



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño de mezcla asfáltica con adición PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de la avenida Revolución, Comas 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

#### **AUTORES:**

De la Cruz Dolores, Hipólito Fredy (ORCID: [0000-0003-2442-6658](https://orcid.org/0000-0003-2442-6658))

Maza Vigo, Renzo Alex (ORCID: [0000-0003-2937-2281](https://orcid.org/0000-0003-2937-2281))

#### **ASESOR:**

Dr. Alzamora Román, Hermer Ernesto (ORCID: [0000-0002-2634-7710](https://orcid.org/0000-0002-2634-7710))

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

### **Dedicatoria**

Dedicado a todas las personas que estuvieron siempre ahí, con su cariño y apoyo y en especial para mi hija Xiomara.

### **Agradecimiento**

A Dios quien nos colma de bendiciones.  
A nuestras familias por su cariño y comprensión en tomo momento. A todos los profesores que nos iluminaron con sus conocimientos y orientaciones. A todos ustedes, muchas gracias.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>viii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>xi</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	<b>27</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	28
3.2 Variables y operacionalización.....	29
3.3 Población, muestra y muestreo.....	30
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.5 Procedimientos.....	33
3.6. Método de análisis de datos.....	34
3.7.Aspectos éticos.....	34
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
<b>V. DISCUSION</b> .....	<b>82</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>87</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>90</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>92</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>97</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de índice de servicialidad de un pavimento .....	25
Tabla 2	Operacionalización de las variables .....	29
Tabla 3	Resumen de análisis .....	30
Tabla 4	Tipos de asfalto a seleccionar .....	38
Tabla 5	Tipos de ensayos a realizar en el asfalto seleccionado.....	38
Tabla 6	Tipos de ensayos seleccionado de acuerdo al tipo de trafico .....	39
Tabla 7	Granulometría de componentes de la mezcla asfáltica 60/70 convencional .....	39
Tabla 8	Resumen de mezcla asfáltica convencional y sus agregados.....	40
Tabla 9	Resumen de ensayos.....	41
Tabla 10	Resumen de agregados para las muestras modificadas.....	43
Tabla 11	Granulometría de Mezcla asfáltica convencional con 0.3% PVC y 3% Caucho.....	44
Tabla 12	Cantidades del diseño de mezcla 1.....	45
Tabla 13	Resultado de diseño de mezcla 1 Marshall .....	45
Tabla 14	Granulometría del diseño de mezcla 2 .....	48
Tabla 15	Cantidades del diseño de mezcla 2.....	49
Tabla 16	Resultado de diseño de mezcla 2 Marshall .....	49
Tabla 17	Granulometría del diseño de mezcla 3.....	51
Tabla 18	Cantidades del diseño de mezcla 3.....	52
Tabla 19	Resultado de diseño de mezcla 3 Marshall .....	52
Tabla 20	Resumen de ensayos de mezcla asfáltica convencional y modificada .....	55
Tabla 21:	IMDA de la vía Prolongación. Av. Revolución (Pasamayito) Comas a San Juan de Lurigancho.....	57
Tabla 22	Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico.....	58
Tabla 23	Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI) Según Rango de Tráfico.....	59
Tabla 24	Numero de calicatas a ensayar dependiendo de los kilómetros a analizar.....	63
Tabla 25	Resumen de los resultados de las propiedades físicas.....	64
Tabla 26	Resumen de los resultados de las propiedades mecánicas.....	64
Tabla 27	Resumen del CBR del suelo de la Av. prolongación.....	68

Tabla 28 Prueba de normalidad del CBR .....	68
Tabla 29 Parámetros de la regresión lineal del CBR.....	68
Tabla 30 ANOVA del CBR.....	69
Tabla 31 Prueba de normalidad de estabilidad .....	70
Tabla 32 Prueba de normalidad de estabilidad .....	71
Tabla 33 ANOVA de estabilidad.....	72
Tabla 34 Prueba de normalidad del Flujo .....	73
Tabla 35 Prueba de ANOVA del flujo .....	73
Tabla 36 Estadístico de regresión lineal del flujo .....	74
Tabla 37 Prueba de normalidad de porcentaje de vació .....	75
Tabla 38 Estadística de porcentaje de vació .....	75
Tabla 39 ANOVA de porcentaje de vació .....	76
Tabla 40 Prueba de normalidad de porcentaje de V.M.A .....	77
Tabla 41 Estadística de porcentaje de vació .....	77
Tabla 42 ANOVA de porcentaje de V.M.A.....	78
Tabla 43 Conteo vehicular en cantidad y porcentaje.....	79
Tabla 44 Prueba de normalidad del conteo vehicular en cantidad y porcentaje .....	79
Tabla 45 Prueba de normalidad del conteo vehicular en cantidad y porcentaje .....	80
Tabla 46 ANOVA del conteo vehicular. ....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n°1 Ensayos y frecuencias .....	32
Figura n°2 Ubicación geográfica de la zona de estudio. ....	36
Figura n°3 Ruta de conexión con su duración.....	37
Figura n°4. Curva de granulometría .....	40
Figura n°5 Porcentaje de vacío de mezcla asfáltica convencional .....	41
Figura n°6 El Vacío Máximo Asfalto V.M.A .....	42
Figura n°7 Flujo de mezcla asfáltica convencional.....	42
Figura n°8 Estabilidad de mezcla asfáltica convencional .....	43
Figura n°9 Granulometría del diseño de mezcla asfáltica 60/70 0.3%PVC y 3% caucho.....	44
Figura n° 10 Vacíos de diseño de mezcla asfáltica 1 .....	46
Figura n° 11 Estabilidad de mezcla asfáltica convencional .....	46
Figura n° 12 Flujo de diseño mezcla 1 .....	47
Figura n° 13 Estabilidad del diseño de mezcla 1 .....	47
Figura n° 14 Cantidad de solido que pasa para realizar el diseño de mezcla 248	
Figura n° 15 Cantidad de vacíos del diseño de mezcla 2.....	50
Figura n° 16 Cantidad de Vacíos Máximo del diseño de mezcla 2.....	50
Figura n° 17 El flujo del diseño de mezcla 2.....	50
Figura n° 18 Estabilidad para el diseño de mezcla 2.....	51
Figura n° 19 Vacío del diseño de mezcla 3 .....	53
Figura n° 20 V.M.A del diseño de mezcla 3.....	53
Figura n° 21 El flujo del diseño de mezcla 3.....	54
Figura n° 22 Estabilidad del diseño de mezcla 3.....	54
Figura n° 23 Trocha Pasamayito Avenida revolución.....	61
Figura n° 24 Estado actual de la vía.....	61
Figura n° 25 Determinación de CBR método gráfico.....	65
Figura n° 26 Valor Relativo de Soporte, CBR en Subbase Granular Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología. Geotecnia y pavimentos – MTC.....	65
Figura n° 27 Diseño final de la carretera. ....	67
Figura n° 28Comportamiento de regresión lineal del CBR método gráfico. ....	69
Figura n° 29 Regresión lineal de estabilidad. ....	71
Figura n° 30 Regresión lineal de flujo.....	74

Figura n° 31 Regresión lineal de porcentaje de vació. ....	76
Figura n° 32 Regresión lineal de V.M.A. ....	78
Figura n° 33 Regresión lineal del conteo vehicular. ....	80
Figura n° 34 Materiales para preparación de muestras.....	104
Figura n° 35 Ensayo de granulometría.....	104
Figura n° 36 Ensayo de granulometría para diseños de mezclas .....	105
Figura n° 37 Calentamiento de agregados para las briguetas.....	105
Figura n° 38 Calentamiento de porciones de muestras de briguetas .....	106
Figura n° 39 Pesaje de cantidad necesaria para cada diseño de mezcla .....	106
Figura n° 40 Calentamiento de asfalto para ser utilizado .....	107
Figura n° 41 pesaje con asesoramiento .....	107
Figura n° 42 Preparación de diseño de mezclas .....	108
Figura n° 43 Precalentamiento para preparar las muestras .....	108
Figura n° 44 Pesaje para preparación de muestras .....	109
Figura n° 45 Pesaje de agregados para preparar las briguetas .....	109
Figura n° 46 Agregados de materiales para preparar las briguetas .....	110
Figura n° 47 Preparación de muestras.....	110
Figura n° 48 Briguetas listas.....	111
Figura n° 49 Briguetas ya preparadas.....	111
Figura n° 50 Briguetas de diseño de mezclas .....	112
Figura n° 51 Ensayo de Flexión .....	112
Figura n° 52 Repetición de ensayo de estabilidad .....	113
Figura n° 53 Equipo realizando ensayo de estabilidad.....	113
Figura n° 54 Conteo vehicular en la Avenida prolongación.....	131



## ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia.....	100
Anexo 2 Matriz de Operacionalización de las variables.....	101
Anexo 3 Ficha de Registro.....	102
Anexo 4 Tabal de porcentajes de aditivos + contenido de asfalto.....	103
Anexo 5 Evidencia fotográfica de ensayos.....	104
Anexo 6 Evidencia de resultados de Análisis realizados en el laboratorio....	112
Anexo 7 Evidencia fotográfica de conteo vehicular.....	129
Anexo 8 Tipos de camión C2, C3 y C4 según el Manual de diseño de carretera del MTC -2013, empleado en el conteo vehicular.....	130
Anexo 9 Ensayos de CBR.....	133
Anexo 10 Diseño final de carretera.....	136

## RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad principal el determinar un diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idónea para mejorar la capacidad portante de suelo en la Prolongación Av. Revolución, Comas 2020 (Pasamayito). La metodología es de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, explicativa causal, diseño experimental, correlacional. La población será representada por la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho que se requiere para aproximadamente 5 Kms de ruta sin asfaltado perteneciente a la prolongación de la Avenida Revolución (Pasamayito). Por ser de carácter experimental, la muestra de esta investigación estará conformada por los ensayos aplicados (Ensayo de Marshal y Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR), para diseñar la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho que se requiere para la ruta sin asfaltado perteneciente a la prolongación de la Avenida Revolución (Pasamayito). Las técnicas de recopilación de datos utilizadas fue el formato de recolección de datos fueron la observación y el análisis documental. El instrumento será una ficha lógica de registro documental. Se realizaron la operacionalización de la variable y la matriz de consistencia.

**Palabras clave:** Mezcla asfáltica, polímeros, PVC, caucho, capacidad portante

## **ABSTRACT**

The main purpose of this research is to determine an asphalt mix design with the addition of PVC and rubber suitable for improving the bearing capacity of the soil in the Av. Revolución Prolongation, Comas 2020 (Pasamayito). The methodology is quantitative approach, applied type, causal explanatory, experimental design, correlational. The population will be represented by the asphalt mixture with the addition of PVC and rubber that is required for approximately 5 km of unpaved road belonging to the extension of Avenida Revolución (Pasamayito). As it is experimental in nature, the sample of this research will be made up of the applied tests (Marshal Test and California Support Ratio Test (CBR), to design the asphalt mixture with the addition of PVC and rubber that is required for the route without asphalt belonging to the extension of Avenida Revolución (Pasamayito). The data collection techniques used was the data collection format were observation and documentary analysis. The instrument will be a logical record of documentary record. Operationalization was carried out of the variable and the consistency matrix.

**Keywords:** Asphalt mix, polymers, PVC, rubber, bearing capacity

## **I. INTRODUCCIÓN**

El asfalto es considerado uno de los materiales para construcción más antiguos usado desde tiempos inmemoriales. En excavaciones en TellAsmer, a 80 Km de Bagdag, fueron halladas construcciones realizadas por los Sumerios aproximadamente en el año 3200 AC, en las cuales se manipuló un mastic de asfalto, compuesto por betún, gravilla, minerales y paja, para pegar ladrillos, revestimiento impermeable de paredes y tejados y, para la pavimentación de caminos e interiores. Se presume que la ciudad de Cartago ardiera fácilmente motivado al extenso uso del betún en sus construcciones (Dávalos, 2016).

**A nivel mundial**, la tecnología de los asfaltos y las mezclas asfálticas han sido una técnica estudiada considerablemente. Los centros de investigación han buscado la disminución de los problemas que se han presentado en la estructura asfáltica adicionando a la mezcla diferentes modificadores que puedan mejorar sus particularidades químicas, mecánicas y reológicas. Uno de estos químicos que mejoran las propiedades de la mezcla son los polímeros. Es un problema en algunos países el deterioro y mengua de la vida útil del pavimento flexible, causado por factores internos y externos, que conllevan a la disminución de las propiedades mecánicas y físicas del mismo. Cuando se utiliza la adición de los polímeros se procura mejorar la actuación de las mezclas convencionales al ser sometidas a condiciones de carga y de medio ambiente (Reyes, Guáqueta, Porras, & Rondón, 2014)

**A nivel regional**, debido al aumento de la circulación de automóviles por las diversas carreteras que proporcionan el desplazamiento de personas, animales y cosas para lograr el intercambio de bienes y servicios; en Latinoamérica se persigue innovar en este campo, con el propósito de prolongar la durabilidad del pavimento flexible. Por tanto, en los postremos años se ha perfeccionado el uso de polímeros adicionados a las mezclas asfálticas, no solo para mejorar la composición del asfalto sino también para crear conciencia al reutilizar material reciclable. El uso de este polímero normalmente provoca un incremento en la resistencia de la mezcla, puesto que su degradación natural dura más de 100 años y al ser usados para transformar las propiedades de las mezclas asfálticas disminuyen el impacto ambiental negativo que forjan los desechos de PVC y caucho (Pereda & Cubas, 2015).

**A nivel nacional**, la diversidad presente en el clima hace necesario el diseño de mezclas asfálticas que atiendan las exigencias de cada región, puesto que, al adecuar la mezcla asfáltica a las condiciones climáticas y la capacidad portante de los suelos, permitiendo de esta manera, anticiparse al deterioro prematuro de los pavimentos asfálticos. A esto se debe añadir el incesante transporte de vehículos livianos y pesados, lo que conlleva consigo a que gran parte de las vías nacionales presentan deterioro, haciendo necesario el diseño de calidad de los elementos utilizados para la elaboración de los pavimentos flexibles. Efectivamente, corresponde diseñar nuevas mezclas asfálticas que admitan la mejora de la capacidad portante de los suelos y de las particularidades físicas y mecánicas del pavimento (Herrada & Chávez, 2013).

**A nivel local**, se puede afirmar que gran parte de estos pavimentos flexibles ubicados en Lima, muestran todos los problemas antes mencionados, lo que origina demoras en el flujo del tránsito vehicular lo que provoca conflictos a los usuarios de las vías. Todo esto, es producido por el manejo de mezcla asfáltica convencional para la pavimentación de las carreteras, la cual se ve forzada por la aplicación y el uso de cargas que se salen de lo determinado en el diseño inicial, lo que puede ocasionar fisuras e incluso deformaciones que culminan con el deterioro anticipado de los sistemas viales. La Prolongación de la Avenida Revolución (Pasamayito), se abre en medio de un entorno natural y agreste que jamás ha sido pavimentado, lo que hace necesario el diseño de una mezcla asfáltica que mejore la capacidad portante del suelo presente en esa vía, lo que conlleva a tomar todas las consideraciones previas requeridas al momento de iniciar la construcción de la vía (Andina, 2019).

Ante lo previamente comentado, se evidencia la necesidad de diseñar una mezcla asfáltica adicionando PVC y caucho, como método que se usará para beneficiar la durabilidad del pavimento flexible de la vía objeto de estudio. El método a diseñar, radica en la adición de polímeros (PVC y caucho) en el asfalto elaborado de modo tradicional, buscando el alcanzar una mejora en la capacidad portante del suelo que compone la vía y, por consiguiente, mejorar sus propiedades físicas y mecánicas que minimizarían los daños causados por las condiciones climáticas y el tránsito vehicular (uso y abuso), optimizando la vida útil del pavimento flexible de esta avenida. Actualmente el desarrollo de vías

debidamente asfaltadas implicaría la utilización de aditivos reciclados lo que traería como consecuencia no solo durabilidad del pavimento, sino también disminución de costos de producción y la reutilización de material de desecho que de no se adicionados traen contaminación ambiental (Pereda & Cubas, 2015).

Por otro lado, la municipalidad de Lima ha verificado la necesidad de mejorar la infraestructura vial de la prolongación de la Avenida Revolución, la cual articula los distritos de Comas y San Juan de Lurigancho. Esto es una atinada decisión de este ente gubernamental; debido a que este sistema vial presenta actualmente diversos inconvenientes que causan malestar en quienes transitan por ellas, afectando su calidad de vida. La realidad problemática planteada deja claro la necesidad de diseñar una mezcla asfáltica adicionando PVC y caucho para mejorar la capacidad portante del suelo de la vía prolongación de la Avenida Revolución (Pasamayito), lo que impacta de modo positivo en la estructura del pavimento flexible. Cualquier falla en el diseño planteado para la modificación de la mezcla asfáltica puede traer como consecuencia un asfalto que no soportará la fatiga por el uso y abuso, disminuyendo su durabilidad y conduciendo hacia un acrecentamiento en los costos de mantenimiento (Andina, 2019).

Por esto, nace la necesidad de llevar a cabo este proyecto que significaría el asfaltado de 5 Km de extensión de una ruta en estado de trocha. De aquí se evidencia el requerimiento de diseño de una mezcla asfáltica que mejore la capacidad del suelo, lo que va a evitar una identificación y selección inadecuada de materiales para pavimentación de la vía. Por ende, según lo explicado esta investigación pretende realizar un aporte a los conocimientos, lineamientos y referencias técnicas que persiguen alcanzar un adecuado proceso de diseño de mezcla asfáltica con adición de polímeros (PVC y caucho) a fin de contribuir en las necesarias mejoras para la vía en mención y el progreso de los distritos involucrados (Comas y San Juan de Lurigancho), optimizando la estructura y composición de las vías para satisfacer a los usuarios (Andina, 2019).

**La justificación teórica** de este estudio está en el hecho que se podrá ofrecer conocimientos y teorías, al culminar la indagación, útiles para las empresas nacionales e internacionales, y así poder entender mejor el diseño de

una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho con el propósito de mejorar la capacidad portante del suelo de la vía en cuestión, creando de esta forma una mejor consistencia para incrementar su durabilidad, así como también minimizar la utilización de recursos naturales no renovables y la disminución de residuos causantes de la contaminación ambiental (Pereda & Cubas, 2015). Sirviendo esta indagación como referencia para futuras investigaciones elaboradas en esta esfera.

Igualmente, este estudio se justifica metodológicamente en la generación de un aporte, por cuanto se creará un instrumento para ser manipulado para la recopilación de información siendo una contribución más para investigaciones futuras concernientes al problema en estudio o semejantes, por ser un instrumento confiable que pasará por un procedimiento de validación a través de jueces especialistas y expertos en la temática, lo que permitirá ampliar los conocimientos relacionados con el tema. Los investigadores se centrarán en las variables en estudio, dimensionando los aspectos más notables para convertirlos en preguntas, con el fin de responder los objetivos de investigación, tomando en cuenta que la redacción debe ser precisa y clara, lo que involucra la adquisición de destrezas y habilidades acrecentando el conocimiento en correspondencia con el tema (Dávalos, 2016).

**La justificación técnica** de esta indagación, se reflejará en los aspectos técnicos coligados a la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho, la cual conllevará a desiguales ventajas, tales como: Más durabilidad del asfalto, menor desgaste de áreas verdes, mejoramiento de la capacidad portante del suelo, facilidad para trabajar la mezcla asfáltica en varios tipos de clima, acrecentamiento de la aceleración de la mezcla, menor contaminación, mayor tiempo de almacenaje, menor riesgo para los trabajadores, menor esfuerzo de compactación, así como aprovisionar un mayor desahogo al tránsito y reducción de costos, menor mantenimiento, reducción de las reparaciones en el periodo de vida útil, poco uso de combustible, disminución de la afectación del medio ambiente (Valeriano & Catacora, 2014).

**La justificación económica** se encuentra en dejar ver que la infraestructura vial se hará más segura y fluida, tanto para los usuarios como para los habitantes del sector, motivado al nuevo material manipulado, como lo



es el polímero (PVC y caucho), el cual permitirá favorecer la mejora de la capacidad portante del suelo y las condiciones asfálticas, mejorando la economía del país a través de la reducción de los costos en este ámbito (Wulf, 2010).

**La justificación social** de este estudio, se encuentra en la innovación que se desarrollará y que admitirá la optimización del sistema vial y la reducción de costos, lo que contribuirá en beneficios múltiples que repercutirán en la satisfacción de los usuarios de las vías, siendo esto relevante para la mejora del diario transitar vehicular por la vía ya descrita por sus usuarios como medio de comunicación y para el intercambio de bienes y servicios, generándose así un gran aporte a la sociedad y al país (Gargate & Huamaní, 2018)

Esta investigación es viable, ya que se tienen los conocimientos y las competencias necesarias para diseñar la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho con el propósito de mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación de la avenida Revolución. De igual manera, se tiene el recurso de tiempo para desarrollar la investigación y los financieros, humanos y materiales que serán necesarios para el desarrollo de este diseño (asumidos plenamente por los investigadores). Hasta el momento la limitante que se ha encontrado de acuerdo con esta investigación es que este diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho no ha sido aplicado con anterioridad, lo que evita tener una idea de que esperar ante el desarrollo de este diseño. Pero al mismo tiempo, esto es una ventaja ya que le da a la investigación un carácter especialmente innovador debido a las variables y unidad de análisis que integran la investigación (Chávez, Hernández, & Manzano, 2012).

De acuerdo a la realidad problemática planteado con lo expuesto se formularán la siguiente pregunta: Se precisó como **Problema general** de investigación: ¿Cuál es el diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idóneo para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020? A su vez, se precisaron como problemas específicos:

**Problema Especifico1:** ¿Cuáles son las características del suelo para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020?

**Problema Especifico 2:** ¿Cuáles son las características de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020?

**Problema Especifico 3:** ¿Cuál es el conteo vehicular que afectará el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020?

**El Objetivo general**, por lo tanto, se enunció: Determinar un diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idónea para mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación Av. Revolución, Comas 2020. Por consiguiente, los Objetivos específicos, quedaron explícitos de la siguiente manera:

**Objetivo Especifico1:** Determinar las características del suelo para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación Av. Revolución, Comas 2020

**Objetivo Especifico 2:** Determinar las características de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación Av. Revolución, Comas 2020

**Objetivo Especifico 3:** Determinar el conteo vehicular que afectará el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación Av. Revolución, Comas 2020

**La hipótesis general** de esta investigación pudo ser determinada así: Existe un diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idónea para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020. Las hipótesis específicas fueron establecidas de la siguiente manera:

**Hipótesis Especifico1:** Existen características en el suelo necesarias para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación Av. Revolución, Comas 2020

**Hipótesis Especifico 2:** Existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y

mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación Av. Revolución, Comas 2020

**Hipótesis Especifico 3:** Existe tránsito vehicular que afecta el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación Av. Revolución, Comas 2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Entre los estudios previos realizados a esta investigación se encuentran a escala internacional y nacional, la opinión de varios investigadores, entre los que están:

En cuanto a lo internacional los estudios de:

**Los autores Lozano & Reyes (2020)** esbozaron en su estudio que, ante el incremento del tránsito vehicular y la variación del clima, el asfalto convencional requiere una mejora innovadora que implique la adición de un elemento que modifique su estructura para contrarrestar los efectos causados por condiciones ambientales y de carga que afectan al pavimento. La evaluación del influjo en las propiedades físicas y reológicas de un cemento asfáltico CA 60-70, ante las de este, modificado por vía húmeda con Policloruro de Vinilo (PVC) y el Grano de Caucho Reciclado (GCR) es el objetivo de esta indagación. A través de ensayos de viscosidad rotacional, punto de ablandamiento e índice de penetración se evalúan la rigidez y la susceptibilidad térmica, mientras que la adhesión se evalúa con los ensayos de adherencia en bandeja y stripping. Los resultados demuestran al adicionar conjuntamente el PVC y el GCR, se produce un CA más rígido, que tiene menor susceptibilidad térmica, si bien es más adhesivo que el CA con solo GCR.

**Aboud, Jassem, Khaled, Abdulhussein, & Kumar (2020)** plantearon una indagación ante el aumento considerable en el tráfico por carretera en los últimos 20 años y el mantenimiento inadecuado y menos frecuente agravó el deterioro de la estructura vial, causando signos tempranos de deterioro, como grietas por baja temperatura, surcos y grietas por fatiga. En este trabajo se presentan evaluaciones de laboratorio para determinar las características mecánicas y el desempeño de mezclas asfálticas con diferentes tipos de aditivos tales como Cloruro de Polivinilo (PVC) y Caucho Natural (NR) y diversos contenidos. Las mezclas asfálticas modificadas se prepararon con ligante asfáltico previamente modificado usando cuatro porcentajes de polímero (2, 4, 6 y 8%) del peso del ligante asfáltico. Se realizaron pruebas para evaluar el rendimiento de las mezclas, tales como las propiedades volumétricas, las características mecánicas, la prueba de resistencia a la tracción indirecta (ITS) y la cizalladura por punzonado doble (DPS). Los resultados indicaron que el polímero de PVC y el caucho natural mejoraron el rendimiento de las mezclas en comparación con la mezcla de control.

