó ANOVA unidireccional con un nivel de significancia de 0.05%, y la post prueba de Tukey para medir la significancia entre los grupos, esto se puede observar en las Tabla 12 y 13 respectivamente.

Tabla 13

ANOVA para la absorción de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Absorción	Entre grupos	11,800	3	3,933	,417	,742
	Dentro de grupos	528,581	56	9,439		
	Total	540,380	59			

Nota: tabla elaborada en IBM SPSS (2022)

Tabla 14

Prueba de Tukey (medias) para la absorción de pavimento rígido con diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

Porcentaje_caucho	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
15%	15	7,1760
10%	15	7,3920
5%	15	7,5380
0%	15	8,3487
Sig.		,724

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

Nota: tabla elaborada en IBM SPSS (2022)

En la tabla 12 se observa el ANOVA realizado para este objetivo, el cual presenta un valor de estadístico F de 0.417 y un nivel de significancia de 0.742, el cual es mayor al planteado inicialmente (0.05%), con esto se acepta la hipótesis nula (H0) que indica que “No existe variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado”, la prueba de Tukey reafirma lo obtenido en el ANOVA, donde los subgrupos no presentan una diferencia significativa entre ellos y se toman como que todos son iguales, tal como se observa en la tabla 13.

4.2.4. Determinación del porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido.

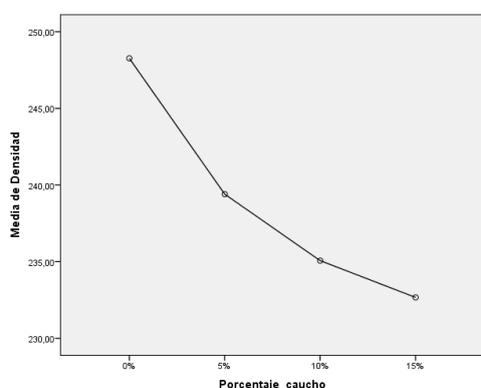
No aplica hipótesis, sin embargo, en la figura 17 se puede observar los resultados obtenidos, los cuales no necesitan la contrastación estadística de una hipótesis.

4.2.5. Determinación de la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido

Finalmente, para comprobar que existe una influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido, basta con observar el comportamiento de las propiedades evaluadas con respecto al caucho reciclado adicionado, y para esto tenemos las figuras 19, 20 y 21 que se muestran a continuación:

Figura 19

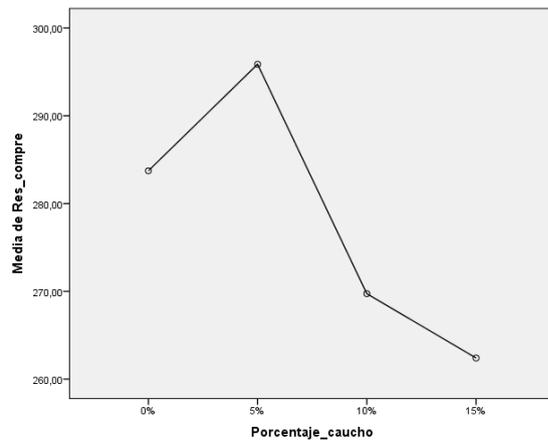
Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre la densidad de pavimentos rígidos



Nota: Gráfica obtenida en IBM SPSS (2022)

Figura 22

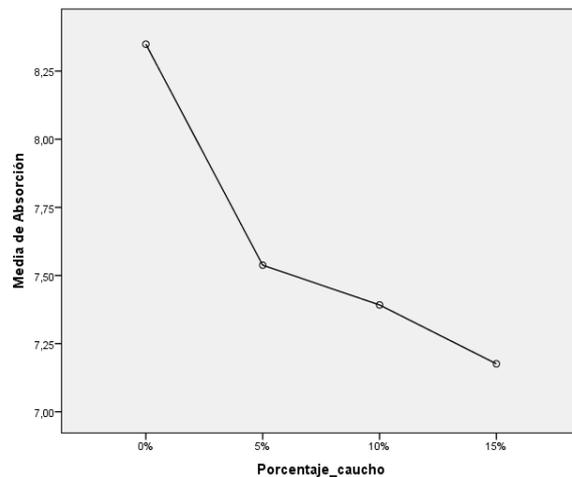
Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre la resistencia a la compresión de pavimentos rígidos



Nota: Gráfica obtenida en IBM SPSS (2022)

Figura 23

Influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre la absorción de pavimentos rígidos



Nota: Gráfica obtenida en IBM SPSS (2022)

