



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**Análisis comparativo del diseño de pavimento empleando
mezcla Asfáltica Convencional y con adición de Caucho
Reciclado Av. Santa Ana Comas 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Olarte Yépez, Carlos Eduardo

(Código ORCID 000-00032232-2839)

ASESOR(A):

Mgtr. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo

(Código ORCID 0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA – PERU

2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi madre, por acompañarme y darme el apoyo necesario para recorrer este camino, por tener paciencia y compartir a mi lado todas las alegrías y triunfos.

A mi familia por ser la fuente de inspiración y empujarme a seguir adelante y enseñarme que todo es posible.

A Dios por ser mi guía y ni dejar que pierda las fuerzas y permitirme llegar hasta el final.

AGRADECIMIENTOS

**Me siento muy agradecido con mis asesores, docentes y compañeros
pues fueron muchos años que compartimos experiencias, enseñanzas y
conocimientos; con los cuales vamos a construir nuestro futuro y de
nuestras familia**

Índice de contenidos

| | | |
|-------------|--|----|
| I. | INTRODUCCION..... | 01 |
| II. | MARCO TEORICO..... | 05 |
| III. | METODO..... | 13 |
| | 3.1 Tipo y diseño de investigación..... | 14 |
| | 3.2 Variables y Operacionalización..... | 15 |
| | 3.3 Población y muestra..... | 16 |
| | 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 18 |
| | 3.5 Procedimiento..... | 19 |
| | 3.6 Método de Análisis de datos..... | 36 |
| | 3.7 Aspectos éticos..... | 36 |
| IV. | RESULTADOS..... | 38 |
| V. | DISCUSIÓN..... | 46 |
| VI. | CONCLUSIONES..... | 49 |
| VII. | RECOMENDACIONES..... | 51 |
| | REFERENCIAS | |
| | ANEXOS | |

Índice de tablas

| | |
|-----------------|----|
| Tabla N°01..... | 20 |
| Tabla N°02..... | 21 |
| Tabla N°03..... | 21 |
| Tabla N°04..... | 21 |
| Tabla N°05..... | 22 |
| Tabla N°06..... | 22 |
| Tabla N°07..... | 24 |
| Tabla N°08..... | 24 |
| Tabla N°09..... | 25 |
| Tabla N°10..... | 26 |
| Tabla N°11..... | 27 |
| Tabla N°12..... | 28 |
| Tabla N°13..... | 28 |
| Tabla N°14..... | 28 |
| Tabla N°15..... | 29 |
| Tabla N°16..... | 30 |
| Tabla N°17..... | 30 |
| Tabla N°18..... | 31 |
| Tabla N°19..... | 31 |
| Tabla N°20..... | 32 |
| Tabla N°21..... | 33 |

| | |
|-----------------|----|
| Tabla N°22..... | 39 |
| Tabla N°23..... | 39 |
| Tabla N°24..... | 42 |
| Tabla N°25..... | 43 |

Índice de figuras

| | |
|-------------------|----|
| Figura N° 01..... | 16 |
| Figura N° 02..... | 17 |
| Figura N° 03..... | 19 |
| Figura N° 04..... | 30 |
| Figura N° 05..... | 35 |
| Figura N° 06..... | 40 |
| Figura N° 07..... | 40 |
| Figura N° 08..... | 41 |
| Figura N° 09..... | 41 |
| Figura N° 10..... | 42 |
| Figura N° 11..... | 43 |
| Figura N° 12..... | 44 |
| Figura N° 13..... | 44 |
| Figura N° 14..... | 45 |

Resumen

Nuestra investigación se basó en el análisis comparativo del diseño de los pavimentos empleando pavimento modificado con caucho reciclado y con el pavimento tradicional, el objetivo principal fue resaltar los aspectos comparativos que diferencian el pavimento con caucho modificado con el pavimento tradicional, siendo este superado en aspectos básicos de diseño, así como técnicos resaltando sus aportes que ofrece aumentando la elasticidad de la carpeta asfáltica, y mejorando las propiedades del asfalto tradicional. La metodología está dentro del paradigma positivista socio crítico, tiene un enfoque cuantitativo, siendo una investigación de tipo correlacional; se tomó como muestra la Avenida Santa Ana - Comas; teniendo como referencia las normas ASHHTO 93, NTP, ASTM; las cuales regulan los parámetros de diseño; Luego de realizados los ensayos en el laboratorio llegamos a concluir que aumento el porcentaje de vacíos de la mezcla, así como la fluidez y estabilidad; resaltando la efectividad del asfalto modificado con caucho reciclado; también se da a conocer el beneficio económico del uso de los pavimentos modificados y su contribución con el medio ambiente siendo este de interés general, Cabe resaltar la calidad del polímero de caucho el cual se muestra como el modificador por excelencia de los pavimentos asfálticos.

Palabras clave: Asfalto modificado, caucho reciclado, mezcla asfáltica, pavimento modificado.

Abstract

Our research was based on the comparative analysis of the design of the pavement using pavement modified with recycled rubber and with the traditional pavement, the main objective was to highlight the comparative aspects that differentiate the pavement with modified rubber with the traditional pavement, this being surpassed in aspects basic design, as well as technical, highlighting the contributions it offers by increasing the elasticity of the asphalt mat, and improving the properties of traditional asphalt. The methodology is within the socio-critical positivist paradigm, it has a quantitative approach, being a correlational research; Avenida Santa Ana - Comas was taken as a sample; having as reference the ASHHTO 93, NTP, ASTM standards; which regulate the design parameters; After carrying out the tests in the laboratory, we concluded that the percentage of voids in the mixture increased, as well as the fluidity and stability; highlighting the effectiveness of asphalt modified with recycled rubber; The economic benefit of using modified pavements and its contribution to the environment is also disclosed, this being of general interest. It is worth highlighting the quality of the rubber polymer, which is shown as the modifier par excellence of asphalt pavements.

Keywords: Modified asphalt, recycled rubber, asphalt mix, modified pavement.

i. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios el ser humano siempre ha tenido la necesidad de expandirse, para ello ha buscado maneras de movilizarse y unir grandes distancias, formas que a su vez le faciliten la transitabilidad en sus extensos recorridos para ello se ha visto en la necesidad de construir caminos apropiados, cada vez más complejos y de mejor calidad; es debido a esta búsqueda que se han dado nuevos métodos de emplear los materiales para perfeccionar las vías por donde transita.

En las grandes urbes se han edificado súper carreteras, así como vías alternas que abarcan grandes distancias cubriendo casi toda la superficie de las ciudades tal es el caso de los Estados Unidos que fue uno de los precursores en lograr unir todos sus estados gracias a su vía interestatal en los años 50s, la cual es una red de carreteras construidas en su mayoría con asfalto que abarcan el 90% de caminos de dicho país; para lo cual han desarrollado métodos y técnicas para mejorar las calidades de dichos carreteras utilizando cada vez materiales de mayor resistencia y durabilidad.

El Perú no es ajeno a dichas construcciones, pues desde tiempos antiguos nuestros antepasados los incas edificaron la red de caminos consideradas la más grande en todo el continente que abarcaba casi todo el imperio, siendo estos de vital importancia para su desarrollo y expansión; en la actualidad nuestro país tiene una red de carreteras muy importantes como es la vía transoceánica que une el Perú con Brasil siendo una importante vía de comercio y desarrollo para ambas naciones.

Pereda & Cubas, (2015), nos señaló que la infraestructura vial de un país está conformado por sus carreteras, ya que son muy importantes puesto que ayudan con el desarrollo de las sociedades en el aspecto cultural y económico del mismo; la distancia de las vías en nuestro país tiene una longitud de 78,200 kilómetros aproximadamente, de ellos 68,720 (87%) no están pavimentados.

La ciudad de Lima siendo la más importante ciudad del país, tiene la mayor cantidad de carreteras que sirven para unir sus distritos, tiene deseos de mejorar la calidad de sus carreteras ya que por el uso continuo, la sobrecarga y el desgaste en dichas vías se ven diversas fallas como agrietamientos, hoyos, piel de cocodrilo, exudación, corrugaciones, entre otras; debido a ello es que se vienen realizando

diversos estudios con materiales para realizar mejoras en el pavimento y así poder contribuir con el crecimiento y desarrollo no solo de la ciudad sino del país.

Así mismo tenemos que aminorar el porcentaje de contaminación que producen los neumáticos en desuso pues estos son desechados y causan problemas ambientales debido al crecimiento del parque automotor de nuestra capital, al mal estado de la carreteras las cuales producen un mayor desgaste en los neumáticos reduciendo en forma considerable la vida útil de los mismos.

Pereda & Cubas (2015), indico lo siguiente, “Debido a investigaciones realizadas en diversos países siendo el caso de Brasil por parte de Latino América y Estados Unidos por Norte América, la suma de los residuos sólidos de neumáticos al pavimento flexible ha logrado ser reglamentada en la norma ASTM como idóneo modificador de los pavimentos”.

Debido a ello se realizó esta investigación teniendo como base concientizar y promover el uso de nuevos diseños de los pavimentos realizando una comparación entre el pavimento con caucho reciclado de neumático norma ASTM D-6114-97 y el pavimento flexible convencional según norma ASSHTO 93, demostrando las características fundamentales que contribuyen con el factor técnico, económico y ambiental.

Sobre la base de la realidad problemática se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cuáles son los aspectos comparativos del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1** ¿Cuáles son los resultados del análisis de diseño del pavimento con mezcla convencional y con adición de caucho reciclado?
- **PE2** ¿Cuáles son los aspectos del proceso más resaltantes del pavimento con mezcla convencional y con adición de caucho reciclado?
- **PE3** ¿Cuáles son los aspectos ambientales resaltantes del pavimento con mezcla convencional y con adición de caucho reciclado?
- **PE4** ¿Cuál es la diferencia en el aspecto económico del pavimento con mezcla convencional y con adición de caucho reciclado?

El objetivo general fue Identificar los aspectos comparativos del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1** Realizar un análisis del diseño de los parámetros del Marshall del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado.
- **OE2** Determinar los aspectos más resaltantes del proceso del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado.
- **OE3** Determinar los aspectos ambientales del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado.
- **OE4** Determinar los aspectos económicos que diferencian el pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado.

II. MARCO TEÓRICO

Para mayor entendimiento del tema se realizaron consultas con trabajos de investigación, tesis y artículos científicos antes comprobados, ellos nos servirán como guía y contribuirán con enriquecer la calidad de la información que presentaremos y contribuirán con la obtención de los resultados deseados. A continuación mencionaremos alguno de estos informes:

Flores (2018), en su trabajo de investigación señala como objetivos: especificar las propiedades físicas, detallar en comportamiento mecánico, y mencionar el efecto ambiental y económico cuando se agrega gránulos de neumático reciclado a la carpeta asfáltica; para su investigación realizó estudios técnicos con los cuales concluyó que las propiedades física y mecánicas mejoraran si los granos de caucho son aplicados por vía húmeda pues incrementa la resistencia a la compresión, conserva la deformación y tiene mayor resistencia a climas de baja temperatura, recomendándonos que se debe realizar estudios para hallar la cantidad óptima de granos que se debe agregar a la mezcla asfáltica.

Díaz y Castro (2017), en su tesis detallan como objetivos justificar la implementación de pavimento con GCR, seleccionar información existente que detalle los factores que afecten el comportamiento mecánico en mezclas asfálticas, e identificar ventajas y desventajas del uso de GCR, para lo cual realizó diversos estudios técnicos llegando a concluir lo siguiente que se debe tener en cuenta la granulometría en el momento de adicionar el GCR ya sea en mezcla seca o húmeda, , así mismo son considerables las contribuciones en sus mejoras corrigiendo fallas de ahuellamiento, disminución de vacíos entre otros, también tienen beneficios económico; recomendando la limpieza en la maquinaria para de construcción, el seguimiento y control en las mezclas asfálticas para tener las cantidades óptimas y realizar los ensayos pertinentes que estos requieran.

Villagaray (2017), presento una investigación en la cual nos señala en sus objetivos evaluar la mejora a la deformación del asfalto, identificar los beneficios que presenta en asfalto con material reciclado, y analizar la diferencia de costos de un pavimento reciclado con uno convencional basándose en estudios técnicos llega a determinar que el caucho reciclado tiene la confiabilidad pues tiene mejoras

mecánicas ya que eleva el factor de rigidez del compuesto asfáltico, mejora la resistencia a la deformación dando mayor estabilidad, reduce el periodo de mantenimiento, prolonga la vida útil de las carreteras; teniendo en cuenta estos resultados nos recomienda que se deben realizar mayores estudios para mejorar la calidad y confiabilidad de estos asfaltos teniendo en cuenta las diversas variedad de clima de nuestro país, así mismo que se debe crear una norma que brinde las especificaciones técnicas para su uso en el Perú.

Goicochea (2017), su trabajo tuvo objetivo principal es el efecto de la adición de caucho reciclado al asfalto; realizando estudios técnicos llego a la conclusión que cuanto más cantidad de neumático reciclado tiene el compuesto mejor será su rigidez, el comportamiento físico-mecánico es mejorado, aumenta su cohesión e incrementa su impermeabilidad, presenta un menor costo de producción; así mismo recomienda el uso de mezclas asfálticas modificadas por las ventajas físico-mecánicas como económicas, realizar ensayos de Marshall en futuras investigaciones para mayor recolección de datos.

Tueros (2017), presento su investigación cuyo objetivo general es determinar la conducta en la carpeta de rodadura rente al ahuellamiento al incorporar polvo de neumático en compuesto asfáltico convencional; logrando obtener como conclusiones que mejorar el comportamiento en la superficie de la carpeta de rodadura, mejora la durabilidad de la superficie, disminuye la deformación plástica; dándonos como recomendación que se debe proponer el uso de polvo de caucho en diseños que se vienen ejecutando, así mismo realizar más investigaciones acerca del uso de polvo de neumático reciclado en diseños asfálticos.

Granados (2017), - presento su investigación la cual tiene lleva como principal objetivo evaluar la influencia de la incorporación de gránulos de neumático en el comportamiento mecánico del compuesto asfáltico modificado por vía seca con el compuesto convencional, dando como conclusiones que en cuanto a la estabilidad es significativamente superior, en cuanto al flujo es ligeramente superior en cuanto a caracterización y desempeño es significativamente superior al compuesto asfáltico convencional; dándonos recomendaciones para realizar

tramos de prueba con la mezcla de caucho reciclado, que el estado peruano debe realizar la implementación de la normativa respecto a la aplicación de dicho insumo como materia base de los asfaltos para proyectos viales.

Vega (2016), señaló en su investigación el objetivo general fue realizar un análisis del comportamiento que tenía el asfalto constituido por caucho de llantas recicladas sometido a compresión a través del método de Marshall, basando se en estudios y datos técnicos resolvió que los pavimentos en base a caucho reciclado tienen una ventaja económica en sus costos, también que contribuyen con el medio ambiente, el caucho reciclado tiene buena trabajabilidad dando como recomendación que debemos concientizar a las personas por optar por el uso de materiales reciclados por su beneficio que contribuyen con el medio ambiente así como por sus beneficios económicos, también que se debe continuar con las pruebas utilizando materiales reciclados.

Cervera (2016), presento su trabajo de investigación, cuyos objetivos son evaluar la cantidad de variación de la estabilidad y flujo, la variación en el porcentaje de agregado grueso y fino, y los costos de producción de este nuevo compuesto; realizando ensayos en laboratorio obtuvo como conclusiones que al agregar gránulos de caucho reciclado al compuesto influye positivamente incrementando la estabilidad, que se cumple con todos los parámetros normativos de los pavimentos, que la variación de los agregados fino y grueso son proporcionales a la cantidad de PCR, que los costos de fabricación de este diseño son mayores al tradicional pero el costo de mantenimiento es inferior; y nos recomienda realizar mayores estudios para la implementación de estos diseños.

Pereda y Cubas (2015), realizó una investigación la cual su objetivo general es demostrar con ayuda de ensayos técnicos las ventajas físico mecánicas y económicas que posee un asfalto modificado con caucho frente a los convencionales, llegando a concluir que la suma de partículas de neumático reciclado mejora el comportamiento mecánico y físico del pavimento, también que mejora la resistencia a la deformación plástica, la disminución a la susceptibilidad térmica, no alteran los procedimientos que se utilizan normalmente en la

pavimentación; recomendando así aplicar esta nueva técnica, se debe tener en cuenta la temperatura de la mezcla evitando que esta sea menor a 180°, que la mezcla debe estar bien tapada en su transportación.

Carrizales (2015), señaló en su estudio como objetivo general realizar el análisis del compuesto con caucho reciclado en su uso en pavimentos convencionales, realizando estudios técnicos en laboratorio llega a la conclusión que la estabilidad de los asfaltos con caucho reciclado está por debajo que la de los asfaltos tradicionales y esta a su vez es la causante de daños por fatiga, pero si contribuye con el medio ambiente por su reutilización; nos recomienda realizar mayores estudios a los diseños de pavimento con caucho reciclado, así mismo también que se deben realizar capacitaciones a los técnicos de las plantas asfaltadoras para que puedan realizar mejoras en el diseño.

Para sustentar nuestra base teórica es que se consultaron diversos trabajos de investigación, para la parte literaria se hará mención a dichos autores para fundamentar algunas teorías relacionadas con la investigación las cuales citaremos a continuación:

Definición de Asfalto, La norma (ASTM), American Society for Testig and Materials conceptualiza al asfalto como un insumo bituminoso, color oscuro (negro o marrón oscuro), conformado en su mayoría, por betunes pudiendo ser estos naturales o que se consiguen por filtración del petróleo.

Mezclas asfálticas en caliente; Según Ramírez (2006), La mezcla asfáltica en caliente lo compone un material pétreo recubierto con una película de asfalto, igualmente mezclados, en cantidades antes determinadas. Los porcentajes relativos de estos insumos, determinan las características y propiedades del compuesto.

Criterios y consideraciones para el diseño de la mezcla; Según Cárdenas y Fuentes (2014), Se debe considerar el mejor balance entre durabilidad y estabilidad en el diseño, ya que el objetivo es lograr un compuesto más económico. Observamos que para conseguir un compuesto final con la calidad y propiedades

requeridas, tenemos que controlar el cumplimiento de las propiedades mínimas de insumos que contendrán el compuesto.