**Los autores Ezzat & Abed (2020)** plantearon en su estudio que los surcos, el decapado y la fatiga representan graves problemas que conducen a la falla total del pavimento. El objetivo principal de esta investigación fue la de estudiar los efectos del uso de modificadores híbridos de elastómeros y polímeros plastómeros y la gradación de agregados sobre la resistencia de la mezcla asfáltica a la formación de surcos. En este estudio, se utilizan diferentes tipos y concentraciones de polímeros. Se agregaron 1% y 3% de cloruro de polivinilo (PVC) tanto para el aglutinante de asfalto de control como para el asfalto modificado con 3% de estireno butadieno estireno (SBS). Para evaluar la profundidad de la formación de surcos, en este artículo se utilizaron compactadores de rodillos y dispositivos de orugas.

**Cardoza, Palomino & Angulo (2019)** realizaron una indagación que poseía como objetivo lograr información sobre el grano de caucho que reciclado y cómo es utilizado en las mezclas de asfalto en Colombia, país en el que se ha implementado revelando avances significativos por sus beneficios económicos y ambientales. Este estudio se fundamentó en un modelo documental y descriptivo, puesto que se examinaron documentos contentivos de investigaciones en las que se realizaron pruebas con estos materiales y analizaron los resultados de estos. En este estudio se evidenció la importancia de aplicar esta innovadora tecnología como recurso que se consigue efectuar a los problemas de tipo mecánico que son muy habituales en el pavimento flexible y del mismo modo, minimizar problemas de impacto ambiental que forja la gestión impropia de las llantas desechadas una vez culminada su útil vida.

Los investigadores **Higuera, Olarte & Soler (2019)** publicaron un artículo en el que esbozaron contaminación ambiental por el gran número de llantas usadas que causan problemáticas ambientales significativas. Por tanto, el estudio analizó los efectos que tiene la adición de Grano de Caucho Reciclado (GCR), en el continuo tránsito automotor sobre una mezcla asfáltica tipo MD-12, a través del examen de resistencia a la deformación plástica normalizado por el INVIAS. La metodología usada fue el método Marshall con el diseño de 1 mezcla asfáltica tipo MD-12 convencional y 3 mezclas asfálticas tipo MD-12 con adición de GCR, los diseños y comprobación de cada mezcla asfáltica se efectuaron de acuerdo por lo señalado en las especificaciones generales de construcción del Instituto

de Desarrollo Urbano, obteniendo la respectiva fórmula de trabajo de cada mezcla asfáltica. Se logró los comportamientos propicios en mezclas asfálticas con adición de 0.5% de GCR, presentando la misma reducción de hasta 5.3% en el ahuellamiento, comparándolas con la mezcla asfáltica convencional, destacándose las mejoras presentadas por la mezcla asfáltica con respecto a la resistencia a deformación plástica de la mezcla al adicionar el grano de caucho reciclado por vía seca. Ante esto, es recomendable aprovecharlo en mezclas asfálticas tipo MD-12 como parte del agregado fino y de este modo lograr eficacia mecánica, al igual de mejoras en la vida útil y durabilidad del pavimento y el amortiguamiento del impacto ambiental generado por el mal manejo de las llantas desechadas.

Así mismo, es hallada la indagación realizada por **Ziari, Nasiri, Amini & Ferdosian (2019)** quienes esbozaron como objetivo investigar el efecto de los materiales EAFD y PVC sobre las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los aglutinantes y mezclas de asfalto. Para ello, se estudiaron las propiedades químicas, las características microestructurales, la vida a la fatiga y la resistencia a la formación de surcos de los ligantes asfálticos modificados con EAFD y PVC mediante pruebas FTIR, SEM, LAS y MSCR, respectivamente. Además, el efecto de los aditivos de PVC y EAFD sobre la resistencia a la tracción, la sensibilidad a la humedad, y se evaluó el comportamiento de formación de surcos de las mezclas asfálticas. Los resultados de la prueba FTIR mostraron que la adición de EAFD y aditivos de PVC al aglutinante de asfalto reduce significativamente el índice de carbonilo del aglomerante de asfalto puro y mejora la sensibilidad a la humedad y la resistencia al envejecimiento de los aglutinantes y mezclas de asfalto. Los resultados de la prueba MSCR indicaron que los aditivos de EAFD y PVC reducen la tensión del aglutinante de asfalto y posteriormente aumentan la resistencia a la formación de surcos, especialmente a altos niveles de tensión. Además, de acuerdo con los resultados de la prueba LAS, la adición de polvos de PVC y EAFD al aglutinante de asfalto puro aumenta la resistencia a la fatiga del aglutinante de asfalto contra micro-crackers a bajos niveles de deformación. Los resultados de los experimentos con mezclas de asfalto mostraron que los aditivos EAFD y PVC mejoran la resistencia a la tracción, la

susceptibilidad a la humedad y el comportamiento de formación de surcos de las mezclas de asfalto.

**Salman & Jaleel (2018)** plantearon una investigación sobre la eliminación de residuos plásticos como solución efectiva para reducir o eliminar el impacto ambiental. Una de estas soluciones es utilizar estos materiales en mezclas asfálticas. El PVC (cloruro de polivinilo) durante la fusión tiene propiedades adhesivas que se pueden usar con asfalto para reducir los costos de la mezcla de betún. En este artículo se presenta la investigación de las características físicas del cemento asfáltico (40-50) mezclado con PVC. El objetivo principal es estudiar el cambio en las propiedades del betún después de mezclar con PVC por ciento (2.5, 5, 7.5, 10, 12 y 15) % en peso de betún. Se realizaron pruebas de penetración, ductilidad, pérdida por calentamiento, punto de ablandamiento, destello y fuego para cada porcentaje. Se concluye que la penetración disminuye en un 62,8% con la adición de un 15% de PVC. La ductilidad también disminuye cuando aumenta la dosis de PVC.

**Los investigadores Martinez y otros (2018)** describen en su investigación cada una de las disímiles fases que ha abordado el IDU para la aplicación de las mezclas mejoradas con GCR. En la fase primera de la investigación realizada en laboratorio incluyó una evaluación exhaustiva de las propiedades mecánicas de las mezclas según los tipos de mezclas asfálticas usadas en Colombia. Una fase segunda para la comparación y evaluación del cometido con los demás tipos de mezclas asfálticas con adición de polímeros aprovechables en el mercado colombiano. Esta fase comprendió la construcción de un trayecto de prueba a escala real con distintos componentes considerando asfalto reformado con polímeros (SBS, SBR) y dos secciones con asfalto reformado con caucho, una por vía seca y otra por vía húmeda. Como consecuencia de estas etapas una descripción técnica fue perfeccionada para proporcionar lineamientos sobre la producción y evaluación de las mezclas con GCR. Por tanto, se refieren del mismo modo las ventajas ambientales de la aplicación de esta tecnología adentro del ambiente colombiano.

Para **Villegas, Aguiar & Loria (2018)** un método posible de tratar los materiales basura es la utilización de los mismos en mezcla asfáltica. Los bómpers de coches, polipropileno y bolsas de polietileno se han estimado como posibles



modificadores de asfalto en esta investigación, lo que lleva a la homogeneización de estos restos en la matriz de bitumen. Las propiedades de los modificantes se valoraron por medio del estudio físico-químico, y el ejercicio de la mezcla modificada ha sido estudiada mediante la deformación permanente y la fatiga (DSR). Por ello, se elaboraron ensayos de deformación permanente con el Analizador de Pavimentos Asfálticos (APA), verificándose el rigor de la mezcla a través del Módulo Resiliente a la Tensión Indirecta, analizándose la resistencia al perjuicio por humedad basada en la Resistencia Retenida a la Tensión Diametral. Así pues, se estableció cuantitativamente que el material reciclado favorece el proceder del asfalto, y de la mezcla asfáltica, especialmente contribuyendo a la resistencia permanente al daño y a la deformación por humedad. La contribución respectivamente con la fatiga no fue significativa, pero el adicionante no generó un efecto negativo en ninguno de los parámetros desarrollados.

**Díaz y Castro (2017)** realizaron una síntesis de varias indagaciones internacionales por medio del cual demostró que la aplicación del GCR en los pavimentos es una opción para la corrección de problemas de tipo mecánico en los pavimentos y amenorar impactos ambientales que es causado por la mala manipulación de las llantas desechadas. El adicionar GCR para modificar las mezclas asfálticas puede ser enfocado desde diferentes puntos de vista ya que atrae una serie de beneficios, puesto que las investigaciones realizadas en los últimos años, han arrojado como resultado que esta clase de modificaciones presentan mayor durabilidad con respecto a la convencional, lo que las hace a largo plazo muy económicas, puesto que se reduce el mantenimiento del pavimento, además favorecen la disminución de impactos negativos para el medio ambiente evitando la indiscriminada deflagración de llantas desechadas que dan paso a emisiones de CO<sub>2</sub>, uno de los gases causantes del calentamiento global. Este estudio resume las ventajas y desventajas económicas, técnicas y ambientales, basadas en la revisión bibliográfica realizada sobre el uso del grano de caucho reciclado para optimizar las mezclas asfálticas. Se optimizó la mezcla con tres diseños trabajados con diferentes porcentajes distribuidos as: 1). 0.3% de PVC + 3 % de caucho. 2). 0.8% de PVC + 3% de caucho 3). 1.3% de PVC + 3% caucho y por último 1.3% de PVC + 3% caucho. En cuanto a la cantidad de

mezcla asfáltica fue de 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% para cada diseño de PVC y caucho.

**Los autores Wulandari & Tjandra (2017)** efectuaron una indagación sobre el uso de caucho granulado, que es el caucho de neumáticos reciclado, como aditivo en la mezcla asfáltica en caliente considerándolo un método de construcción sostenible. El propósito de este estudio fue investigar el efecto de agregar caucho granulado a la mezcla de asfalto mediante un proceso húmedo. Las pruebas de laboratorio de diseño de mezcla de asfalto en caliente se realizaron mediante el procedimiento del Método Marshall, con dos contenidos diferentes de caucho granulado (1% y 2% en peso de mezcla asfáltica) y dos tamaños de caucho granulado diferentes (# 40 y # 80). Se realizó un estudio comparativo entre las mezclas de concreto asfáltico modificado y no modificado considerando el valor de Estabilidad Marshall y las propiedades volumétricas. Los resultados mostraron que el caucho granulado se recomienda como aditivo en la mezcla asfáltica, ya que todos los resultados de las pruebas están dentro de los requisitos estándar. La adición de caucho granulado tendía a aumentar la resistencia y la calidad de la mezcla de asfalto.

A nivel nacional, se hallaron una serie de investigaciones que analizan las variables o, al menos, una de ellas. Así están:

**Los investigadores Ramírez, Castro, Copari y Pérez (2020)** realizaron una indagación en el cual se buscó efectuar una propuesta de diseño de carretera en la vía de Comas y San Juan de Lurigancho de aproximadamente 5 km con el propósito de mejorar la transitabilidad de los usuarios. Por este motivo, se utilizó un diseño experimental del método de diseño geométrico ISTRAM y diseño de pavimento flexible AASTHO-93, el cual consistió en estudiar en el tráfico aspectos como Índice Medio Diario (IMD) entre otros y por la parte de transporte y carreteras se encuentra el diseño geométrico en ISTRAM, en cuanto al estudio de suelo está la granulometría con la finalidad de conocer el tipo de suelo por medio de SUCS y AASHTO, para el pavimento están los ensayos de Proctor, Humedad óptima y CBR y por último la planificación ventajas y desventajas y costo. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó que por medio de la propuesta del diseño de la carretera en la Av Tupac Amaru (Comas) y Próceres de la independencia (San Juan de Lurigancho) por medio de la ruta llamada

Pasamayito que optimizara tanto el tiempo como costo de viaje es decir transitabilidad al igual está cumpliendo con lo establecido en la norma del MTC con respecto al diseño de carreteras versión 2018 y también cumple el diseño geométrico modelado por ISTRAM y con lo establecido en la norma técnica peruana de DG-2018 de dicho instituto.

**Maguiña (2019)** esbozó un estudio sobre la problemática de reciclaje de neumáticos que ya no son usados y la necesidad de optimizar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica al adicionarle grano de caucho reciclado. El determinar el porcentaje de incorporación de GCR a la mezcla asfáltica y su comparación con la mezcla asfáltica convencional son el objetivo principal. La metodología utilizada es el método de Marshall en vía húmeda. Los bloques hubieron hechos en el laboratorio, con los agregados, cemento asfáltico y GCR, los cuales fueron evaluados según lo establecido en las Normas de Evaluación del comportamiento de un asfalto modificado con PVC y GCR señaladas por el MTC, y estos bloques se sometieron a roturas en la prensa de Marshall. Por medio de estas resultas se logró la comprobación del porcentaje de adición del GCR comparándolo con la mezcla convencional. Los agregados manipulados son de la cantera del Rio Santa Huaraz, y el GCR fue obtenido de las reencauchadoras de la ciudad de Huaraz. Al reutilizar los neumáticos ya desechados se minimiza la contaminación ambiental en esta zona.

**Para Goicoechea (2019)** su indagación estudia el efecto producido por la añadidura de caucho de llanta reciclada en el asfalto PEN 60/70, planteando la suposición hipotética de existencia significativa ante la necesidad de adicionar caucho de llantas recicladas al asfalto PEN 60/70, con el propósito de mejorar las propiedades físico – mecánicas del mismo, lo que influiría de gran modo en la disminución de costos de fabricación de un asfalto en caliente. La demostración de esta afirmación llevo a tomar como muestra para llevar un control al asfalto PEN 60/70, mientras que para las muestras experimentales producidas al adicionar diversos porcentajes de caucho (10, 15, 20) y 2% de azufre como fermento, producidas a 160 °C, 180 °C y 200 °C, cada muestra, alcanzando la fabricación de 9 mezclas asfálticas, a las que se les aplicó ensayos de penetración, punto de ablandamiento y el cálculo del índice de penetración. Las resultas logradas de los ensayos, permitieron la apreciación de que la

añadidura de caucho de llantas recicladas acrecienta la resistencia a deformaciones, disminuyendo la difidencia cálida incrementando la dureza del asfalto lo que permite mantener su elasticidad. Identificándose que 7 muestras de las 9 muestras producidas efectuadas con los detalles técnicos para asfaltos modificados con caucho, especificadas por el MTC, a través de las que se ejecutó un cotejo técnico-económico, logrando como resulta que las producidas muestras asfálticas reducen su coste de fabricación en relación al asfalto convencional en caliente.

**Serrano & Padilla (2019)** realizaron un artículo en él esbozaron como objetivo la recopilación de investigaciones transcendentales sobre la transformación de las propiedades de mezclas subrasante por medio de adición de polímeros naturales y sintéticos, con el propósito de poseer bases teóricas que demuestren la necesidad de aplicar adiciones a la mezcla asfáltica a nivel constructivo. La metodología aplicada fue la de recopilar bibliografía distinguida que trate la modificación de mezcla asfáltica con polímeros y la valoración del cambio en sus propiedades mecánicas, síntesis y discusión de resultas. Se obtuvieron como resultados que el 65% de las indagaciones contradictorias concierne a erudiciones sobre las modificaciones de la firmeza a la compresión; el 30 % se encuentran encaminadas a estudios conducentes a analizar la respuesta de los esfuerzos de tracción cuando son fibras poliméricas; y 5 % de ellas evalúan propiedades ante la fatiga o resistencia a la tensión axial. Por tanto, este artículo presentó la necesidad de sustituir materia prima de la subrasante con polímeros naturales o reciclados.

Por último, el autor **Dávalos (2016)** esbozó un estudio cuyo objetivo fue el mejoramiento de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas por medio de la añadidura de polímeros, específicamente el Poliestireno Expandido Reciclado, con la finalidad de incrementar la vida útil del pavimento asfáltico utilizando materiales no biodegradables como el PER. Este estudio se realizó en el laboratorio SPC S.R.L. el cual es un laboratorio de ensayos en obras civiles, obteniéndose insuperables parámetros para el esbozo de mezclas asfálticas, convencionales y modificas con PER. Se utilizó el método de Marshall en ejecución de las probetas de mezclas asfálticas, de acuerdo lo señalado por la norma, haciéndose 15 probetas de mezcla asfáltica convencional, 15 probetas

de mezcla asfáltica con adición de PER al 20% y 15 probetas de mezcla asfáltica con adición de PER al 40%. Al realizar la comparación de las mezclas asfálticas se observó un progreso en las propiedades mecánicas e incremento en la estabilidad. Se concluyó que las mezclas asfálticas con adición de PER optimizan las propiedades mecánicas en un 60%.

### **Las variables de la investigación son Mezcla Asfáltica con Adición de PVC - caucho y capacidad Portante de Suelo**

**La mezcla asfáltica recibe la denominación “aglomerante”**, puesto que está conformada por una serie mezclada de ligante asfáltico que cubre con una película continua después de un procedimiento de compactación y agregados. El rendimiento de la mezcla y las propiedades físicas serán determinadas por las proporciones relativas de los minerales como mezcla elaborada para un uso establecido. Al fabricar la mezcla asfáltica en las centrales, es transportada luego hacia la obra para ser extendida y compactada. Se encuentra constituida por aproximadamente 90% de agregados gruesos y finos en peso, 85% en volumen y entre 5% y 15 % de ligante asfáltico. Esto tiene mucha importancia para el funcionamiento correcto del pavimento (Dávalos, 2016).

Por tanto, en la mezcla asfáltica van a intervenir los agregados pétreos y el asfalto y su calidad dependerá mayormente de la capacidad de carga de los materiales que la componen y de la calidad, muy especialmente de los agregados, por ello es necesario un manejo y selección adecuado de materiales rocosos con el propósito de obtener una distribución granulométrica buena. Al hablar de las mezclas asfálticas no se puede obviar entonces determinar sus componentes, entre los cuales tenemos, según Dávalos (2016):

1. **El asfalto** es un material compuesto naturalmente por betunes, derivado de la purificación del petróleo como restante, posee una insolubilidad en agua, una firmeza quebradiza y solidez, siendo utilizado para pavimentar caminos y para revestir e impermeabilizar cubiertas y tejados. Esto quiere decir, que es un producto natural o compuesto, una especie de mezcla de betún con materia inerte como la arcilla, la sílice y la arena, entre otros productos orgánicos vegetales. Los componentes bituminosos del petróleo son comúnmente de color café o negro, de consistencia viscosa y puede ser solido o semisólido. Los componentes se logran a partir de los desechos glutinosos provenientes

de la refinación del crudo. Estos componentes bituminosos son moléculas de diferente polaridad distribuidos de modo aleatorio instituyendo un desparramo disuelto de asfáltenos y máltenos (Lozano, 2007)

Al hablar del asfalto hay que plantear que puede poseer varios componentes de acuerdo al propósito por el cual será utilizado, su composición puede cambiar dependiendo del germen de la cual sea logrado, pero fundamentalmente está constituido por:

- Asfáltenos, los cuales son sólidos disformes con alta polaridad y aromáticos materiales, que proporcionan más dureza al asfalto en la medida en que aumenta su concentración y tienen como función el concentrar los elementos indeseados de los asfaltos.
- Máltenos, los cuales son constituyentes que componen la fracción soluble funcionando como dispersante, son más livianos y poseen un punto de ebullición menor.
- Resinas, los cuales son adhesivos que funcionan como estabilizadores de los asfáltenos, su función es la reducir la penetración y densidad del asfalto en la misma medida que aumenta su contenido.
- Aceites, los cuales se hallan en una composición que fluctúa entre el 5% y 20% del total lo que permite su manejo, pero si su comprendido excede estas especificaciones, merma la destreza de los máltenos a solvatarse en los asfáltenos.
- Aromáticos, los cuales son compuestos que componen el 40% y el 45% del asfalto lo que permite la disolución de hidrocarburos con peso molecular alto (Lozano, 2007).

La estructura química del asfalto se caracteriza por la acumulación de pequeñas micelas con distintas estructuras de cada compuesto (asfáltenos, máltenos resinas, aceites y aromáticos), dependiendo su tamaño y forma de la solubilidad que poseen entre sí, lo que forma fundamentalmente dos fases en suspensión, en las cuales los elementos más ligeros componen el líquido Inter micelar o medio de dispersión (Lozano & Reyes, 2020).

Entre los tipos de asfalto se encuentran:

- Asfalto Curado o diluido: Es aquel que ha sido compuesto por solventes de petróleo, concurren 3 variedades: Asfalto de Curado Rápido (RC) (disolvente tipo nafta o gasolina y cemento asfáltico). Asfalto de Curado Medio (MC) (disolvente como el Kerosene cemento asfáltico y un). Asfalto de Curado Lento (SC) (aceites pesados y cemento asfáltico).
- Asfalto Emulsionado: Es aquel combinado de cemento asfáltico y agua contentiva de una pequeña cantidad de emulsionante. Se caracteriza por ser heterogéneo el cual normalmente aguanta dos fases inmiscibles (agua y asfalto), una fase continua de la emulsión formado por el agua y una fase discontinua formada por pequeños glóbulos de asfalto.

2. **Los agregados** son considerados como materiales granulares sólidos inertes, empleados en la pavimentación de carreteras, adicionando o no elementos activos con adecuadas granulometrías (Valeriano & Catacora, 2017). Así mismo, según Valeriano & Catacora (2017) los agregados pétreos se clasifican en:

- Agregados naturales: Utilizados solo luego de una transformación de la distribución de tamaño a través de procesos de degradación y erosión, con el propósito de adecuarse a los requerimientos para su disposición final, como la arena y la grava.
- Agregados artificiales: No existen en la naturaleza. Son productos y subproductos de origen industrial utilizables, son desechos o productos secundarios transformados en partículas pequeñas, como las escorias producto del refinamiento de los metales.
- Agregados de trituración: Obtenidos de la trituración de piedras y rocas de cantera para volverlas más adecuadas para pavimento o piedras grandes fragmentos y lechos de roca que por su granulometría son rechazadas.
- Agregados Marginales: Abarcan los materiales que incumplen las descripciones vigentes.

A su vez, también Valeriano & Catacora (2017) clasifican los agregados según su tamaño de la siguiente manera:

- Agregados finos: Son aquellos materiales que pasan el tamiz ITINTEC 4.75 mm. (n°4) y queda retenido en la malla n° 200, como la arena que resulta de la trituración de la roca en la cantera.
- Agregados gruesos: Son aquellos materiales retenidos en el tamiz ITINTEC 4.75 mm. (n°4), como la grava y la piedra chancada.

En el momento en que se pretende utilizar agregados pétreos para la construcción de pavimentos hay que considerar varios aspectos fundamentales para mejorar el trabajo de la mezcla asfáltica:

- a) Evaluar la naturaleza pétreo de los agregados, porosidad y propiedades químicas.
- b) Evaluar la forma y ángulos de las partículas, es decir, la granulometría.
- c) Evaluar los parámetros de resistencia al desgaste.
- d) Ausencia de impurezas que puedan afectar el comportamiento bueno de las capas de agregados.
- e) Evaluar la posibilidad de degradación que pueda sobrellevar los agregados pétreos usados en la construcción.
- f) Afinidad entre los agregados y ligantes asfálticos empleados en el pavimento. Ante su ausencia deberá usarse activantes con el fin de dar garantía en el comportamiento adecuado de la mezcla asfáltica Valeriano & Catacora (2017)

Entre las propiedades a tomar en cuenta al considerar un agregado pétreo adecuado para la buena calidad de la mezcla asfáltica, de acuerdo a Valeriano & Catacora (2017) se tiene:

- Granulometría y máximo tamaño de partícula
- Contextura superficial
- Limpieza
- Capacidad de permeabilidad



- Endurecimiento
- Afinidad con el asfalto
- Forma de la partícula
- Peso delimitado

3. **Los polímeros** abarcan una gran diversidad de materiales naturales (lana, piel) o sintéticos (PVC, cauchos). Una molécula de polímero está constituida por monómeros, que son la unión de moléculas pequeñas. Los seres humanos desde sus orígenes siempre han empleado estos productos en su cotidianidad. Los productos naturales tienen distintas propiedades que presentan cuando se hallan ante las sustancias orgánicas o inorgánicas tradicionales y pueden purificarse se sustancias a través de la cristalización, destilación, entre otras. Posteriormente, debido a la industrialización se han producido materiales como el poliestireno, el policloruro de vinilo, el polipropileno, los cuales constituyen materiales polímeros de utilización muy general (Dávalos, 2016)

Al incorporar un polímero a un betún se presenta un complejo proceso En un primer momento, el polímero es dispersado en el betún, pero sin desplegar significativos efectos sobre sus propiedades. Luego, las partículas de polímero impregnan aceites máltenos, expandiéndose de un modo particular, para diseminarse finalmente de manera molecular, lo que causa que en esta fase tiene lugar cambios reológicos significativos sobre el asfalto. Es importante la composición de los asfaltos sobre las propiedades de los asfaltos modificados en cuanto a la aromaticidad de los máltenos y el contenido de los asfáltenos, es decir, entre menor sea el contenido de asfáltenos más compatible es el asfalto con el polímero (Forigua & Pedraza, 2014).

La producción de un asfalto modificado radica en adicionar el polímero al asfalto usando una temperatura excelsa, concibiéndolo pasar por un molino coloidal asignado de una capacidad mayor para desplegar esfuerzos altos de corte o de cizallamiento, en un lapso de tiempo explícito, que va a depender de la naturaleza y tipología de cada uno de los mecanismos. El propósito de

la modificación de las mezclas asfálticas con polímeros, de acuerdo a Forigua & Pedraza (2014) se resume en:

- Reducir la térmica susceptibilidad a elevadas temperaturas.
- Acrecentar el enlace interno.
- Optimizar la elasticidad y la flexibilidad a temperaturas bajas.
- Optimizar la actuación a la fatiga.
- Aumentar la adhesividad árido – ligante.
- Aumentar la resistencia al envejecimiento.