Como se observa en las figuras anteriores, en todas ellas el comportamiento es variado, es decir, las propiedades crecen o decrecen conforme aumenta el porcentaje de caucho reciclado adicionado, de esta manera se comprueba que existe una influencia del porcentaje de caucho adicionado sobre las propiedades de pavimentos rígidos, aceptando así la hipótesis alterna (H1) y rechazando la hipótesis nula (H0)

4.3. Discusión de resultados

- En cuanto a la variación de la densidad de pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado, se tiene que conforme aumenta el porcentaje de caucho, la densidad va disminuyendo, esto está de acorde con la investigación realizada por Pérez y Arrieta, quienes indican que el concreto con adición de caucho ya sea como agregado fino o grueso, reducen la densidad de las probetas elaboradas, al igual que Soto y Marín, quienes obtuvieron el comportamiento indicado en la investigación.
- En el caso de la variación de la resistencia a la compresión de pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado los resultados obtenidos están de acorde en su mayoría a lo descrito por Lara et al., Redin y Reyes et al. donde al aumentar el porcentaje de caucho reciclado adicionado, la resistencia a la compresión disminuye, sin embargo, no presentan el pico superior que se observa en la presente investigación, por otro lado, Ballén manifiesta que concreto con el 5% de caucho reciclado adicionado efectivamente presenta un aumento en la resistencia a la compresión de este
- La absorción del pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado experimenta una reducción conforme aumenta el porcentaje de caucho, esto está de acorde con Reyes et al., quienes expresan que el caucho es un material no absorbente en comparación con el agregado, y es por esta razón que el porcentaje de absorción del pavimento rígido, disminuye al aumentar el porcentaje de caucho adicionado.
- Finalmente, en cuanto a la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de pavimentos rígidos, Reyes et al., Pérez y Arrieta, Lara et al. y Redin están de acuerdo a que si existe una influencia negativa en la adición de caucho reciclado, sin embargo también manifiestan que al agregar un aditivo plastificante o superplastificante, este comportamiento puede variar llegando a tener una mejora en la resistencia a la compresión.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.1. Conclusiones

1. El porcentaje de caucho reciclado adicionado si influye sobre las propiedades de un pavimento rígido, teniendo que los comportamientos son decrecientes, es decir mientras el porcentaje de caucho reciclado adicionado aumenta, las propiedades disminuyen en su valor, este comportamiento en el caso de la densidad y absorción, es bueno, sin embargo en el caso de la resistencia a la compresión no es conveniente que disminuya.
2. La variación de la densidad de pavimentos rígidos con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado corresponde a la ecuación cuadrática $y = 1.6117x^2 - 13.166x + 259.67$ y muestra un comportamiento decreciente, siendo este apropiado para un concreto ya que se requiere el menor peso posible
3. En el caso de la variación de la resistencia a la compresión de pavimentos rígidos con respecto al porcentaje de caucho reciclado adicionado sigue un comportamiento polinómico de tercer grado según la ecuación $y = 9.5111x^3 - 76.2x^2 + 174.16x + 176.27$, en este caso presenta un pico superior con el 5% de caucho adicionado y una resistencia de 296 kg/cm^2 ; luego de esto conforme aumenta el porcentaje de caucho reciclado adicionado, las resistencias van disminuyendo.
4. La absorción de un pavimento rígido con respecto al porcentaje de caucho adicionado va disminuyendo conforme aumenta el porcentaje de caucho, teniendo que corresponde a una ecuación de segundo grado ($y = 0.1491x^2 - 1.1124x + 9.2763$), este comportamiento es óptimo ya que se debe procurar el disminuir la absorción en este tipo de materiales, sin embargo estadísticamente no se aprecia diferencia significativa entre los resultados.
5. El porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejora las propiedades de un pavimento rígido es el 5%, con este porcentaje se tiene la mayor resistencia a la

compresión, una densidad y absorción más baja que la de la muestra patrón, es por esta razón que se asume como el porcentaje ideal.