Comportamiento y características y del compuesto; Según Cárdenas y Fuentes (2014), un espécimen del compuesto asfáltico será elaborado para su examinación, determinando su probable rendimiento en la constitución del pavimento frente al tránsito vehicular.

Asfaltos Modificados; Garnica (2001), El pavimento es sensible al cambio de temperaturas por ser un compuesto ligoso, sus caracteres varían continuamente dependiendo del grado de temperatura que requiere la operación: en temperaturas bajas es rígido y líquido en altas. La principal razón de usar insumos que mejoren el compuesto asfáltico, es conseguir características y propiedades que no se obtienen en los pavimentos con insumos y métodos convencionales, básicamente las características en cuanto a la sensibilidad térmica.

Aplicación del grano de caucho reciclado (GCR); Según Ramírez (2006), El caucho emana de las llantas en desecho, este podría ser adicionado en los compuestos asfálticos a través de 3 procesos distintos llamados: Proceso por Vía Húmeda, Proceso por Vía Seca y Proceso por Refinería.

Carreteras ecológicas o amigables; Afirio Fajardo (2014), Debemos recordar que los países gran relevancia fueron los que iniciaron a ver las ventajas primordiales que ofrecía el pavimento modificado agregándole caucho reciclado o neumáticos usados debido a ellos Estados Unidos y Europa inician las evaluaciones de las propiedades que ofrece el pavimento modificado con caucho.(p.54).

Agrietamiento piel de cocodrilo; Según el Ministerio de transportes y comunicaciones (2013), Son rajaduras en el pavimento asfáltico, creando polígonos hasta de 20 cm de ancho asemejándose a la piel de los cocodrilos, se debe a posibles fallas en la base de la estructura de la carpeta asfáltica. (pp. 137-139).

Porcentaje de vacíos; Según Menéndez (2006), La cantidad de aire total dentro de la combinación envuelto por el material bituminoso del compuesto asfáltico compactado, representando un porcentaje del volumen total del compuesto bituminoso. (p. 118).

Carpeta asfáltica; Según Higuera (2010), Es la superficie de rodadura para la circulación vehículos, apto para tolerar los impactos abrasivos de su ambiente; hermético, tiene como fin evitar que filtre el agua en la carpeta asfáltica. (p.22).

Efecto económico-ambiental; Nos indicaron Peláez, Velásquez y Giraldo (2017), debemos tener en cuenta que el uso de material reciclado implica nuevos retos a nivel tecnológico de mucha relevancia, en ocasiones los costos de su implementación son los que desaminan su puesta en marcha; tenemos la obligación de disminuir el impacto ambiental lo cual motiva a investigar nuevas formas de reusar y poner en funcionamiento de modo que sea factible desde el punto de vista técnico y económico. (p. 13,).

Granulometría; Nos señaló Rodríguez (2006), Es la medición de los diversos tamaños de las partículas, estas han sido seleccionadas por tamices calibrados con diferentes tamaños; (p. 14).

Durabilidad; índico Fajardo Cachay, y otros (2014). Es la cantidad de tiempo que puede resistir un pavimento expuesto a procesos normales de envejecimiento y degradación. Podría presentar fallas, ya que para hallar sus características debemos influye todo un proceso constructivo del asfalto, teniendo en consideración todos los factores que intervienen desde el diseño hasta la mano de obra en su aplicación. (p. 11).

Cohesión y adhesión: señalo Fajardo Cachay, (2014). Cohesión, es la condición que tiene el asfalto de mantener firmes las partículas del agregado en el pavimento terminado.

Adhesión es la capacidad que tiene el asfalto de unirse con el resto del compuesto del pavimento. (P. 11)

Sensibilidad a la temperatura: Fajardo Cachay, (2014). Es de mucha relevancia ya que a mayor temperatura se vuelve menos viscoso y a menor se vuelve más viscoso.

Impermeabilizar la estructura del pavimento. Reduce la infiltración del agua en el pavimento que procede de lluvias o de otras fuentes para que no dañe el pavimento. (p. 11)

Resistencia a la Fatiga: Según Cárdenas y Fuentes, (2014) Solidez frente a la flexión permanente bajo las cargas del tránsito de vehículos. Es conocido por estudios realizados a diversos pavimentos, que los vacíos y la viscosidad del asfalto, tienen efecto un daño considerable.

Agregado; Según Cárdenas y Fuentes, (2014) Mineral duro e inerte, con fragmentos y partículas graduadas. Entre los clásicos tenemos la arena, piedra chancada o triturada y polvo de roca.

Contenido de asfalto: Según (Cárdenas y Fuentes, 2014). La cantidad de contenido de asfalto en el compuesto es relevante ya que se debe determinar con exactitud en un laboratorio y posteriormente en el campo. El contenido de asfalto es una mezcla muy especial que se debe establecer criterios según se indique su diseño y sus especificaciones técnicas. Asimismo, depende de gran parte de las características de su granulometría y su capacidad de absorción. La granulometría y el contenido de asfalto están directamente relacionadas entre más finos presente la mezcla mayor será el área superficial total y mayor la cantidad de asfalto requerido para poder cubrir uniformemente todas las partículas en sí.

III. Método

3.1 Tipo y Diseño de investigación

Paradigma Positivista socio crítico

De acuerdo con Arnal (1992), el paradigma socio crítico adopta la idea de que la teoría crítica es una ciencia que no es puramente empírica ni solo interpretativa, sus contribuciones se originan de los estudios comunitarios y de la investigación participante. Tiene como objetivo promover las transformaciones sociales y dar respuestas a problemas específicos presentes en el seno de las comunidades, pero con la participación de sus miembros.

Enfoque Cuantitativo

Hernández (2003), sobre este enfoque nos dice “Usa una recolección de datos para probar la hipótesis en base a una medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento”. (p.06).

Tipo de Investigación Correlacional

Hernandez(2003), “la investigacion correlacional... es un tipo de estudio que tiene como proposito evaluar la relacion que exista entre dos o mas conceptos, categorias o variables (en un contexto particular). Los estudios cuantitativos correlacionales miden el grado de relacion entre esas dos variables (cuantifican relaciones). Es decir, miden cada variable presuntamente relacionada y despues miden y analizan la correlacion. Tales se expresan en la hipotesis sometidas a prueba” (p.121)

Diseño de Investigación experimental

Para Hernández (2003). “Se define como la investigación que se realiza manipulación de las variables y en los que no solo se observan los fenómenos en su ambiente natural sino se experimenta para después analizarlos. (p31).

Cohorte Transversal

“Los diseños de investigación transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”. (Ibídem, p.270).

3.2 Variables y Operacionalización

Para nuestro proyecto de investigación titulado “Análisis comparativo del diseño de pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado av. Santa Ana comas 2020”; señalaremos su variable Independiente así como sus definiciones metodológicas a continuación:

Definición conceptual: Los Diseños de Pavimentos son los parámetros adecuados con los que se debe tomar en consideración al construir el pavimento teniendo en consideración las normas y criterios fundamentales con los cuales deberá cumplir para satisfacer los requerimientos.

Definición operacional:

Variable Dependiente: Procederemos a realizar el diseño de un pavimento según la metodología de la norma ASSTHO 93, para lo cual se considera como muestra la Av. Santa Ana en el distrito de Comas, de la cual se cuenta con estudio de suelos, para los cálculos de diseño se tendrán en consideración los requerimientos mínimos de diseño considerados en norma ya que la vía no tiene un tránsito muy fluido.

Variable Independiente: Se tomara como referencia datos obtenidos de los ensayos que Marshall que realizaremos en el laboratorio, se han verificado que los materiales hayan pasado las especificaciones técnicas requeridas por la norma ASTM, MAC 1, y el manual de carreteras del MTC; para ello se revisó normas internacionales; se tendrá en consideración los parámetros de diseños. Analizaremos los ensayos de Marshall para determinar el análisis de los resultados.

Indicadores: Nos ayudara a medir y cuantificar las características de nuestra variable para poder cuantificar nuestros resultados de manera que los datos puedan ser procesados.

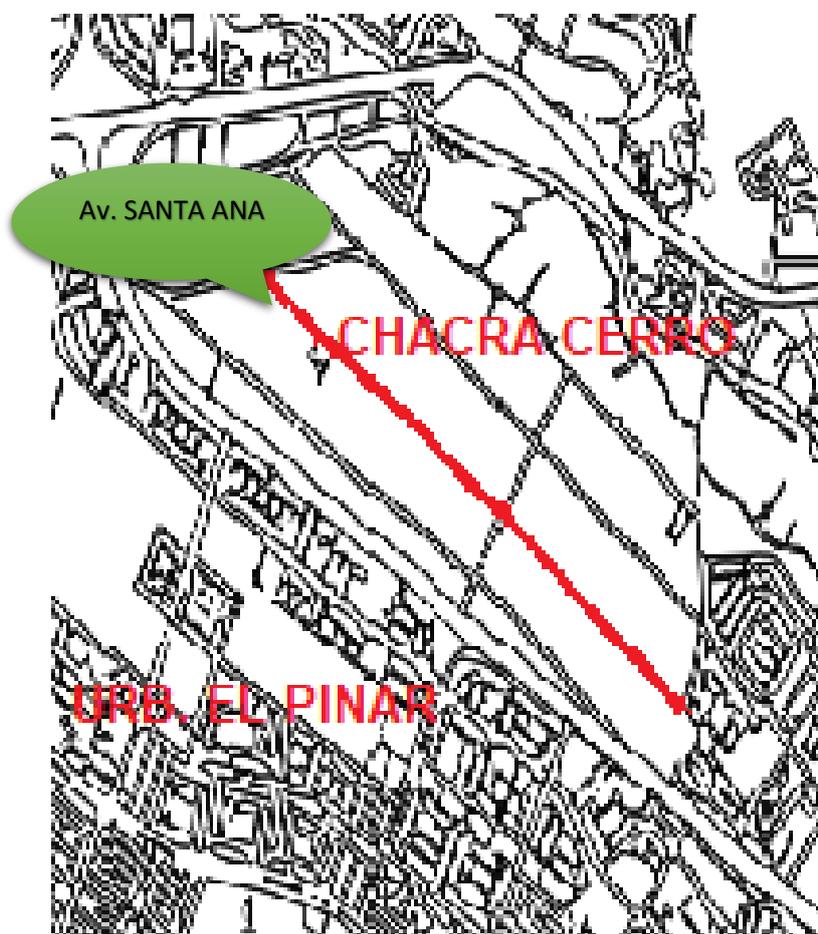
Escala de medición: El sistema de medición estará en la escala nominal según nuestro tipo de investigación ya que los indicadores no tienen un orden específico en sí.

B. **Muestra:** según Hernández Fernández y Baptista (2014), nos mencionó que “la muestra es un subconjunto de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, de que debe ser representativo de la población” (p. 173). Así mismo nuestra muestra la misma que nuestra población.

Por ello Hernández *et al.* (2014, p.189), indico lo siguiente “las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que un por un criterio estadístico de generalización. Se utilizan en diversas investigaciones cuantitativas y cualitativas”

Figura N° 02

Determina la avenida Santa Ana de color rojo



Fuente: elaboración propia

Unidad de análisis: Según Sabino (1996), una variable es "cualquier característica o cualidad de la realidad que es susceptible de asumir diferentes valores, pudiendo las variaciones producirse tanto para un mismo objeto como para diferentes objetos considerados." (pp.48).

3.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Según Arias (2006), Son las distintas formas o maneras de obtener la información, el mismo autor señala que los instrumentos son medios materiales que se emplean para recoger y almacenar datos. (p. 146),

Instrumento Para la recolección de datos directamente utilizaremos la observación, utilizaremos los formatos y tablas establecidas por el MTC y Provias las cuales son de uso público, también se utilizaran formulas y tablas que brindan parámetros estructurales y de diseño los cuales están establecidos en norma.

Validez y confiabilidad; Nuestro proyecto tendrá como base de validez y confiabilidad los instrumentos que emplearemos para la obtención de datos, así como las formulas y ensayos de laboratorio realizados; también estará basado en las normas de diseños de pavimentos ASHTOO 93 y ASTM D-6114-97, como guía para la corrección de los diversos tipos de pavimentos modificados que se tendrán.

a. Procedimiento

Para nuestro trabajo de investigación se tomara como referencia algunos datos de los antecedentes, así como las normas correspondientes (ASHTO 93 y ASTM); también se realizaron toma de datos en campo para el conteo vehicular, para realizar los cálculos de nuestro diseño de pavimento. Se realizara un diseño de mezcla asfáltica con hallando el contenido óptimo de asfalto, en el cual procederemos a adicionar nuestro caucho reciclado molido CRM en proporciones del 5%,10% y 15%; determinando cuál de estos porcentajes influye de manera positiva o negativa en nuestro diseño.

b. Análisis de datos:

Para realizar nuestro análisis realizaremos la comparación de los datos del Marshall del pavimento convencional con las Marshall del pavimento modificado

con polvo de caucho reciclado (datos obtenidos en el laboratorio), para determinar así cuales son los aspectos más relevantes que caracterizan dicho compuesto.

3.5 Procedimientos

3.5.1 localización ubicación del proyecto

El lugar elegido para realizar la investigación fue la Avenida Santa Ana en el distrito de Comas en la ciudad de Lima, la avenida Sta. Ana es paralela a la avenida Trapiche siendo esta una vía de alto tránsito para vehículos de alto tonelaje, transporte público y autos particulares, ya que es una zona industrial, y muy importante del cono norte. La avenida Sta. Ana está situada entre la calle Tambo Rio (-11.923546,-77.068224) y la calle Alameda (-11.903066,-77.053593), en la zona conocida como Lotización Agraria Chacra Cerro frente a la Urbanización el Pinar en el distrito de Comas.

Figura N° 03

LOCALIZACION URBANIZACION EL PINAR – CHACRA CERRO - AV SANTA ANA LOTIZACION AGRARIA CHACRA CERRO



Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Diseño del pavimento

3.5.2.1 Estudio de tráfico vehicular.

Para realizar el conteo vehicular se realizó con ciertas limitaciones debido al estado de emergencia nacional teniendo en consideración las restricciones horarias y de toques de queda. Se realizó el conteo manera presencial, durante el lapso de 6 días, de lunes a sábado en horarios de 06:00am a 18:00hrs; los datos fueron registrados en el formatos del MTC de Clasificación vehicular; obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 01

Resumen de conteo de los vehículos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultado del conteo de transito Av. Santa Ana del 19 al 24 mes de Octubre

| Tipo de Vehículo | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
|--------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| Automóvil | 29 | 31 | 33 | 35 | 31 | 39 | 0 |
| Camioneta | 36 | 42 | 44 | 37 | 41 | 42 | 0 |
| Micro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Buss | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Camión | 33 | 33 | 37 | 42 | 36 | 41 | 0 |
| Semi tráiler 2E | 11 | 14 | 15 | 17 | 10 | 12 | 0 |
| Tráiler 3E | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 |
| TOTAL | 109 | 122 | 131 | 133 | 121 | 135 | 0 |

Fuente: elaboración propia

Luego procedemos a hallar el IMDa

Para hallar nuestro IMDa utilizaremos las siguientes formulas:

$$IMD_a = IMD_s * FC \qquad \qquad \qquad IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

Donde:

IMDa : Índice medio Anual

IMDs : Índice Medio Diario semanal a muestra vehicular tomada

FC : Factores de corrección estacional

Vi : Volumen vehicular de cada uno de los días de conteo

Nota: Para determinar los factores de corrección promedio se pueden tomar de una estación de peaje cercano al camino los cuales nos brinda el MTC.

Tabla N° 02

FC Mes octubre

| | |
|---------------------------|------------|
| F.C.E. Vehículos ligeros: | 0.97990785 |
| F.C.E. Vehículos pesados: | 0.97489690 |

Fuente: elaboración propia

Reemplazando y resolviendo las ecuaciones obtenemos en índice diario semanal IMDs, así como el índice diario anual IMDa los cuales utilizaremos para hallar el ESAL de diseño.

Tabla N° 03

Resumen de IMDs y IMDa obtenidos

| Tipo de Vehículo | Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día | | | | | | | TOTAL SEMANA | IMDs | FC | IMDa |
|------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|----------|--------------|------------|------------|------------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | | | | |
| Automóvil | 29 | 31 | 33 | 35 | 31 | 39 | 0 | 198 | 28 | 0.97990785 | 28 |
| Camioneta | 36 | 42 | 44 | 37 | 41 | 42 | 0 | 242 | 35 | 0.97990785 | 34 |
| C.R. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.97990785 | 0 |
| Micro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.97990785 | 0 |
| Bus Grande | 33 | 33 | 37 | 42 | 36 | 41 | 0 | 222 | 32 | 0.97990785 | 31 |
| Camión 2E | 11 | 14 | 15 | 17 | 10 | 12 | 0 | 79 | 11 | 0.9748969 | 11 |
| Camión 3E | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 | 10 | 1 | 0.9748969 | 1 |
| TOTAL | 109 | 122 | 131 | 133 | 121 | 135 | 0 | 751 | 107 | | 105 |

Fuente: elaboración propia

Así con estos datos obtenemos que nuestro IMDa es 105

Tabla N° 04

Análisis de la demanda IMDa

| Tráfico Actual por Tipo de Vehículo | | |
|-------------------------------------|-----|------------------|
| Tipo de Vehículo | IMD | Distribución (%) |
| Automóvil | 28 | 26.67 |
| Camioneta | 34 | 32.38 |
| C.R. | 0 | 0.00 |
| Micro | 0 | 0.00 |

| | | |
|------------|-----|--------|
| Bus Grande | 31 | 29.52 |
| Camión 2E | 11 | 10.48 |
| Camión 3E | 1 | 0.95 |
| IMD | 105 | 100.00 |

Fuente: elaboración propia

Factor de Carga Camión FC

Para determinar el factor camión de nuestro diseño debemos tener en consideración los parámetros que establece la norma ASHHTO 93, así tenemos.