En el caso de narras, se ampliará lo referente al policloruro de vinilo (PVC) y el caucho como componentes adicionados a la mezcla asfáltica.

- **El PVC**, es un plástico derivado del gas natural o del petróleo y del cloruro de sodio, incluyendo hidrógenos, carbono y cloro. Originalmente es un polvo blanco empleado al hacer objetos rígidos o flexibles, tras su polimerización. Se enfatiza en el PVC una particularidad y es que resulta termoplástico que se puede moldear fácilmente al ser sometido al calor y que recupera su solidez anterior al enfriarse (Ziari, Nasiri, Amini, & Ferdosian, 2019)
- **El caucho**, natural o sintético, son productos extraídos del árbol del Hevea u obtenido por síntesis.

Mejorar la capacidad portante del suelo sometido a la construcción de la pavimentación de una avenida, busca conocer el desempeño de los elementos de la mezcla asfáltica al sustentar el reforzamiento del suelo a través del cambio de base, puesto que es un método de reforzamiento que busca ajustar las características de uso que presenta esa avenida. Al hablar de capacidad portante, se refiere a la presión media máxima de contacto entre el terreno y la cimentación del pavimento, de tal forma que no se produzca un fallo agudo del suelo o un establecimiento mecanismo fenomenal (Carpio, 2019). Efectivamente, de acuerdo a este autor la capacidad portante aceptable se fundamenta en criterios funcionales:

- La capacidad portante se denominará carga de hundimiento, cuando la función de la pavimentación del suelo cimentado es aguantar una definitiva tensión independientemente de la deformación.
- la capacidad portante deberá calcularse a partir de criterios de asiento admisible, cuando lo que se persigue es equilibrar la tensión aprovechada por el suelo y la deformación sufrida por éste.

De acuerdo con Maguiña (2019) la teoría científica que sustenta el estudio plantea que el mejoramiento de la capacidad portante del suelo favorece la buena calidad de mezclas asfálticas en caliente, incluyendo: la trabajabilidad, estabilidad, resistencia a la fatiga y al deslizamiento, durabilidad, flexibilidad e impermeabilidad. De acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), la capacidad portante del suelo requiere ser establecida de acuerdo a tres elementos:

- **Tráfico vehicular:** Consiste en el indicador apropiado para cuantificar la demanda de transporte terrestre en una determinada carretera. Los estudios de tráfico se enfocan en el movimiento de vehículos de pasajeros y carga que circulan en un tramo de la carretera, empleando conteos volumétricos de tipos representativos de vehículos para estimar el IMDA. El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es utilizado para calcular los Ejes Equivalentes (EE), denominado también como Carga Axial Simple Equivalente (siglas en inglés ESAL). Esa carga es la que produce el tráfico vehicular sobre el Carril de Diseño. Todo se diseña sobre este carril que va a soportar la mayor carga, además, los cálculos se repiten para los restantes carriles del diseño (MTC, 2014).
- **Servicialidad:** Consiste en la capacidad que posee el pavimento de servir para el tráfico del tipo de vehículo que circulan en una vía determinada proveyendo de este modo un manejo seguro. Es medida con valores que van desde el cero al cinco, en los cuales el cero significa pavimento intransitable y cinco significa pavimento excelente (lo cual por lo general no se da) (MTC, 2014).

El índice de Servicialidad es un valor por medio del cual se aprecia y/o se evalúan las condiciones de confort o deterioro que posee la superficie de rodadura del pavimento estudiado.

Tabla 1. Tabla de índice de Servicialidad de un pavimento

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TF1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TF2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TF3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TF4	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TF5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TF6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TF7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TF8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TF9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TF10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TF11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TF12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TF13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TF14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TF15		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

Fuente: (MTC, 2014)

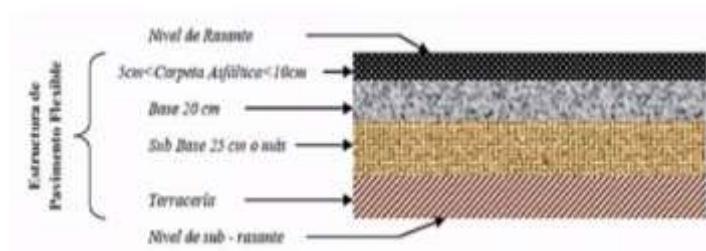


VIDA DEL PAVIMENTO (miles de ejes equivalentes o años)

Gráfico explicativo valores de la Servicialidad del Pavimento

Fuente: (MTC, 2014)

- **Subrasante:** Se denomina así a la superficie terminada de la ruta o carretera a ras de movimiento de tierras (relleno o corte), sobre el cual se procederá a colocar la mezcla asfáltica con adición de polímeros para pavimentarla. La subrasante es el asiento de la estructura del pavimento, formando parte de este modo, de la carretera que se construye ubicándose entre el terreno natural y la estructura del pavimento. A través del Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) se mide la resistencia que posee el suelo ante el esfuerzo cortante del suelo, con el propósito de valorar la calidad del terreno para subrasante. Las peculiaridades de espesor y resistencia de un pavimento y la capacidad de soporte de la subrasante tienen que ver con la vida útil del pavimento y con la previsión del agrietamiento agrupado a la carga de tránsito. Así pues, los pavimentos que tienen gran espesor sobre subrasantes resistentes no se flexionan bajo las cargas, como los pavimentos delgados o los que se hallan sobre subrasante débiles (MTC, 2014).



Policloruro de vinilo (PVC) - Caucho granulado

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

#### 3.1.1 Tipo de investigación

##### 3.1.1.1 Según su propósito

Este tipo de investigación aplicada se caracteriza por tener objetivos prácticos inmediatos bien definidos, lo cual implica que se realiza el estudio para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Es de tipo **aplicada** porque se va a realizar a implementar los conocimientos por medio del diseño de mezcla asfáltica con PVC y caucho.

##### 3.1.1.2 Según el carácter, nivel o profundidad

Siendo una investigación explicativa o causal consiste en la exploración del estudio profundo en cuanto a la explicación en cuanto un evento, por causa de las alternativas que origina el suceso que se evidencia de manera física o incluso social (Arias, 2016). En base a lo planteado se explica de modo detallado **por qué** mejora la capacidad portante del suelo mejorando el diseño de mezcla asfáltica con PVC y caucho.

##### 3.1.1.3 Según su enfoque o naturaleza, la investigación

El enfoque de cuantitativo manipula la recolección de datos para efectuar pruebas a las hipótesis y toma en consideración el análisis de tipo estadístico, para realizar pruebas a las teorías en su comportamiento (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). El enfoque es cuantitativo porque se efectuarán cálculos para diseñar la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho.

#### 3.1.2 Diseño de investigación

Esta investigación es de diseño experimental se refiere a un estudio en donde se manejan de manera intencional y se realiza experimento de 1 o 2 variables consideradas independientes, para evaluar los resultados que causa su maniobra en la variable dependiente, con respecto a una problemática del investigador (Hernández, Fernández & Batista, 2014 p.129), De acuerdo a lo

planteado esta es experimental porque se realizaron pruebas para analizar el suelo y el diseño de la mezcla asfáltica con PVC y caucho.

Es correlacional puesto que establecerá una relación lineal entre las variables determinando la influencia de una sobre la otra. (Hernández, Fernández & Batista,2014 p.130). Ya que se va a establecer la relación que existe entre el diseño de mezcla asfáltica convencional mejorando las propiedades de estabilidad, vacío y flujo con PVC y caucho e indirectamente mejora la capacidad portante del suelo.

### 3.2 Variables y operacionalización

#### Variable Independiente:

X: Diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho

X1: Dosificación de PVC

X2: Dosificación de caucho

X3: Dosificación de mezcla asfáltica

Variable dependiente:

Y: Mejora de capacidad portante de suelo

Y1: IMDA

Y2: Servicialidad

Y3: Subrasante

#### Operacionalización de la variable

Tabla 2. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
<b>Variable Independiente</b> Diseño de mezcla asfáltica	Dosificación de PVC	0.3 %, 0.8% y 1.3%	RAZÓN
	Dosificación de Caucho	3%	RAZÓN



con adición de PVC y caucho	Dosificación de mezcla asfáltica	4.5%, 5.0%, 6.0% y 6.5%	RAZÓN
<b>Variable Dependiente</b> Mejora de capacidad portante de suelo	IMDA (Índice medio Diario Anual)	Conteo tráfico vehicular (Veh/día)	RAZÓN
	Servicialidad	Índice establecido (0 – 5) (MTC, 2014)	RAZÓN
	Subrasante	CBR (%)	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia, 2020

### 3.3 Población, muestra y muestreo

La población representa a los elementos que se van a estudiar de acuerdo al universo en estudio, donde se consideran los factores que muestran los valores y resultados de acuerdo al estudio realizado (Borja, 2012). En esta investigación la población será representada por la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho que se requiere para aproximadamente 5 Kms de ruta sin asfaltado perteneciente a la prolongación de la Avenida Revolución.

El Muestreo es NO probabilístico

La muestra está representada por una porción del universo de estudio que sea representativa lo más que se pueda de lo que se desea (Arias, 2016). Por ser de carácter experimental y no existir grupo de control, la muestra de esta investigación estará conformada por los ensayos aplicados (Ensayo de Diseño de mezcla Marshall en donde se medirá estabilidad, flujo, % de vacíos y V.M.A tanto la mezcla asfáltica convencional como la modificada, Ensayo de granulometría para los agregados y Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) , se analiza el CBR a 03 calicatas del suelo y 5 probetas para diseñar la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho con

1 ensayo de diseño de mezcla Marshall cada diseño con 3 repeticiones para un total de 15, y 5 probetas para diseñar mezcla convencional y caucho con 1 ensayo de diseño de mezcla Marshall cada diseño con 3 repeticiones para un total de 15 para un total de 30 probetas de mezcla asfáltica y 3 de suelo, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3. Resumen de análisis

MEZCLA ASFALTICA 60-70 CONVENCIONAL						
Dosificación	Cantidad de Asfalto 4.5%	Cantidad de Asfalto 5.0%	Cantidad de Asfalto 5.5%	Cantidad de Asfalto 6.0%	Cantidad de Asfalto 6.5%	
Ensayo						
Estabilidad	3	3	3	3	3	
Flujo						
% Vacío						
V.M. A						
Total, de repetición de ensayo	3	3	3	3	3	
MEZCLA ASFALTICA 60-70 MODIFICADA CON CAUCHO(GCR) Y PVC						
Dosificación	Diseño mezcla 1 (4.5,5.0, 5.5, 6.0 y 6.5 % de Asfalto)		Diseño mezcla 2 (4.5,5.0, 5.5, 6.0 y 6.5 % de Asfalto)		Diseño mezcla 3 (4.5,5.0, 5.5, 6.0 y 6.5 % de Asfalto)	
Ensayo	0.3% PVC	3% caucho	0.8% PVC	3% Caucho	1.3% PVC	3% Caucho
Estabilidad	3		3		3	
Flujo						
% Vacío						
V.M. A						
Total, de repetición de ensayo	3		3		3	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría			
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura	-	Cada volqueta	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506, 508 y 510	1 cada 250 m <sup>2</sup>	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m <sup>2</sup>	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
	Adherencia	MTC E 519	1.000 m <sup>2</sup>	Pista/planta
	Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T283	1.000 m <sup>2</sup>	Pista/planta
	Prueba de Hamburgo Wheel Track	AASHTO T324	1.000 m <sup>2</sup>	Pista/planta
Cemento Asfáltico	Según 436.05		√ <sup>n</sup> (*)	Tanques Térmicos al llegar a obra

Figura n° 1. Ensayos y frecuencias

Fuente: Manual de carretera: sección 433 pavimento de concreto asfáltico con mezclas porosas

**El muestreo** que se utiliza es el **método no probabilístico**, debido a que se cuenta con una población de estudio controlable y reducida y representa un proceso de elección donde el investigador escoge a la muestra por criterios propios y no la escoge al azar (Borja, 2012).

En tal sentido el muestreo es no probabilístico, pues no depende de la probabilidad, sino de los principios de elección del tipo de carretera y de las características propias de la investigación (manual de carreteras) o del investigador, lo que deriva al desarrollo de la toma de decisiones del investigador.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según los objetivos establecidos en este estudio, para la recolección de datos se utilizó la técnica de observación y registro documental, las cuales se fundamentan principalmente en hacer el registro de manera sistemática y con la mayor confiabilidad posible de algunos comportamientos o conductas

que se manifiestan en un momento determinado (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). En esta investigación se aplicará la lectura exhaustiva de diversas investigaciones de artículos científicos donde, de cada uno de ellos se sacarán los ensayos ahí realizados y sus resultados. En cuanto al instrumento de recolección de datos se puede afirmar que son aquellos que permiten la recopilar datos necesarios para llevar a cabo el estudio (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). El instrumento que se utilizará en esta investigación es la ficha de registro, la cual contendrá de manera detallada los datos o información de las variables.

### **3.5 Procedimientos:**

- El estudio se inició seleccionando las referencias bibliográficas que avalan los conceptos y teorías utilizadas.
- Escogida la teoría se procedió a determinar los objetivos e hipótesis que responden al planteamiento del problema.
- Se seleccionó la metodología a seguir para llevar a cabo la investigación, escogiéndose la de enfoque cuantitativo, diseño
  - experimental, aplicada, descriptiva.
- La recolección de datos se realizó a través de la ficha de registro.
- Seguidamente se realizó el tratamiento y análisis de datos, una vez almacenados y sistematizados los datos obtenidos para su respectivo análisis, los cuales facilitaron la consolidación de la información y el desglosamiento de los resultados.
- Los investigadores requirieron la interpretación de datos con el propósito de realizar un análisis calificador de las variables objeto de estudio la cual se efectuó una vez recolectados los datos a través de la aplicación de los ensayos estudiados de los artículos científicos encontrados, los mismos serán tabulados y analizados.
- Obtenidos los resultados se procederá a realizar la discusión en consonancia con los estudios previos citados, las conclusiones y las recomendaciones de este estudio.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Dentro de esta indagación se procesarán los datos logrados al trabajar con la muestra objeto de estudio, con el fin de generar resultados procediendo a la creación y ordenamiento de una base de datos partiendo de los hallazgos obtenidos de los ensayos analizados según los objetivos e hipótesis fijadas en el estudio. Se utilizará el software SPSS versión 26, con el propósito de tabular los datos obtenidos.

### **3.7 Aspectos éticos:**

Para llevar a cabo la presente investigación se trabajará bajo los principios bioéticos, por lo cual, esta tesis tomará como referencia tesis de registro nacional de investigaciones de la SUNEDU que tengan relación con los constructos de este estudio y de repositorios de tesis, revistas científicas a nivel internacional. Asimismo, los datos recopilados serán incluidos tal como se muestre en el trabajo de campo, por tanto, se considerarán los sucesivos principios éticos: Respetar el derecho de autor, detallando toda la información recopilada para el desarrollo y resultados, a través de citas; cuidado del medio ambiente, por cuanto esta investigación trabajará con materiales de reciclaje (PVC y caucho); compromiso social, debido a que esta investigación realizará un aporte científico y socio-económico dirigido a la comunidad y población que conforman el contexto; no se falseará la información hallada, y de ser necesario se comunicará pormenorizadamente el propósito de la indagación.

## **IV. RESULTADOS**

#### 4.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS

La zona de estudio se plantea el diseño de una carretera de pavimento flexible para unir los distritos de Comas con San Juan de Lurigancho

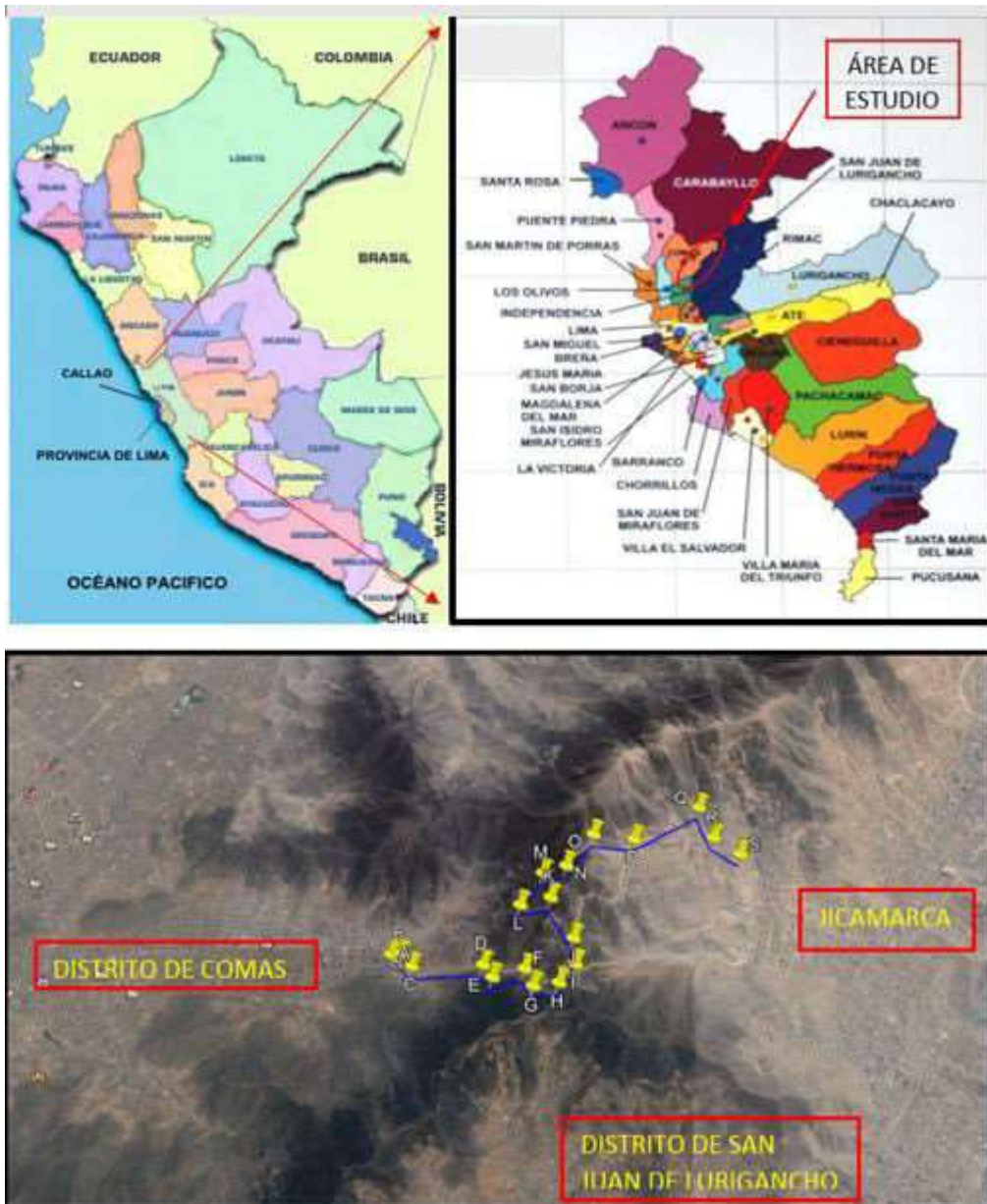


Figura n° 2 Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Fuente: Ramírez, Castro, Copari y Pérez, 2020.

de aproximadamente 5 km Pasamayito y la Avenida prolongación con una extensión de viaje de 30 minutos.

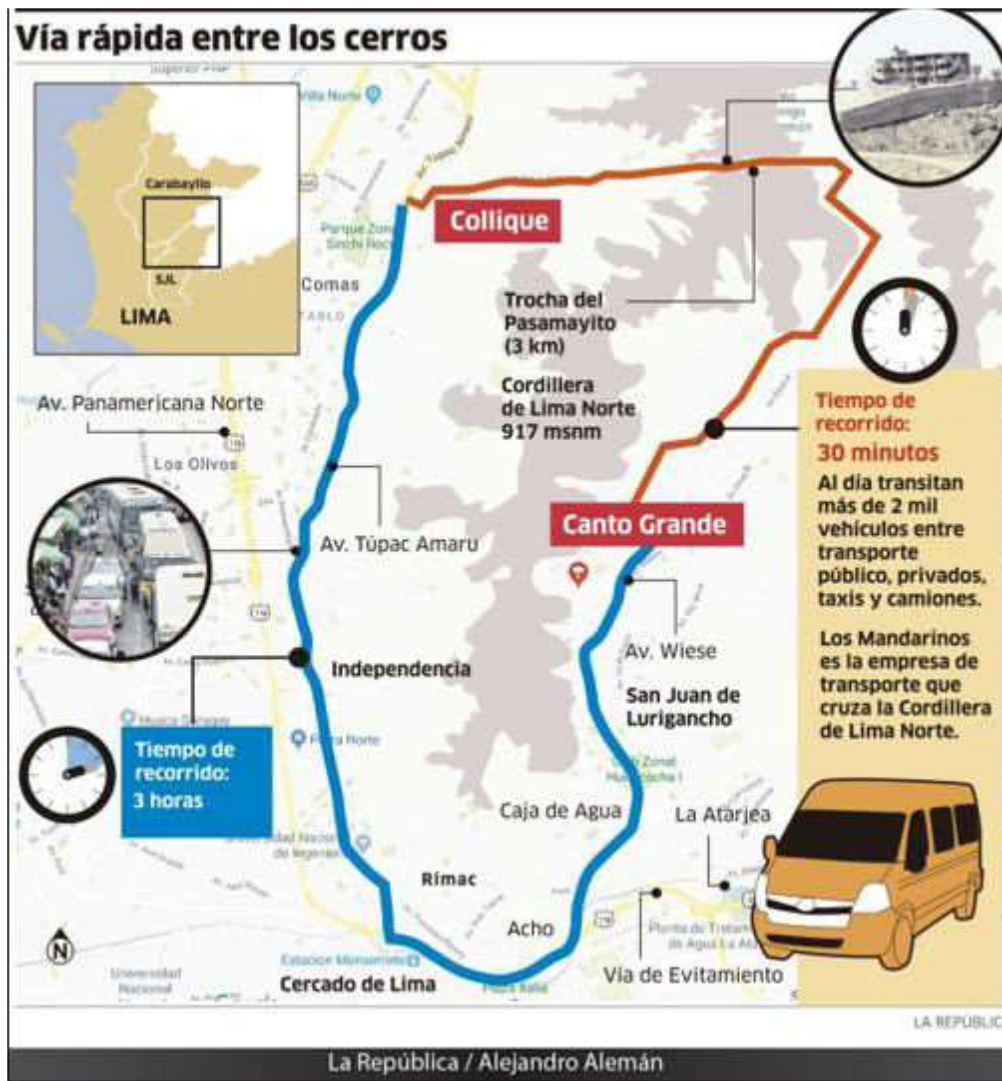


Figura n° 3 Ruta de conexión con su duración

Fuente: Ramírez, Castro, Copari y Pérez (2020).

Por lo que es necesario mejorar la capacidad portante del suelo es que se plantea el diseño de mezcla asfáltica con PVC y caucho por lo que se comenzara estudiando esta variable.

## VARIABLE INDEPENDIENTE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON PVC Y CAUCHO

Para comenzar hacer los ensayos necesarios es necesario conocer la granulometría de los componentes y el diseño de mezcla Marshall y el tipo de mezcla asfáltica a utilizar de acuerdo al tipo de tránsito, a su grado de penetración tal como se muestra a continuación:



Tabla 4 Tipos de asfalto a seleccionar

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
		Pruebas sobre el Material Bituminoso									
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 0.1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99		99		99		99		99	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) <sup>(1)</sup>	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Olefiens) <sup>(2)</sup>											
Solvente Nafta - Estándar		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3.2 mm, 5h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754	0.8		0.8		1.0		1.3		1.5	
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm <sup>(3)</sup>	MTC E 306	50		75		100		100		100	

Fuente: Ramírez y Villafana, (2019).

La tabla a continuación muestra los ensayos Marshall típicos que deben aplicarse a toda mezcla para luego proceder a su uso, debido a las condiciones del tráfico a emplear se utilizará para el estudio en este particular el asfalto 60/70 y es el que se emplea para climas cálidos y no tan fríos.

Tabla 5 Tipos de ensayos a realizar en el asfalto seleccionado

Parámetros de diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
Compactación, numero de golpes por lado	75	50	35
Estabilidad (mínimo)	8.15 kN	5.44 kN	4.53 kN
Flujo 0.01" (0.25 mm)	8 - 14	8 - 16	8 - 20
Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 13		
Inmersión - Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la Compresión Mpa min.	2.1	2.1	1.4
2. Resistencia Retenida % (min)	75	75	75
Relación Polvo - Asfalto (2)	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3
Relación Estabilidad / flujo (kg/cm) (3)	1700 - 4000		
Resistencia Conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 mín.		

Fuente: Ramírez y Villafana, (2019).

Se empleará es clase A porque permite soportar mayor cantidad de golpes de pisada y poder resistir más y aumentar su vida útil.

Tabla 6 Tipos de ensayos seleccionado de acuerdo al tipo de trafico

Criterios para Mezcla del Método Marshall	Tránsito Liviano		Tránsito Mediano		Tránsito Pesado	
	Carpeta y Base					
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Compactación, número de golpes en cada cara de la probeta.	35		50		75	
Estabilidad, N (kg.)	3336 (340)		5338 (544)		8006 (816)	
Flujo 0,25 mm (0.01 pulgadas)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de Vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral (VMA)	Ver Tabla 2.17					
Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

Fuente: Instituto del Asfalto (1982)

Todo lo anterior está de acuerdo a los parámetros de diseño del Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013), se utilizará el de tránsito pesado con la finalidad de aumentar su durabilidad y disminuir su mantenimiento.