5.2. Sugerencias

- Continuar la investigación, teniendo en cuenta el uso de aditivos plastificantes y super plastificantes para mejorar las propiedades del pavimento rígido
- Investigar la influencia del porcentaje de caucho reciclado en pavimentos rígidos, pero a manera de sustitución parcial del agregado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelmonem, e. a. (2019). Ejecución del hormigón de alta resistencia que contiene caucho reutilizado.
- Aceros Arequipa . (2010). El Concreto hidráulico.
- Alarcón, C. (2019). *Análisis comparativo de la magnitud de las características físico Mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado.*
- Allison. (1967). Asfalto modificado con caucho natural.
- Ballén, P. O. (2017). Estudio Para Caracterizar Una Mezcla De Concreto Con Caucho Reciclado En Un 5% En Peso Comparado Con Una Mezcla De Concreto Tradicional De 3500 Psi.
- Campagnoli, S. (2016). Pavimentos asfálticos de carreteras. En S. Campagnoli, *Pavimentos asfálticos de carreteras* (pág. 438). Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Campagnoli, S. (2016). *Pavimentos asfálticos de carreteras.*
- Campaña, O., & Galeas, S. (2015). Obtención de asfalto modificado con polvo de caucho proveniente del reciclaje de neumáticos de automotores. *Revista politecnica.*
- Campoamor, J. (23 de Mayo de 2016). *Cementerios de neumáticos: un problema global.* Obtenido de Made for minds.: <https://p.dw.com/p/1ItEv>
- Cao. (2007). Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla.
- Chávarri Maldonado, C. M. (2007). Pavimentos de Concreto Asfáltico.
- Fernández. (2019). *Estudio De Un Asfalto Con Adición De Caucho De Neumático Reciclado Como Polímero Base, Chachapoyas – Amazonas.*
- González, M. (2015). Metodología del reciclaje.
- Habid, A. (2020). *Efecto de las temperaturas elevadas en la presentación primaria del cemento elástico reutilizado: Visualización experimental y numérica.* Desarrollo y materiales de construcción.
- Huachua, C. (2017). *Comportamiento Físico Mecánico Del Concreto Hidráulico Adicionado Con Caucho Reciclado.*
- Kaya. (1992). Asfalto con caucho reciclado.
- Madrid, C. D. (2003). Guía básica de desarrollo de obras de urbanización.
- Meier, J. (1985). Importancia de la resistencia y vida útil de mezclas.

- Mostafa, e. a. (2020). *Examen de prueba y expectativa relativa de IA de la conducta solidaria del cemento elástico reutilizado avanzado*.
- Navarro, J. (2018). Definición de Hormigón Asfáltico.
- Oliver. (1981). Asfalto con caucho reciclado.
- Ordóñez, M. (2006). Diseño moderno de pavimentos asfálticos.
- Papagiannakis, L. (1996). Comportamiento de dos mezclas asfálticas.
- Peláez Arroyave, G. J. (2016). Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*.
- Petroperú. (2021).
- Punith. (2011). Evaluación de desgaste por abrasión de una mezcla.
- Qi, e. a. (2019). Pronóstico sobre el avance del daño de la reutilización del caucho elástico utilizando la conexión cuantitativa de la visión de la información.
- Redín, N. (2018). *Estudio De Las Propiedades Mecánicas Del Concreto 210kg/Cm2, Con Granulado De Caucho Reciclado En Remplazo Parcial Del Agregado Fino De Cunyac*.
- Rodríguez. (2016). Las ventajas que se pueden obtener con el uso de la combinación del pavimento con cauchos reutilizados.
- Rondón, H., & Reyes, A. (2015). *Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño*. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Ruijun. (2019). Evaluación de las microfisuras en la zona de cambio interfacial del cemento elástico reutilizado.
- Schilling. (2018). Pegamento de asfalto utilizando polvo de caucho reutilizado.
- SENCICO. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. *Costos*.
- Shen. (2006). Tecnología del asfalto.
- Sibal. (2000). Implementación del grano de caucho reciclado.
- Tortum, e. a. (2005). Diseño del pavimento asfáltico.
- Velar. (1997). Implementación del grano de caucho reciclado.
- Verdezoto. (2016). Ejemplos de pista tradicional, con un 5% de caucho reutilizado y otro con un 10%.
- Way. (2016). Implementación del grano de caucho reciclado en el pavimento asfáltico.
- Xiao. (2007). Asfalto de caucho molido de llanta.

Yunchao, e. a. (2021). *Investigación exploratoria y teórica sobre las propiedades termo mecánicas del hormigón de áridos reciclados que contiene caucho reciclado*. Junhui LIU: Gale Academic Onefile.