Tabla N° 05

Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.

| Numero de Calzadas | Numero de sentidos | número de carriles por sentido | Factor direccional Fc |
|--|--------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 1 calzada (IMDa Total para la calzada) | 1 sentido | 1 | 1 |
| | 1 sentido | 2 | 1 |
| | 1 sentido | 3 | 1 |
| | 1 sentido | 4 | 1 |
| | 2 sentido | 1 | 0.5 |
| 2 calzadas con separación central | 2 sentido | 2 | 0.5 |
| | 2 sentido | 1 | 0.5 |
| | 2 sentido | 2 | 0.5 |
| | 2 sentido | 3 | 0.5 |
| | 2 sentido | 4 | 0.5 |

Fuente: manual de carreteras

De donde tenemos que:

$$F_c \times F_d = 1$$

Los valores del Fc de cada vehículo están establecidos en el manual de carreteras en nuestro diseño tomamos los valores de los vehículos que corresponden:

Tabla N° 06

Factores de ajuste de presión de neumático Fc para nuestros vehículos

| Tipo de Vehículo | IMD | Fc |
|------------------|-----|--------|
| Automóvil | 28 | 0.0001 |

| | | |
|------------|-----|--------|
| Camioneta | 34 | 4.504 |
| C.R. | 0 | 4.55 |
| Micro | 0 | 7.742 |
| Bus Grande | 11 | 9.761 |
| Camión 2E | 31 | 6.012 |
| Camión 3E | 1 | 16.238 |
| IMD | 105 | |

Fuente: elaboración propia

Factor Crecimiento: está dada por la siguiente formula

$$F_c = \frac{(1 + r)^p - 1}{r}$$

Donde:

P : periodo de diseño en años.

r : Tasa % de crecimiento anual en decimales.

$$F_c = \frac{(1 + 0.45)^{20} - 1}{0.45} = 31.3714$$

Así tenemos las siguientes formulas las cuales nos ayudaran a determinar el ESAL.

VEH / AÑO

$$\frac{VEH}{AÑO} = IDM \times 365$$

VEH / CARRIL

$$ESAL \text{ CARRIL} = \frac{VEH}{AÑO} \times FACTOR \text{ CAMION}$$

ESAL CARRIL

$$\frac{VEH}{CARRIL} = \frac{VEH}{AÑO} = Fd \times Fc$$

ESAL

$$ESAL = ESAL \text{ CARRIL} \times FACTOR \text{ CRECIMIENTO}$$

Tabla N° 07*Resumen de valores hallado tras aplicar las formulas*

| TIPO DE VEHICULO | IMD | VEH/AÑO | VEH/CARRIL | FACTOR CAMION | ESAL CARRIL | FACTOR CRECIMIENTO | ESAL |
|------------------|------------|--------------|--------------|---------------|-------------|--------------------|-------------------|
| Automóvil | 28 | 10220 | 10220 | 0.0001 | 1.022 | 31.3714 | 32.0615708 |
| Camioneta | 34 | 12410 | 12410 | 4.504 | 55894.64 | 31.3714 | 1753493.11 |
| C.R. | 0 | 0 | 0 | 4.55 | 0 | 31.3714 | 0 |
| Micro | 0 | 0 | 0 | 7.742 | 0 | 31.3714 | 0 |
| Bus Grande | 11 | 4015 | 4015 | 9.761 | 39190.415 | 31.3714 | 1229458.19 |
| Camión 2E | 31 | 11315 | 11315 | 6.012 | 68025.78 | 31.3714 | 2134063.95 |
| Camión 3E | 1 | 365 | 365 | 16.238 | 5926.87 | 31.3714 | 185934.21 |
| TOTAL | 105 | 38325 | 38325 | | | | 5302981.52 |

Fuente elaboración propia

$$\text{ESAL} = 5302981.52$$

Podemos Observar que en tipo de pavimento en T8 según el ESAL obtenido.

Tabla N° 08*Numero de repeticiones por eje equivalentes EE para pavimentos flexibles*

| Numero de repeticiones por eje equivalentes para pavimentos flexibles | | |
|---|-----------|-----------|
| Tp1 | >75000 | <150000 |
| Tp2 | >150000 | <300000 |
| Tp3 | >300000 | <500000 |
| Tp4 | >500000 | <750000 |
| Tp5 | >750000 | <1000000 |
| Tp6 | >1000000 | <1500000 |
| Tp7 | >1500000 | <5000000 |
| Tp8 | >5000000 | <7500000 |
| Tp9 | >7500000 | <10000000 |
| Tp10 | >10000000 | <12500000 |
| Tp11 | >12500000 | <15000000 |

Fuente: manual de carretera MTC

CALCULO DEL SNR (NUMERO ESTRUCTURAL)

Con los datos antes calculados y cumpliendo los parámetros que determina la norma tenemos:

Tabla N° 09

Datos recolectados

| | | | |
|--|----------------|--------------|---|
| Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento | W (18) | 5 302 981.52 | ESAL |
| Suelos de la sub rasante | CBR | 9 | Tabla 12.4 MTC |
| Módulo de resiliencia | Mr psi: | 10425.7213 | $Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$ |
| Tipo de tráfico | Tipo de diseño | Tp. 8 | Tabla 6.15 MTC |
| Numero de etapas | Etapas | 1 | Depende el diseño |
| Nivel de confiabilidad | Coef. | 90% | Tabla 12.6 MTC |
| Coeficiente de desviación estándar normal | ZR | -1.282 | Tabla 12.8 MTC |
| Desviación de estándar combinado | So | 0.45 | Recomendado por la norma e) desviación estándar |
| Índices de serviciabilidad Inicial según rango e tráfico | Pi | 4 | Tabla 12.10 MTC |
| Índice de serviciabilidad Final según rango de tráfico | Pi | 2.5 | Tabla 12.11 MTC |
| Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico | ΔPSI | 1.5 | Tabla 12.12 MTC |

Fuente: elaboración propia

El método ASHTO 93 se basa en el cálculo del número estructural SN sobre la sub rasante o terraplén para lo cual nos presenta la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)}} + 2.32 * \log M_R - 8.07$$

Aplicando la ecuación obtenemos:

Tabla N° 10

Análisis de resultado W18

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Numero Estructural Requerido (SNR) | 4.265790016 |
| W18 NOMINAL | 6.724520114 |
| W18 CALCULADO | 6.800463216 |
| Δ W18 | 0 |

Para determinar el espesor de las capas tenemos la siguiente ecuación mediante los coeficientes de capa que representan la resistencia relativa de los materiales de cada capa.

$$SN = a1Xd1 + a2 X d2 X m2 + a3 X d3 X m3$$

| | |
|----|----|
| m2 | m3 |
| 1 | 1 |

| | | | |
|------|-------|-------|------------------|
| a1 | a2 | a3 | cm ⁻¹ |
| 0.17 | 0.052 | 0.047 | |

| | | | |
|-------------------------|-------------|-----------------|----|
| d1 | d2 | d3 | cm |
| 7 | 15 | 25 | |
| <i>Capa superficial</i> | <i>Base</i> | <i>Sub base</i> | |

Reemplazando valores obtenemos el número estructural, y en tamaño de nuestra carpeta asfáltica así como de la base y sub base.

| | |
|---------------------|--------------|
| SN Resultado | 3.145 |
| Δ SN | 0 |

Como se aprecia en los resultados obtenidos la diferencia del W 18 nominal con el W 18 calculado son iguales a 0 lo cual nos indica que los tamaños de las capas son los ideales.

5.2.3 Diseño del compuesto asfáltico.

Tabla N° 11

GRADUACIONES PROPUESTAS PARA MEZCLAS CERRADAS (ASTM D3515)

| Malla | Tamaño máximo nominal del agregado | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|----------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| | 2" 50mm | 1 1/2" 38mm | 1" 25mm | 3/4" 19mm | 1/2" 13mm | 3/8" 10mm | No 04 4.75mm | No 08 2.36mm | No 16 1.18mm | |
| Abertura mm | Graduaciones para mezclas de agregados (gruesa, fino y filler) | | | | | | | | | |
| 75.000 | 2 1/2" | 100 | | | | | | | | |
| 50.000 | 2" | 90-100 | 100 | | | | | | | |
| 37.500 | 1 1/2" | | 90-100 | 100 | | | | | | |
| 25.000 | 1" | 60-80 | | 90-100 | 100 | | | | | |
| 19.000 | 3/4" | | 56-80 | | 90-100 | 100 | | | | |
| 12.500 | 1/2" | 35-65 | | 56-80 | | 90-100 | 100 | | | |
| 9.500 | 3/8" | | | | 56-80 | | 90-100 | 100 | | 100 |
| 4.750 | No 4 | 17-47 | 23-53 | 29-59 | 35-65 | 44-74 | 55-85 | 80-100 | | 95-100 |
| 2.360 | No 8 | 10-36 | 15-41 | 19-45 | 23-49 | 28-58 | 32-67 | 65-100 | | 85-100 |
| 1.180 | No 16 | | | | | | | 40-80 | | 70-95 |
| 0.600 | No 30 | | | | | | | 35-65 | | 45-75 |
| 0.300 | No 50 | 3-15 | 4-16 | 5-17 | 5-19 | 5-21 | 7-23 | 7-40 | | 20-40 |
| 0.150 | No 100 | | | | | | | 3-20 | | 9-20 |
| 0.075 | No 200 | 0-5 | 0-6 | 1-7 | 2-8 | 2-10 | 2-10 | 2-10 | | 8-12 |
| % de mezcla asfáltica | | 2-7 | 3-8 | 3-9 | 4-10 | 4-10 | 5-12 | 6-12 | 7-12 | 8-12 |

Fuente: Norma ASTM D3515

Como se observa la norma ASHHTO 93 considera las gradaciones cerradas para los agregados en las mezclas asfálticas determinando así que estos cumplan con las especificaciones técnicas de la norma ASTM y MAC 2 delimitando estas las condiciones mecánicas y físicas de los diversos ensayos y procedimientos técnicos al cual serán sometidos los agregados componentes de la mezcla para así determinar los porcentajes y dosificaciones de las mismas. Nuestro tamaño máximo nominal es de 3/4" y se consideraran dichos parámetros para el diseño de la carpeta asfáltica; a continuación detallamos algunos de los requerimientos que exige la norma en agregados:

Tabla N° 12*Requerimientos en agregados gruesos según norma MTC.*

| Ensayos | Norma | Requerimiento | Resultado |
|--------------------------------------|-----------|---------------|-----------|
| Durabilidad (al Sulfato de magnesio) | MTC E 209 | 18% máx. | 1.27% |
| Abrasión Los Ángeles | MTC E 207 | 40% máx. | 13.00% |
| Índice de Durabilidad | MTC E 214 | 35% mín. | 51.00% |
| Partículas chatas y alargadas | MTC E 221 | 10% máx. | 7.00% |
| Sales Solubles - | MTC E 219 | 0.50% | 0.12% |
| Caras fracturadas: 1 cara fracturada | | Mín. 85% | 99.70% |
| 2 caras fracturadas | MTC E 210 | Mín. 50% | 96.40% |

Fuente: Manual de carreteras MTC.

Tabla N° 13*Requerimientos en agregados finos según norma MTC.*

| Ensayos | Norma | Requerimiento | Resultado |
|--------------------------------------|-----------|---------------|-----------|
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 50% mín. | 66.00% |
| Angularidad del agregado fino | MTC E 222 | 40% mín. | 47.30% |
| Índice de plasticidad (Malla No40) | MTC E 111 | NP | NP |
| Índice de plasticidad (Malla No 200) | MTC E 111 | 4 % Max. | 1.82 |
| Índice de durabilidad | MTC E 214 | 35% mín. | 80.00% |
| Contenido de sales | MTC E 219 | 0.50% | 0.11% |

Fuente: Manual de carreteras MTC.

Tabla N° 14*Granulometría agregados pétreos.*

| TAMICES | | % que pasa | | |
|---------|--------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Malla | tamaño en mm | Grava chancada de 3/4" | Arena chancada de 3/8 " | Arena Natural de 3/8" |
| 3/4" | 20 | 100 | | |

| | | | | |
|-------|-------|------|------|------|
| 1/2" | 12.5 | 93.3 | 100 | |
| 3/8" | 10 | 59.9 | 100 | 100 |
| 1/4" | 6.35 | 11.1 | 97.6 | 98.4 |
| N°4 | 4.75 | 2.3 | 85.2 | 95.3 |
| N°8 | 2.36 | 0.9 | 49.3 | 84.4 |
| N°16 | 1.19 | | 29.1 | 66.8 |
| N°30 | 0.6 | | 18.7 | 48.1 |
| N°50 | 0.3 | | 12.7 | 34.9 |
| N°100 | 0.15 | | 9.4 | 23.4 |
| N°200 | 0.075 | | 6.3 | 14 |

Fuente: elaboración propia

La granulometría que se empleara en el Marshall de diseño se encuentra dentro del uso de los parámetros establecidos en la norma ASTM.

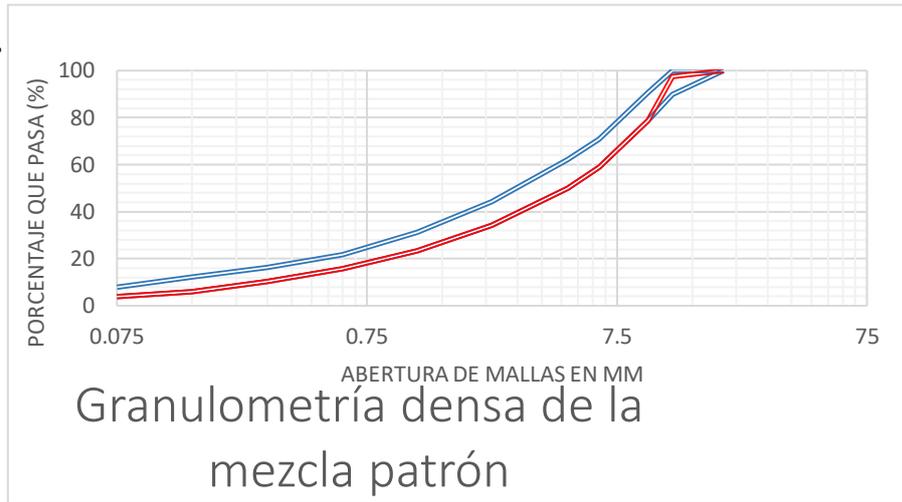
Tabla N° 15

Granulometría de materiales a emplear en diseño:

| Granulometría densa de la mezcla patrón | | | | | | | | |
|---|-------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|-----------------------|------|--------|
| Tamices | | % que pasa | | | Mezcla | Tolerancia | | Cumple |
| ASTM | mm | Grava chancada de 3/4" | Arena chancada de 3/8" | Arena Natural de 3/8" | 100% | min | Max | |
| 3/4" | 20 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | SI |
| 1/2" | 12.5 | 93.3 | 100 | 100 | 97.5 | 90 | 100 | SI |
| 3/8" | 10 | 59.9 | 100 | 100 | 84.8 | 78.8 | 90.8 | SI |
| 1/4" | 6.35 | 11.1 | 97.6 | 98.4 | 64.9 | 58.9 | 70.9 | SI |
| N°4 | 4.75 | 2.3 | 85.2 | 95.3 | 56.1 | 50.1 | 62.1 | SI |
| N°8 | 2.36 | 0.9 | 49.3 | 84.4 | 39.3 | 34.3 | 44.3 | SI |
| N°16 | 1.19 | 0.5 | 29.1 | 66.8 | 27.3 | 23.3 | 31.3 | SI |
| N°30 | 0.6 | 0.5 | 18.7 | 48.1 | 18.8 | 15.8 | 21.8 | SI |
| N°50 | 0.3 | 0.5 | 12.7 | 34.9 | 13.4 | 10.4 | 16.4 | SI |
| N°100 | 0.15 | 0.4 | 9.4 | 23.4 | 9.1 | 6.1 | 12.1 | SI |
| N°200 | 0.075 | 0.3 | 6.3 | 14 | 5.9 | 3.9 | 7.9 | SI |
| Tipo de agregados | | Grava chancada de 3/4" | | Arena chancada de 3/8" | + | Arena natural de 3/8" | | |
| % de Mezcla | | 35.7% | | | | 59.3% | | |

Fuente: elaboración propia

Figura N° 04



Fuente: elaboración propia

Tabla N° 16

DATOS DE AGREGADO GRUESO PROPORCIONADOS POR EL LABORATORIO

| | | | |
|--|-------|-------|------------------|
| Peso del Agregado (SSS) A | 8 | 500.0 | PROMEDIOS |
| Peso del Picnómetro (gr.) B | 164.7 | 170.9 | |
| Peso del Agregado (SSS)+Picnómetro (gr.) C = A + B | 664.7 | 670.9 | |
| Peso del Picnómetro +Agregado + Agua (gr) | 977.3 | 983.9 | |
| Peso del Agua (gr.) E = D - C | 312.6 | 313.0 | |
| Peso del Agregado seco (gr.) F | 495.3 | 495.3 | |
| Vol. del Picnómetro (cm3.) G | 500.0 | 500.0 | |
| Peso Específico Masa (Base seca) H = F / (G - E) | 2.643 | 2.649 | 2.646 |
| Peso Específico Masa (Base saturada) I = A / (G - E) | 2.668 | 2.674 | 2.671 |
| Peso Específico (Aparente) J = F/((G-E)-(A-F)) | 2.711 | 2.717 | 2.714 |
| % De Absorción K = ((A-F)/F*100) | 0.9 | 0.9 | 0.9 |

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 17

DATOS DE AGREGADO FINO OBTENIDOS DEL LABORATORIO

| | | | | |
|-----------------------------------|---|--------|--------|-----------------|
| Peso del agregado saturado (SSS) | A | 1548.6 | 1550.2 | PROMEDIO |
| Peso del agregado sumergido (gr.) | B | 981.1 | 982.4 | |

| | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|--------|--------|--------------|
| Vol. De masa + vol. de vacíos (gr.) | $C = (A - B)$ | 567.5 | 567.8 | |
| Peso del agregado seco (gr.) | D | 1537.9 | 1542.3 | |
| Vol. de masa (gr.) | $E = C - (A - D)$ | 556.8 | 559.9 | |
| Peso Específico (Base seca) | $F = D / C$ | 2.710 | 2.716 | 2.713 |
| Peso Específico (Base saturada) | $G = A / C$ | 2.729 | 2.730 | 2.729 |
| Peso Específico (Aparente) | $H = D / E$ | 2.762 | 2.755 | 2.758 |
| % De Absorción | $I = ((A - D) / D * 100)$ | 0.7 | 0.5 | 0.6 |

Fuente: elaboración propia

El pavimento con caucho reciclado, está dirigido al mejoramiento de propiedades mecánicas del asfalto y la reutilización de desechos no degradables; que se encuentran en depósitos y almacenes que contaminan y dañan el medio ambiente debido a su composición química.