### PROPIEDADES MECANICAS

Inicialmente se tuvo para comenzar el diseño de mezcla asfáltica se procedió a recolectar la grava, arena y piedra (ver anexo 5 figura n°32) y posteriormente hacer un análisis granulométrico de los agregados de la mezcla convencional

Tabla 7 Granulometría de componentes de la mezcla asfáltica 60/70 convencional

TAMIZ	ABERTURA	Material N.°01	Material N.°02	Material N.°03	Material N.°04	Prueba N.°01	ESPECIFICACIÓN	
ASTM	mm	Grava	Arena	Caucho	PVC		MAC-2	
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100	100.0					
3/4"	19.000	98.3	100.0			99.4	100	100
1/2"	12.500	66.9	100.0			88.7	80	100
3/8"	9.500	40.3	100.0			79.7	70	88
1/4"	6.350							
# 4	4.750	1.4	95.5			63.5	51	68
# 8	2.360					0.0		
# 10	2.000	0.1	69.7			46.0	38	52
# 16	1.180							
# 30	0.600							
# 40	0.420		32.1			21.2	17	28
# 80	0.180		18.1			11.9	8	17
# 100	0.150							
# 200	0.075		10.8			7.1	4	8
>200								
Prueba N.°01		34.0%	66.0%	0.0%	0.0%	100.00		

Fuente: Elaboración, propia, 2021.

Tal como se puede apreciar en la tabla las proporciones de la mezcla asfáltica según su granulometría que se encuentra dividida entre 34% de grava y 66% de arena (ver anexo 6).

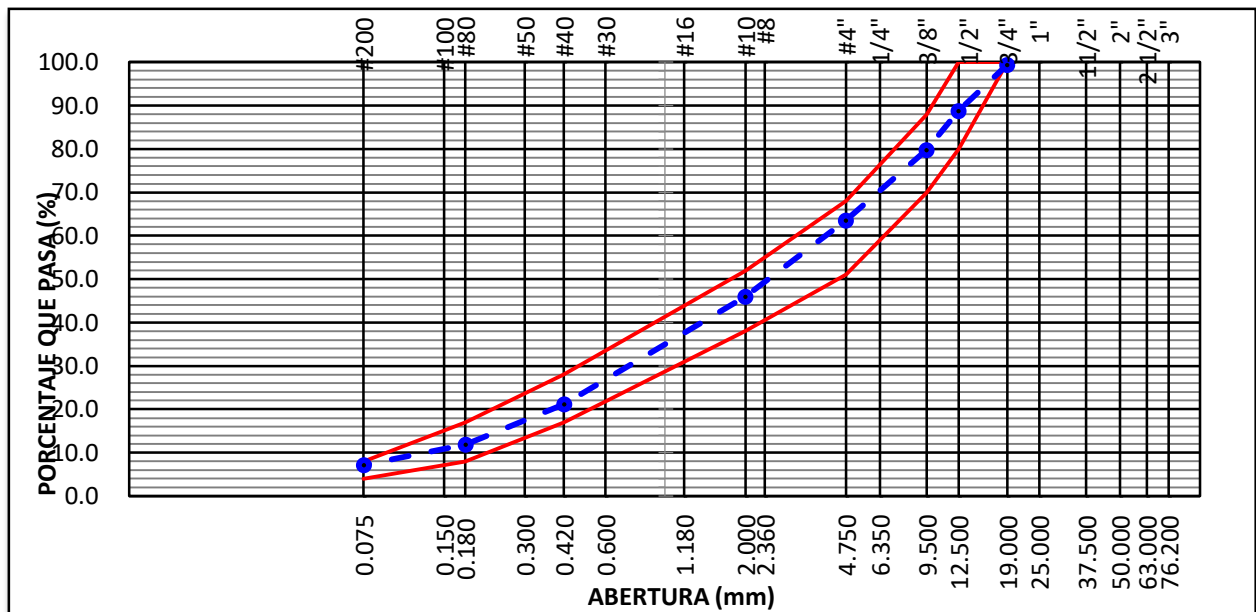


Figura n° 4. Curva de granulometría

Fuente: Elaboración propia,2021

Tal como se puede visualizar en la gráfica la mayor cantidad de tamaño de material que pasa se encuentra en  $\frac{3}{4}$ ".

De acuerdo al análisis de granulometría se define la proporción a utilizar para preparar las probetas de la mezcla asfáltica convencional tal como se muestra a continuación:

Tabla 8 Resumen de mezcla asfáltica convencional y sus agregados

Descripción	%	Peso (gr)
Grava Triturada	34%	403.8
Arena zarandeada	66%	783.8
C Asfalto (60/70)	5 %	62.50
PVC	0%	0
Caucho	0%	0
Total		1250

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se puede visualizar en la tabla el peso necesario para cada componente de grava triturada fue de 403.8 gr, arena zarandeada 783.8 gr y de cantidad de asfalto 60/70 es de 62.50 gr para un total de 1250 gr (ver anexo 5 figura n°33).

Así sucesivamente el procedimiento para preparar todas las briguetas con el método de diseño Marshall de 4.5%,5.0%,5.5%, 6.0% y 6.5% de mezcla asfáltica, entre los cuales se analizarán % de vacío, V.M.A, flujo y estabilidad los resultados obtenidos se resumen a continuación:

Tabla 9 Resumen de ensayos

%C Asfalto	% VACIO	V.M.A	FLUJO (mm)	ESTABILIDAD (Kgf)
4.5	4.8	14.2	9.8	1966
5.0	4.5	14.9	10.3	1679
5.5	4.2	15.7	11	1500
<b>5.7</b>	<b>4.0</b>	<b>15.9</b>	<b>11.5</b>	<b>1395</b>
6.0	3.5	16.2	12	1292
6.5	2.9	15.3	14.1	952

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se puede visualizar en la tabla mostrada anteriormente la cantidad optima de asfalto es de **5.7%**, (ver anexo 6.1) luego de conocer la cantidad de asfalto óptima para la mezcla se procede hacer la granulometría de los agregados modificadores que son caucho (GCR) y PVC, los resultados están plasmado a continuación:

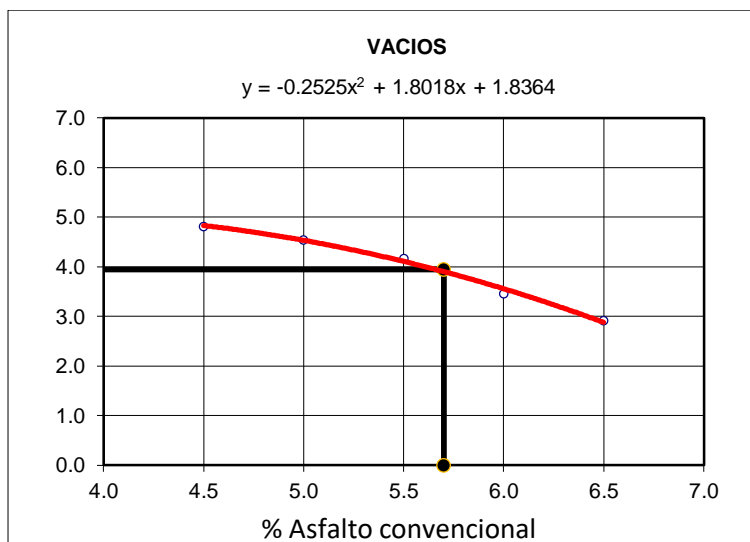


Figura n° 5 Porcentaje de vacío de mezcla asfáltica convencional

Fuente: Elaboración propia,2021.

El valor óptimo es decir el mejor comportamiento del dato de vacío de 4.0% lo logra en 5.8% de mezcla asfáltica convencional 60/70 para ser empleado.

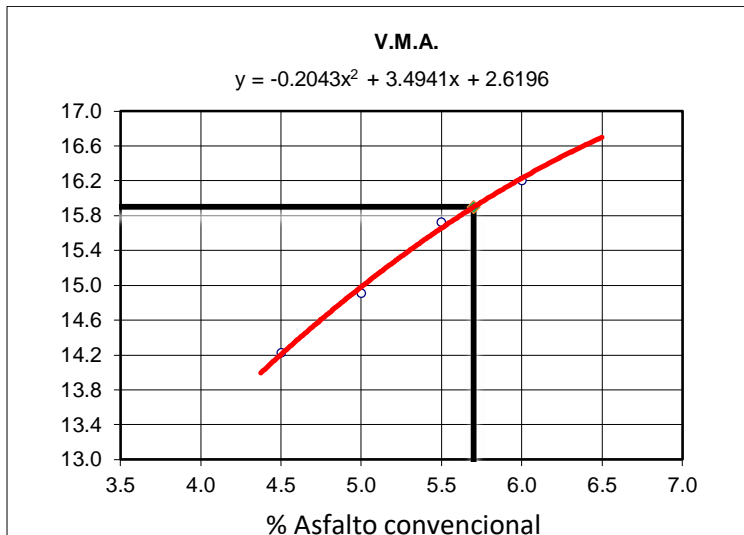


Figura n°6 el Vacío Máximo Asfalto V.M.A

Fuente: Elaboración propia,2021.

El valor óptimo Máximo de Vacío de Asfalto lo alcanza en un 5.7% de asfalto.

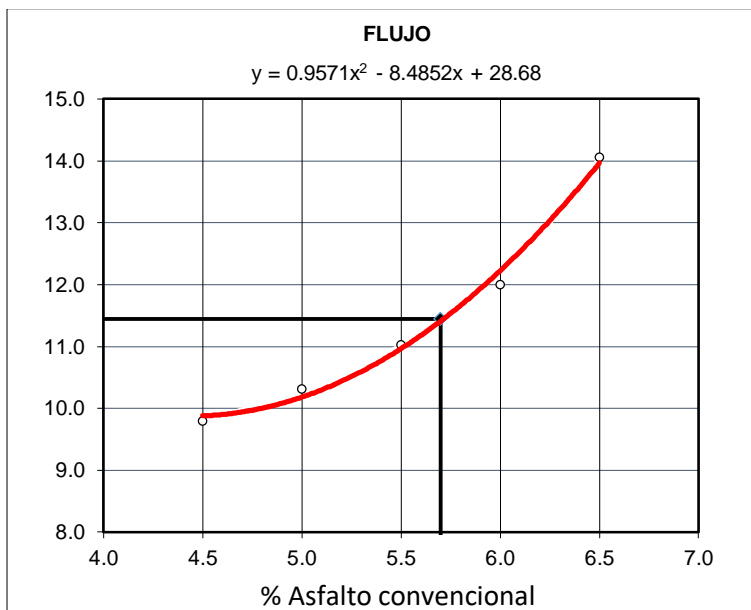


Figura n° 7 Flujo de mezcla asfáltica convencional

Fuente: Elaboración Propia,2021.

Donde se logra mejor fluidez de la mezcla asfáltica es a una proporción de 5.7% de mezcla asfáltica 60/70.

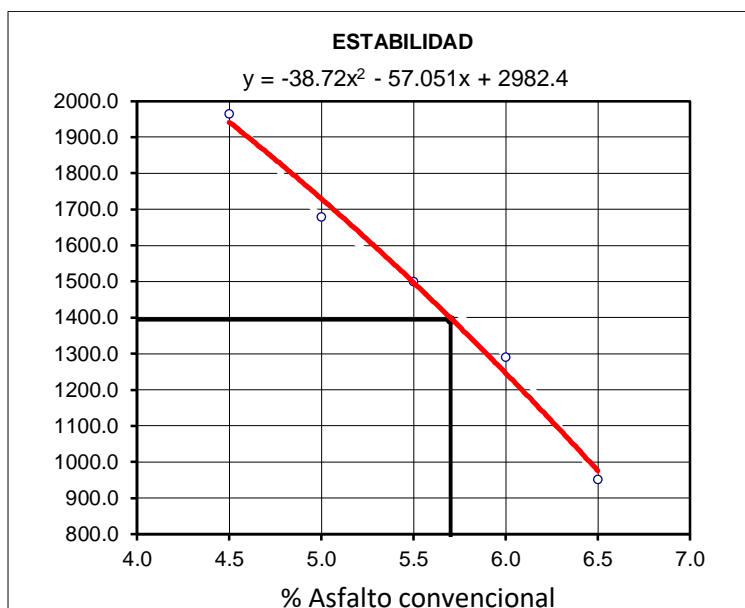


Figura n° 8 Estabilidad de mezcla asfáltica convencional

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se muestra en la figura el mejor valor de estabilidad de la mezcla asfáltica lo logra en 5.7% de asfalto.

Tabla 10 Resumen de agregados para las muestras modificadas

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
Agregados	grava chancada <1/2"y <3/8"	Cantera Leticia-torre blanca
	pedra 1" y 1/2"	Cantera Leticia-torre blanca
	arena chancada y zarandeada	Cantera Leticia-torre blanca
	arena natural	Cantera Leticia-torre blanca
asfalto convencional	pen 60/70	Petro Perú
modificadores	PVC y GCR	Relleno sanitario

Fuente: Elaboración propia,2021.

En la tabla 10 se detallan cada uno de los agregados para realizar las probetas de las mezclas asfálticas modificadas con GCR y PVC, así como su procedencia (ver anexo 5 figura n°33), obteniendo un diseño de mezcla que se detalla seguidamente:

Tabla 11 Granulometría de Mezcla asfáltica convencional con 0.3% PVC y 3% Caucho

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º03	Material N.º03	Prueba N.º01	ESPECIFICACIÓN	
ASTM	mm	Grava	Arena	Caucho	PVC		MAC-2	
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.000	98.3	100.0	100.0	100.0	99.3	100	100
1/2"	12.500	66.9	100.0	100.0	100.0	86.8	80	100
3/8"	9.500	40.3	100.0	100.0	100.0	76.1	70	88
1/4"	6.350							
# 4	4.750	1.4	95.5	100.0	100.0	58.0	51	68
# 8	2.360							
# 10	2.000	0.1	69.7	99.9	95.0	42.8	38	52
# 16	1.180							
# 30	0.600							
# 40	0.420		32.1	30.2	10.0	19.1	17	28
# 80	0.180		18.1	15.0	6.0	10.7	8	17
# 100	0.150							
# 200	0.075		10.8	3.0	2.0	6.2	4	8
>200								
MEZCLA								
Prueba N.º01		40.0%	56.7%	3.0%	0.3%	100.00		

Fuente: Elaboración propia,2021.

De acuerdo al ensayo de granulometría el diseño de mezcla queda distribuido en 40% Grava, 56.7% de arena, 3% de caucho y 0.3% de PVC/ (ver anexo 5 figura n°34).

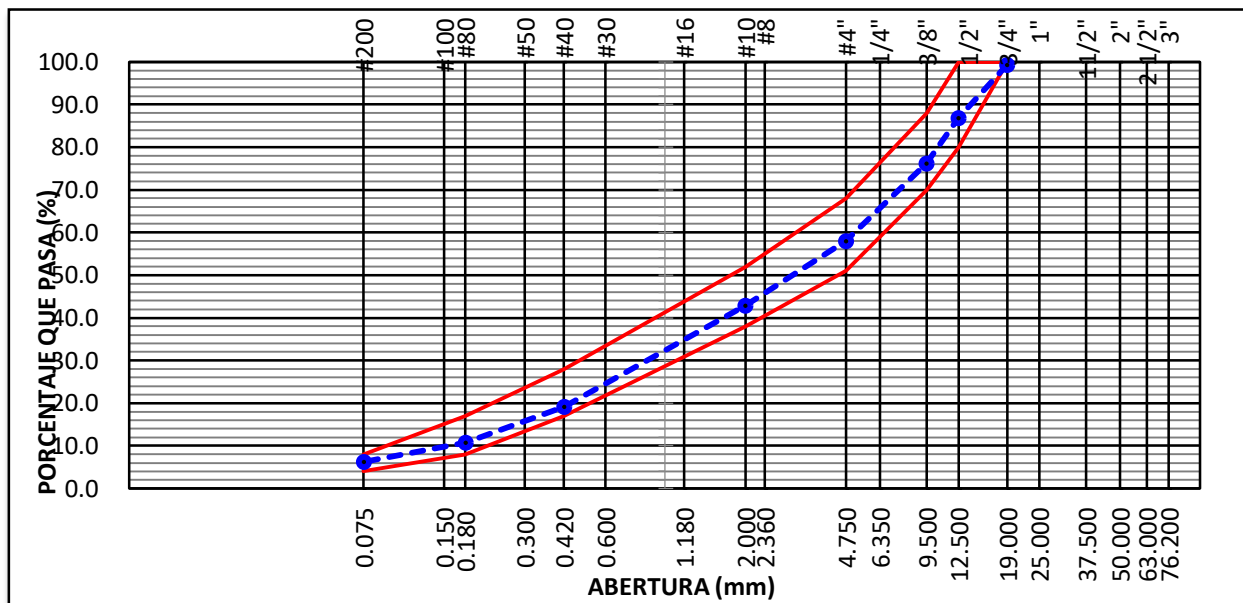


Figura n° 9. Granulometría del diseño de mezcla asfáltica 60/70 0.3%PVC y 3% caucho.

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se puede visualizar el grano de cada componente del diseño 1 de la mezcla asfáltica se encuentra en 1", 1/2", 3/4" y 3/8".

Por otro lado, tenemos el resumen de cantidad necesaria para preparar las briguetas del diseño de mezcla 1 de 0.3% PVC, 3% caucho se detalla a continuación:

*Tabla 12 Cantidades del diseño de mezcla 1*

Descripción	%	Peso (gr)
Grava Triturada	40.0	480.0
Arena zarandeada	51.7	620.4
C Asfalto (60/70)	5	60
PVC	0.30	3.6
Caucho	3.0	36
Total		1200

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Las cantidades necesarias para el diseño de la mezcla asfáltica 1 fue de 1200 gr, con proporción de 3.6gr de PVC, 36 gr de caucho (ver anexo5 figura n°35).

*Tabla 13 Resultado de diseño de mezcla 1 Marshall*

%C Asfalto	% VACIO	V.M.A	FLUJO (mm)	ESTABILIDAD (Kgf)
4.5	7	11.7	6.6	817
5.0	5.6	11.3	8.2	911
5.5	4.3	11.2	10.5	1009
<b>5.6</b>	<b>4.0</b>	<b>11.1</b>	<b>10.7</b>	<b>1020</b>
6.0	3.0	11.0	12.0	1083
6.5	2.1	11.1	13.5	1129

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tal como se muestra la cantidad optima de asfalto fue de 5.6% y porcentaje de vacío de 4.0, V.M.A de 11.1, flujo de 10.7 mm y por último de estabilidad de 1020 kgf (ver anexo 6.2).



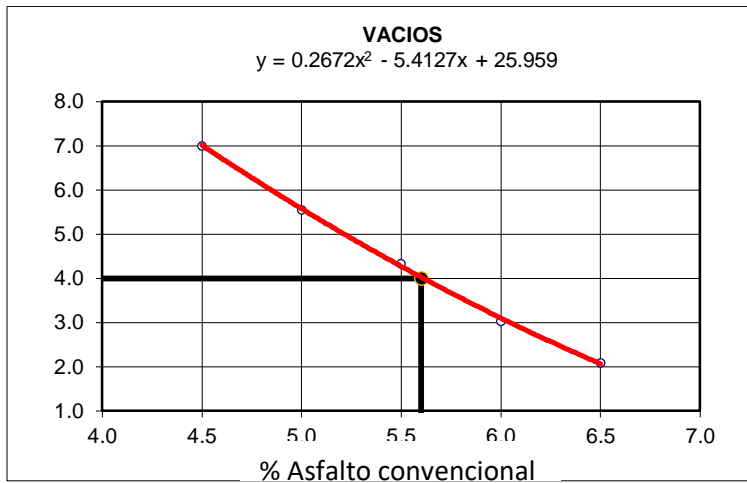


Figura n° 10 Vacíos de diseño de mezcla asfáltica 1

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se puede apreciar los vacíos disminuyen a medida que se aumente la cantidad de asfalto y modificadores.

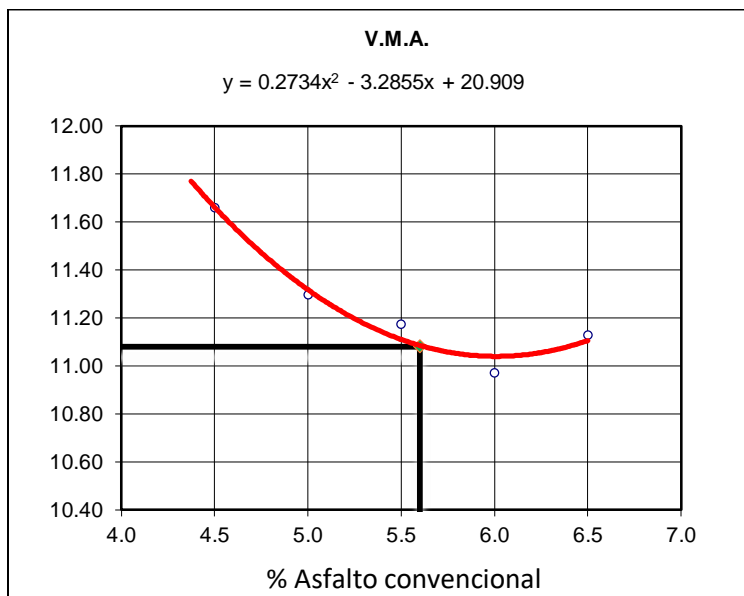


Figura n° 11 Estabilidad de mezcla asfáltica convencional

Fuente: Elaboración propia,2021.

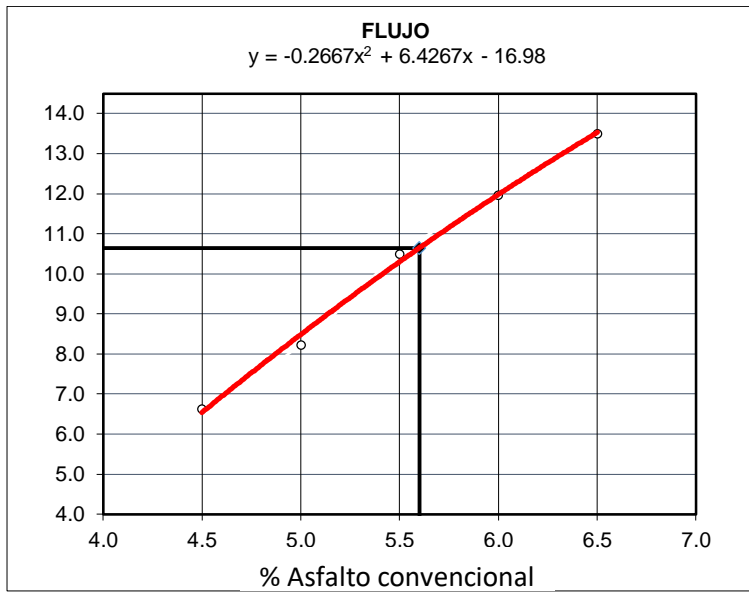


Figura n° 12 Flujo de diseño mezcla 1

Fuente: Elaboración propia,2021.

A medida que aumenta la cantidad de asfalto aumenta el flujo.

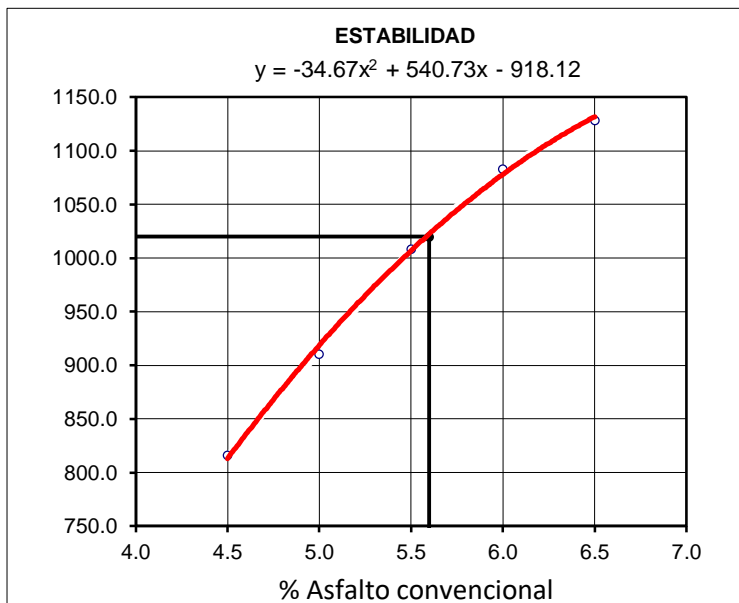


Figura n° 13 Estabilidad del diseño de mezcla 1

Fuente: Elaboración propia,2021.

Cuando es mayor de asfalto se vuelve más estable más rígido y aumenta su envejecimiento prematuro.