ANEXOS

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAUCHO RECICLADO ADICIONADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO	Problema general: ¿cuál es la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido?	Hipótesis general: H0: no existe influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido H1: si existe influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido	Objetivo general: Determinar la influencia del porcentaje de caucho reciclado adicionado sobre las propiedades de un pavimento rígido	Independiente: Porcentaje de caucho reciclado adicionado	Cantidad - Porcentaje en peso: 0, 5, 10 y 10%	Tipo: Aplicada, cuantitativa y experimental
	Problemas específicos: • ¿Existe variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado?	Hipótesis específicas: Hipótesis específica 1 • H0: no existe variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado • H1: si existe variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	Objetivos específicos: • Analizar la variación de la densidad de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado			Diseño: Experimental pura
	 • ¿Existe variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado?	 Hipótesis específica 2 • H0: no existe variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado • H1: si existe variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	 • Analizar la variación de la absorción de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado	Dependiente: Propiedades de un pavimento rígido	Propiedades físicas - Densidad - Absorción Propiedades mecánicas - Resistencia a la compresión	Método de investigación: Hipotético deductivo

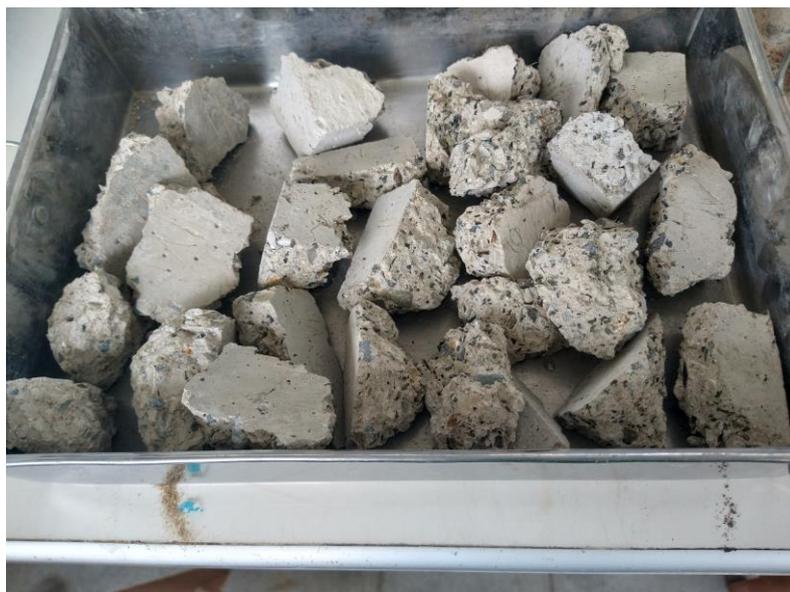
-
- Hipótesis específica 3**
- ¿Existe variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado?
 - H0: no existe variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado
 - H1: si existe variación de la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado
 - Analizar la variación de la resistencia a la compresión de un pavimento rígido con respecto a diferentes porcentajes de caucho reciclado adicionado

- Hipótesis específica 4**
- ¿Cuál es el porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido?
 - No aplica
 - Determinar el porcentaje ideal de caucho reciclado adicionado que mejore las propiedades de un pavimento rígido
-

ANEXO 2
PANEL FOTOGRAFICO



Rotura de probetas 0%



Probetas para ensayo de absorción



Rotura de probetas 10%



Probetas secando en la estufa

ANEXO 3
RESULTADOS SPSS

```

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

```

Unidireccional

Notas

Salida creada		20-APR-2022 17:38:40
Comentarios		
Entrada	Datos	G:\Mi unidad\datos.sav
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos0
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	61
Manejo de valor perdido	Definición de ausencia	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos para cada análisis se basan en casos sin datos perdidos para cualquier variable del análisis.
Sintaxis		ONEWAY Res_compre Absorción Densidad BY Porcentaje_caucho /STATISTICS DESCRIPTIVES /PLOT MEANS /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05).
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.77
	Tiempo transcurrido	00:00:00.69

Descriptivos

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de ...
						Límite inferior
Res_compre	0%	15	283,7333	4,13118	1,06667	281,4456
	5%	15	295,8667	5,48852	1,41713	292,8272
	10%	15	269,7333	7,12608	1,83994	265,7870
	15%	15	262,4000	5,03984	1,30128	259,6090
	Total	60	277,9333	14,07229	1,81672	274,2981
Absorción	0%	15	8,3487	3,26736	,84363	6,5393
	5%	15	7,5380	2,97021	,76691	5,8932
	10%	15	7,3920	3,52938	,91128	5,4375
	15%	15	7,1760	2,40861	,62190	5,8422
	Total	60	7,6137	3,02638	,39070	6,8319
Densidad	0%	15	248,2667	6,52979	1,68598	244,6506
	5%	15	239,4000	2,26148	,58391	238,1476
	10%	15	235,0667	3,49421	,90220	233,1316
	15%	15	232,6667	1,75933	,45426	231,6924
	Total	60	238,8500	7,13745	,92144	237,0062