Tabla N° 18

Composición química de los neumáticos

| Elemento | Porcentaje % |
|--|---------------|
| Carbono (C) | 70 |
| Hidrógeno (H) | 7 |
| Azufre (S) | 01 --3 |
| Cloro (Cl) | 0.2--0.6 |
| Fierro (Fe) | 15 |
| Óxido de Zinc (ZnO) | 2 |
| Dióxido de Silicio (SiO ₂) | 5 |
| Cromo (Cr) | 97 ppm |
| Níquel (Ni) | 77 ppm |
| Plomo (Pb) | 60 – 760 ppm |
| Cadmio | 5 – 10 |
| Talio | 0.2 – 0.3 ppm |

Fuente: refinería de ECOPEPETROL S.A

Se ha estimado que un 80 % de los neumáticos desechados, proceden de automóviles o camionetas, un 20 % de los vehículos pesados, y alrededor del 1 %

restante son neumáticos especiales para motocicletas, aviones, equipos de construcción y vehículos especiales siendo así un elemento contaminante del medio ambiente.

Tabla N° 19

NFU: neumáticos fuera de uso

| Tipo de Neumático | Cantidad de Vehículos / und. | Peso del NFU (kg) | Neumático por vehículo | Recambio anual medio | Unidades de NFU por año | Cant. De Ton. Por año |
|--------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
| CAMIONES PASAJEROS | 171,407.00 | 55 | 10 | 4 | 685,628.00 | 37,709.54 |
| PASAJEROS | 377,572.00 | 10 | 4 | 1.33 | 502,170.76 | 5,021.71 |
| PARTICULARES | 1,588,858.00 | 7 | 4 | 0.8 | 1,271,086.40 | 8,897.60 |
| TOTAL | 2,137,837.00 | | | | 2,458,885.16 | 51,628.85 |

Fuente: Ministerio de transportes 2019

Por ejemplo, una tonelada de mezcla bituminosa incorpora aproximadamente tres neumáticos de coche (2% de la mezcla), y el alto contenido de caucho confiere a la mezcla: Resistencia mejorada a las fisuras reflejadas y mayor vida a fatiga, menos ruidosas, o más duraderas hasta 20 años o mayor Seguridad Vial (visibilidad y adherencia)

El tamaño de las partículas; para nuestro compuesto se obtuvo caucho de llanta molida triturada de tamaños menores al pasante de la malla No 08 (2.36mm) los cuales se agregaran en porcentajes de 5%, 10% y 15% al material bituminoso (asfalto 60/70) de la mezcla en caliente a temperatura entre 60°C y 70°C para que se combinen y logren el compuesto deseado. El tamaño es importante ya que si fuera de mayor tamaño no se lograra la consistencia que se desea para realizar nuestra mezcla en caliente.

Tabla N° 20

Granulometría del caucho obtenida:

| Tamices | Peso retenido | Porcentaje retenido | Retenido acumulado | Porcentaje que pasa |
|---------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|---------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|

| No malla | Tamaño de abertura en mm | | | | |
|----------|--------------------------------|-------|------|------|------|
| Nº 8 | 2.36 | | 0 | 0 | 100 |
| Nº 10 | 2 | | 0 | 0 | 100 |
| Nº 16 | 1.19 | 88.2 | 13.4 | 13.4 | 86.6 |
| Nº 20 | 0.84 | 76.3 | 11.6 | 24.9 | 75.1 |
| Nº 30 | 0.6 | 127.3 | 19.3 | 44.2 | 55.8 |
| Nº 40 | 0.425 | 189.5 | 28.7 | 72.9 | 27.1 |
| Nº 50 | 0.3 | 103.6 | 15.7 | 88.6 | 11.4 |
| Nº 80 | 0.177 | 69.4 | 10.5 | 99.1 | 0.9 |
| Nº 100 | 0.15 | 5.1 | 0.8 | 99.9 | 0.1 |
| Nº 200 | 0.075 | 0.4 | 0.1 | 100 | 0 |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Peso se la muestra 660 gr.

Tabla N° 21

Granulometría de caucho a utilizar

| Tamices | | Peso retenido | Porcentaje retenido | Retenido acumulado | Porcentaje que pasa |
|---------|-------|------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| ASTM | mm | | | | |
| Nº 20 | 0.84 | | 0 | 0 | 100 |
| Nº 30 | 0.6 | 126.3 | 25.5 | 25.5 | 74.5 |
| Nº 40 | 0.425 | 187.5 | 37.8 | 63.3 | 36.7 |
| Nº 50 | 0.3 | 104.6 | 21.1 | 84.4 | 15.6 |
| Nº 80 | 0.177 | 71.4 | 14.4 | 98.8 | 1.2 |
| Nº 100 | 0.15 | 4.1 | 0.82 | 99.62 | 0.38 |
| Nº 200 | 0.075 | 1.4 | 0.28 | 100 | 0 |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Peso se la muestra 495.5 gr.

Procedimiento experimental

El cemento asfáltico deberá calentar previamente entre 177 y 205°C de temperatura, al momento de adicionarse el hule molido, de esta manera el caucho y el asfalto molido se combinan y mezcla en una unidad de mezclado transfiriendo posteriormente el producto al tanque de almacenamiento de reacción dentro del cual se llevará a cabo la reacción del producto durante un tiempo mínimo de 45

minutos la temperatura durante la reacción no deberá ser menor de 177°C después de reaccionar el producto puede enfriarse hasta 150°C.

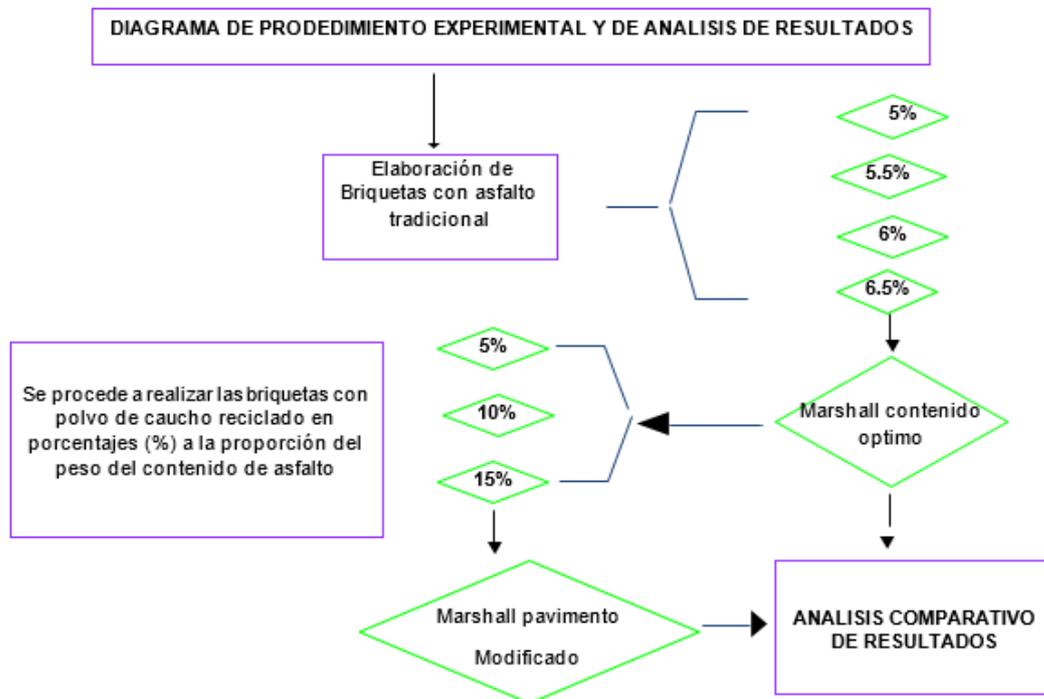
De nuestra granulometría tenemos los porcentajes de los agregados a emplear: agregado grueso será 35.7% y el agregado fino un 59.3% del peso total del material que se empleara; y se añadirá el asfalto desde 5% añadiendo 0.5% de peso para cada grupo de 3 muestras (5%,5.5%,6%, y 6.5%), en total para el pavimento convencional se realizaran 12 briquetas; luego se procederá a realizar el Marshall para determinar el contenido óptimo de asfalto. Teniendo el porcentaje de contenido óptimo procederemos a adicionar el caucho molido en proporciones de 5%, 10% y 15% al asfalto caliente y se procederá a esperar la reacción; luego se procederá a realizar las muestra (3 por cada tipo), y se realizara el Marshall correspondiente para determinar los resultados.

Elaboración de briquetas: para la elaboración de la muestras se consideró en diámetro del molde para ello el peso de muestra ser 1200gr de material (de ahí se toma los pesos de los agregados que deben estar pre calentados).Se pesan los materiales y se procede al mezclado bajo constante temperatura no menor a 60°C hasta tener una mezcla uniforme; procedemos a vaciar el contenido en el molde con collarín y base previamente calentados a 140°C; luego se vierte todo el material en el molde y se apisona (chusea) con espátula 15 veces a los bordes y 5 veces en el centro y se pasa apisonar con el martillo de Marshall (un martillo de 4" de 4535g, a una altura decaída de 457.2mm ASTM D 6927, previamente calentado), 75 golpes, luego se saca la base se voltea y se procede a golpear de la otra cara las mismas repeticiones, obteniendo así nuestras briquetas o muestras

Para el Marshall las muestras deberán ser pasadas por baño María a una temperatura de 60°C por un lapso de 45min; luego de ellos se procederá con el ensayo de Marshall.

Figura N° 05

Diagramas de procesos y obtención de resultados



Fuente: elaboración propia

Por otro lado debemos tomar en cuenta mucho las propiedades visco-elásticas del polvo de caucho las cuales no pueden ser modificadas si se emplean aditivos, pues estos están dirigidos a modificar otras propiedades como la adhesión, debido a esta propiedad elástica propia del caucho permite se podría decir que es el mejor modificador para mezclas asfálticas ya que se adecua a las necesidades de los proyectos que cada día son más exigidos a un alto grado de desempeño, frente a condiciones climáticas y de tráfico. Un aspecto desfavorable surge en climas con bajas temperaturas ya que al descender la temperatura se producen agrietamientos dependiendo del tipo de diseño.

Estudios estadísticos señalan que actualmente el Perú importa 1000 toneladas anualmente de granos de caucho molido reciclado para el uso en cancha de grass sintético mas no se le da uso en pavimentos, se necesitaría una planta trituradora de caucho que procese este materia ya que se tiene mucha investigación pero no se pone en práctica aun; algunos datos indican que una tonelada de concreto asfáltico ahulado es 25 al 75% más costosa que una tonelada de concreto asfáltico convencional. Sin embargo el departamento de tránsito de Arizona (DOT)

establece que el concreto ahulado es menos costoso por los espesores más delgados que requieren, lo cual reduce la cantidad de materiales a utilizar además de su desempeño en libre de mantenimiento lo cual en suma reditúa en menor costo.

Brindando este beneficio en ahorros de costos de trituración de bancos de materiales, disminución en el costo del asfalto, ahorro en la energía para la trituración y refinamiento del petróleo, se tiene la misma calidad, reducción de emisión de gases al medio ambiente, flexibilidad que le permite adecuarse al movimiento de la superficie, el asfalto ahulado prolonga y mejora el servicio de los pavimentos, reducción de agrietamientos que ocurren en los bordes de las grietas que se traduce en resistencia al agrietamiento, proporciona bajos niveles de ruido, el tránsito se realiza más muellemente, es decir se incrementa la comodidad y seguridad al conducir así como también se ahorra por desgaste de vehículo, mayor durabilidad debido al aumento de la resistencia a la oxidación, debido a sus compuestos antioxidantes, anti-asonantes, consonantes y el negro humo de las llantas retrasan muy significativamente el desgaste del pavimento ahulado.

3.6. Método de análisis de datos

Para en análisis de los cálculos de diseño utilizamos las formulas y tablas de la hoja Excel ya que nos facilita el manejo de datos numéricos y el desarrollo de complejos cálculos; los resultados obtenidos por los ensayos en laboratorio nos determinan la fuente de datos a analizar, así como la revisión de antecedentes e investigaciones que preceden para llegar a nuestras conclusiones finales. Para en análisis de resultados tenemos tablas comparativas de resumen de los resultados que nos muestran claramente estas variaciones en sus parámetros de diseño.

3.7 Aspectos Éticos:

En nuestra investigación tuvimos presente los aspectos éticos, recordando el aporte de la investigación el cual desea promover el uso de los pavimentos modificados en el Perú, para este fin nos basamos en los parámetros contemplados en las normas ASTM, ASHHTO 93, manual de carreteras del MTC, el reglamento de Provias, así mismo tienen como fundamento el código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú y de la Universidad Cesar Vallejo que señala que la ética

profesional es el conjunto de normas y valores que hacen y mejoran al desarrollo de las actividades profesionales y marcan, además, las pautas éticas del desarrollo laboral mediante valores universales.

Otro aspecto que se tendremos en consideración será la valoración de la contribución del investigador siendo así sometido a la evaluación por Turnitin para comprobar la duplicidad en la información que se brindara. Se respetó el estilo APA como nos exige la guía en caso de investigaciones de pre grado.

IV RESULTADOS

Tabla N° 22*Resumen resultado de Marshall pavimento convencional*

| ASFALTO | MEZCLA | V.M.A. (%) = (100-22) | % de vacíos llenos de asfalto = (26/28)*100 | Flujo (mm) | Estabilidad Corregida = (31*32) | Rigidez |
|-----------------|--------|--------------------------|---|---------------|---------------------------------------|---------|
| | A- 1 | 16.8 | 7.2 | 2.7 | 784 | 2788 |
| ASFALTO 5% | A- 2 | 16.9 | 7.4 | 2.5 | 762 | 2926 |
| | A- 3 | 16.8 | 7.3 | 2.7 | 758 | 2695 |
| | B- 1 | 16 | 5.1 | 3.1 | 851 | 2744 |
| ASFALTO 5.5% | B- 2 | 15.7 | 4.8 | 2.9 | 919 | 3169 |
| | B- 3 | 16.2 | 5.3 | 3 | 872 | 2097 |
| | C- 1 | 15.5 | 3.6 | 3.6 | 916 | 2544 |
| ASFALTO 6% | C- 2 | 15.6 | 3.7 | 3.7 | 968 | 2616 |
| | C- 3 | 15.8 | 3.8 | 3.7 | 977 | 2641 |
| | D- 1 | 15.2 | 3.7 | 4.3 | 740 | 1721 |
| ASFALTO 6.5% | D- 2 | 15.3 | 3.8 | 4.1 | 794 | 1937 |
| | D- 3 | 15 | 1.8 | 4.2 | 787 | 1874 |
| | E- 1 | 15.3 | 3.3 | 3.4 | 908 | 2671 |
| ASFALTO 5.9% | E- 2 | 15.5 | 3.5 | 3.3 | 917 | 2778 |
| | E- 3 | 15.5 | 3.5 | 3.5 | 900 | 2573 |

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 23*Resumen resultados obtenidos Marshall pavimentos tradicional*

| Resumen de resultado Marshall PAVIMENTO CONVENCIONAL | Contenido Optimo de Asfalto ensayo Marshall | | | | | Cont. Optimo corregido |
|---|--|-------|-------|-------|-------|------------------------------|
| BRIQUETA N° | 5% | 5.5% | 6% | 6.5% | 5.9% | |
| Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15) | 2.401 | 2.424 | 2.424 | 2.322 | 2.401 | |
| % de vacíos = (100*(19-18))/19 | 3.4 | 1.9 | 1.9 | 5.5 | 3.4 | |
| V.M.A. (%) = (100-22) | 15.4 | 15.1 | 15.1 | 18.2 | 15.4 | |
| % de vacíos llenos de asfalto = (26/28)*100 | 77.6 | 87.0 | 87.0 | 69.5 | 77.6 | |
| Flujo (mm) | 3.4 | 4.2 | 4.2 | 3.4 | 3.4 | |
| Estabilidad Corregida = (31*32) | 908 | 774 | 774 | 963 | 908 | |
| Rigidez | 2674 | 1844 | 1844 | 2859 | 2674 | |

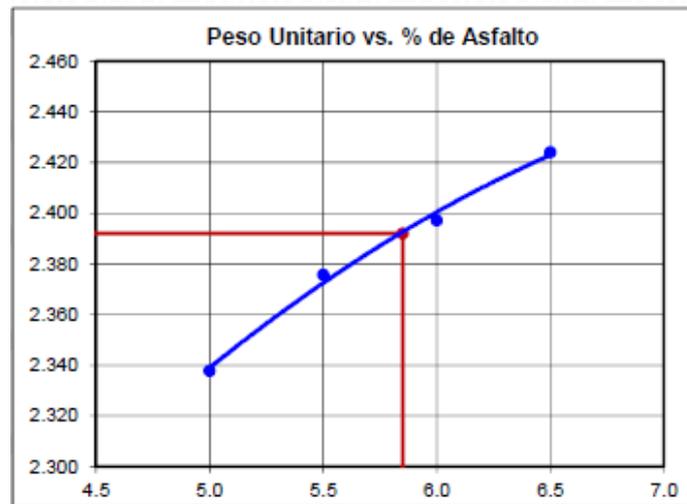
Fuente: laboratorios LICONSA S.R.L

Como se ve en el cuadro el contenido óptimo de asfalto corregido es al 5.9% de la mezcla

Gráficos de la curva Marshall

Figura N° 06

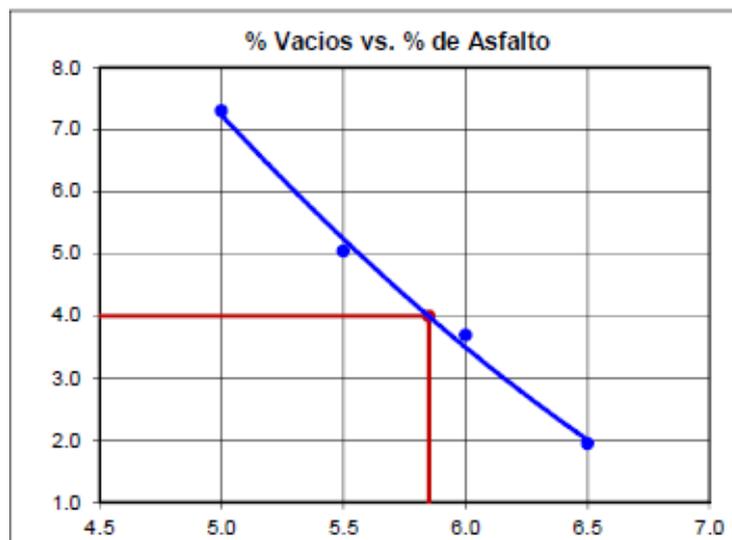
Grafica Peso Unitario / contenido de asfalto (% de asfalto)