Tabla 14 Granulometría del diseño de mezcla 2

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º03	Material N.º04	Prueba N.º01	ESPECIFICACIÓN	
ASTM	mm	Grava	Arena	Caucho	PVC		MAC-2	
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.000	98.3	100.0	100.0	100.0	99.4	100	100
1/2"	12.500	66.9	100.0	100.0	100.0	88.7	80	100
3/8"	9.500	40.3	100.0	100.0	100.0	79.7	70	88
1/4"	6.350							
# 4	4.750	1.4	95.5	100.0	100.0	63.7	51	68
# 8	2.360							
# 10	2.000	0.1	69.7	99.9	95.0	47.1	38	52
# 16	1.180							
# 30	0.600							
# 40	0.420		32.1	30.2	10.0	21.0	17	28
# 80	0.180		18.1	15.0	6.0	11.8	8	17
# 100	0.150							
# 200	0.075		10.8	3.0	2.0	6.8	4	8
>200								
MEZCLA								
Prueba N.º01		34.0%	62.2%	3.0%	0.8%	100.00		

Fuente: Elaboración propia,2021.

En base a los resultados obtenidos se logró para el diseño de mezcla 2 las siguientes composiciones 34%Grava, 62.2 % de arena, 3 % caucho y 0.8% PVC (ver anexo 5 figura n° 36).

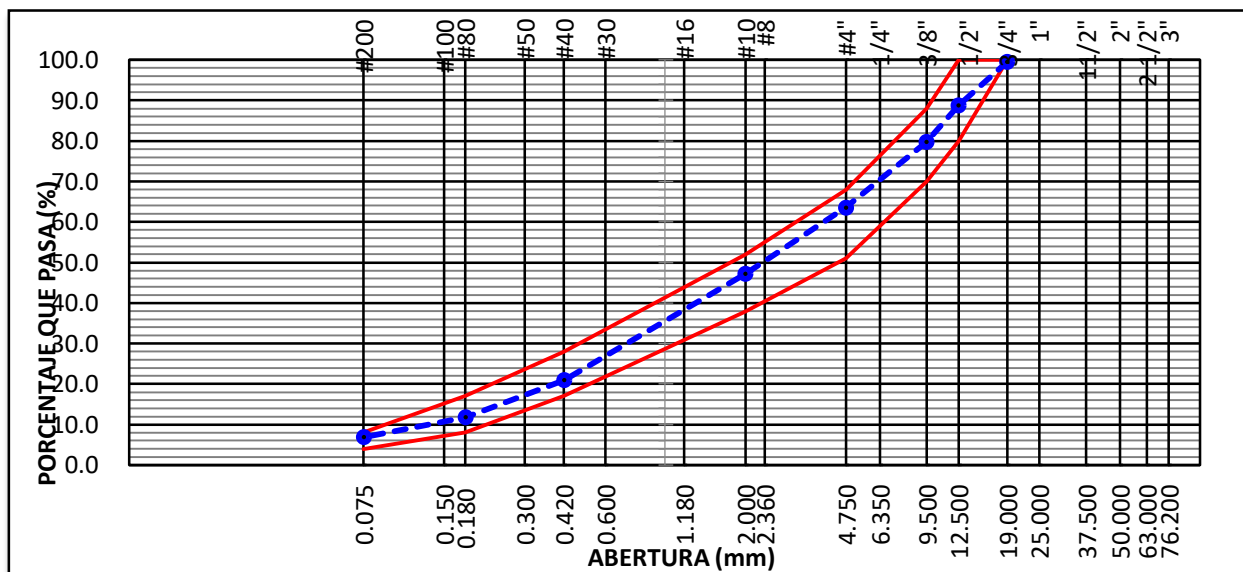


Figura n° 14 Cantidad de sólido que pasa para realizar el diseño de mezcla 2

Fuente: Elaboración propia,2021.

Se alcanza una mezcla con un 100% de solidos que se van a añadir para preparar las briguetas del diseño de mezcla asfáltica 2.

Tabla 15 Cantidades del diseño de mezcla 2

Descripción	%	Peso (gr)
Grava Triturada	34.0	408.0
Arena zarandeada	57.2	686.4
C Asfalto (60/70)	5	60
PVC	0.80	9.6
Caucho	3.0	36
Total		1200

Fuente: Elaboración Propia,2021.

Es necesario resaltar que el diseño de mezcla 2 estuvo compuesto por grava de 408 gr arena de 686.4gr, de asfalto 60 gr, 9.6 gr de PVC, 36 gr de caucho (ver anexo 5 figuran°37).

Tabla 16 Resultado de diseño de mezcla 2 Marshall

%C Asfalto	% VACIO	V.M.A	FLUJO (mm)	ESTABILIDAD (Kgf)
4.5	7	10.8	6.8	706
5.0	5.3	10.4	7.3	853
5.5	4.3	10.5	9.2	954
<b>5.6</b>	<b>4.0</b>	<b>10.5</b>	<b>9.6</b>	<b>965</b>
6.0	3.4	10.6	11.5	1042
6.5	2.5	10.7	13.3	1065

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se muestra la cantidad optima de asfalto fue de 5.6% y porcentaje de vacío de 4.0, V.M.A de 10.5, flujo de 9.6 mm y por último de estabilidad de 965 kgf (ver anexo 6.2).

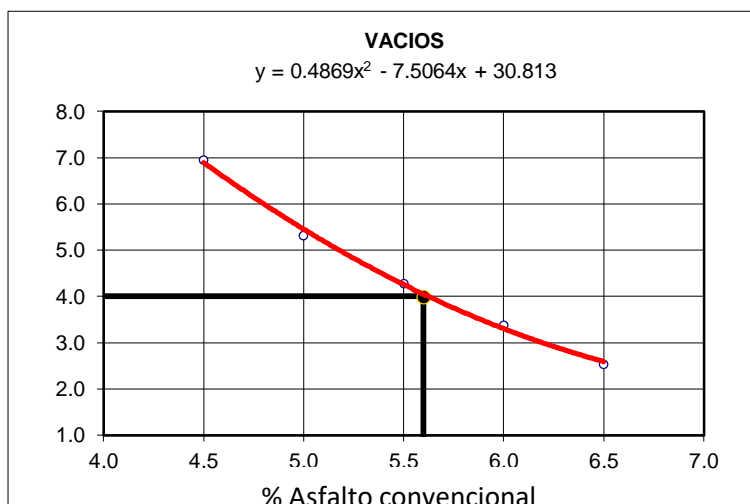


Figura n° 15 Cantidad de vacíos del diseño de mezcla 2

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se puede notar los vacíos disminuyen cuando se aumenta la cantidad de asfalto y de PVC.

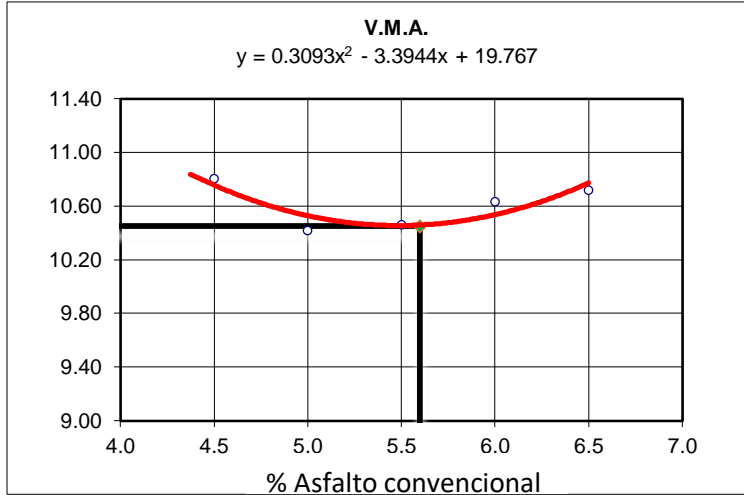


Figura n° 16 Cantidad de Vacíos Máximo del diseño de mezcla 2

Fuente: Elaboración propia,2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos el valor de vacío máximo cuando hay 3% de caucho y 0.8% de PVC, alcanza su punto óptimo en 5.6% de mezcla asfáltica 60/70.

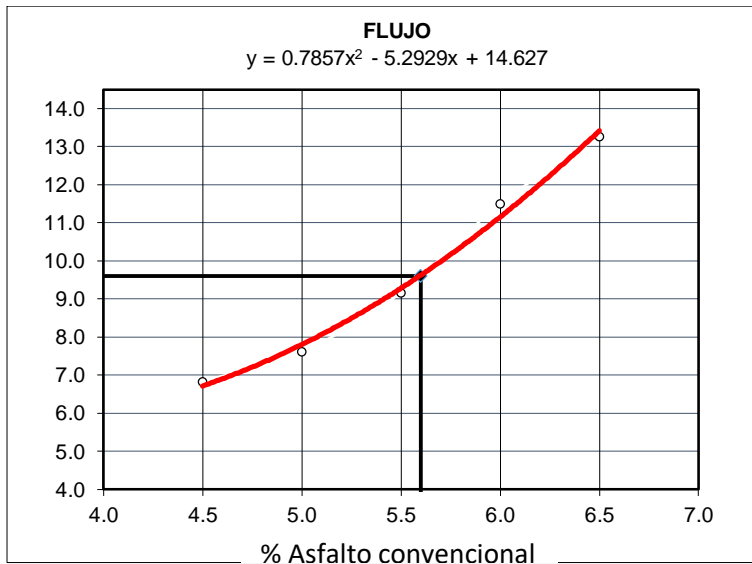


Figura n° 17 El flujo del diseño de mezcla 2

Fuente: Elaboración propia,2021.

Es de suma importancia inferir de que el flujo es un factor determinante para conocer la calidad del pavimento flexible por lo tanto no debe de ser muy alto es por esto que alcanza un valor optimo en 5,6% de asfalto.

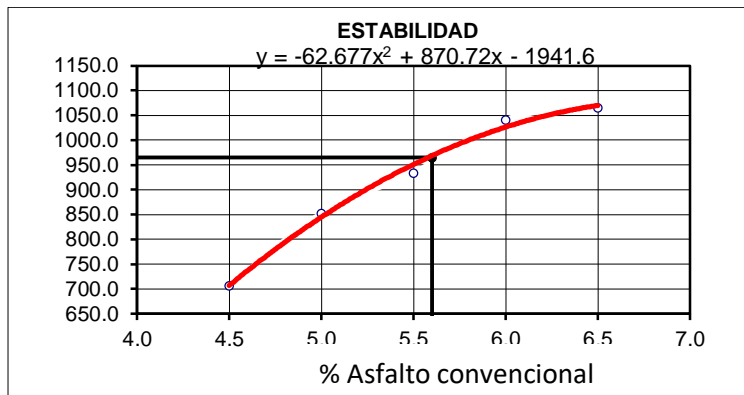


Figura n° 18 Estabilidad para el diseño de mezcla 2

Fuente: Elaboración propia,2021.

Es necesario acotar de que la estabilidad permite cuantificar la durabilidad del pavimento flexible por medio del conocimiento se puede predecir este comportamiento por lo que no debe ser muy alta porque la aparición de grietas prematuras es visible, debido a esto que debe tener un punto óptimo el cual se logró a un porcentaje de asfalto de 5.6.

Con respecto al diseño de mezcla asfáltica 3 que es 1,3 PVC y 3% de caucho se lograron los siguientes valores que se presentan seguidamente:

Tabla 17 Granulometría del diseño de mezcla 3

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º03	Material N.º04	Prueba N.º01	ESPECIFICACIÓN	
ASTM	mm	Grava	Arena	Caucho	PVC		MAC-2	
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.000	98.3	100.0	100.0	100.0	99.3	100	100
1/2"	12.500	66.9	100.0	100.0	100.0	86.8	80	100
3/8"	9.500	40.3	100.0	100.0	100.0	76.1	70	88
1/4"	6.350							
# 4	4.750	1.4	95.5	100.0	100.0	58.1	51	68
# 8	2.360							
# 10	2.000	0.1	69.7	99.9	95.0	43.1	38	52
# 16	1.180							
# 30	0.600							
# 40	0.420		32.1	30.2	10.0	18.9	17	28
# 80	0.180		18.1	15.0	6.0	10.6	8	17
# 100	0.150							
# 200	0.075		10.8	3.0	2.0	6.1	4	8
>200								
Prueba N.º01		40.0%	55.7%	3.0%	1.3%	100.00		

Fuente: Elaboración propia,2021

De acuerdo al ensayo de granulometría el diseño de mezcla queda distribuido en 40% Grava, 55.7% de arena, 3% de caucho y 1.3% de PVC(ver anexo 5 figura n°39)

*Tabla 18 Cantidades del diseño de mezcla 3*

Descripción	%	Peso (gr)
Grava Triturada	40.0	480.0
Arena zarandeada	50.7	608.4
C Asfalto (60/70)	5	60
PVC	1.30	15.6
Caucho	3.0	36
Total		1200

Fuente: Elaboración propia,2021.

Las cantidades necesarias para el diseño de la mezcla asfáltica 3 fue de 1200 gr, con proporción de 15.6 gr de PVC, 36 gr de caucho (ver anexo 5 figura n°40).

*Tabla 19 Resultado de diseño de mezcla 3 Marshall*

%C Asfalto	% VACIO	V.M.A	FLUJO (mm)	ESTABILIDAD (Kgf)
4.5	6.8	10.2	7.0	686
5.0	5.5	10.1	7.8	830
5.5	4.1	10.1	9.3	920
<b>5.6</b>	<b>4.0</b>	<b>10.1</b>	<b>9.6</b>	<b>943</b>
6.0	3.3	10.1	11.5	995
6.5	2.5	10.5	13.5	1072

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se muestra la cantidad optima de asfalto fue de 5.6% y porcentaje de vacío de 4.0, V.M.A de 10.1, flujo de 9.6 mm y por último de estabilidad de 943 kgf (ver anexo 6.3).

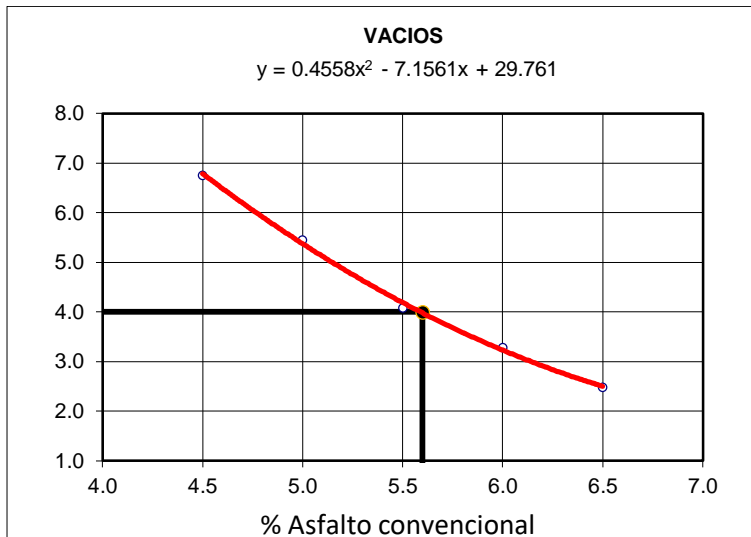


Figura n° 19 Vacío del diseño de mezcla 3

Fuente: Elaboración propia,2021.

Debido a la evidencia mostrada los vacíos se van llenando cuando se le añade a la mezcla asfáltica más PVC de 1.3%.

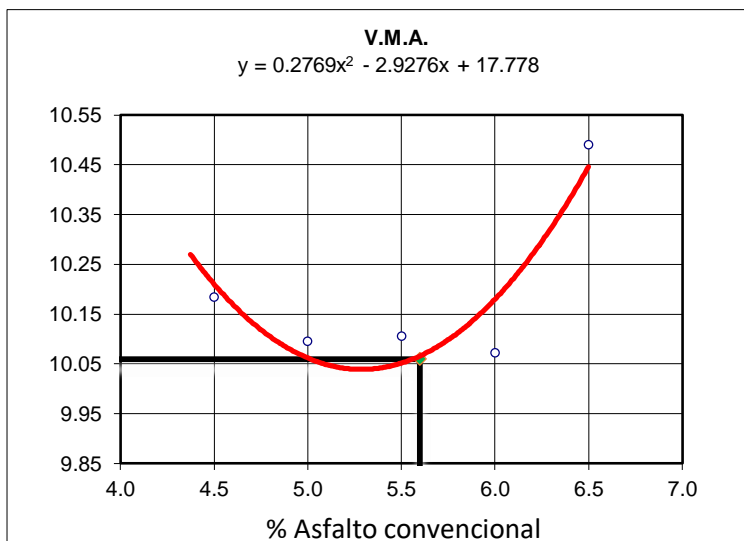


Figura n° 20 V.M.A del diseño de mezcla 3

Fuente: Elaboración propia,2021.

Entre los resultados logrados en cuanto al Vacío Máximo por Asfalto (V.M.A) a medida que fue aumento con el incremento de asfalto en la mezcla asfáltica más PVC de 1.3%, lo que quiere decir, existe un punto óptimo de 5.6% de asfalto en este diseño para lograr optimizar los resultados.



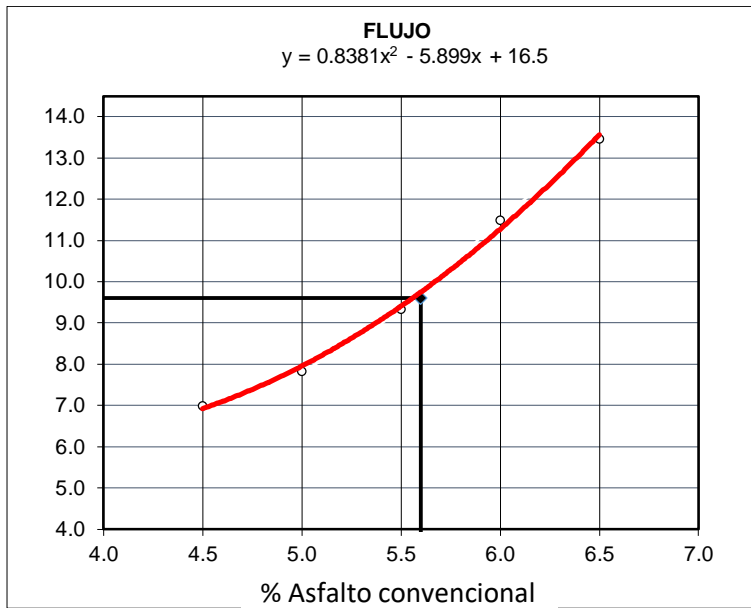


Figura n° 21 El flujo del diseño de mezcla 3

Fuente: Elaboración propia,2021.

Es necesario acotar de que luego de que logra a medida que va aumentando la cantidad necesaria para alcanzar un equilibrio entre el flujo y la mezcla asfáltica con un porcentaje de asfalto que fue de 5.6%.

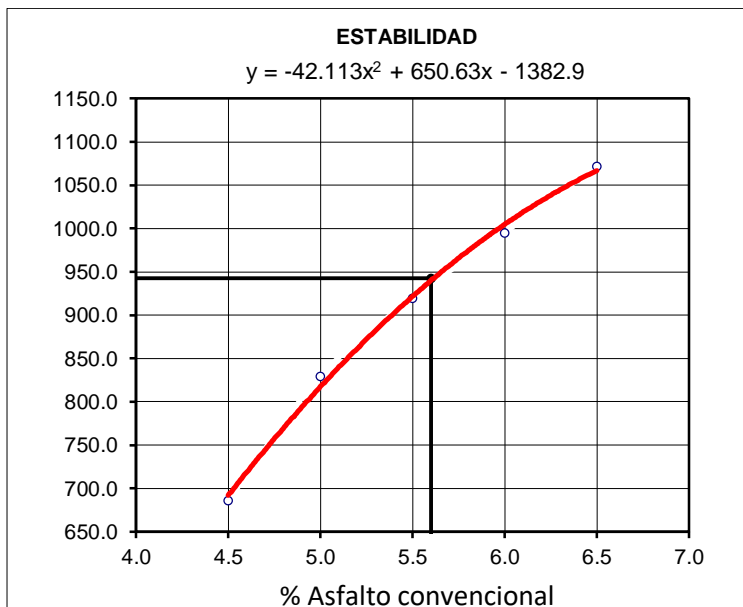


Figura n° 22 Estabilidad del diseño de mezcla 3

Fuente: Elaboración propia,2021.

Lo que quiere decir la estabilidad aumenta con la cantidad de asfalto y agregado siendo perjudicial para la mezcla asfáltica por lo que debe encontrarse un punto intermedio para lograr mejores resultados.

En base a todos los resultados obtenidos se realiza el siguiente resumen:

Tabla 20 *Resumen de ensayos de mezcla asfáltica convencional y modificada*

Mezcla asfáltica 60/70 Patrón o convencional				
%C asfalto	% Vacío	V.M. A	Flujo (mm)	Estabilidad (Kgf)
0	3-5	Máximo 14	8-14	Mínimo 815
4.5	4.8	14.2	9.8	1966
5.0	4.5	14.9	10.3	1679
5.5	4.2	15.7	11	1500
<b>5.7</b>	<b>4.2</b>	<b>15.9</b>	<b>11.5</b>	<b>1395</b>
6.0	3.5	16.2	12	1292
Mezcla asfáltica 60/70 con 5.6 %CA y 3% de caucho				
%PVC	% Vacío	V.M. A	Flujo (mm)	Estabilidad (Kgf)
0	3-5	Máximo 14	8-14	Mínimo 815
0.3	4.0	11.1	10.7	1020
0.8	4.0	10.5	9.6	965
1.3	4.0	10.1	9.6	943

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Es importante resaltar que la mezcla asfáltica mejoro con las adiciones de caucho y PVC, ya que los valores se encuentran en los parámetros establecidos en el manual de diseño de carreteras, siendo las de mejores resultados óptimos la de 1.3%, 3% de caucho y 5.6 % C asfalto, debido a que los valores de vacíos está dentro del rango y se evidencia un descenso con respecto al tradicional haciéndolo más duradero por menos vacío ya que el mismo dio 4 y el tradicional 4.8, otro aspecto importante que resaltar es el de la estabilidad que la minia está en 815 kn y se obtuvo un 943 kn permitiendo aumentar su vida útil, ya que el tradicional está en los alrededores de 1000 kn siendo más propenso a envejecimiento prematuro. Es decir que un 21,65% tanto aumenta su durabilidad por la estabilidad y porque los agregados de la mezcla asfáltica.



Tabla 21: IMDA de la vía Prolongación. Av. Revolución (Pasamayito) Comas a San Juan de Lurigancho

HORA		VEHICULOS LIGEROS		BUS-CAMIONETAS		CAMIONES			TOTAL	%
		PARTICULARES	TAXIS	PICK UP	BUS B2(COMBI)	C2	C3	C4		
6.00	7.00	23	8	3	28	8	0	0	70	6.78
7.00	8.00	29	9	5	37	6	0	0	86	8.33
8.00	9.00	25	11	6	35	5	0	0	82	7.95
9.00	10.00	24	7	3	33	2	1	0	70	6.78
10.00	11.00	22	10	5	23	3	0	0	63	6.10
11.00	12.00	21	7	1	24	2	0	0	55	5.33
12.00	13.00	27	8	8	28	10	1	0	82	7.95
13.00	14.00	24	11	5	24	6	0	0	70	6.78
14.00	15.00	22	12	8	22	5	0	0	69	6.69
15.00	16.00	26	10	5	24	2	0	0	67	6.49
16.00	17.00	23	11	3	24	1	0	0	62	6.01
17.00	18.00	28	10	6	26	0	0	0	70	6.78
18.00	19.00	36	8	4	26	1	0	0	75	7.27
19.00	20.00	35	7	2	28	1	0	0	73	7.07
20.00	21.00	14	9	4	10	1	0	0	38	3.68
<b>TOTAL</b>		<b>379</b>	<b>138</b>	<b>68</b>	<b>392</b>	<b>53</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1,032</b>	100.00

Fuente: Elaboración propia,2021.

En esta ruta circulan cerca de 1032 vehículos por día, entre particulares y públicos, incluidos taxis y camiones C2,C3 y C4 ver anexo 8, muchos de ellos informales.

## **DIMENSIÓN SERVICIABILIDAD**

### **Serviciabilidad Inicial (Pi)**

La serviciabilidad inicial (Pi) es la condición de una vía recientemente construida. A continuación, se indican los índices de servicio inicial para los diferentes tipos de tráfico.

Tabla 22 Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico

<b>TIPO DE CAMINOS</b>	<b>TRAFIC O</b>	<b>EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS</b>		<b>INDICE DE SERVICIABI LIDAD INICIAL (Pi)</b>
<b>Camino de bajo volumen de transito</b>		150,001	300,000	3.80
		300,001	500,000	3.80
		500,001	750,000	3.80
		750,001	1,000,000	3.80
<b>Resto de Caminos</b>		1,000,001	1,500,000	4.00
		1,500,001	3,000,000	4.00
		3,000,001	5,000,000	4.00
		5,000,001	7,500,000	4.00
		7,500,001	10,000,000	4.00
		10,000,001	12,500,000	4.00
		12,500,001	15,000,000	4.00
		15,000,001	20,000,000	4.20
		20,000,001	25,000,000	4.20
		25,000,001	30,000,000	4.20
		>30´000,000	4.20	

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología. Geotecnia y pavimentos MTC,2013.

### **Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)**

La serviciabilidad Terminal (Pt) es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

Tabla 23 Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$ PSI) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
<b>Camino de bajo volumen de transito</b>		150,001	300,000	1.80
		300,001	500,000	1.80
		500,001	750,000	1.80
		750,001	1,000,000	1.80
<b>Resto de Caminos</b>		1,000,001	1,500,000	1.50
		1,500,001	3,000,000	1.50
		3,000,001	5,000,000	1.50
		5,000,001	7,500,000	1.50
		7,500,001	10,000,000	1.50
		10,000,001	12,500,000	1.50
		12,500,001	15,000,000	1.50
		15,000,001	20,000,000	1.20
		20,000,001	25,000,000	1.20
		25,000,001	30,000,000	1.20
		>30'000,000	1.20	

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología. Geotecnia y pavimentos – MTC,2013.