Descriptivos

		95% del intervalo de confianza ...	Mínimo	Máximo
		Límite superior		
Res_compre	0%	286,0211	275,00	291,00
	5%	298,9061	288,00	305,00
	10%	273,6796	256,00	279,00
	15%	265,1910	253,00	271,00
	Total	281,5686	253,00	305,00
Absorción	0%	10,1581	2,22	11,57
	5%	9,1828	4,61	17,16
	10%	9,3465	3,50	18,52
	15%	8,5098	4,64	11,85
	Total	8,3955	2,22	18,52
Densidad	0%	251,8827	239,00	260,00
	5%	240,6524	236,00	243,00
	10%	237,0017	229,00	240,00
	15%	233,6410	229,00	236,00
	Total	240,6938	229,00	260,00

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Res_compre	Entre grupos	9956,533	3	3318,844	107,605	,000
	Dentro de grupos	1727,200	56	30,843		
	Total	11683,733	59			
Absorción	Entre grupos	11,800	3	3,933	,417	,742
	Dentro de grupos	528,581	56	9,439		
	Total	540,380	59			
Densidad	Entre grupos	2122,850	3	707,617	44,887	,000
	Dentro de grupos	882,800	56	15,764		
	Total	3005,650	59			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Porcentaje_caucho	(J) Porcentaje_caucho	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar
Res_compre	0%	5%	-12,13333*	2,02790
		10%	14,00000*	2,02790
		15%	21,33333*	2,02790
	5%	0%	12,13333*	2,02790
		10%	26,13333*	2,02790
		15%	33,46667*	2,02790
	10%	0%	-14,00000*	2,02790
		5%	-26,13333*	2,02790
		15%	7,33333*	2,02790
	15%	0%	-21,33333*	2,02790
		5%	-33,46667*	2,02790
		10%	-7,33333*	2,02790
Absorción	0%	5%	,81067	1,12184
		10%	,95667	1,12184
		15%	1,17267	1,12184
	5%	0%	-,81067	1,12184
		10%	,14600	1,12184
		15%	,36200	1,12184
	10%	0%	-,95667	1,12184
		5%	-,14600	1,12184
		15%	,21600	1,12184

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

				95% de ...
Variable dependiente	(I) Porcentaje_caucho	(J) Porcentaje_caucho	Sig.	Límite inferior
Res_compre	0%	5%	,000	-17,5030
		10%	,000	8,6303
		15%	,000	15,9637
	5%	0%	,000	6,7637
		10%	,000	20,7637
		15%	,000	28,0970
	10%	0%	,000	-19,3697
		5%	,000	-31,5030
		15%	,003	1,9637
	15%	0%	,000	-26,7030
		5%	,000	-38,8363
		10%	,003	-12,7030
Absorción	0%	5%	,888	-2,1598
		10%	,829	-2,0138
		15%	,724	-1,7978
	5%	0%	,888	-3,7812
		10%	,999	-2,8245
		15%	,988	-2,6085
	10%	0%	,829	-3,9272
		5%	,999	-3,1165
		15%	,997	-2,7545

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

			95% de intervalo
Variable dependiente	(I) Porcentaje_caucho	(J) Porcentaje_caucho	Límite superior
Res_compre	0%	5%	-6,7637
		10%	19,3697
		15%	26,7030
	5%	0%	17,5030
		10%	31,5030
		15%	38,8363
	10%	0%	-8,6303
		5%	-20,7637
		15%	12,7030
	15%	0%	-15,9637
		5%	-28,0970
		10%	-1,9637
Absorción	0%	5%	3,7812
		10%	3,9272
		15%	4,1432
	5%	0%	2,1598
		10%	3,1165
		15%	3,3325
	10%	0%	2,0138
		5%	2,8245
		15%	3,1865

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Porcentaje_caucho	(J) Porcentaje_caucho	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar
	15%	0%	-1,17267	1,12184
		5%	-,36200	1,12184
		10%	-,21600	1,12184
Densidad	0%	5%	8,86667*	1,44979
		10%	13,20000*	1,44979
		15%	15,60000*	1,44979
	5%	0%	-8,86667*	1,44979
		10%	4,33333*	1,44979
		15%	6,73333*	1,44979
	10%	0%	-13,20000*	1,44979
		5%	-4,33333*	1,44979
		15%	2,40000	1,44979
15%	0%	-15,60000*	1,44979	
	5%	-6,73333*	1,44979	
	10%	-2,40000	1,44979	

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Porcentaje_caucho	(J) Porcentaje_caucho	Sig.	95% de ...
				Límite inferior
	15%	0%	,724	-4,1432
		5%	,988	-3,3325
		10%	,997	-3,1865
Densidad	0%	5%	,000	5,0278
		10%	,000	9,3611
		15%	,000	11,7611
	5%	0%	,000	-12,7056
		10%	,021	,4944
		15%	,000	2,8944
	10%	0%	,000	-17,0389
		5%	,021	-8,1722
		15%	,357	-1,4389
15%	0%	,000	-19,4389	
	5%	,000	-10,5722	
	10%	,357	-6,2389	