Fuente: laboratorios LICONSA S.R.L

Figura N° 07

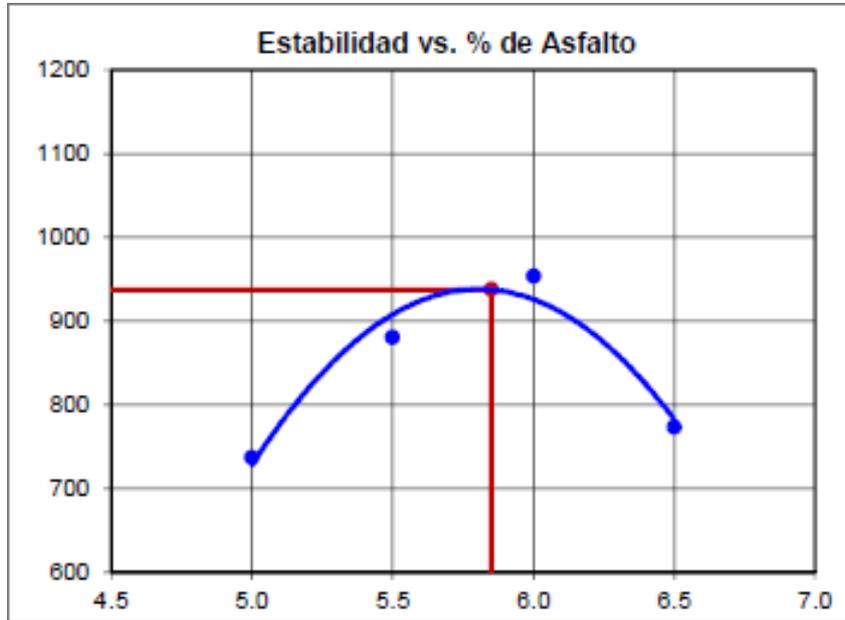
Grafica % de vacíos



Fuente: laboratorios LICONSA S.R.L

Figura N° 08

Grafica de Estabilidad /Contenido de asfalto (% de asfalto)



Fuente: laboratorios LICONSA S.R.L

Figura N° 09

Grafica de Flujo /Contenido de asfalto (% de asfalto)

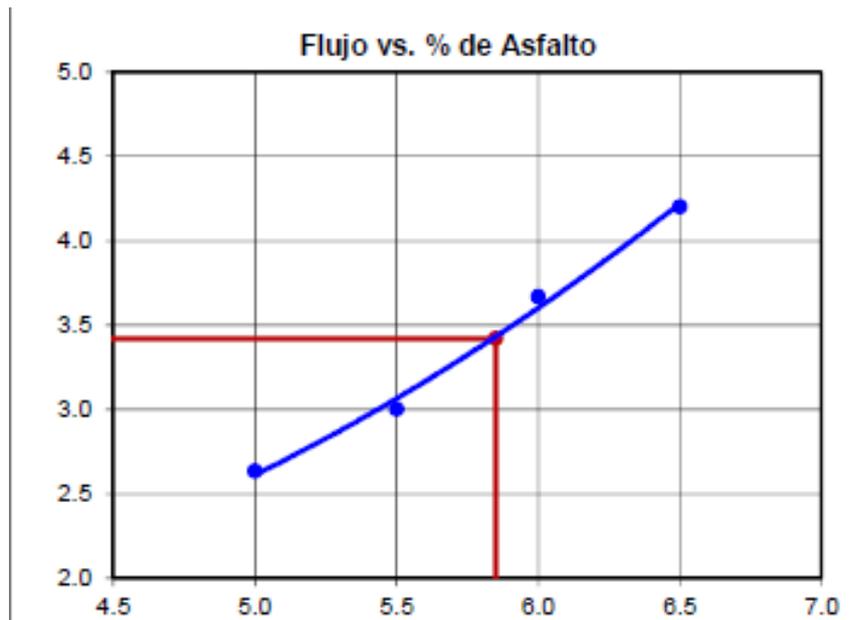
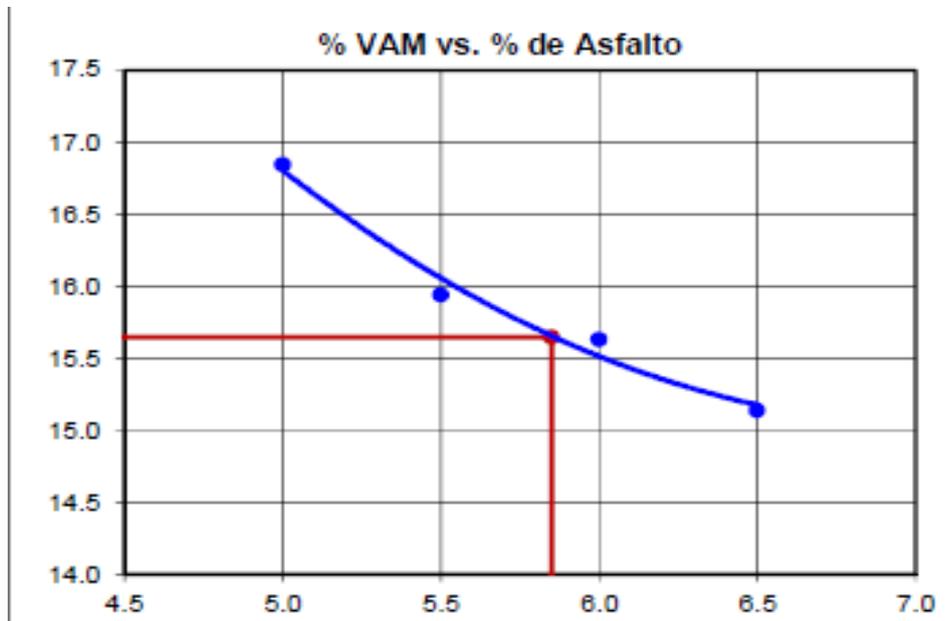


Figura N° 10

Grafica % VMA ()/Contenido de asfalto (% de asfalto)



Fuente: laboratorios LICONSA S.R.L

Tabla N° 24

Resumen resultado de Marshall pavimento modificado con caucho

| ASFALTO | MEZCLA | V.M.A. (%) = (100-22) | % de vacíos llenos de asfalto = (26/28)*100 | Flujo (mm) | Estabilidad Corregida = (31*32) | Rigidez |
|----------------|--------|-----------------------------|---|---------------|---------------------------------------|---------|
| | A- 1 | 17 | 4.3 | 3.5 | 1012 | 2891 |
| ASFALTO 5% | A- 2 | 17.2 | 4.5 | 3.5 | 998 | 2773 |
| | A- 3 | 17 | 4.3 | 3.5 | 1005 | 2872 |
| ASFALTO 10% | B- 1 | 18.1 | 5.4 | 3.4 | 966 | 2840 |
| | B- 2 | 18.2 | 5.6 | 3.3 | 951 | 2883 |
| | B- 3 | 18.2 | 5.6 | 3.4 | 971 | 2855 |
| ASFALTO 15% | C- 1 | 19.8 | 7.4 | 3.2 | 966 | 2838 |
| | C- 2 | 19.8 | 7.5 | 3.2 | 958 | 2814 |
| | C- 3 | 19.8 | 7.4 | 3.3 | 968 | 2816 |

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 25

Análisis comparativos de resultados de Marshall convencional y modificado con caucho reciclado

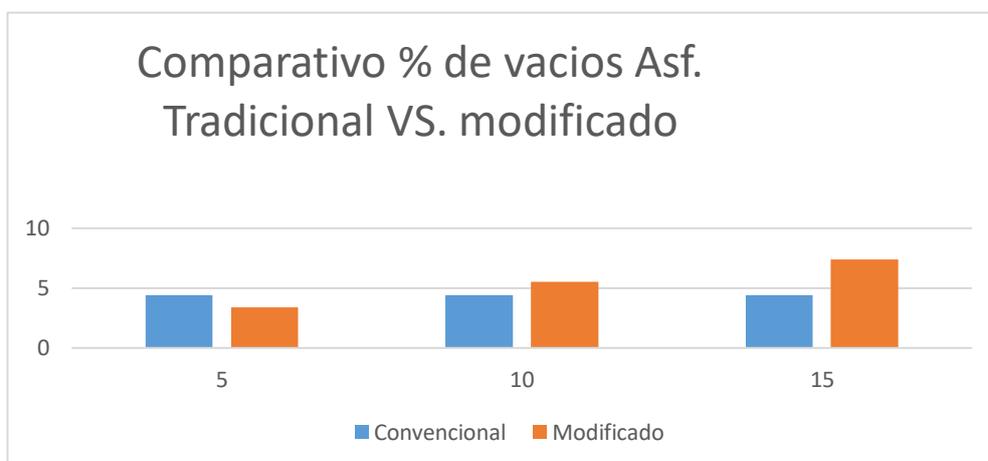
| Resumen de resultado Marshall PAVIMENTO MODIFICADO | Contenido óptimo de asfalto | | % de llanta adicionado | | |
|---|--------------------------------|-------------|------------------------|-------|-------------|
| | | | | | |
| BRIQUETA N° | 5.90% | 6% | 10% | 5% | 15% |
| Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15) | 2.401 | 2.424 | 2.354 | 2.322 | 2.276 |
| % de vacíos = $(100*(19-18))/19$ | 3.4 | 3.7 | 4.4 | 5.5 | 7.4 |
| V.M.A. (%) = (100-22) | 15.4 | 15.1 | 17.1 | 18.2 | 19.8 |
| % de vacíos llenos de asfalto = $(26/28)*100$ | 77.6 | 87.0 | 74.2 | 69.5 | 62.4 |
| Flujo (mm) | 3.4 | 4.2 | 3.5 | 3.4 | 3.2 |
| Estabilidad Corregida = (31*32) | 908 | 774 | 1005 | 963 | 913 |
| Rigidez | 2674 | 1844 | 2845 | 2859 | 2823 |

Fuente: laboratorios LICONSA S.R.L

Como nos muestra la tabla 25; cuando se agregó 10% de caucho reciclado aumenta el % de vacíos de 3.4% a 4.4% teniendo en cuenta que el rango es de 3 a 5%, y el porcentaje de vacíos del relleno asfáltico es de 74.2% disminuyendo a comparación 77.8% en la mezcla convencional y el rango es 70 a 80%; también aumenta la estabilidad en 0.055% y la rigidez en 5.24%, siendo estos los aspectos más resaltantes de nuestra investigación, rescatando los aportes ambientales y económicos también menciona.

Figura N° 11

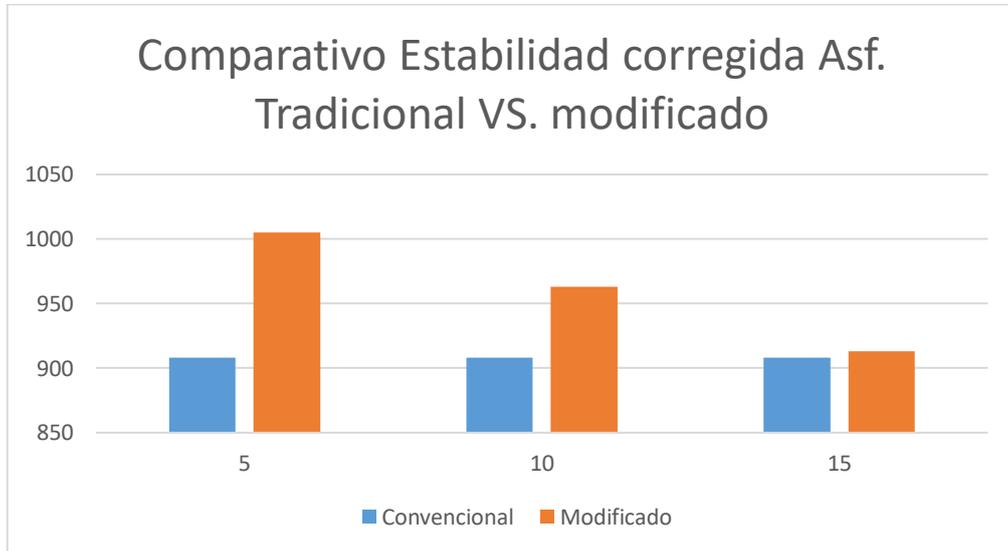
Grafica comparativo de % de vacíos entre mezcla convencional y asfalto modificado.



Fuente: elaboración propia

Figura N° 12

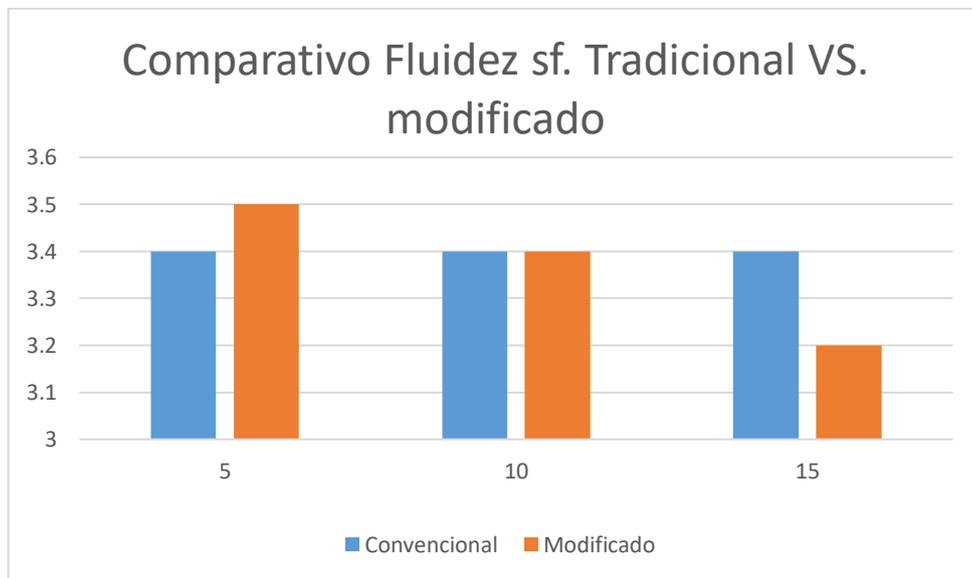
Grafica comparativo de estabilidad corregida en el asfalto convencional y el modificado.



Fuente: elaboración propia

Figura N° 13

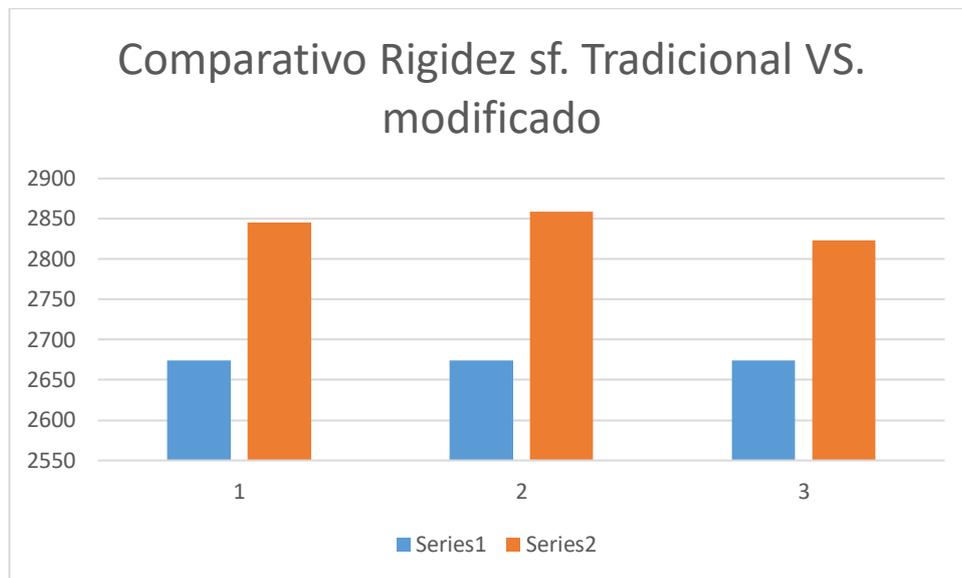
Grafica comparativo de Fluidez del asfalto convencional y el modificado.



Fuente: elaboración propia

Figura N° 14

Grafica comparativo de la Rigidez en el asfalto convencional y el modificado.



Fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN

A continuación debatiremos los resultados con algunos autores de investigaciones entendidos en la materia para ver las diversas opiniones.

Para de diseño se debe tener en consideración el tema de temperatura y el factor climático ya que es variable las condiciones a los que estaría sometido el pavimento; sin embargo esto no disminuye la eficacia de la mezcla también, debemos tener en cuenta los agregados que cumplan las especificaciones técnicas establecidas ya que la variedad de agregados es variable sus propiedades y condiciones de uso otro aspecto es la temperatura la cual debe estar sobre los 160°C para la reacción de la mezcla siendo esto fundamental para que obtenga las condiciones que se desea en el pavimento.

En lo cual Granados J. (2017), realizo una investigación sobre El comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho señalo en sus conclusiones que: *“El tiempo y temperatura de digestión debe cumplir con un mínimo necesario para que el caucho interactúe con el asfalto, modificando la reología del asfalto original y consecuentemente el comportamiento de la mezcla. Para esta investigación a la temperatura de 170°C por un tiempo de digestión de 2 horas se obtuvo un mejor comportamiento de la mezcla modificada con caucho respecto a la mezcla convencional”*. (p179).

Carrizales J. (2015), en su investigación basada en el asfalto modificado con material reciclado de llantas para pavimentos flexibles concluye que: *“El flujo del Diseño Asfáltico Modificado es mayor q el flujo del Diseño Asfáltico Convencional e incluso que las normas establecidas. Esto no mejora la flexibilidad y elasticidad ante los cambio de temperatura que se producen en nuestra zona, llegaría a producirse más casos de ahuellamiento en las carreteras”*. (p.115).