Para un periodo de 10 años, Se propone, en base al desarrollo de otros proyectos similares que el índice de serviabilidad inicial sea de  $P_o = 4.00$  y el índice de serviabilidad final  $P_t = 1.5$ , por lo que la disminución del índice de serviabilidad será 2.50.

Se Obtiene:  $\Delta$  PSI =2.50

### **Cálculo de la tasa de crecimiento y proyección de tráfico vial**

Se realiza el cálculo de la proyección de acuerdo a lo establecido en el manual de carretera del MTC,2013

$$T_n = T_o(1+r)^{n-1}$$

Donde:

$T_n$ = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.

$T_o$ = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

N= Número de años del periodo de diseño.

R= Tasa anual de crecimiento de tránsito. (2%-6%)

$$T_n = 376680 \text{ veh/día } (1+0,06)^{10-1}$$

$$T_n = 376680 \text{ veh/día } (1,06)^9$$

$$T_n = 636392,934 \text{ veh/día}$$

De acuerdo a los resultados de la tasa de tránsito proyectado fue de 636.392,934 veh/día, esta tasa esta relacionada al crecimiento socio economico del lugar donde se encuentra Pasamayito, asi como su crecimiento poblacional por lo tanto deberia realizarse el disena de una carretera de pavimento flexible por no solo con la baja capacidad portante del suelo actual, va generando mas deterioro a la misma por la cantidad de 1032 veh/día que circula por la misma por día.

### **DIMENSIÓN SUBRASANTE**

Para llevar a cabo un estudio de pavimentación y en este caso fue necesario medir la capacidad portante del suelo por medio del estudio de suelo primeramente, se trata de conocer las condiciones del terreno de acuerdo al proyecto de pavimentación en las Avenida prolongación para unir Comas con San Juan de Lurigancho con 5 km ya que en la actualidad existen algunas que no presentan algún tipo de pavimento flexible se utiliza el estudio de suelo, para lo cual se analizó en base a un estudio de suelo realizado a fin de conocer las condiciones necesarias cuando se realizan este tipo de proyecto, en lo que se comienza con el conocimiento de algunos aspectos importantes.



*Figura n° 23 Trocha Pasamayito Avenida revolución*

Fuente: Ramírez, Castro, Copari, Pérez, (2020).



*Figura n° 24 Estado actual de la vía*

Fuente: Ramírez, Castro, Copari, Pérez, (2020).

La imagen permite evidenciar el estado actual de la superficie de rodadura en este sector, la cual está totalmente colapsada a causa de la erosión fluvial de la plataforma



## **Trabajo de Campo**

Estos consisten en la excavación de calicatas, toma de muestras y datos de las mismas en 5 kms de acuerdo al laboratorio para que sea representativa del universo en estudio se puede realizar a cada 2 km una calicata con 3 repeticiones de 1 ensayo, por lo tanto, fueron 3 calicatas, teniendo como referencia el eje actual de la vía, con la finalidad de evaluar y establecer las características físico-mecánicas de la subrasante (terreno natural) sobre el cual se apoyará la estructura de pavimento.



## **Ubicación y Ejecución de las calicatas**

La ubicación de las calicatas ubicadas en la avenida prolongación se establece previamente en gabinete, teniendo en consideración el eje actual de la vía, y se define posteriormente en campo teniendo en cuenta los tipos de suelos existentes. Para el presente estudio se ha considerado ejecutar calicatas con un 1.50 mt de espaciamiento promedio de acuerdo a lo establecido por el MTC ver tabla N° 24, cuyos sondajes se denominaron correlativamente como C-1, C-2 y C-3.

La ejecución se realizó de manera manual y hasta una profundidad de 1,5m ó hasta alcanzar el nivel freático o roca, identificando los estratos, sus espesores y algunas propiedades físicas, con lo cual se definió el perfil estratigráfico de la vía.

Tabla 24 *Numero de calicatas a ensayar dependiendo de los kilómetros a analizar.*

**Número de Ensayos  $M_R$  y CBR**

Tipo de Carretera	N° $M_R$ y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 <math>M_R</math> cada 3 km y 1 CBR cada 1 km</li> </ul>
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> <li>(*)</li> </ul>
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 2 km se realizará un CBR</li> <li>(*)</li> </ul>
Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>

*Fuente: manual de carretera MTC,2014.*

Además, es necesario mencionar que la carretera es de segunda clase de acuerdo al IMDA de 1032 veh/día.

### Propiedades físicas

Entre estas propiedades se encuentran el análisis Granulométrico por tamizado (MTC E 107), el límite líquido (MTC E 110), el límite plástico (MTC E 111) y también se mide el contenido de humedad (MTC E 108), CBR. La prueba CBR (California Bearing Ratio), conocido como el ensayo de soporte califonia, el cual mide la resistencia al esfuerzo cortante del suelo. Todas ellas necesarias para garantizar la durabilidad del pavimento.

Clasificación de suelos por el método SUCS y por el método AASHTO (ASTM D-2487 / 0-3282)

Los diferentes tipos de suelos encontrados y estudiados son definidos por el tamaño de las partículas, así como por su condición de plasticidad en función del contenido de humedad natural del suelo. Frecuentemente son encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como, por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso.

A continuación, se muestra la tabla N°25 donde es presentado un resumen de los

resultados de ensayos de clasificación, contenido de humedad, límites y análisis granulométrico correspondiente a las muestras de las 3 calicatas que se realizaron.

Tabla 25 Resumen de los resultados de las propiedades físicas

CAL	PROG	NORTE	ESTE	EXTRACTO	PROF.
C1	0 +1.50	8'100'278	298,425	E1	1.50
C2	1.50+1.50	8'100'206	298,180	E2	1.50
C3	3+1.50	8'100'963	298,707	E3	1.50

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Propiedades Mecánicas

Los ensayos que permiten definir las propiedades mecánicas del suelo frente a sollicitaciones mecánicas, determinando su condición de resistencia, en esta investigación para el diseño de espesores de pavimentos son: El CBR (California Bearing Ratio), las densidades naturales y el ensayo de Humedad (Proctor) de Suelos los cuales se hacen en todos los estudios de Suelo. Pero para efectos de esta tesis interesa el CBR.

A continuación, se muestra la Tabla N°26 donde se resumen los resultados de laboratorio de las propiedades mecánicas

Tabla 26 Resumen de los resultados de las propiedades mecánicas

Calicata	Muestra (Golpes)	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (")	C.B.R (%)
C1	56	2.169	0.1	37
C2	25	2.089	0.1	24
C3	10	1.992	0.1	20

Fuente: Elaboración propia, 2021.

De acuerdo a la evidencia mostrada el CBR alcanza un valor alto en 37% (ver anexo 9).

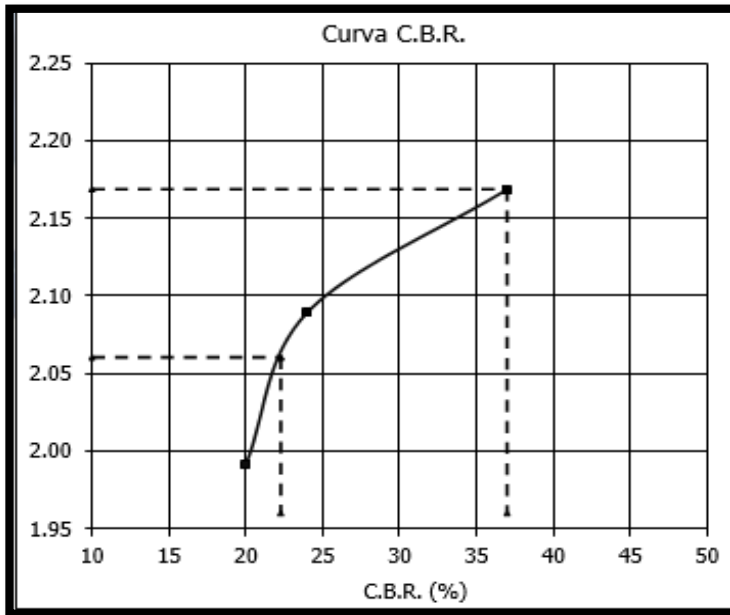


Figura n° 25 Determinación de CBR método gráfico.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tal como se puede visualizar mejor y representar la tendencia a través de una gráfica el comportamiento del CBR tal como se puede apreciar a continuación que llega a valores de 37% el valor máximo y 22.4% mínimo (ver anexo 9) que alcanza el CBR de la muestra del suelo de la trocha de Pasamayito.

Por otra parte, es necesario mencionar que de acuerdo a los parámetros establecidos por las normas peruanas para el diseño de carreteras y depende de la clase de carretera que se pretende realizar se especifica seguidamente:

En base a lo planteado el tipo de carretera se resumen en el requerimiento mínimo que establece el ministerio de transporte y comunicación para proyectos de asfaltados de carreteras con pavimentos flexibles.

**Valor Relativo de Soporte, CBR en Subbase Granular (\*)**  
(MTC E132, NTP 339.145 1999)

CBR en Subbase Granular	Mínimo 40%
-------------------------	------------

(\*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

Figura n° 26 Valor Relativo de Soporte, CBR en Subbase Granular

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología. Geotecnia y pavimentos

– MTC

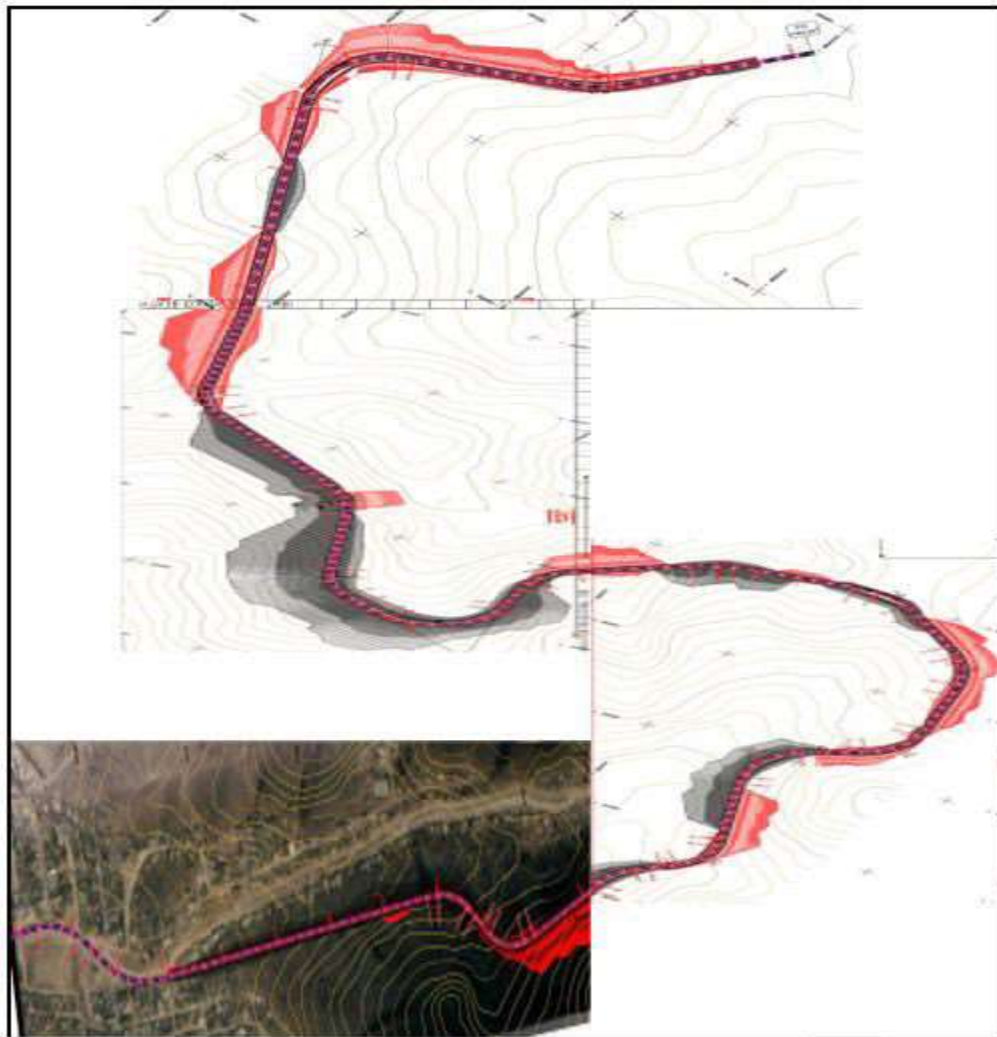
### **Criterio de capacidad de soporte de los Suelos (CBR)**

Parámetro de mucha importancia y clave para garantizar una buena pavimentación duradera en el tiempo con buenas características mecánicas y de desempeño. El manual de carreteras del MTC de Perú hace referencia a este dato y expresa que se considera apto como material subrasante un suelo que posea un  $CBR_{\geq 40}$ , si es menor se debe proceder a la estabilización del suelo, como resultado mayor o igual a 40 no es necesario aplicarle estabilizante, pero si se analiza a fondo por el método gráfico del ASTM se tiene que aplicando la variante CBR por el método gráfico y por el método ASTM de tres puntos (prueba figura 2), utilizando las mediciones de compactación, es decir, con 12, 25 y 56 golpes (ver figura 1) respectivamente por cada medición se concluye:

La prueba CBR (California Bearing Ratio), conocido como el ensayo de soporte california, el cual mide la resistencia al esfuerzo cortante del suelo proporcionó datos consistentes (no hay que repetirla), ya que según el estándar proporcionado por la ASTM (American Standards for Testing and Materials) establece que un CBR (0,1") cercano "0" indica un suelo de baja calidad mientras que cercano a 100 % es de buena calidad, en vista que en caso particular del estudio los resultados fueron:

(100% M.D.S.) 0.1": 37 y C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 22.4, se concluye que la calidad del suelo es relativa con tendencia a mala calidad ya que posee lo mínimo en algunas partes del suelo ya que lo mínimo del CBR es 40% para soportar la carretera cuando se transite transporte pesado.

Una vez obtenido los resultados se plantea el siguiente diseño de pavimento flexible con PVC y caucho en la carreta de la avenida prolongación para unir Comas con San Juan de Lurigancho.



*Figura n° 27 Diseño final de la carretera.*

*Fuente:* Ramírez, Castro, Copari, Pérez, (2020).

Es decir, con la aplicación de mezcla asfáltica con PVC y caucho (ver anexo 10) contribuye a mejorar la capacidad portante del suelo, ya que mejoran sus propiedades mecánicas aumentando su dureza y baja capacidad de penetración.

## **4.2 RESULTADO INFERENCIAL**

### **Análisis de hipótesis general**

La hipótesis general de esta investigación pudo ser determinada así: Existe un diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idónea para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021.

### **Análisis de hipótesis específica 1**

Las hipótesis específicas fueron establecidas de la siguiente manera:

Tabla 27 Resumen del CBR del suelo de la Av. prolongación

CBR	%
37	100
20	95
24	95
22.4	95

Fuente: Elaboración propia,2021

Después de obtener los datos correspondientes se realiza la prueba de normalidad para conocer si los datos se comportan normal o anormal y como la muestra es menor a 50 se aplica Shapiro Wilk tal como se muestra a continuación:

Tabla 28 Prueba de normalidad del CBR

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR	,403	4	.	,708	4	,014
PORCENTAJEDECBR	,433	4	.	,642	4	,002

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente; Programa SPSS,25

Como se puede visualizar en la tabla 28 el p valor dio 0,014 es menor que 0,05 lo que quiere decir que los datos no son normales y se aplica una prueba no paramétrica, regresión lineal para conocer la correlación por medio de tablas de ANOVA.

Tabla 29 Parámetros de la regresión lineal del CBR

Modelo	Resumen del modelo <sup>b</sup>								
	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Cambio en R cuadrado	Cambio en F	Estadísticos de cambio		Sig. Cambio en F
							gl1	gl2	
1	,601 <sup>a</sup>	,361	,041	2,40052	,361	1,128	1	2	,399

a. Predictores: (Constante), VAR00002

b. Variable dependiente: CBR

Fuente: Programa SPSS, 25.

Tal como se puede visualizar el grado de correlación entre las variables es un 60%, lo que quiere decir que están íntimamente relacionadas.

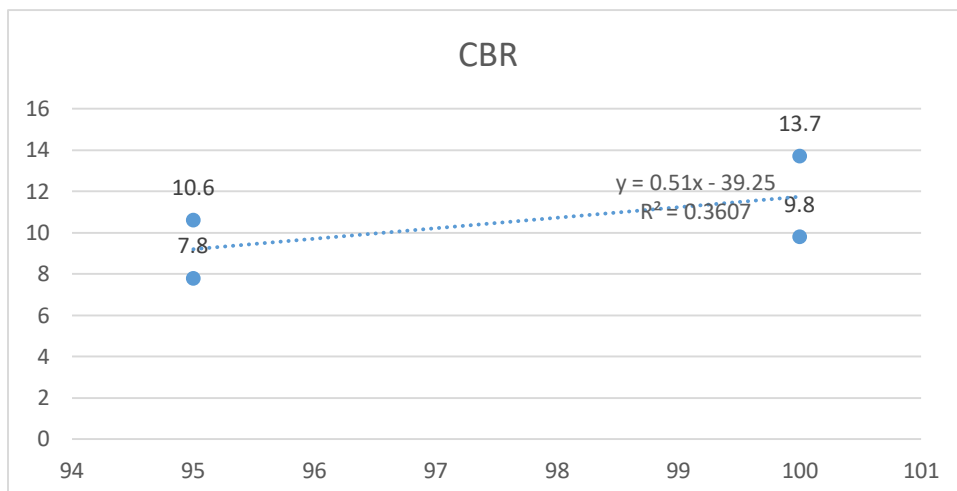


Figura n° 28 Comportamiento de regresión lineal del CBR método gráfico.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Esta grafica muestra medidas diferentes porque fue realizada a dos escalas diferentes a 95% y 100% pero cumple con la mínima capacidad del suelo aceptable para realizar una carretera.

Tabla 30 ANOVA del CBR

		ANOVA <sup>a</sup>				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2467,663	1	2467,663	403,717	,002 <sup>b</sup>
	Residuo	12,225	2	6,112		
	Total	2479,888	3			

a. Variable dependiente: CBR

b. Predictores: (Constante), PORCENTAJEDECBR

Fuente: Programa SPSS, 25.

Ho= Hipótesis nula no existe diferencia estadísticamente

Ha= Hipótesis alternativa si existe diferencia significativa

Ho= No existen características en el suelo necesarias para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020



Ha= Existen características en el suelo necesarias para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021

Regla de decisión p valor

Si el pvalor (sig)<0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa

Si el pvalor(sig) >0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

Se puede visualizar que 0,020 del pvalor (sig) fue menor 0,05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa lo que quiere decir que si existe diferencia estadística y si existen características en el suelo necesarias para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020

## **Análisis de la hipótesis específica 2**

Para conocer alguna de las características necesarias para el diseño de carreteras por medio del método de diseño muy utilizado y reconocido Marshall se consideraron necesaria para saber si afecta el buen diseño de la carpeta asfáltica para que no afecte la capacidad portante del suelo entre las cuales están estabilidad, flujo, V.M.A y vació.

## **ESTABILIDAD**

Tabla 31 *Prueba de normalidad de estabilidad*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ESTABILIDAD	,403	4	.	,708	4	,052
PORCENTAJE DE PVC	,433	4	.	,642	4	,003

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Programa SPSS,25

$p(\text{sig}) \leq .05$  = la distribución es anormal (asimétrica)

$p(\text{sig}) \geq .05$  = la distribución es normal (simétrica)

Como se puede visualizar en la tabla 31 el p valor dio 0,052 es mayor que 0,05 lo que quiere decir que los datos son normales y se aplica una prueba no paramétrica, regresión lineal para conocer la correlación por medio de tablas de ANOVA

Tabla 32 Prueba de normalidad de estabilidad

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,890 <sup>a</sup>	,792	,584	1,40577

a. Predictores: (Constante), ESTABILIDAD

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se puede visualizar la correlación 89%, es decir mayor grado de correlación de ambas variables.

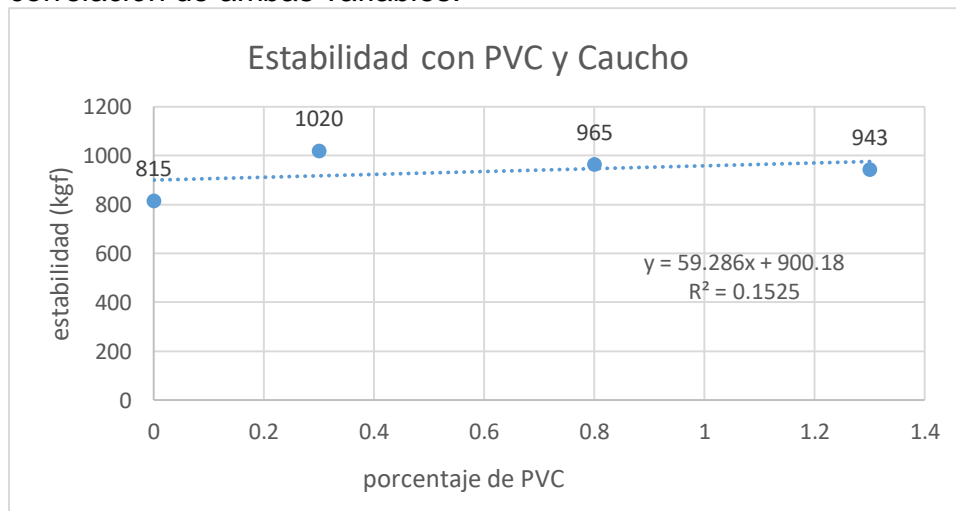


Figura n° 29 Regresión lineal de estabilidad.

Fuente: Elaboración propia,2021.

Existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021, ya que existe una correlación baja porque  $R^2$  resulto igual a 0.15 es decir un 15% de relación.

Tabla 33 ANOVA de estabilidad

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	7,524	1	7,524	3,807	,0302 <sup>b</sup>
	Residuo	1,976	1	1,976		
	Total	9,500	2			

a. Variable dependiente: porcentaje PVC

b. Predictores: (Constante), ESTABILIDAD

Fuente: Programa SPSS,25.

Ho=Hipótesis nula no existe diferencia estadísticamente

Ha= Hipótesis alternativa si existe diferencia significativa

Ho= No existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021

Ha= Existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021

Regla de decisión p valor

Si el pvalor (sig)<0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa

Si el pvalor(sig) >0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

Se puede visualizar que 0,032 del pvalor (sig) fue menor 0,05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa lo que quiere decir que si existe diferencia estadística y existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021.

## FLUJO

Tabla 34 *Prueba de normalidad del Flujo*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje PVC	,343	3	.	,842	3	,220
FLUJO	,337	3	.	,855	3	,26

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Programa SPSS,25.

$p(\text{sig}) \leq .05$  = la distribución es anormal (asimétrica)

$p(\text{sig}) \geq .05$  = la distribución es normal (simétrica)

Como se puede visualizar en la tabla 34 el p valor dio 0,26 es mayor que 0,05 lo que quiere decir que los datos son normales y se aplica una prueba paramétrica, por lo cual se aplica se aplica regresión lineal para ver el grado de correlación, por medio de la tabla de ANOVA se aplicara la regla de decisión correspondiente:

Tabla 35 *Prueba de ANOVA del flujo*

Modelo		ANOVA <sup>a</sup>				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	9,399	1	9,399	93,219	,0066 <sup>b</sup>
	Residuo	,101	1	,101		
	Total	9,500	2			

a. Variable dependiente: porcentaje PVC

b. Predictores: (Constante), FLUJO

Fuente: Programa SPSS, 25.

Ho=Hipótesis nula no existe diferencia estadísticamente

Ha= Hipótesis alternativa si existe diferencia significativa

Se puede visualizar que 0,0066 del pvalor (sig) fue menor 0,05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa lo que quiere decir que si existe diferencia estadística y existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021

Tabla 36 *Estadístico de regresión lineal del flujo*

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,995 <sup>a</sup>	,989	,979	,31754

a. Predictores: (Constante), FLUJO

Fuente: Programa SPSS,25.

Tal como se puede visualizar existe una alta correlación alta de 99%, entre las características del diseño de mezcla y la capacidad portante del suelo.