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

			95% de intervalo
Variable dependiente	(I) Porcentaje_caucho	(J) Porcentaje_caucho	Límite superior
	15%	0%	1,7978
		5%	2,6085
		10%	2,7545
Densidad	0%	5%	12,7056
		10%	17,0389
		15%	19,4389
	5%	0%	-5,0278
		10%	8,1722
		15%	10,5722
	10%	0%	-9,3611
		5%	-,4944
		15%	6,2389
15%	0%	-11,7611	
	5%	-2,8944	
	10%	1,4389	

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

Subconjuntos homogéneos

Res_compre

HSD Tukey^a

Porcentaje_caucho	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
15%	15	262,4000			
10%	15		269,7333		
0%	15			283,7333	
5%	15				295,8667
Sig.		1,000	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.

Absorción

HSD Tukey^a

Porcentaje_caucho	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
15%	15	7,1760
10%	15	7,3920
5%	15	7,5380
0%	15	8,3487
Sig.		,724

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

Densidad

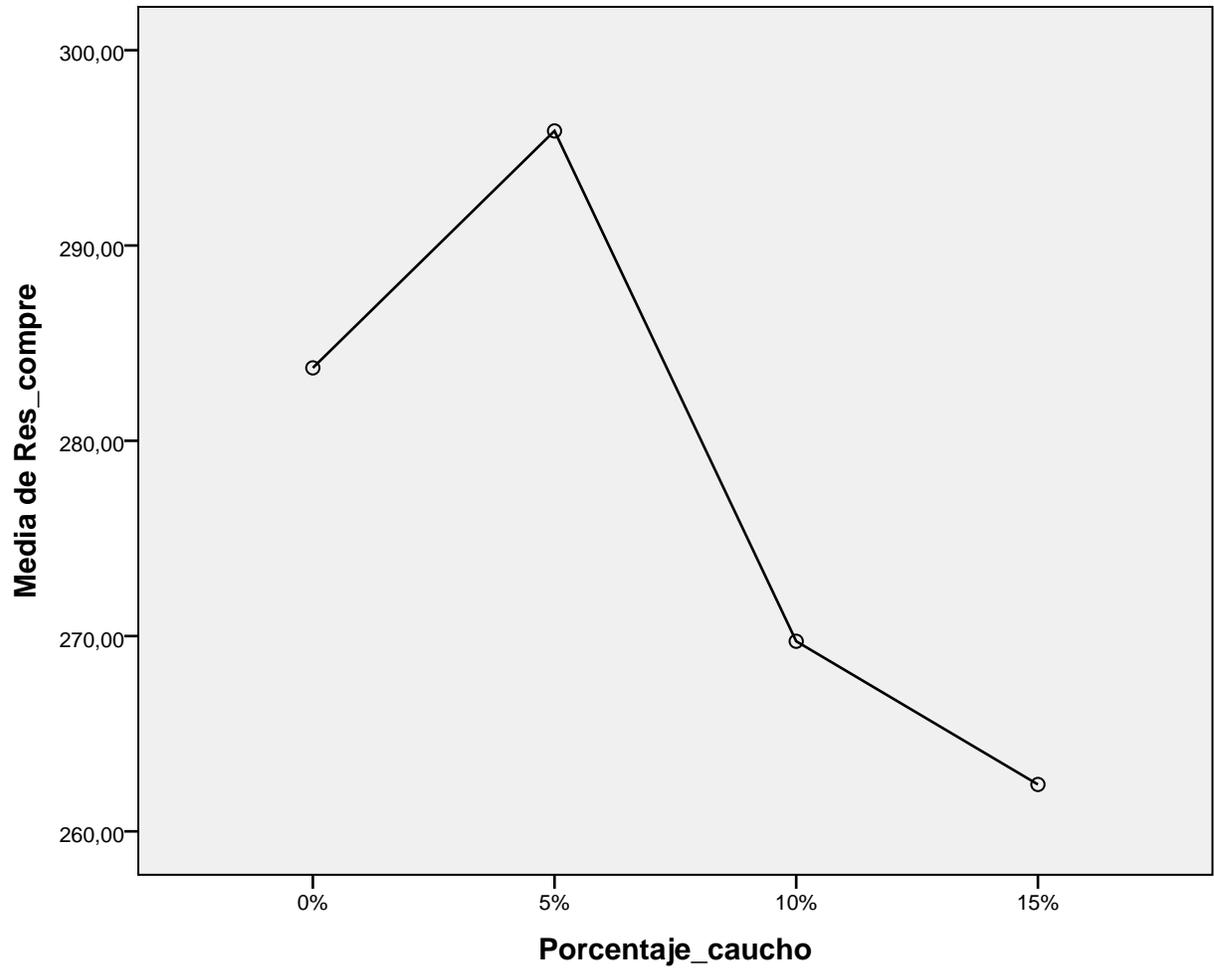
HSD Tukey^a

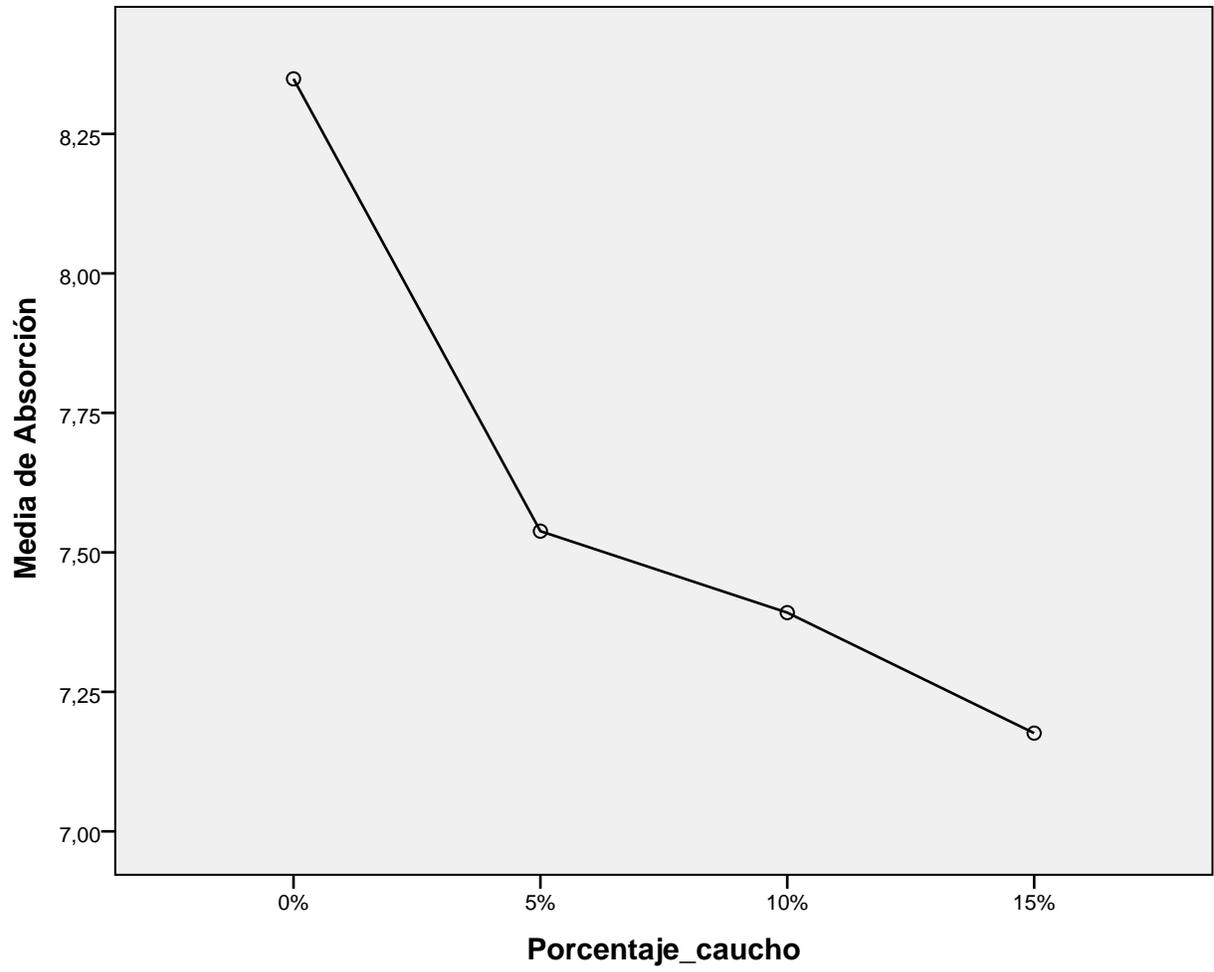
Porcentaje_caucho	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
15%	15	232,6667		
10%	15	235,0667		
5%	15		239,4000	
0%	15			248,2667
Sig.		,357	1,000	1,000