Lo resaltante del aspecto técnico son los aportes notables en el flujo, estabilidad y rigidez mejorando estos sus condiciones de elasticidad debido a los componentes del caucho los cuales proveen la elasticidad idónea para evitar agrietamientos o fisuras reduciendo el impacto de las cargas sobre la carpeta asfáltica.

Si realizamos un análisis de costo beneficio nos damos cuenta que en mediano y largo plazo el pavimento con caucho es conveniente ya que aumenta la vida útil debido a que reduce la oxidación, disminuyendo el desgaste debido a los

compuestos ligantes en la mezcla, evitando agrietamientos, también debido a su propiedad impermeabilizante; ahorrando de este modo en gastos de mantenimiento, teniendo carreteras de mejor calidad a un menor costo; sin tener en consideración la mejora en temas de seguridad y confianza de los conductores, los cuales se benefician de manera indirecta en ahorros de mantenimiento de sus vehículos.

Al respecto el Ingeniero Mora C. en su investigación El hule de llantas en pavimentos nos concluyó que: *“Comparando con otras alternativas de rehabilitación, como sobre carpetas, fresado, repavimentación o reconstrucción, las carpetas de concretos asfálticos ahulados, ocupan el primer lugar en ahorro costo. Su resistencia superior al agrietamiento, fléxionamiento así como su efecto impermeable. Logran mayor extensión entre los periodos de mantenimiento, en comparación con los materiales convencionales, lo que reduce significativamente sus costos de mantenimiento futuro”* (p.19).

Risso R. (2016) Ingeniero Petroquímico en el XI Congreso Nacional del Asfalto .señalo que *“En todos los países, unos que más otros, se desechan miles de toneladas de neumáticos cada año. Es decir existe un problema ambiental porque en muchos de ellos existe normativa que prohíbe echarlos a los vertederos, que a la postre terminan como desechos ambientales no biodegradables y en el peor de los casos generalmente son quemados o combustionados”*.

En el aspecto ambiental se ve claramente en la tabla No 19, donde apreciamos que en el Perú anualmente 51 toneladas de llantas son desechadas, siendo esta una cifra alarmante ya que al no ser reutilizada pasa a formar parte de la contaminación la cual se expande cada año. Debemos tomar conciencia que el tema de manejo ambiental es una problema real y el reciclaje es una manera eficaz de contribuir, sabiendo que los neumáticos son un material altamente toxico y contaminante que tiene una degradación demasiado lenta; el estado debe ser promotor de impulsar temas como esta investigación ya que contribuyen con el bien general.

VI. CONCLUSIONES

1. El uso de pavimentos modificados con caucho reciclado es favorable ampliamente para su uso en carreteras, ya que contribuye al mejoramiento del compuesto, convirtiéndose este en el modificador idóneo de los asfaltos aumentando los parámetros de % de vacíos, así como su fluidez, estabilidad, y elasticidad.
2. El pavimento con caucho reciclado mejora las condiciones de diseño ya que permite una mayor transitabilidad y adhesión de los neumáticos mejorando la manejabilidad y comodidad en los conductores brindándoles seguridad.
3. El asfalto modificado incrementa las propiedades físico-mecánicas de los agregados brindándoles elasticidad, resaltando el aspecto técnico de su uso ya que condiciona y regula su rehabilitación y mantenimiento prolongando la vida útil del pavimento.
4. Como se determinó existe más de 51 toneladas de desperdicios de neumáticos anualmente en el Perú, lo cual nos indica que existe una gran cantidad de llantas que se pueden reutilizar.
5. Los pavimentos modificados con caucho son un gran aporte a las economías de los países, ya que reduciría enormemente los costos de materiales, así como en gastos de mantenimientos y reparaciones.

VII. RECOMENDACIONES

1. El estado es responsable de promover y exigir el uso de pavimentos reciclados normando el uso de estos pavimentos, teniendo en cuenta que ya está normado en otros países de Sudamérica exigiendo que un porcentaje (%) de vía asfaltada se haya realizado con este proceso contribuyendo al desarrollo de investigaciones y mejoras en la calidad de sus carretas como es el caso de Colombia.
2. Recomendamos realizar pruebas de campo en vías de tráfico diferenciados para observar su desempeño a mediano y largo plazo.
3. Se recomienda continuar con estudios en condiciones de altas y bajas temperaturas por ser condiciones climáticas desfavorables aunque esto no precisa que la mezcla no sea viable.
4. Se debe implementar el uso de nuevos materiales que aportan beneficios notorios en los pavimentos como lo es el caucho molido, el cual viene dando solución a problemas de durabilidad y resistencia, lo cual sería beneficioso para el estado.

ANEXOS

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo OLARTE YEPEZ, CARLOS EDUARDO estudiante de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura; Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Este, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Proyecto de Investigación titulado:

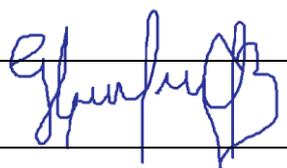
“ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL Y CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO AV. SANTA ANA COMAS 2020”

Es de mi autoría, por lo tanto, que el Proyecto de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 13 de diciembre de 2020

| | | |
|---|--------------------------|--|
| Apellidos y Nombres del Autor OLARTE YEPEZ CARLOS EDUARDO | | Firma  |
| DNI: | 42277662 | |
| ORCID: | 000-00032232-2839 | |

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, Robert Wilfredo Sigüenza Abanto, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura; Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Este, asesor del Proyecto de Investigación titulado:

“ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL Y CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO AV. SANTA ANA COMAS 2020”

Del autor OLARTE YEPEZ CARLOS EDUARDO, constato que la investigación

Tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el proyecto de investigación con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 13 de diciembre de 2020

| | |
|---|-------|
| Apellidos y Nombres del Asesor: Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo. | |
| DNI 40123042 | Firma |
| ORCID 0000-0001-8850-846 | |

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Yo CARLOS EDUARDO OLARTE YEPEZ identificado con DNI N° 42277662, (respectivamente), alumno de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura; Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), no autorizo (autorizamos) () la divulgación y comunicación pública de mi (nuestro) Proyecto de Investigación titulado

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO AV. SANTA ANA COMAS 2020”

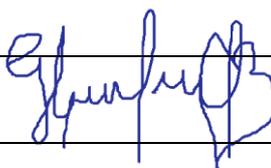
En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de **NO** autorización:

.....
.....

Lugar y fecha,

Lima, 13 de diciembre de 2020

| | | |
|---|-------|---|
| Apellidos y Nombres del Autor OLARTE YEPEZ, CARLOS EDUARDO | |  |
| DNI: 42277662 | Firma | |
| ORCID: 000-00032232-2839 | | |



Formatos de recolección de datos de conteo vehicular



FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

| | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---|--|--|
| TRAMO 1 DE LA CARRETERA | AVENIDA SANTA ANA - COMAS | | | |
| SENTIDO | X | Y | | |
| UBICACIÓN | AV. SANTA ANA / AV. TRAPICHE | | | |

| | | | | | |
|-----------------------|-------|--------|----|----|------|
| ESTACION | 01 | | | | |
| CODIGO DE LA ESTACION | 001 | | | | |
| DIA Y FECHA | LUNES | Mañana | 19 | 10 | 2020 |

| HORA | PERIODO | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | TRAYLER | | | | TOTAL |
|--------------|----------|----------|----------|---------------|------------|----------|-------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | INICIO | FIN | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | T2S1/T2S2 | T2S3 | T3S1/3S2 | T3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | |
| 1 | 06:00:00 | 06:15:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | 4 |
| | 06:15:00 | 06:30:00 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | 2 | | | | 4 |
| | 06:30:00 | 06:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | 1 | | | | 4 |
| | 06:45:00 | 07:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 2 | 07:00:00 | 07:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 07:15:00 | 07:30:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | 1 | | | | | | | | 2 |
| | 07:30:00 | 07:45:00 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | 1 | | | | 4 |
| | 07:45:00 | 08:00:00 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 3 | 08:00:00 | 08:15:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 08:15:00 | 08:30:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 08:30:00 | 08:45:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | 2 | | | | 3 |
| | 08:45:00 | 09:00:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | 1 | | | | 3 |
| 4 | 09:00:00 | 09:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | 09:15:00 | 09:30:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 09:30:00 | 09:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 09:45:00 | 10:00:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 5 | 10:00:00 | 10:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 10:15:00 | 10:30:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 10:30:00 | 10:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | 1 | | | | 2 |
| | 10:45:00 | 11:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 6 | 11:00:00 | 11:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:15:00 | 11:30:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:30:00 | 11:45:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:45:00 | 12:00:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | 4 |
| TOTAL | | | 6 | 6 | 9 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 57 |



**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---|---|---|-----|
| TRAMO 1 DE LA CARRETERA | AVENIDA SANTA ANA - COMAS | | | | |
| SENTIDO | X | Y | S | ← | N → |
| UBICACIÓN | AV. SANTA ANA / AV. TRAPICHE | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|----|----|------|
| ESTACION | 1 | | | | |
| CODIGO DE LA ESTACION | 1 | | | | |
| DIA Y FECHA | LUNES | TARDE | 19 | 10 | 2020 |

| HORA | PERIODO | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL |
|--------------|----------|----------|----------|---------------|------------|----------|-------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|
| | INICIO | FIN | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 0 | 3 E | 4 E | T2S1/T2S2 | T2S3 | T3S1/3S2 | T3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | |
| 7 | 12:00:00 | 12:15:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 1 | |
| | 12:15:00 | 12:30:00 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | 3 | |
| | 12:30:00 | 12:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 12:45:00 | 13:00:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | 2 | |
| 8 | 13:00:00 | 13:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 1 | |
| | 13:15:00 | 13:30:00 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | 1 | | | | 4 | |
| | 13:30:00 | 13:45:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 13:45:00 | 14:00:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 9 | 14:00:00 | 14:15:00 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 4 | |
| | 14:15:00 | 14:30:00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 3 | |
| | 14:30:00 | 14:45:00 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | 3 | |
| | 14:45:00 | 15:00:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 1 | |
| 10 | 15:00:00 | 15:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | | | | | 1 | |
| | 15:15:00 | 15:30:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 1 | |
| | 15:30:00 | 15:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 1 | |
| | 15:45:00 | 16:00:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 1 | |
| 11 | 16:00:00 | 16:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 0 | |
| | 16:15:00 | 16:30:00 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | | | | | 4 | |
| | 16:30:00 | 16:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 16:45:00 | 17:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | |
| 12 | 17:00:00 | 17:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 1 | |
| | 17:15:00 | 17:30:00 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | 7 | |
| | 17:30:00 | 17:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 17:45:00 | 18:00:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | 3 | |
| TOTAL | | | 8 | 9 | 10 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | |



**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | | |
|-----------------------|------------------------------|---|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AVENIDA SANTA ANA - COMAS | | | |
| SENTIDO | X | Y | S ← | N → |
| UBICACIÓN | AV. SANTA ANA / AV. TRAPICHE | | | |

| | | | |
|-----------------------|--------|-------|------------|
| ESTACION | 1 | | |
| CODIGO DE LA ESTACION | 1 | | |
| DIA Y FECHA | MARTES | TARDE | 20 10 2020 |

| HORA | PERIODO | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | | CAMION | | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL |
|----------------|----------|----------|----------|---------------|------------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|
| | INICIO | FIN | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 0 | 3 E | 4 E | T2S1/T2S2 | T2S3 | T3S1/3S2 | T3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | | |
| PERIODO 15 MIN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12:00:00 | 12:15:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 12:15:00 | 12:30:00 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | |
| | 12:30:00 | 12:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | 12:45:00 | 13:00:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| 8 | 13:00:00 | 13:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 13:15:00 | 13:30:00 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | 1 | | | | | | | 4 | |
| | 13:30:00 | 13:45:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | 13:45:00 | 14:00:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | | | | | | | 2 | |
| 9 | 14:00:00 | 14:15:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 14:15:00 | 14:30:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 14:30:00 | 14:45:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | 3 | |
| | 14:45:00 | 15:00:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | 1 | | | | | 2 | |
| 10 | 15:00:00 | 15:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 15:15:00 | 15:30:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 15:30:00 | 15:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | 1 | | | | | | | 2 | |
| | 15:45:00 | 16:00:00 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | 1 | | | | | | | 3 | |
| 11 | 16:00:00 | 16:15:00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | 16:15:00 | 16:30:00 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | | | | | | | 4 | |
| | 16:30:00 | 16:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | 16:45:00 | 17:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 12 | 17:00:00 | 17:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 17:15:00 | 17:30:00 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | | 7 | |
| | 17:30:00 | 17:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | 17:45:00 | 18:00:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | |
| TOTAL | | | 7 | 10 | 10 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

| | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---|--|-----|--|-----|
| TRAMO 1 DE LA CARRETERA | AVENIDA SANTA ANA - COMAS | | | | | |
| SENTIDO | X | Y | | S ← | | N → |
| UBICACIÓN | AV. SANTA ANA / AV. TRAPICHE | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------|-----------|--------|----|----|------|
| ESTACION | 01 | | | | |
| CODIGO DE LA ESTACION | 001 | | | | |
| DIA Y FECHA | MIERCOLES | MAÑANA | 21 | 10 | 2020 |

| HORA | PERIODO | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL |
|--------------|----------|----------|----------|---------------|------------|----------|-------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|
| | INICIO | FIN | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | T2S1/T2S2 | T2S3 | T3S1/3S2 | T3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| 1 | 06:00:00 | 06:15:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 4 |
| | 06:15:00 | 06:30:00 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | 2 | | | | | | 4 |
| | 06:30:00 | 06:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | 4 |
| | 06:45:00 | 07:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 |
| 2 | 07:00:00 | 07:15:00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 2 |
| | 07:15:00 | 07:30:00 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | 5 |
| | 07:30:00 | 07:45:00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | 7 |
| | 07:45:00 | 08:00:00 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 5 |
| 3 | 08:00:00 | 08:15:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 2 |
| | 08:15:00 | 08:30:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | 2 | | | | | | | | | | | 4 |
| | 08:30:00 | 08:45:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | 2 | | | | | | 3 |
| | 08:45:00 | 09:00:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | 3 |
| 4 | 09:00:00 | 09:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 09:15:00 | 09:30:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 09:30:00 | 09:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 3 |
| | 09:45:00 | 10:00:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 2 |
| 5 | 10:00:00 | 10:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 10:15:00 | 10:30:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 10:30:00 | 10:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | | | | 1 | | | | | | 2 |
| | 10:45:00 | 11:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | 0 |
| 6 | 11:00:00 | 11:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:15:00 | 11:30:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:30:00 | 11:45:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:45:00 | 12:00:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | | 4 |
| TOTAL | | | 7 | 9 | 10 | 7 | 3 | 0 | 0 | 16 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 67 | |

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | | |
|-----------------------|------------------------------|---|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AVENIDA SANTA ANA - COMAS | | | |
| SENTIDO | X | Y | S ← | N → |
| UBICACIÓN | AV. SANTA ANA / AV. TRAPICHE | | | |

| | | | |
|-----------------------|-----------|-------|------------|
| ESTACION | 1 | | |
| CODIGO DE LA ESTACION | 1 | | |
| DIA Y FECHA | MIERCOLES | TARDE | 21 10 2020 |

| HORA | PERIODO | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | | CAMION | | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL |
|-------------------|----------|----------|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|-----------|-------|
| | INICIO | FIN | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 0 | 3 E | 4 E | T2S1/T2S2 | T2S3 | T3S1/3S2 | T3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | | |
| PERIODO 15 MIN | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| 7 | 12:00:00 | 12:15:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 12:15:00 | 12:30:00 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | |
| | 12:30:00 | 12:45:00 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 3 | |
| | 12:45:00 | 13:00:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| 8 | 13:00:00 | 13:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 13:15:00 | 13:30:00 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | 1 | | | | | | | 4 | |
| | 13:30:00 | 13:45:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | 13:45:00 | 14:00:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | | | | | | | 2 | |
| 9 | 14:00:00 | 14:15:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 14:15:00 | 14:30:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 14:30:00 | 14:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | |
| | 14:45:00 | 15:00:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 10 | 15:00:00 | 15:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 15:15:00 | 15:30:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | 1 | | 1 | | | | | 3 | |
| | 15:30:00 | 15:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | 1 | 1 | | | | | | 3 | |
| | 15:45:00 | 16:00:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | 4 | |
| 11 | 16:00:00 | 16:15:00 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 3 | |
| | 16:15:00 | 16:30:00 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 8 | |
| | 16:30:00 | 16:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | |
| | 16:45:00 | 17:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 12 | 17:00:00 | 17:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | 1 | | | | | | 2 | |
| | 17:15:00 | 17:30:00 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | | 7 | |
| | 17:30:00 | 17:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | 17:45:00 | 18:00:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | |
| TOTAL | | | 8 | 9 | 12 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | 5 | 1 | 0 | 0 | 2 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

| | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|
| TRAMO 1 DE LA CARRETERA | AVENIDA SANTA ANA - COMAS | | | | | |
| SENTIDO | X | Y | S | ← | N | → |
| UBICACIÓN | AV. SANTA ANA / AV. TRAPICHE | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|----|----|------|
| ESTACION | 01 | | | | |
| CODIGO DE LA ESTACION | 001 | | | | |
| DIA Y FECHA | JUEVES | MAÑANA | 21 | 10 | 2020 |

| HORA | PERIODO | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL |
|--------------|----------|----------|----------|---------------|------------|----------|-------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|
| | INICIO | FIN | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | T2S1/T2S2 | T2S3 | T3S1/3S2 | T3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| 1 | 06:00:00 | 06:15:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 06:15:00 | 06:30:00 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | | 2 | | | | | | | | 2 | | | | 7 |
| | 06:30:00 | 06:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 4 |
| | 06:45:00 | 07:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 |
| 2 | 07:00:00 | 07:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 07:15:00 | 07:30:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 07:30:00 | 07:45:00 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | 1 | | | | 4 |
| | 07:45:00 | 08:00:00 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 5 |
| 3 | 08:00:00 | 08:15:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 08:15:00 | 08:30:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | 2 | | | | | | | | | | | 3 |
| | 08:30:00 | 08:45:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | 2 | | | | 3 |
| | 08:45:00 | 09:00:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 3 |
| 4 | 09:00:00 | 09:15:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 09:15:00 | 09:30:00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | 2 |
| | 09:30:00 | 09:45:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 3 |
| | 09:45:00 | 10:00:00 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 |
| 5 | 10:00:00 | 10:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 2 |
| | 10:15:00 | 10:30:00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 2 | 1 | | | 1 | | | | | | | 6 |
| | 10:30:00 | 10:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | 0 | | | | | 2 | | | | | | 4 |
| | 10:45:00 | 11:00:00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | 2 |
| 6 | 11:00:00 | 11:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:15:00 | 11:30:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | 4 |
| | 11:30:00 | 11:45:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:45:00 | 12:00:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | 1 | | | | | | 5 |
| TOTAL | | | 9 | 9 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 7 | 1 | 0 | 0 | 2 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 73 | |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

| | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---|--|-----|--|-----|
| TRAMO 1 DE LA CARRETERA | AVENIDA SANTA ANA - COMAS | | | | | |
| SENTIDO | X | Y | | S ← | | N → |
| UBICACIÓN | AV. SANTA ANA / AV. TRAPICHE | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------|---------|--------|----|----|------|
| ESTACION | 01 | | | | |
| CODIGO DE LA ESTACION | 001 | | | | |
| DIA Y FECHA | VIERNES | MAÑANA | 23 | 10 | 2020 |

| HORA | PERIODO | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | |
|--------------|----------|----------|----------|---------------|------------|----------|-------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|---|
| | INICIO | FIN | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | T2S1/T2S2 | T2S3 | T3S1/3S2 | T3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | | |
| 1 | 06:00:00 | 06:15:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 4 |
| | 06:15:00 | 06:30:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | 2 | | | | | | | 3 |
| | 06:30:00 | 06:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | 4 |
| | 06:45:00 | 07:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 2 | 07:00:00 | 07:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 07:15:00 | 07:30:00 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 6 |
| | 07:30:00 | 07:45:00 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | 0 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | 5 |
| | 07:45:00 | 08:00:00 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 6 |
| 3 | 08:00:00 | 08:15:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 08:15:00 | 08:30:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 08:30:00 | 08:45:00 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | 2 | | | | | | | 6 |
| | 08:45:00 | 09:00:00 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | 4 |
| 4 | 09:00:00 | 09:15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | 09:15:00 | 09:30:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 09:30:00 | 09:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | 4 |
| | 09:45:00 | 10:00:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 5 | 10:00:00 | 10:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | 10:15:00 | 10:30:00 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 4 |
| | 10:30:00 | 10:45:00 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | | | | 1 | | | | | | | 4 |
| | 10:45:00 | 11:00:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | 1 |
| 6 | 11:00:00 | 11:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:15:00 | 11:30:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | 4 |
| | 11:30:00 | 11:45:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:45:00 | 12:00:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 4 |
| TOTAL | | | 8 | 9 | 12 | 8 | 3 | 0 | 0 | 17 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | |