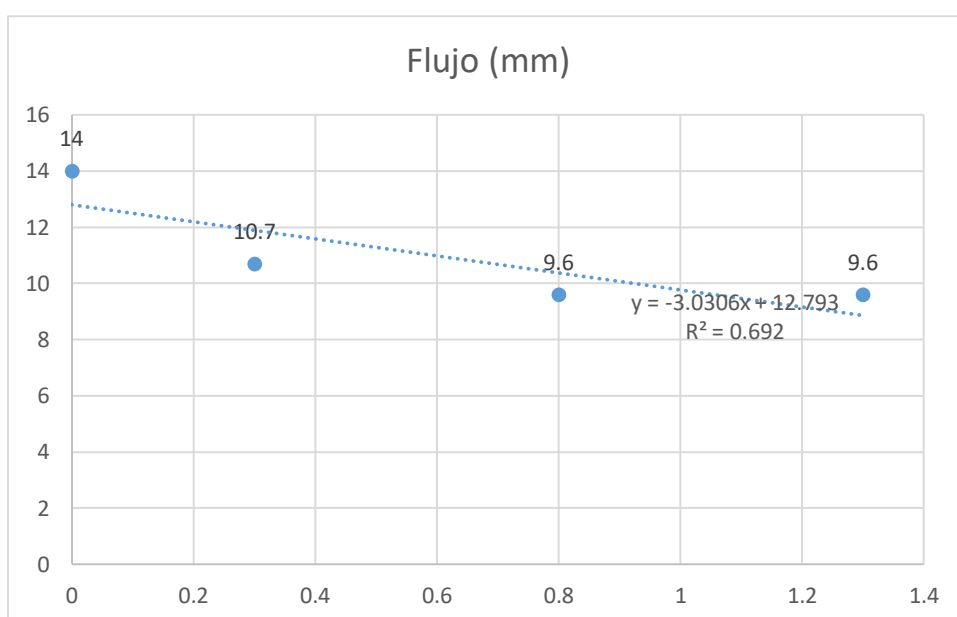


Figura n° 30 *Regresión lineal de flujo.*

Fuente: *Elaboración propia,2021.*

De acuerdo a lo planteado en la gráfica a medida que aumenta el porcentaje de PVC aumenta el flujo y tiene una media correlación porque se obtuvo un 69% de relación entre ambas variables.

## %VACIO

Para conocer el comportamiento de los datos para conocer si los datos siguen un comportamiento paramétrico o no paramétrico se realiza la prueba de normalidad para realizar el contraste de la hipótesis se debe establecer la

normalidad dentro de la variable y dimensiones que constituyen las hipótesis planteadas para establecer el tipo de prueba a realizar y con ella comprobar las hipótesis y darles respuesta a los objetivos. Teniendo en cuenta que para muestras menores a cincuenta ( $n \leq 50$ ) se realiza la prueba de Shapiro-Wilk para el conjunto de una muestra se procede a realizar dicha evaluación a través del programa SPSS25 teniendo como base de análisis que:

Tabla 37 *Prueba de normalidad de porcentaje de vacío*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje PVC	,343	3	.	,842	3	,220
Porcentaje de vacío	,337	3	.	,855	3	,253

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Programa SPSS,25.

$p(\text{sig}) \leq .05$  = la distribución es anormal (asimétrica)

$p(\text{sig}) \geq .05$  = la distribución es normal (simétrica)

Como se puede visualizar en la tabla 37 el p valor dio 0,220 es mayor que 0,05 lo que quiere decir que los datos son normales y se aplica una prueba paramétrica, por lo cual se aplica se aplica regresión lineal para ver el grado de correlación, por medio de la tabla de ANOVA se aplicara la regla de decisión correspondiente:

Tabla 38 *Estadística de porcentaje de vacío*

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,485 <sup>a</sup>	,235	-,530	2,69582

a. Predictores: (Constante), porcentaje de vacío

Fuente: Programa SPSS,25.

Se puede mencionar que existe una correlación mediana con un 0.485 que equivale a un 48,5% lo que quiere decir que las variables están relacionadas, es decir que las características de la carpeta asfáltica inciden en el buen comportamiento de la capacidad portante del suelo.

Tabla 39 ANOVA de porcentaje de vació

		ANOVA <sup>a</sup>				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,233	1	2,233	,307	,00678 <sup>b</sup>
	Residuo	7,267	1	7,267		
	Total	9,500	2			

a. Variable dependiente: porcentaje PVC

b. Predictores: (Constante), porcentaje de vació

Ho=Hipótesis nula no existe diferencia estadísticamente

Ha= Hipótesis alternativa si existe diferencia significativa

Se puede visualizar que 0,00678 del pvalor (sig) fue menor 0,05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa lo que quiere decir que, si existe diferencia estadística y existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021

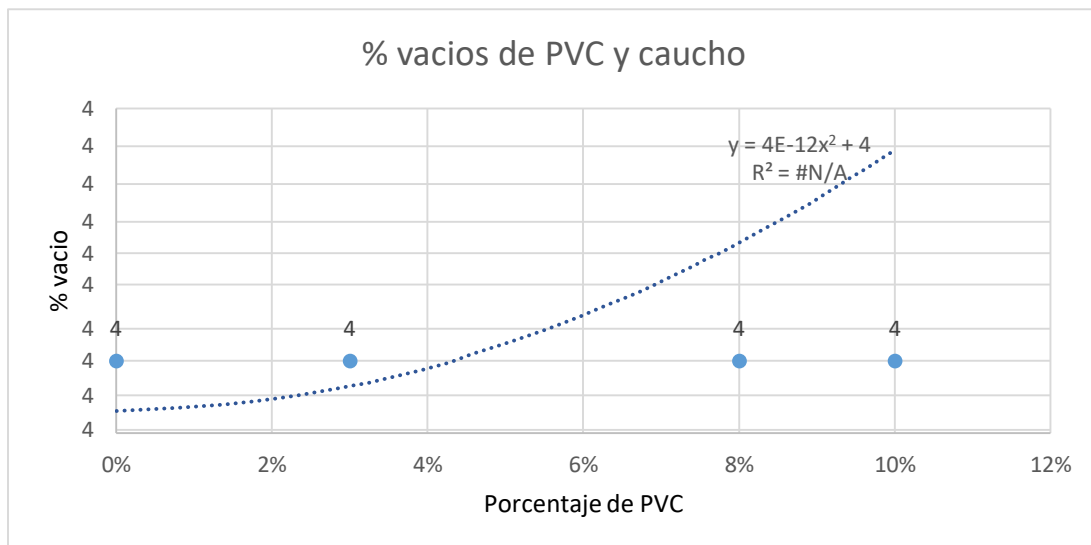


Figura n° 31 Regresión lineal de porcentaje de vació.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tal como se puede visualizar en la figura 31 el porcentaje de vació disminuye cuando se le agrega PVC, aumentando su durabilidad y su vida útil para soportar mayor tiempo la carga del tránsito y su relación es grande.

### %V.M. A (Vacíos de Agregado Mineral)

Para conocer el comportamiento de los datos para conocer si los datos siguen un comportamiento paramétrico o no paramétrico se realiza la prueba de normalidad para realizar el contraste de la hipótesis se debe establecer la normalidad dentro de la variable y dimensiones que constituyen las hipótesis planteadas para establecer el tipo de prueba a realizar y con ella comprobar las hipótesis y darles respuesta a los objetivos. Teniendo en cuenta que para muestras menores a cincuenta ( $n \leq 50$ ) se realiza la prueba de Shapiro-Wilk para el conjunto de una muestra se procede a realizar dicha evaluación a través del programa SPSS25 teniendo como base de análisis que:

Tabla 40 *Prueba de normalidad de porcentaje de V.M.A*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje PVC	,343	3	.	,842	3	,220
Porcentaje de V.M.A	,337	3	.	,855	3	,253

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Programa SPSS,25.

$p(\text{sig}) \leq .05$  = la distribución es anormal (asimétrica)

$p(\text{sig}) \geq .05$  = la distribución es normal (simétrica)

Como se puede visualizar en la tabla 40 el p valor dio 0,220 es mayor que 0,05 lo que quiere decir que los datos son normales y se aplica una prueba paramétrica, por lo cual se aplica se aplica regresión lineal para ver el grado de correlación, por medio de la tabla de ANOVA se aplicara la regla de decisión correspondiente:

Tabla 41 *Estadística de porcentaje de vacío*

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,6122 <sup>a</sup>	,7154	-,530	2,69582

a. Predictores: (Constante), porcentaje de vacío

Fuente: Programa SPSS,25.



Se puede mencionar que existe una correlación alta con un 0.7154 que equivale a un 71.54% lo que quiere decir que las variables están relacionadas, es decir que las características de la carpeta asfáltica inciden en el buen comportamiento de la capacidad portante del suelo.

Tabla 42 ANOVA de porcentaje de V.M.A

		ANOVA <sup>a</sup>				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,233	1	2,233	,307	,003 <sup>b</sup>
	Residuo	7,267	1	7,267		
	Total	9,500	2			

a. Variable dependiente: porcentaje PVC

b. Predictores: (Constante), porcentaje de vacío

Ho=Hipótesis nula no existe diferencia estadísticamente

Ha= Hipótesis alternativa si existe diferencia significativa

Se puede visualizar que 0,003 del pvalor (sig) fue menor 0,05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa lo que quiere decir que, si existe diferencia estadística y existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020

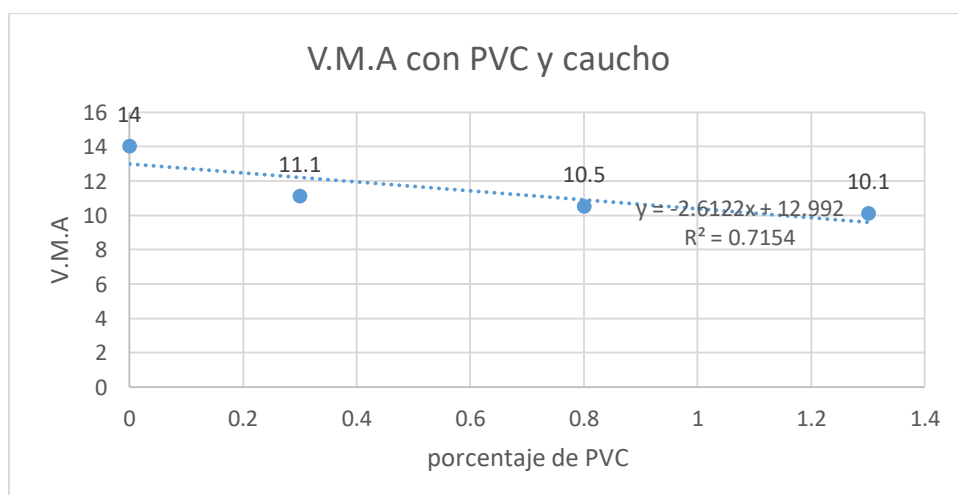


Figura n° 32 Regresión lineal de V.M.A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tal como se puede visualizar en la figura 31 el porcentaje de vacío disminuye cuando se le agrega PVC, aumentando su durabilidad y su vida útil para soportar mayor tiempo la carga del tránsito y su relación es grande porque se obtuvo un 71% de relación entre ambas variables.

### **Análisis de la hipótesis 3**

Existe tránsito vehicular que afecta el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021.

Tabla 43 *Conteo vehicular en cantidad y porcentaje*

CANTIDAD	PORCENTAJE
379	36.72
138	13.37
680	7
392	37.98
514	5.14
2	0.19

Fuente: Elaboración Propia, 2021.

Tabla 44 Prueba de normalidad del *conteo vehicular en cantidad y porcentaje*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje PVC	,343	3	.	,842	3	,220
Porcentaje de vacío	,337	3	.	,855	3	,253

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Programa SPSS, 25.

Teniendo en cuenta que para muestras menores a cincuenta ( $n \leq 50$ ) se realiza la prueba de Shapiro-Wilk para el conjunto de una muestra se procede a realizar dicha evaluación a través del programa SPSS25 teniendo como base de análisis que:

$p(\text{sig}) \leq .05$  = la distribución es anormal (asimétrica).

$p(\text{sig}) \geq .05$  = la distribución es normal (simétrica).

El p valor dio 0,22 es mayor que 0,05 lo que quiere decir que los datos son normales y se aplica una prueba paramétrica, por lo cual se aplicara regresión lineal para evaluar la correlación que existe entre ambas variables del diseño de mezcla asfáltica y capacidad portante del suelo.

Tabla 45 Prueba de normalidad del *conteo vehicular en cantidad y porcentaje*

Resumen del modelo									
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				Sig. Cambio en F
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	
1	,601 <sup>a</sup>	,361	,041	2,40052	,361	1,128	1	2	,399

a. Predictores: Porcentaje

b. Variable dependiente: CBR

Fuente: Programa SPSS,25

De acuerdo al resultado obtenido hubo una mediana relación de 60%, con respecto al conteo vehicular y la capacidad portante del suelo.

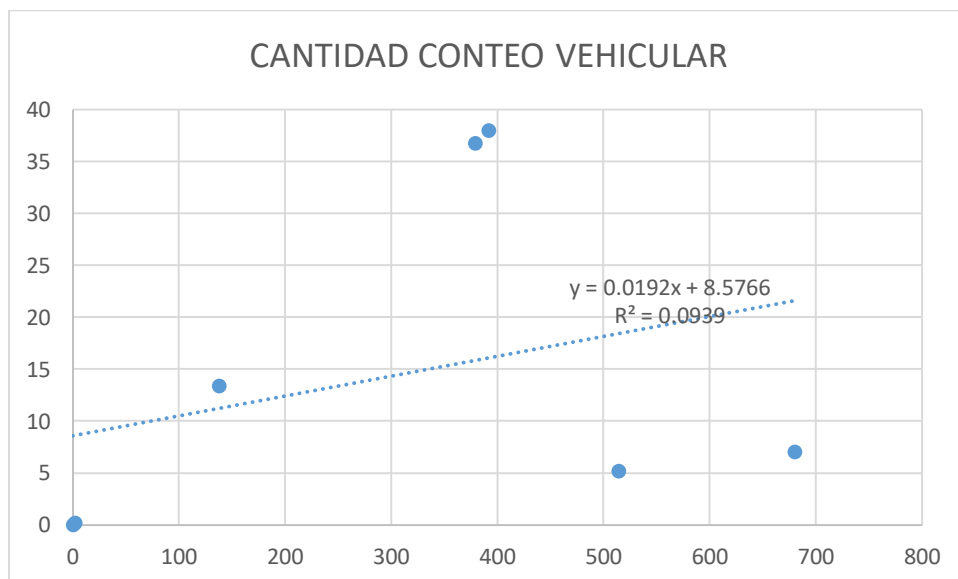


Figura n° 33 Regresión lineal del conteo vehicular.

Fuente: Elaboración propia,2021.

Tal como se puede visualizar en el conteo vehicular transita muchas combis por la prolongación Av Prolongación, la cual muchas veces lleva exceso de pasajero lo que hace que se reduzca la capacidad portante del suelo.

Tabla 46 ANOVA del conteo vehicular.

		ANOVA <sup>a</sup>				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,233	1	2,233	,307	,00678 <sup>b</sup>
	Residuo	7,267	1	7,267		
	Total	9,500	2			

a. Variable dependiente: porcentaje PVC

b. Predictores: (Constante), porcentaje de vacío

Fuente: *Elaboración propia, 2021*

Ho=Hipótesis nula no existe diferencia estadísticamente

Ha= Hipótesis alternativa si existe diferencia significativa

Ho= No existe tránsito vehicular que afecta el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021.

Ha= Existe tránsito vehicular que afecta el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020.

Regla de decisión p valor

Si el pvalor (sig)<0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa

Si el pvalor(sig) >0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

Se puede visualizar que 0,0067 del pvalor (sig) fue menor 0,05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa lo que quiere decir que si existe diferencia estadística y existe tránsito vehicular que afecta el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en la prolongación Av. Revolución, Comas 2021.

## **V. DISCUSIÓN**

En base a los resultados obtenidos de los experimentos efectuados a la mezcla asfáltica para diferentes diseños con la adición de caucho y PVC, para lograr la optimización de los pavimentos flexibles por medio de las propiedades mecánicas, con el fin de mejorar su durabilidad frente a factores externos e internos que afectan la vida útil de la misma e indirectamente la capacidad portante del suelo.

Con los resultados logrados permite un aporte de nuevos conocimientos en el área de ingeniería civil al efectuar proyectos del tipo innovadores es por eso la limitación en encontrar estudios idóneos de buena calidad científica para el estudio con la finalidad de crear este tipo de estudios y contribuir como alternativas con la finalidad de tomar decisiones necesarias para la competitividad del mercado y contribuir a la parte ambiental en la reutilización de elementos fuera de uso que tardan en degradarse como es el caucho y el PVC, con la finalidad de aportar conocimientos para el crecimiento del país con la finalidad de crear proyectos de carácter amigable con el medio ambiente y sostenible.

Con la finalidad de efectuar el contraste y comprobación de hipótesis se aplicó para el mismo la regresión lineal para la comprobación de la idealidad de los parámetros, con respecto a los resultados obtenidos se efectúa la comprobación de hipótesis de carácter general del estudio se acepta de que existe un diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idónea para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2021, ya que los resultados de acuerdo al análisis inferencial por medio del cual evidencia un comportamiento favorable comprobando que existen mejoras en las propiedades mecánicas del pavimento flexible con la adición de caucho y PVC, al igual que mejora indirectamente la capacidad portante del suelo, ya que no presenta mucha capacidad por lo que hay que mejorar la base que son los pavimentos flexibles esto tiene concordancia con lo planteado por Aboud, Jassem, Khaled, Abdulhussein, & Kumar (2020) en donde concluyeron que las mezclas modificadas con PVC y caucho, es decir polimeros se comprobo ser correctas para mejorar la resistencia al agrietamiento.

1. Con la finalidad de conocer las características del suelo se realizó la prueba CBR (California Bearing Ratio), conocido como el ensayo de soporte californiano, el cual mide la resistencia al esfuerzo cortante del suelo. Se estudió (100% M.D.S.) 0.1": 37% y C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" 22.4%: se concluye que la calidad del suelo es relativa con tendencia a mala calidad ya que posee lo mínimo en algunas partes del suelo ya que lo mínimo del CBR es 40% para soportar la carretera cuando se transite transporte pesado. Esta afirmación contrasta con lo planteado por Ramírez, Castro, Copari y Pérez (2020) en donde el CBR de la primera calicata fue 22%, por lo que se plantea la propuesta de diseño, ya que según el MTC el CBR para ser apto para diseño debe ser mínimo 40%, pero el de la calicata 2 fue 47.6% y la calicata 3 resultó 57.6%, esta apto para diseñar una carretera sobre este.

2. Con respecto al resultado de las características del pavimento flexible a través de los tres diseños planteados de 0.3% PVC, 3% de caucho, 0.8 PVC, 3% de caucho y por último se 1.3% PVC, 3% caucho, se analizó por el método de diseño de pavimentos Marshall. Es importante resaltar que la mezcla asfáltica mejoró con las adiciones de caucho y PVC, ya que los valores se encuentran en los parámetros establecidos en el manual de diseño de carreteras, siendo las de mejores resultados óptimos la de 1.3%, 3% de caucho y 5.6 % Cantidad de asfalto, debido a que los valores de vacíos está dentro del rango y se evidencia un descenso con respecto al tradicional haciéndolo más duradero por menos vacío ya que el mismo dio 4 y el tradicional 4.8, otro aspecto importante que resaltar es el de la estabilidad que la muestra está en 815 kN y se obtuvo un 943 kN permitiendo aumentar su vida útil, ya que el tradicional está en los alrededores de 1000 kN siendo más propenso a envejecimiento prematuro. Este planteamiento se asemeja a lo planteado por Lozano & Reyes (2020) se concluyó que con la incorporación de PVC y GCR se mejoró la actuación mecánica de la mezcla asfáltica 60/70 a elevadas temperaturas e incrementa su resistencia cuando se presenta resistencia a deformaciones constantes provocadas por el evento de ahuecamiento.

3. Por último se puede mencionar en cuanto al conteo vehicular que fue de 1032 vehículos por día entre particulares y públicos, incluidos taxis y camiones, muchos de ellos informales, se estima una servicialidad de 10 años del

pavimento flexible, ya que actualmente la avenida prolongación es una trocha que presenta deterioro en la capa de rodadura por constante tránsito de vehículos e incluso algunas veces por acciones fluviales, por lo que debe realizarse un diseño de pavimento flexible para evitar el deterioro de la capacidad portante del suelo. Este se compara del estudio de Ramírez, Castro, Copari y Pérez (2020) donde se planteó el índice Media Anual (IMDA) que resultado del estudio realizado en Pasamayito dentro de Comas y San Juan de Lurigancho fue de  $5.36 \times 10^6$  ES, siendo este un elemento importante para el diseño de pavimento flexible.

Con respecto a la hipótesis específica 1 tenemos que se acepta es decir si existen características en el suelo necesarias para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020. Concuera con lo planteado por Ramírez, Castro, Copari y Pérez (2020) en donde el CBR es importante para establecer la capacidad de soporte del suelo frente a diseño de infraestructuras viales, ya que según el MTC el CBR para ser apto para diseño debe ser mínimo 40%.

En cuanto a la hipótesis específica 2 se acepta la hipótesis alterna de que si existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020. Comparado con lo planteado por Lozano & Reyes (2020) Incorporar dentro del proceso de modificación de las propiedades del asfalto, el desecho de procesamiento Industrial de PVC, contribuirá a disminuir el impacto ambiental negativo que produce la disposición y no utilización de estos residuos

Por otra parte se acepta la hipótesis 3 de los investigadores existe tránsito vehicular que afecta el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020. Presentando similitud con el estudio de Ramírez, Castro, Copari y Pérez (2020) donde se planteó que con el conteo vehicular se puede determinar si el



diseño del pavimento flexible va hacer de mediano o alto transito e incluso permite contabilizar otros elementos importantes para el diseño de pavimento flexible.

- Con respecto a un 21,65% tanto aumenta su durabilidad por accion de la estabilidad y porque los agregados de la mezcla asfaltica. Por lo tanto, se demuestra que es importante modificar la mezcla asfaltico con caucho y PVC, ya que se mejora las propiedades mecánicas, por lo tanto, más recomendable es usar la proporción de 3% de caucho y 1,3% PVC lo que aporta mayor durabilidad y contribuye a mejorar la capacidad portante del suelo.

## **VI. CONCLUSIONES**

Una vez efectuados los ensayos correspondientes para cuantificar las características del suelo, las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho y PVC e incluso el tráfico donde se concluye:

Una vez estudiado los parametros de flujo, V.M.A, estabilidad, porcentajes de vacios mejoran los mismos al agregarle reciclado de la carpeta asfaltica el caucho y PVC, estos pavimentos flexibles contribuye a mejorar la capacidad portante del suelo y tambien para disminucion de los mantenimiento y crece su vida util de servicio. Es viable de acuerdo a los resultados logrados de utilizar esta mezcla asfáltica con 1.3 de PVC y 3% de caucho, ya que a estas concentraciones alcanza mejores valores en sus propiedades mecánicas. Es necesario resaltar que para medir la durabilidad de esta mezcla asfaltica, debido a que se aumenta sus propiedades es de gran utilidad emplear este tipo de mezcla asfáltica con PVC y caucho por la disminución de impactos ambientales que es un problema que afecta el mundo de hoy.

1-Se analizo para el aspecto de carcteristicas del suelo el CBR que esta muy bajo 33.47% , ya que el minimo para diseño de carreteras según el MTC es 40%, por lo que es necesario considerar elementos de optimización que contribuyan a mejorar la capacidad portante del suelo que se ve afecta por diversos factores tales como el transito vehicular y factores ambientales.

2 Luego de conocer de haber analizado la resistencia de la mezcla asfaltica con caucho y PVC cuando esta el diseño de mezclas de 3 % de caucho y 1.3% de PVC lo que quiere decir influyo en las propiedades mecanicas, como flujo, vacios, V.M.A y estabilidad lo que causa menor la deformacion aportando cualidades a la mezcla asfaltica con respecto a la resistencia debido a que alcanza un flujo de 9.6 mm estabilidad e incluso el flujo con la adiccion de reciclado de carpeta caucho y PVC, contribuyendo a aumentar la capacidad portante del suelo y de esta mezcla asfaltica a resistir los factores externos y internos que ocasionan el deterioro de los pavimentos , ya que estos agregado le aportan a traves de su estructura molecular mayor resistencia debido a su estructura

molecular por lo tanto es recomendable utilizar estos componentes en la mezcla asfáltica para aumentar su vida útil.

3- Una vez analizada el conteo vehicular de 1032 vehiculos por dias entre carros individuales combis, camiones es necesario para efectuar un buen diseño de pavimento flexibles por lo que aumenta la capacidad portante del suelo y del asfalto a la fisura que contribuye a mejorar la durabilidad del pavimento flexible.

-

## **VII. RECOMENDACIONES**

-Se puede realizar un estudio con mayor profundidad de las variables para conocer más a fondo como varia sus propiedades mecánicas con la adición de caucho y PVC.

- Estudiar el comportamiento de la mezcla asfáltica con otros componentes para establecer una relación entre ambos.

- Analizar a fondo las propiedades que afectan internamente la capacidad portante del suelo.