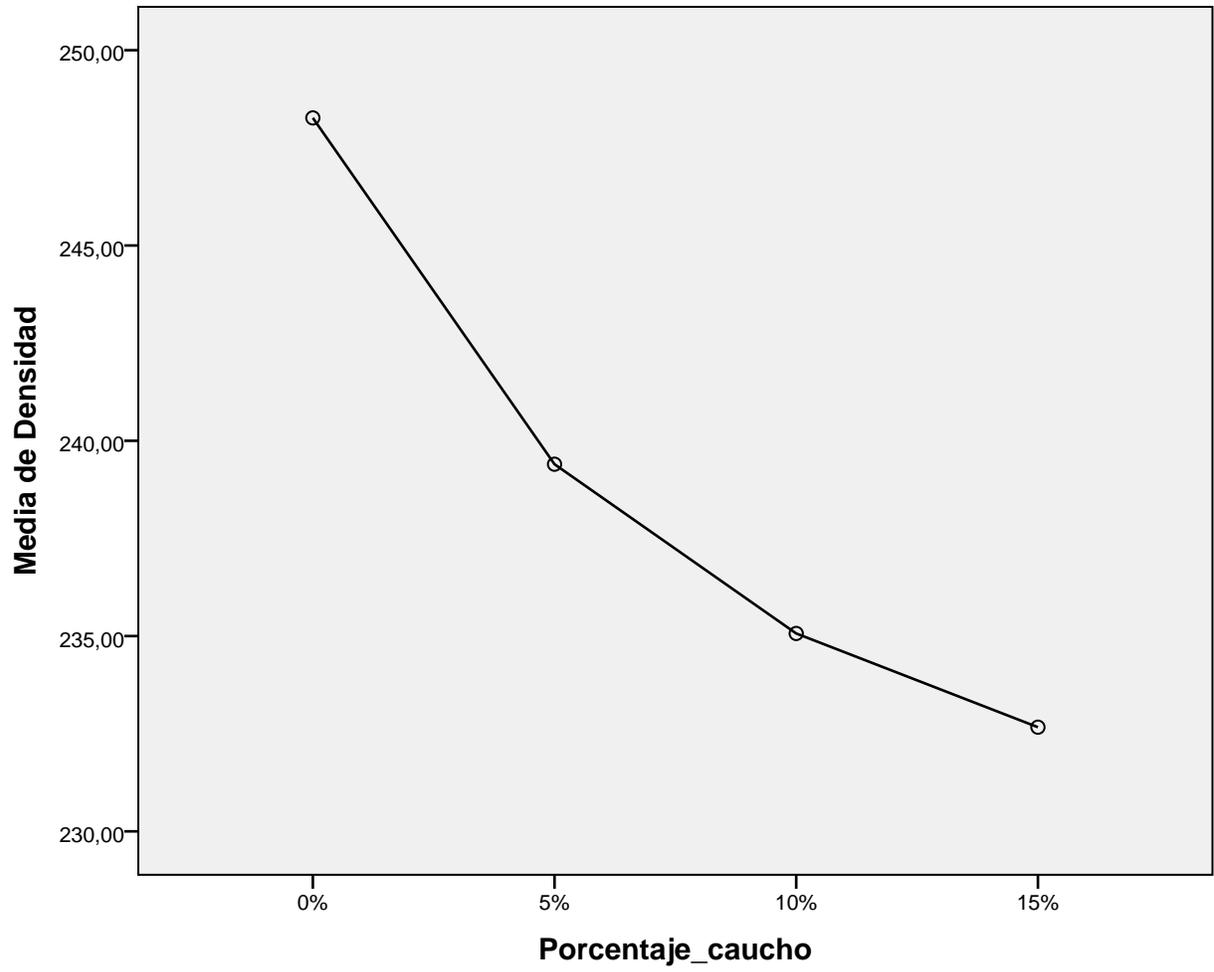
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

Gráficos de medias







ANEXO 4
RESULTADO TURNITIN

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAUCHO RECICLADO ADICIONADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	1library.co	Fuente de Internet	3%
2	idoc.pub	Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	1%
4	www.uct.edu.pe	Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com	Fuente de Internet	1%
6	repositorio.usmp.edu.pe	Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.upla.edu.pe	Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
11	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
16	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.uleam.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Alas Peruanas	

<1 %

21

repositorio.untrm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Politécnico Colombiano Jaime
Isaza Cadavid

Trabajo del estudiante

<1 %

26

www.scielo.org.co

Fuente de Internet

<1 %

27

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

talentos.ueb.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

29

Dspace.Unitru.Edu.Pe

Fuente de Internet

<1 %

30

repositorio.uaustral.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía Activo