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---|--|-----|--|-----|
| TRAMO 1 DE LA CARRETERA | AVENIDA SANTA ANA - COMAS | | | | | |
| SENTIDO | X | Y | | S ← | | N → |
| UBICACIÓN | AV. SANTA ANA / AV. TRAPICHE | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|----|----|------|
| ESTACION | 01 | | | | |
| CODIGO DE LA ESTACION | 001 | | | | |
| DIA Y FECHA | SABADO | MAÑANA | 24 | 10 | 2020 |

| HORA | PERIODO | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL |
|--------------|----------|----------|-----------|---------------|------------|-----------|-------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | INICIO | FIN | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | T2S1/T2S2 | T2S3 | T3S1/3S2 | T3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | |
| 1 | 06:00:00 | 06:15:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | 4 |
| | 06:15:00 | 06:30:00 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | 2 | | | | | | 4 |
| | 06:30:00 | 06:45:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | 4 |
| | 06:45:00 | 07:00:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | 0 |
| 2 | 07:00:00 | 07:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | 1 |
| | 07:15:00 | 07:30:00 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | 3 |
| | 07:30:00 | 07:45:00 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | 1 | | | | | | 4 |
| | 07:45:00 | 08:00:00 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | 5 |
| 3 | 08:00:00 | 08:15:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | 2 |
| | 08:15:00 | 08:30:00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 2 | | | | | | | | | | 6 |
| | 08:30:00 | 08:45:00 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | | | 1 | | | | | 2 | | | | | | 8 |
| | 08:45:00 | 09:00:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | 3 |
| 4 | 09:00:00 | 09:15:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | 1 |
| | 09:15:00 | 09:30:00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | 3 |
| | 09:30:00 | 09:45:00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | 3 |
| | 09:45:00 | 10:00:00 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | 5 |
| 5 | 10:00:00 | 10:15:00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | 2 |
| | 10:15:00 | 10:30:00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | | | | | | | | | | | 2 |
| | 10:30:00 | 10:45:00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | | 1 | 1 | | | | 1 | | 6 |
| | 10:45:00 | 11:00:00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | 3 |
| 6 | 11:00:00 | 11:15:00 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | 7 |
| | 11:15:00 | 11:30:00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | 1 | | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:30:00 | 11:45:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | 3 |
| | 11:45:00 | 12:00:00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | 2 | | | | | | | | | | | 4 |
| TOTAL | | | 17 | 10 | 11 | 10 | 5 | 0 | 0 | 0 | 17 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 86 |

MATRIZ DE OPERACIONABILIZACION DE VARIABLES

ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL Y CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO AVENIDA SANTA ANA COMAS 2020

| VARIABLES | Definición Conceptual | Definición Operacional | DIMENSIONES | INDICADORES |
|--|---|---|----------------------|--|
| Variable Dependiente DISEÑO DE MEZCLA CONVENCIONAL | la Norma ASSHTO 93 nos señala que: Los Diseños de Pavimentos son los parámetros adecuados con los que se debe tomar en consideración al construir el pavimento teniendo en consideración las normas y criterios fundamentales con los cuales deberá cumplir para satisfacer los requerimientos | Para nuestro trabajo de investigación se tomara como referencia algunos datos de los antecedentes, así como las normas correspondientes (ASSHTO 93 y ASTM); también se realizaron toma de datos en campo para el conteo vehicular, para realizar los cálculos de nuestro diseño de pavimento. Se cuenta con el estudio de suelos de la avenida Santa Ana. | Aspectos diseño | Durabilidad Resistencia |
| | | | Aspectos del proceso | Ensayos de laboratorio |
| | | | Aspectos ambientales | % de Reutilización |
| | | | Aspectos económicas | Disminución de costos Ahorro en mantenimiento |
| Variable Independiente MEZCLA ASFALTICA CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO | ASTM D6114 / D6114M-19, Especificación estándar para aglutinante de asfalto y caucho, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019, señala Esta especificación cubre el aglutinante de asfalto-caucho, que consiste en una mezcla de aglutinante de asfalto, caucho de llantas recicladas molidas (es decir, vulcanizado) y otros aditivos, según sea necesario, para su uso como aglutinante en la construcción de pavimentos. El caucho se mezclará e interactuará en el aglutinante de asfalto caliente lo suficiente como para provocar el hinchamiento de las partículas de caucho antes de su uso. | Se realizara un diseño de mezcla asfáltica hallando el contenido óptimo de asfalto, en el cual procederemos a adicionar nuestro caucho reciclado molido CRM en proporciones del 5%,10% y 15%; determinando cuál de estos porcentajes influye de manera positiva o negativa en nuestro diseño. | Marshall | Estabilidad Flujo Porcentajes de Vacíos con Aire Vacíos en el agregado mineral Índice de Rigidez |
| | | | CONTROL DE CALIDAD | Agregados Llanta triturada Material bituminoso |
| | | | Factores ambientales | Clima |

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL Y CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO AV. SANTA ANA COMAS
2020

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | METODOS | TECNICAS | INSTRUMENTOS | |
|---|---|--|---|----------------------------|--|--|------------------------------|---|--|
| Problema General ¿Cuáles son los aspectos comparativos del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado? | Objetivo General Identificar los aspectos comparativos del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado. | Hipótesis General POR SER UNA INVESTIGACION DESCRIPTIVA NO LLEVA HIPOTESIS | Variable Dependiente DISEÑO DE MEZCLA CONVENCIONAL | Aspectos diseño | Durabilidad Resistencia | Paradigma Positivista socio critico Enfoque Cuantitativo Tipo de Investigación correlacional Diseño de la investigación No experimental | ANÁLISIS DOCUMENTARIO | FICHAS TECNICAS DE OINVESTIGACION | |
| | | | | Aspectos Técnicos | Ensayos de laboratorio | | | | |
| | | | | Aspectos medio ambientales | % de Reutilización | | | | |
| | | | | Aspectos económicas | Disminución de costos Ahorro en mantenimiento | | | | |
| PE1 ¿Cuáles son los resultados del análisis comparativo entre diseño del pavimento con mezcla convencional y con adición de caucho reciclado? | OE1. Realizar un análisis del diseño de los parámetros del Marshall del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado. | | Variable Independiente | Marshall | Estabilidad Flujo Porcentajes de Vacíos con Aire Vacíos en el agregado mineral Índice de Rigidez | | | | |
| PE2 ¿Cuáles son los aspectos técnicos resaltantes del pavimento con mezcla | OE2 Determinar los aspectos más resaltantes del proceso del pavimento | | | | CONTROL DE CALIDAD | Agregados Llantana triturada | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|---|----------------------|---------------------|---------------------------------|--|--|
| convencional y con adición de caucho reciclado? | empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado. | | MEZCLA ASFALTICA CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO | | Material bituminoso | Corte Transversal | | |
| PE3 ¿Cuáles son los aspectos medio ambientales resaltantes del pavimento con mezcla convencional y con adición de caucho reciclado? | OE3 Determinar los aspectos ambientales del pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado. | | | Factores ambientales | Clima | | | |
| PE4 ¿Cuál es la diferencia en el aspecto económico del pavimento con mezcla convencional y con adición de caucho reciclado? | OE4 Determinar los aspectos económicos que diferencian el pavimento empleando mezcla asfáltica convencional y con adición de caucho reciclado. | | | | | | | |

Tabla No 02 matriz consistencia

Referencias Bibliográficas

Ramírez Jiménez, L. (2011) "*Pavimentos con polímeros reciclados.*". Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Pereda Rodríguez, D.Y Cubas Parimango, N (2015) "*investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales*". Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

Díaz Claros, C. y Castro Celis, L. (2017). "*implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá*". Universidad Santo Tomás, Bogotá.

Goicochea Fernández, F. (2019). "*Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, Chachapoyas – Amazonas – 2017*". Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas.

Flores Pérez, J. (2018). "*Efectos de la incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana Lucanas, Ayacucho, 2018*". Universidad Cesar Vallejo, Lima.

Carrizales Apaza, J. (2015). "*Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles*". Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Villagaray Medina E. (2017), "*Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida Trapiche-Comas (Remanso) 2017*". Universidad Cesar Vallejo, Lima.

Vega Zurita, D. (2016), "*Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico*". Universidad Técnica de Ambato.

Granados Noa, J. (2017), "*Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional*". Universidad Ricardo Palma, Lima.

Cervera Borja, C. (2016) *“Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016.”* Universidad Privada del Norte, Cajamarca.

Tueros Dávila, M. (2017), *“Incorporación de polvo de caucho en mezcla asfáltica convencional para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento en la ciudad de Huancayo 2016”*. Universidad Peruana los Andes, Huancayo.

Ibarra Quintero, L. (2010). *“Modificación de asfalto ac-10(ASTM D-3381) utilizando caucho de llanta molido, de acuerdo a los requerimientos de la Norma ASTM d-6114-97”*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” (2013), Sección: Suelos y Pavimentos, Ministerio d Transportes y Comunicaciones.

Torres, P. Flores, M. Flores, V. Flores y K. Mairon (2014). *“Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la reparación de pavimentos”*. Ciencias Tecnológicas y Agrarias, Handbooks, Sucre.

Índice de abreviaturas

ASTM: American Society for Testing and materials (sociedad americana para pruebas y materiales)

ASSHTO: American Association of Highway and Transportation Officials, (asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transporte del Estado).

GCR: Grano de Caucho Reciclado

PE: Problemas Específicos.

OE: Objetivos Específicos.

NFU: Neumático Fuera de uso

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

DOT: Department of Transportation

Panel fotográfico de ensayos en laboratorio

Equipos de laboratorio, mallas, horno, balanzas y otros.



Materiales: Agregado fino



Agregado grueso



Caucho molido



Tamizado de caucho molido



pesado de caucho molido



Proceso de Reaccion del caucho con el asfalto



Control de temperatura a agregados



proceso de mezclado de materiales



Luego del mezclado se controla la temperatura y se procede a realizar los 75 golpes por cada cara



Se rotulas las briquetas, se controla su peso y medidas, luego antes de ensayar se tiene que poner en baño María a una temperatura de 60°C durante 45 min.



Luego se realiza el ensayo de Marshall



LICONSA S.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

| ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559 | | | | | |
|---|--|--------|--|--------|--------------|
| Cliente : CARLOS EDUARDO OLARTE YEPEZ | | | Certificado N°: 2020037010001 | | |
| Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, Av. SANTA ANA - COMAS | | | Fecha de Muestreo: 9 de Noviembre de 2020 | | |
| Atención: Sr. CARLOS OLARTE YEPEZ | | | Fecha de Ensayo: 9 de Noviembre de 2020 | | |
| Procedencia: LABORATORIO | | | Clase de Material: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL | | |
| Ubic. De Muestreo: LABORATORIO | | | Hoja: 01 de 01 | | |
| BRIQUETA N° | | 1 | 2 | 3 | X |
| 1 | %C.A. En peso de la Mezcla | 5.00 | 5.00 | 5.00 | |
| 2 | % del Agregado Grueso en peso de la Mezcla | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 3 | % del Agregado Fino en peso de la mezcla | 59.28 | 59.28 | 59.28 | |
| 4 | % de Filler en peso de la mezcla | | | | |
| 5 | Peso específico aparente del C.A. | 1.016 | 1.016 | 1.016 | |
| 6 | Peso específico Bulk del Agregado Grueso | 2.713 | 2.713 | 2.713 | |
| 7 | Peso específico Aparente del Agregado Grueso | 2.758 | 2.758 | 2.758 | |
| 8 | Peso específico Bulk del Agregado Fino | 2.646 | 2.646 | 2.646 | |
| 9 | Peso específico Aparente del Agregado Fino | 2.714 | 2.714 | 2.714 | |
| 10 | Peso específico Aparente del Filler | | | | |
| 11 | Altura promedio de la Briqueta | 6.48 | 6.50 | 6.49 | |
| 12 | Peso de la Briqueta al aire | 1201.1 | 1193.8 | 1193.4 | |
| 13 | Peso de la Briqueta SSS al aire | 1205.4 | 1198.6 | 1197.3 | |
| 14 | Peso de la Briqueta al agua | 692.1 | 687.4 | 686.9 | |
| 15 | Volumen de la Briqueta por Desplazamiento = (13-14) | 513.3 | 511.2 | 510.4 | |
| 16 | Volumen Geométrico = (11* área Molde) | 525.4 | 527.0 | 526.2 | |
| 17 | Volumen Adoptado (cc) | 513.3 | 511.2 | 510.4 | |
| 18 | Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15) | 2.340 | 2.335 | 2.338 | 2.338 |
| 19 | Peso específico Teórico Máximo | 2.522 | 2.522 | 2.522 | |
| 20 | Peso específico Bulk del Agregado Total = (100-(1)/(2/6+3/8+4/10)) | 2.671 | 2.671 | 2.671 | |
| 21 | Peso específico Aparente del Agregado Total = (100-(1)/(2/7+3/9+4/10)) | 2.730 | 2.730 | 2.730 | |
| 22 | Volumen del Agregado = (2+3+4)*18/20 | 83.2 | 83.1 | 83.2 | |
| 23 | Peso específico Efectivo del Agregado Total = (100-1)/(100/19)-(1/5) | 2.735 | 2.735 | 2.735 | |
| 24 | % de Absorción = (100((23-20)/23*20)*(5) | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 25 | % de Asfalto Efectivo = $\frac{1 - ((24)/100) \times (100-1)}{(100 - ((24)/100) \times (100-1)}$ | 4.1 | 4.1 | 4.1 | |
| 26 | Volumen de asfalto efectivo = (25*18)/(5) | 9.5 | 9.5 | 9.5 | |
| 27 | % de vacíos = (100*(19-18))/19 | 7.2 | 7.4 | 7.3 | 7.3 |
| 28 | V.M.A. (%) = (100-22) | 16.8 | 16.9 | 16.8 | 16.8 |
| 29 | % de vacíos llenos de asfalto = (26/28)*100 | 56.8 | 56.2 | 56.6 | 56.5 |
| 30 | Flujo (mm) | 2.70 | 2.50 | 2.70 | 2.63 |
| 31 | Estabilidad sin corregir (kg) | 784 | 762 | 758 | |
| 32 | Factor de Corrección | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 33 | Estabilidad Corregida = (31*32) | 753 | 732 | 728 | 737 |
| 34 | Rigidez | 2788 | 2926 | 2695 | 2803 |
| 35 | Numero de golpes por cara | 75 | 75 | 75 | |
| Observaciones: | | | | | |

LICONSA S.R.L.

Ing. Victor Hugo Hervas Acosta
C.I.P. 54809

LICONSA S.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

| ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559 | | | | | |
|---|---|--------|--|--------|--------------|
| Cliente : CARLOS EDUARDO OLARTE YEPEZ | | | Certificado N°: 2020037010002 | | |
| Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, Av. SANTA ANA - COMAS | | | Fecha de Muestreo: 9 de Noviembre de 2020 | | |
| Atención: Sr. CARLOS OLARTE YEPEZ | | | Fecha de Ensayo: 9 de Noviembre de 2020 | | |
| Procedencia: LABORATORIO | | | Clase de Material: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL | | |
| Ubic. De Muestreo: LABORATORIO | | | Hoja: 01 de 01 | | |
| BRIQUETA N° | | 1 | 2 | 3 | X |
| 1 | %C.A. En peso de la Mezcla | 5.50 | 5.50 | 5.50 | |
| 2 | % del Agregado Grueso en peso de la Mezcla | 35.53 | 35.53 | 35.53 | |
| 3 | % del Agregado Fino en peso de la mezcla | 58.97 | 58.97 | 58.97 | |
| 4 | % de Filler en peso de la mezcla | | | | |
| 5 | Peso específico aparente del C.A. | 1.016 | 1.016 | 1.016 | |
| 6 | Peso específico Bulk del Agregado Grueso | 2.713 | 2.713 | 2.713 | |
| 7 | Peso específico Aparente del Agregado Grueso | 2.758 | 2.758 | 2.758 | |
| 8 | Peso específico Bulk del Agregado Fino | 2.646 | 2.646 | 2.646 | |
| 9 | Peso específico Aparente del Agregado Fino | 2.714 | 2.714 | 2.714 | |
| 10 | Peso específico Aparente del Filler | | | | |
| 11 | Altura promedio de la Briqueta | 6.36 | 6.32 | 6.35 | |
| 12 | Peso de la Briqueta al aire | 1195.6 | 1193.3 | 1191.3 | |
| 13 | Peso de la Briqueta SSS al aire | 1201.0 | 1198.2 | 1197.3 | |
| 14 | Peso de la Briqueta al agua | 697.6 | 697.4 | 694.5 | |
| 15 | Volumen de la Briqueta por Desplazamiento = (13-14) | 503.4 | 500.8 | 502.8 | |
| 16 | Volumen Geométrico = (11* área Molde) | 515.6 | 512.4 | 514.8 | |
| 17 | Volumen Adoptado (cc) | 503.4 | 500.8 | 502.8 | |
| 18 | Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15) | 2.375 | 2.383 | 2.369 | 2.376 |
| 19 | Peso específico Teórico Máximo | 2.502 | 2.502 | 2.502 | |
| 20 | Peso específico Bulk del Agregado Total = (100-(1)/(2/6+3/8+4/10)) | 2.671 | 2.671 | 2.671 | |
| 21 | Peso específico Aparente del Agregado Total = (100-(1)/(2/7+3/9+4/10)) | 2.730 | 2.730 | 2.730 | |
| 22 | Volumen del Agregado = (2+3+4)*18/20 | 84.0 | 84.3 | 83.8 | |
| 23 | Peso específico Efectivo del Agregado Total = (100-(1)/(100/19)-(1/5)) | 2.735 | 2.735 | 2.735 | |
| 24 | % de Absorción = (100((23-20)/23*20)*(5)) | 0.89 | 0.89 | 0.89 | |
| 25 | % de Asfalto Efectivo = $\frac{(1)-((24/100) \times (100-1))}{(100-(24/100) \times (100-1))}$ | 4.7 | 4.7 | 4.7 | |
| 26 | Volumen de asfalto efectivo = (25*18)/(5) | 10.9 | 10.9 | 10.8 | |
| 27 | % de vacíos = (100*(19-18))/19 | 5.1 | 4.8 | 5.3 | 5.0 |
| 28 | V.M.A. (%) = (100-22) | 16.0 | 15.7 | 16.2 | 15.9 |
| 29 | % de vacíos llenos de asfalto = (26/28)*100 | 68.1 | 69.5 | 67.1 | 68.2 |
| 30 | Flujo (mm) | 3.10 | 2.90 | 3.00 | 3.0 |
| 31 | Estabilidad sin corregir (kg) | 886 | 919 | 872 | |
| 32 | Factor de Corrección | 0.96 | 1.00 | 1.00 | |
| 33 | Estabilidad Corregida = (31*32) | 851 | 919 | 872 | 881 |
| 34 | Rigidez | 2744 | 3169 | 2907 | 2940 |
| 35 | Numero de golpes por cara | 75 | 75 | 75 | |
| Observaciones: | | | | | |

LICONSA S.R.L.

Ing. Victor Hugo Hervias Acosta
C I P. 54809

LICONSA S.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

| ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559 | | | | | |
|---|--|--|--------|--------|--------------|
| Cliente : CARLOS EDUARDO OLARTE YEPEZ | | Certificado N°: 2020037010003 | | | |
| Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, Av. SANTA ANA - COMAS | | Fecha de Muestreo: 9 de Noviembre de 2020 | | | |
| Atención: Sr. CARLOS OLARTE YEPEZ | | Fecha de Ensayo: 9 de Noviembre de 2020 | | | |
| Procedencia: LABORATORIO | | Clase de Material: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL | | | |
| Ubic. De Muestreo: LABORATORIO | | Hoja: 01 de 01 | | | |
| BRIQUETA N° | | 1 | 2 | 3 | X |
| 1 | %C.A. En peso de la Mezcla | 6.00 | 6.00 | 6.00 | |
| 2 | % del Agregado Grueso en peso de la Mezcla | 35.34 | 35.34 | 35.34 | |
| 3 | % del Agregado Fino en peso de la mezcla | 58.66 | 58.66 | 58.66 | |
| 4 | % de Filler en peso de la mezcla | | | | |
| 5 | Peso específico aparente del C.A. | 1.016 | 1.016 | 1.016 | |
| 6 | Peso específico Bulk del Agregado Grueso | 2.713 | 2.713 | 2.713 | |
| 7 | Peso específico Aparente del Agregado Grueso | 2.758 | 2.758 | 2.758 | |
| 8 | Peso específico Bulk del Agregado Fino | 2.646 | 2.646 | 2.646 | |
| 9 | Peso específico Aparente del Agregado Fino | 2.714 | 2.714 | 2.714 | |
| 10 | Peso específico Aparente del Filler | | | | |
| 11 | Altura promedio de la Briqueta | 6.48 | 6.44 | 6.41 | |
| 12 | Peso de la Briqueta al aire | 1205.0 | 1200.3 | 1196.4 | |
| 13 | Peso de la Briqueta SSS al aire | 1205.4 | 1200.8 | 1197.0 | |
| 14 | Peso de la Briqueta al agua | 703.3 | 700.2 | 697.2 | |
| 15 | Volumen de la Briqueta por Desplazamiento = (13-14) | 502.1 | 500.6 | 499.8 | |
| 16 | Volumen Geométrico = (11* área Molde) | 525.4 | 522.1 | 519.7 | |
| 17 | Volumen Adoptado (cc) | 502.1 | 500.6 | 499.8 | |
| 18 | Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15) | 2.400 | 2.398 | 2.394 | 2.397 |
| 19 | Peso específico Teórico Máximo | 2.489 | 2.489 | 2.489 | |
| 20 | Peso específico Bulk del Agregado Total = (100-(1)/(2/6+3/8+4/10)) | 2.671 | 2.671 | 2.671 | |
| 21 | Peso específico Aparente del Agregado Total = (100-(1)/(2/7+3/9+4/10)) | 2.730 | 2.730 | 2.730 | |
| 22 | Volumen del Agregado = (2+3+4)*18/20 | 84.5 | 84.4 | 84.2 | |
| 23 | Peso específico Efectivo del Agregado Total = (100-1)/(100/19)-(1/5) | 2.743 | 2.743 | 2.743 | |
| 24 | % de Absorción = (100((23-20)/23*20)*(5) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 25 | % de Asfalto Efectivo = $\frac{1 - ((24/100) \times (100-1))}{(100 - ((24/100) \times (100-1))}$ | 5.1 | 5.1 | 5.1 | |
| 26 | Volumen de asfalto efectivo = (25*18)/(5) | 11.9 | 11.9 | 11.9 | |
| 27 | % de vacíos = (100*(19-18))/19 | 3.6 | 3.7 | 3.8 | 3.7 |
| 28 | V.M.A. (%) = (100-22) | 15.5 | 15.6 | 15.8 | 15.6 |
| 29 | % de vacíos llenos de asfalto = (26/28)*100 | 76.8 | 76.4 | 75.6 | 76.2 |
| 30 | Flujo (mm) | 3.60 | 3.70 | 3.70 | 3.7 |
| 31 | Estabilidad sin corregir (kg) | 954 | 968 | 977 | |
| 32 | Factor de Corrección | 0.96 | 1.00 | 1.00 | |
| 33 | Estabilidad Corregida = (31*32) | 916 | 968 | 977 | 954 |
| 34 | Rigidez | 2544 | 2616 | 2641 | 2600 |
| 35 | Numero de golpes por cara | 75 | 75 | 75 | |
| Observaciones: | | | | | |

LICONSA S.R.L.

Ing. Victor Hugo Hervas Acosta
C.I.P. 54809

LICONSA S.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

| ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559 | | | | | |
|---|--|--------|--|--------|--------------|
| Cliente : CARLOS EDUARDO OLARTE YEPEZ | | | Certificado N°: 2020037010004 | | |
| Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, Av. SANTA ANA - COMAS | | | Fecha de Muestreo 9 de Noviembre de 2020 | | |
| Atención: Sr. CARLOS OLARTE YEPEZ | | | Fecha de Ensayo: 9 de Noviembre de 2020 | | |
| Procedencia: LABORATORIO | | | Clase de Material: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL | | |
| Ubic. De Muestreo: LABORATORIO | | | Hoja: 01 de 01 | | |
| BRIQUETA N° | | 1 | 2 | 3 | X |
| 1 | %C.A. En peso de la Mezcla | 6.50 | 6.50 | 6.50 | |
| 2 | % del Agregado Grueso en peso de la Mezcla | 35.16 | 35.16 | 35.16 | |
| 3 | % del Agregado Fino en peso de la mezcla | 58.34 | 58.34 | 58.34 | |
| 4 | % de Filler en peso de la mezcla | | | | |
| 5 | Peso específico aparente del C.A. | 1.016 | 1.016 | 1.016 | |
| 6 | Peso específico Bulk del Agregado Grueso | 2.713 | 2.713 | 2.713 | |
| 7 | Peso específico Aparente del Agregado Grueso | 2.758 | 2.758 | 2.758 | |
| 8 | Peso específico Bulk del Agregado Fino | 2.646 | 2.646 | 2.646 | |
| 9 | Peso específico Aparente del Agregado Fino | 2.714 | 2.714 | 2.714 | |
| 10 | Peso específico Aparente del Filler | | | | |
| 11 | Altura promedio de la Briqueta | 6.38 | 6.38 | 6.38 | |
| 12 | Peso de la Briqueta al aire | 1197.5 | 1194.8 | 1195.0 | |
| 13 | Peso de la Briqueta SSS al aire | 1198.2 | 1196.3 | 1195.8 | |
| 14 | Peso de la Briqueta al agua | 704.1 | 702.7 | 703.6 | |
| 15 | Volumen de la Briqueta por Desplazamiento = (13-14) | 494.1 | 493.6 | 492.2 | |
| 16 | Volumen Geométrico = (11* área Molde) | 517.2 | 517.2 | 517.2 | |
| 17 | Volumen Adoptado (cc) | 494.1 | 493.6 | 492.2 | |
| 18 | Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15) | 2.424 | 2.421 | 2.428 | 2.424 |
| 19 | Peso específico Teórico Máximo | 2.472 | 2.472 | 2.472 | |
| 20 | Peso específico Bulk del Agregado Total = $(100 - (1)/(2/6 + 3/8 + 4/10))$ | 2.671 | 2.671 | 2.671 | |
| 21 | Peso específico Aparente del Agregado Total = $(100 - (1)/(2/7 + 3/9 + 4/10))$ | 2.730 | 2.730 | 2.730 | |
| 22 | Volumen del Agregado = $(2 + 3 + 4) * 18 / 20$ | 84.8 | 84.7 | 85.0 | |
| 23 | Peso específico Efectivo del Agregado Total = $(100 - (1)/(100/19) - (1/5))$ | 2.746 | 2.746 | 2.746 | |
| 24 | % de Absorción = $(100((23-20)/23 * 20) * (5))$ | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| 25 | % de Asfalto Efectivo = $(1 - ((24/100) X (100-1)) / (100 - ((24/100) X (100-1)))$ | 5.5 | 5.5 | 5.5 | |
| 26 | Volumen de asfalto efectivo = $(25 * 18) / (5)$ | 13.2 | 13.2 | 13.2 | |
| 27 | % de vacíos = $(100 * (19 - 18)) / 19$ | 2.0 | 2.1 | 1.8 | 1.9 |
| 28 | V.M.A. (%) = $(100 - 22)$ | 15.2 | 15.3 | 15.0 | 15.1 |
| 29 | % de vacíos llenos de asfalto = $(26/28) * 100$ | 86.9 | 86.2 | 87.9 | 87.0 |
| 30 | Flujo (mm) | 4.30 | 4.10 | 4.20 | 4.2 |
| 31 | Estabilidad sin corregir (kg) | 740 | 794 | 787 | |
| 32 | Factor de Corrección | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 33 | Estabilidad Corregida = $(31 * 32)$ | 740 | 794 | 787 | 774 |
| 34 | Rigidez | 1721 | 1937 | 1874 | 1844 |
| 35 | Numero de golpes por cara | 75 | 75 | 75 | |

LICONSA S.R.L.

Ing. Victor Hugo Hervias Acosta

CIP/54809

LICONSA S.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

| ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559 | |
|--|---|
| Cliente : CARLOS EDUARDO OLARTE YEPEZ | Certificado N°: 2020037010005 |
| Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, Av. SANTA ANA - COMAS | Fecha de Muestreo 9 de Noviembre de 2020 |
| Atención: Sr. CARLOS OLARTE YEPEZ | Fecha de Ensayo: 9 de Noviembre de 2020 |
| Procedencia: LABORATORIO | Clase de Material: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL |
| Ubic. De Muestreo: LABORATORIO | Hoja: 01 de 01 |

| | |
|-----------------------|---|
| | |
| | |
| | <p> Optimo Contenido de Asfalto % 5.9 Vacios en Mezcla Asfaltica 4.0 Peso Unitario en Mezcla Asfaltica (g/cm³) 2.392 Estabilidad de Mezcla Asfaltica (kg) 938 Flujo (mm) 3.40 Vacios en el Agregado Mineral - VAM (%) 15.7 </p> |
| Observaciones: | |

LICONSA S.R.L.

Ing. Victor Hugo Hervias Acosta
C.I.P. 54809

LICONSA S.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

| ENSAYO MARSHALL | | | | | |
|--------------------|---|------------------------------------|--------------------|--|--------------|
| ASTM D 1559 | | | | | |
| Cliente : | | CARLOS EDUARDO OLARTE YEPEZ | | Certificado N°: 2020037010006 | |
| Obra: | ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, Av. SANTA ANA - COMAS | | | Fecha de Muestreo: 10 de Noviembre de 2020 | |
| Atención: | Sr. CARLOS OLARTE YEPEZ | | | Fecha de Ensayo: 10 de Noviembre de 2020 | |
| Procedencia: | LABORATORIO | | Clase de Material: | MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL | |
| Ubic. De Muestreo: | LABORATORIO | | Hoja: | 01 de 01 | |
| BRIQUETA N° | | 1 | 2 | 3 | X |
| 1 | %C.A. En peso de la Mezcla | 5.90 | 5.90 | 5.90 | |
| 2 | % del Agregado Grueso en peso de la Mezcla | 35.38 | 35.38 | 35.38 | |
| 3 | % del Agregado Fino en peso de la mezcla | 58.72 | 58.72 | 58.72 | |
| 4 | % de Filler en peso de la mezcla | | | | |
| 5 | Peso específico aparente del C.A. | 1.016 | 1.016 | 1.016 | |
| 6 | Peso específico Bulk del Agregado Grueso | 2.713 | 2.713 | 2.713 | |
| 7 | Peso específico Aparente del Agregado Grueso | 2.758 | 2.758 | 2.758 | |
| 8 | Peso específico Bulk del Agregado Fino | 2.646 | 2.646 | 2.646 | |
| 9 | Peso específico Aparente del Agregado Fino | 2.714 | 2.714 | 2.714 | |
| 10 | Peso específico Aparente del Filler | | | | |
| 11 | Altura promedio de la Briqueta | 6.41 | 6.42 | 6.43 | |
| 12 | Peso de la Briqueta al aire | 1220.4 | 1222.3 | 1219.8 | |
| 13 | Peso de la Briqueta SSS al aire | 1221.4 | 1223.5 | 1220.7 | |
| 14 | Peso de la Briqueta al agua | 714.0 | 714.0 | 712.0 | |
| 15 | Volumen de la Briqueta por Desplazamiento = (13-14) | 507.4 | 509.5 | 508.7 | |
| 16 | Volumen Geométrico = (11* área Molde) | 519.7 | 520.5 | 521.3 | |
| 17 | Volumen Adoptado (cc) | 507.4 | 509.5 | 508.7 | |
| 18 | Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15) | 2.405 | 2.399 | 2.398 | 2.401 |
| 19 | Peso específico Teórico Máximo | 2.486 | 2.486 | 2.486 | |
| 20 | Peso específico Bulk del Agregado Total = (100-(1)/(2/6+3/8+4/10) | 2.671 | 2.671 | 2.671 | |
| 21 | Peso específico Aparente del Agregado Total = (100-(1)/(2/7+3/9+4/10) | 2.730 | 2.730 | 2.730 | |
| 22 | Volumen del Agregado = (2+3+4)*18/20 | 84.7 | 84.5 | 84.5 | |
| 23 | Peso específico Efectivo del Agregado Total = (100-1)/(100/19)-(1/5) | 2.734 | 2.734 | 2.734 | |
| 24 | % de Absorción = (100((23-20)/23*20)*(5) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | |
| 25 | % de Asfalto Efectivo = (1)-((24)/100) X (100-1) (100-((24)/100) X (100-1)) | 5.1 | 5.1 | 5.1 | |
| 26 | Volumen de asfalto efectivo = (25*18)/(5) | 12.0 | 12.0 | 12.0 | |
| 27 | % de vacíos = (100*(19-18))/19 | 3.3 | 3.5 | 3.5 | 3.4 |
| 28 | V.M.A. (%) = (100-22) | 15.3 | 15.5 | 15.5 | 15.4 |
| 29 | % de vacíos llenos de asfalto = (26/28)*100 | 78.6 | 77.3 | 77.0 | 77.6 |
| 30 | Flujo (mm) | 3.40 | 3.30 | 3.50 | 3.4 |
| 31 | Estabilidad sin corregir (kg) | 946 | 955 | 938 | |
| 32 | Factor de Corrección | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 33 | Estabilidad Corregida = (31*32) | 908 | 917 | 900 | 908 |
| 34 | Rigidez | 2671 | 2778 | 2573 | 2674 |
| 35 | Numero de golpes por cara | 75 | 75 | 75 | |
| Observaciones: | | | | | |

LICONSA S.R.L.

Ing. Victor Hugo Hervias Acosta
C I P. 54809