- Estudiar la variación de las propiedades mecánicas considerando otras como rueda Hamburgo, trabajabilidad, resistencia entre otras para encontrar cuales son las que se obtienen mejores resultados con los mismos y cual contribuye más a la capacidad portante del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboud, G., Jassem, N., Khaled, T., Abdulhusein, A., & Kumar, V. (2020). Effect of Polymer's Type and Content on Tensile Strength of Polymers Modified Asphalt Mixes. *Al Qadisivah Journal for Engeneering Sciences*, 13(1), 7-12. doi:<https://doi.org/10.30772/qjes.v13i1.645>
- Andina. (2019). *MML firma contrato para elaborar expediente técnico de proyecto Pasamayito*. Obtenido de Andina: Agencia Peruana de Noticias: <https://andina.pe/agencia/noticia-mml-firma-contrato-para-elaborar-expediente-tecnico-proyecto-pasamayito-810390.aspx>
- Arias, F. (2016). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología*. 7a. Ed. Caracas: Editorial Episteme.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Cardoza, M., Palomino, K., & Angulo, G. (2019). Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sustentabilidad en Colombia. *Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 10(2), 17-27. doi:<https://doi.org/10.25213/2216-1872.16>
- Carpio, Y. (2019). Evaluación de la capacidad portante en elementos sometidos a flexión en una edificación de carácter educativo considerando concreto no confinado. *Tesis de Maestría*. Arequipa, Perú: Repositorio Institucional de la UCSP.
- Chávez, L., Hernández, C., & Manzano, A. (2012). Modelación del envejecimiento de los pavimentos asfálticos con la metodología de la superficie de respuesta. *Revista ingeniería de investigación y tecnología*, 12(4), 373-382. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v12n4/v12n4a2.pdf>
- Dávalos, Y. (2016). Obtencion de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: Poliéstireno expandido. Arequipa, Perú: Repositorio Digital UNSA. Obtenido de

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1910/Mtdamuyr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Díaz, C., & Castro L. (2017). Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. Bogotá, Colombia: Repositorio Digital Universidad Santo Tomás. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Ezzat, E., & Abed, A. (2020). Effects of polyvinyl chloride (PVC), styrene butadiene styrene (SBS) and aggregate gradation on permanent deformation of asphalt concrete pavement. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 671(1), 1-11. doi:doi:10.1088/1757-899X/671/1/012093

Forigua, J., & Pedraza, E. (2014). Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos. *Tesis de Maestría*. Bogotá, Colombia: Repositorio Institucional UCC.

Gargate, F., & Huamaní, J. (2018). Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional. *Tesis de pregrado*. Perú: Repositorio Digital UCV.

Goicoechea, F. (2019). Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, Chachapoyas - Amazonas - 2017. Chachapoyas, Perú: Repositorio digital UNTRMA.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación, 6a. Edición*. México: Editorial Mc Grawhill.

Herrada, Y., & Chávez, J. (2013). Uso de Polímeros en el asfalto y su influencia en la variación de un pavimento. Trujillo, Perú: Repositorio Digital UPAO. Obtenido de <https://es.slideshare.net/raysugar5/metodologia-de-la-invest-uso-de-polimeros-en-el-asfalto>

Higuera, C., Olarte, B., & Soler, R. (2019). Effect of the recycled rubber grain in the rutting of an asphalt mixture type MD-12. *Respuestas Journal of Engineering Sciences*, 24(1), 86-97. doi:<https://doi.org/10.22463/0122820X.1794>



- Huaman, V., & Huauya, J. (2020). Cálculo de un pavimento flexible con mezcla asfáltica incorporando polímero (SBS) para el distrito Villa El Salvador - Lima 2020. Perú: Repositorio Institucional UCV.
- Lozano, I., & Reyes, C. (2020). Evaluación del comportamiento de un asfalto modificado con Policloruro de Vinilo (PVC) y Grano de Caucho Reciclado (GCR). Ibagué, Colombia: Repositorio Universidad de Ibagué. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12313/1881>
- Lozano, S. (2007). Asfaltos modificados con PVC reciclado de cables. Santafé de Bogotá, Colombia: Repositorio digital ULA.
- Maguiña, W. (2019). Caucho reciclado de llantas en la mezcla de asfalto a compresión para mejorar las propiedades mecánicas. Perú: Repositorio digital URP. Obtenido de [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2919/T030\\_31605837\\_M%20Magui%c3%b1a%20Salazar%20Walther%20Te%c3%b3filo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2919/T030_31605837_M%20Magui%c3%b1a%20Salazar%20Walther%20Te%c3%b3filo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Martinez, G., Caicedo, B., González, D., Celis, L., Fuentes, L., & Torres, V. (2018). Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 41-50. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100041>
- MTC. (2014). *manual de carreteras; Suelos, geotécnica y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. R.D. N°10 - 2014 - MTC/14*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Pereda, D., & Cubas, N. (2015). Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales. Trujillo, Perú: Repositorio digital UPAO. Obtenido de [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1987/1/RE\\_ING.CIVIL\\_DANFER.PEREDA\\_NAHUM.CUBAS\\_ASFALTOS.CAUCHO.RECICLADO\\_DATOS\\_T046\\_18189442T.PDF.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1987/1/RE_ING.CIVIL_DANFER.PEREDA_NAHUM.CUBAS_ASFALTOS.CAUCHO.RECICLADO_DATOS_T046_18189442T.PDF.PDF)

- Ramírez P., Castro J., Copari J., Pérez T (2020) Propuesta De Diseño De Carretera De La Ruta Comas San- Juan De Lurigancho Para Mejorar La Transitabilidad. Tesis De Grado. Universidad San Ignacio De Loyola. Lima-Perú. Recuperado De: [Http://Repositorio.Usil.Edu.Pe/Bitstream/Usil/9916/1/2020\\_Andia%20ramirez.Pdf](Http://Repositorio.Usil.Edu.Pe/Bitstream/Usil/9916/1/2020_Andia%20ramirez.Pdf)
- Reyes, F., Guáqueta, C., Porras, L., & Rondón, H. (2014). Comportamiento de un cemento asfáltico modificado con un desecho de PVC. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 12(22), 75-84. doi:10.22395/rium.v12n22a6
- Salman, N., & Jaleel, Z. (2018). Effects of the addition of PVC residues on the properties of grade asphalt (40-50). *MATEC Web Conferences*, 162(2018), 1-4. doi:<https://doi.org/10.1051/matecconf/201816201046>
- Serrano, E., & Padilla, E. (2019). Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados. *Revista ingeniería Solidaria*, 25(1), 1-25. doi:<https://doi.org/10.16925/2357-6014.2019.01>
- Valeriano, W., & Catacora, A. (2017). Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca. *Tesis de Maestría*. Puno, Perú: repositorio Institucional UNAP-PUNO. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4985>
- Villegas, R., Aguiar, J., & Loria, L. (2018). Diseño de mezcla asfáltica con materiales de desecho. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 8(1), 07-18. doi:163.178.106.6
- Wulandari, P., & Tjandra, D. (2017). Use of granulated rubber as an additive in asphalt concrete mixtures. *Review procedia Engineering*, 171(2017), 1384-1389. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.451>
- Wulf, F. (2010). Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero. Chile: Cybertesis. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciw961a/doc/bmfciw961a.pdf>

Ziari, H., Nasiri, E., Amini, A., & Ferdosian, O. (2019). The effect of EAF dust and residual PVC on moisture sensitivity, crevice resistance, and fatigue performance of asphalt binders and mixtures. *Construction and Building Materials*, 203, 188-200.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.101>

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

### Título: “Diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de la avenida Revolución, Comas 2020”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	Métodos
Problema principal	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	
¿Cuál es el diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idóneo para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020?	Determinar diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idónea para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020	Existe un diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho idónea para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020.	Diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Tipo:</b> aplicada</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental</p> <p><b>Nivel:</b> descriptivo-correlativo</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específica	Variable dependiente	
<p><b>PE1:</b> ¿Cuáles son las características del suelo para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020?</p> <p><b>PE2:</b> ¿Cuál es la característica de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020?</p> <p><b>PE3:</b> ¿Cuál es el conteo vehicular para el cálculo de un pavimento flexible con mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020?</p>	<p><b>OE1:</b> Determinar las características del suelo para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020</p> <p><b>OE2:</b> Determinar la característica de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020</p> <p><b>OE3:</b> Determinar conteo vehicular para el cálculo de un pavimento flexible con mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo</p>	<p><b>HE1:</b> Existen características en el suelo necesarias para el cálculo de una mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020</p> <p><b>HE2:</b> Existen características en la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020</p> <p><b>HE2:</b> Existen tránsito vehicular que afecta el diseño de la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para realizar el cálculo de un pavimento flexible y mejorar la capacidad portante de suelo en Av. Revolución, Comas 2020</p>	Mejora de capacidad portante del suelo	<p><b>Población:</b> Mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho</p> <p><b>Muestra:</b> Ensayos</p> <p><b>Unidad de análisis:</b> prolongación de la Avenida Revolución</p> <p><b>Muestreo:</b> No probabilístico</p> <p><b>Técnica de recolección de datos:</b> Observación</p> <p><b>Instrumento:</b> Ficha de registro</p> <p><b>Análisis de datos:</b> A través del software SPSS v26</p>

Fuente: Elaboración propia, 2021

## Anexo 2. Matriz de operacionalización de las variables

Título: “Diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de la avenida Revolución, Comas 2020”

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
<b>Variable Independiente</b> Diseño de mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho	Las mezclas asfálticas reciben la denominación de aglomerante, puesto que están conformadas por una mixtura de agregados y un ligante asfáltico que cubre con una película continua a los agregados, después de un procedimiento de compactación (Dávalos, 2016)	Cuando se realiza la adición de polímero PVC y caucho a la mezcla asfáltica medida por la granulometría por medio del tamiz 200 con diferentes porcentajes de la mezcla trabajados así: Primera 4.5% de asfalto+ 0.3% de PVC + 3 % de caucho. Segunda. 4.5% de asfalto + 1.0% de PVC + 3% de caucho y, por último, Tercera. 4.5% de asfalto + 1.3% de PVC + 3% caucho y así para el porcentaje de asfalto de 5.0%,5.5%,6.0% y 6.5% para los ensayos de diseño Marshall tales como estabilidad, flujo, Estabilidad/flujo, V.M.A y %vacío, . Esto con la finalidad de hacer las 15 briquetas a los diferentes diseños de mezcla planteado.	Dosificación de PVC	0.3 %, 0.8% y 1.3%	RAZÓN	Ensayo de Granulometría
			Dosificación de Caucho	3 %, 3 % y 3 %	RAZÓN	Ensayo de Granulometría
			Dosificación de mezcla asfáltica	4.5%, 5.0%,5.5%, 6.0% y 6.5%	RAZÓN	Ensayo de Marshall
<b>Variable Dependiente</b> Mejora de capacidad portante de suelo	Al hablar de capacidad portante, se refiere a la presión media máxima de contacto entre el terreno y la cimentación del pavimento, de forma tal que no se produzca un fallo agudo del suelo o un establecimiento diferencial fenomenal (Carpio, 2019)	Mejorar la capacidad portante del suelo sometido a la construcción de la pavimentación de una avenida, busca conocer el desempeño de los elementos de la mezcla asfáltica, por tanto, a través de los ensayos de compresión TRIAXIAL y CBR se aplicarán las fórmulas establecidas para determinar la capacidad portante del suelo y como mejorarla.	IMDA (Índice medio Diario Anual)	Conteo tráfico vehicular (Veh/día)	RAZÓN	Manual de diseño de carretera (EG-2003)
			Servicialidad	Índice establecido (0 – 5) (MTC, 2014)	RAZÓN	Manual de diseño de carretera (EG-2003)
			Subrasante	CBR (%)	RAZÓN	Ensayo de Compresión TRIAXIAL  Ensayo CBR ASTM -D1183

Fuente: Elaboración propia, 2021

### Anexo 3. Ficha de registro

VARIABLE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO		
DIMENSIÓN PROPIEDADES FÍSICAS	% de PVC	0.3% 0.8% 1.3%
	% de caucho	3%
	% de mezcla asfáltica	4.5% 5.0% 5.5% 6.0% 6.5%
VARIABLE MEJORA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO		
DIMENSIÓN IMDA	Conteo Tráfico vehicular	Veh/día $IMDS = (\sum \text{Todos los vehículos/día}) / 7$ $IMDA = IMDS \times FC$ $ESAL = (\sum IMDA) \times 365 \times DD \times DL \times \left(\frac{(1+r)^n - 1}{r}\right)$
DIMENSIÓN SERVICIALIDAD	Índice establecido por el MTC	$\Delta PSI = Pf - Pi$ Valor 0-5
DIMENSIÓN SUBRASANTE	CBR	CBR Valor %

**Especialista 1**

**Especialista 2**

**Especialista 3**

Nombre y Apellido:

Nombre y Apellido:

Nombre y Apellido:

CP:

CP:

CP:

Fecha:

Fecha:

Fecha:

#### Anexo 4. Tabla de porcentajes de aditivos + contenido de asfalto

Diseño de mezcla asfáltica		
Contenido de Asfalto	Contenido de PVC	Contenido de caucho
4.5%	0.3%	3 %
5.0%		
5.5%	0.8%	3 %
6.0%		
6.5%	1.3%	3 %

Fuente: Elaboración propia,2021.



**Anexo 5. Evidencia fotográfica de ensayos**



*Figura n° 34 Materiales para preparación de muestras*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 35 Ensayo de granulometría*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 36 Ensayo de granulometría para diseños de mezclas*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 37 Calentamiento de agregados para las briguetas*

Fuente: Elaboración propia,2021.



Figura n° 38 Calentamiento de porciones de muestras de briquetas

Fuente: Elaboración propia,2021.

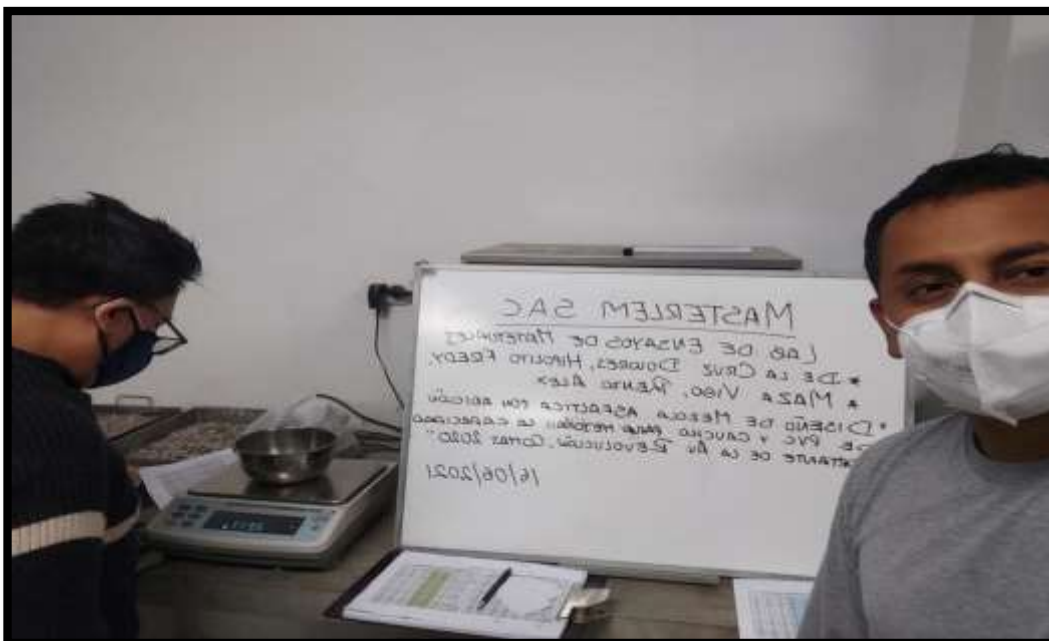


Figura n° 39 Pesaje de cantidad necesaria para cada diseño de mezcla

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 40 Calentamiento de asfalto para ser utilizado*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 41 pesaje con asesoramiento*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 42 Preparación de diseño de mezclas*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 43 Pre calentamiento para preparar las muestras*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 44 Pesaje para preparación de muestras*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 45 Pesaje de agregados para preparar las briguetas*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 46 Agregados de materiales para preparar las briguetas*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 47 Preparación de muestras*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 48 Briguetas listas*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 49 Briguetas ya preparadas*

Fuente: Elaboración propia,2021.





*Figura n° 50 Briguetas de diseño de mezclas*

Fuente: Elaboración propia,2021.



*Figura n° 51 Ensayo de Flexión*

Fuente: Elaboración propia,2021.



Figura n° 52 Repetición de ensayo de estabilidad

Fuente: Elaboración propia,2021.

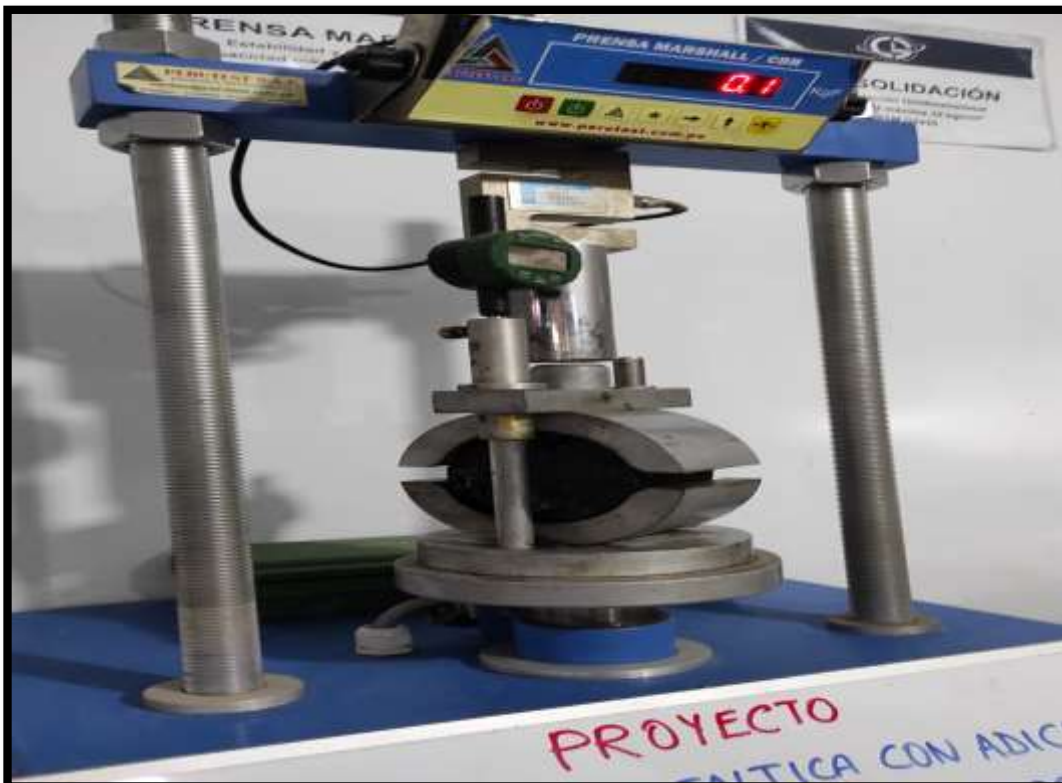


Figura n° 53 Equipo realizando ensayo de estabilidad

Fuente: Elaboración propia,2021.

Anexo 6. Evidencia de resultados de Análisis realizados en el laboratorio



RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

INFORME DE ENSAYO

DE: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.  
 ATENCIÓN: DE LA OFICINA DEL AREA, WILDFRUTO FREYRE  
 MAZA VIGO, EDUARDO ACEVEDO  
 PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO FINE Y CASADO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA  
 AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2000  
 ASUNTO: Diseño de mezcla asfáltica en caliente  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 1 de junio de 2021 FECHA DE ENVÍO: 23 de junio de 2021

REFERENCIA DE LAS MUESTRAS: IDENTIFICACIÓN: Proporcionado por el cliente PRESENTACIÓN: En saco de poliamideno DESCRIPCIÓN: Agregado grueso con humedad natural CANTIDAD: 120 kg netos.

ASTM D 2216-03 / NTP 330.117 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO  
 MTC E108 - 2000 / AASHTO T - 265

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS
Peso del agregado en estado natural	(g)	3272.9
Peso del recipiente	(g)	508.4
Peso del agregado seco + Peso del recipiente	(g)	4881.3
Peso del Agregado Seco ensayado	(g)	3350.0
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.4

ASTM C 29/C 29M / NTP 400.017.2001 MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE Y LOS  
 MTC E 203 - 2000 / AASHTO T - 19 VACIOS EN EL AGREGADO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS					
		Peso Unitario Suelta (kg/m³)			Peso Unitario Compactado (kg/m³)		
		1	2	3	1	2	3
Peso de la muestra + molde	(g)	18.273	18.048	18.001	20.500	20.403	20.423
Peso del molde	(g)	5.025	5.025	5.025	5.025	5.025	5.025
Peso de la muestra	(g)	13.248	13.023	12.976	15.475	15.378	15.398
Volumen del molde	(cm³)	9.290	9.290	9.290	9.290	9.290	9.290
Peso Unitario Humeda	(kg/cm³)	1.426	1.408	1.408	1.666	1.655	1.657
Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Peso Unitario Seco	(kg/cm³)	1.423	1.402	1.404	1.660	1.649	1.654
Peso Unitario	(kg/cm³)	1.484			1.664		

OBSERVACIONES: Muestra tomada e identificada por el cliente.

MASTERLEM SAC

NOTA DE RESPONSABILIDAD:  
 Este documento no tiene validez sin la firma y sello del jefe de laboratorio de Estudios de Materiales (LIM-MASTERLEM) y jefe de implementación de la Calidad.  
 Cualquier modificación que se produzca en el presente documento, una vez que se haya firmado, debe ser autorizada por nuestra organización, que quedará bajo el control de la calidad.  
 La integridad y veracidad de los resultados obtenidos están a entera responsabilidad del usuario solicitante.

*[Firma]*  
 DIRECTOR GENERAL  
 Ing. WILFRIDO



*[Firma]*  
 JEFE DE LABORATORIO

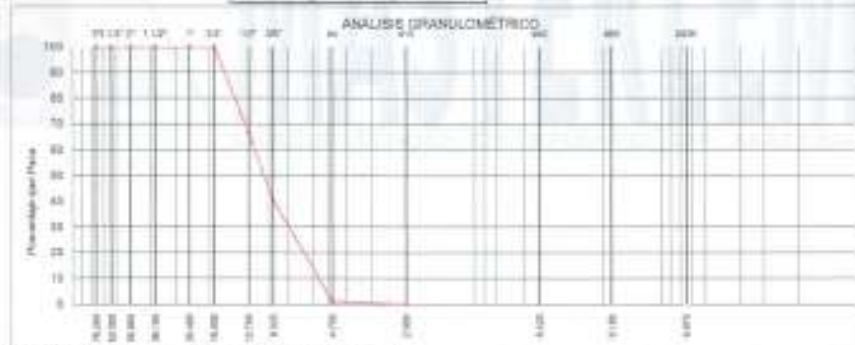
**INFORME DE ENSAYO**

**RE:** Laboratorio MASTERLEM S.A.C.  
**ATENCIÓN:** DE LA CRUZ DOLORES MARILYN FREYD  
MATERIA: MENDI ALBA  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MAQUINA ANALITICA CON ADICION PVC Y CAUCHO PARA MEDIR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCION COMAS 3322  
**ASUNTO:** Chequeo de muestra agregada en caliente  
**FECHA DE RECEPCION:** 1 de Julio de 2021 **FECHA DE EMISION:** 25 de Julio de 2021

**REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS:**  
**IDENTIFICACION:** Preparacion de el agregado **PRESENTACION:** 80 sacos de polipropileno  
**DESCRIPCION:** Agregado grueso con humedad natural **CANTIDAD:** 120 kg aprox.

**ASTM C 136-04 / NTP 904.128** **MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO: GRUESO, FINO Y CLORAL**  
**MTS 6286 - 2006 / ASTM T - 27**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MALLA		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PORCENTUAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE ACUMULADO (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
8"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	1279.22	53.12	53.12	46.88
3/8"	9.500	667.20	26.97	80.09	19.91
#4	4.750	1188.1	48.08	128.17	71.92
#10	1.650	41.4	1.66	129.83	98.34
#20	0.850	0.0	0.00	130.00	100.00
#40	0.425	0.0	0.00	130.00	100.00
#60	0.250	0.0	0.00	130.00	100.00
#100	0.150	0.0	0.00	130.00	100.00
#200	0.075	0.0	0.00	130.00	100.00
Fondo	-	0.0	0.00	130.00	100.00
TOTAL		2429.92	100.00		



**COMENTARIOS:** Muestra agregada a 120 kg con humedad natural.

**MASTERLEM SAC**

**AVISO DE RESPONSABILIDAD**  
Este documento es propiedad exclusiva de Masterlem SAC y debe ser usado únicamente para el propósito que le fue otorgado.  
Reserva de todos los derechos de propiedad intelectual, moral y material de Masterlem SAC y de sus representantes, así como de sus clientes, proveedores y colaboradores.  
La reproducción, uso o cualquier otro acto que implique responsabilidad de Masterlem SAC quedan expresamente prohibidos.

*[Firma]*  
ING. FORTALEZA JUAN  
INGENIERO EN  
MATERIA DE  
MATERIALES



*[Firma]*  
DANIEL MEDINA ABAYO  
JEFE DE LABORATORIO

**INFORME DE ENSAYO**

DE : Laboratorio MASTERLEM S.A.C.  
ATENCIÓN : DE LA OMT DOLORES, HIPOLITO FREY  
MAZA VIGO, RENZO ALIX  
PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEDIR LA CAPACIDAD PORTANTE  
DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, CORONA 2000  
ASUNTO : Diseño de mezcla asfáltica en caliente  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 de Junio de 2021 FECHA DE EMISIÓN : 25 de Junio de 2021

**REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS**

IDENTIFICACIÓN : Preparación por el cliente PRESENTACIÓN : 03 sets de polipropileno  
DESCRIPCIÓN : Agregada fina con humedad natural CANTIDAD : 90 kg aprox.

**ASTM D 2216-05 / NTP 338.127 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**  
**NTC E108 - 2000 / AASHTO T - 265**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS
Peso del agregado en estado natural	(g)	1135.6
Peso del recipiente	(g)	334.0
Peso del agregado seco + Peso del recipiente	(g)	1469.6
Peso del Agregado Seco ensayado	(g)	1120.0
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>(%)</b>	<b>0.9</b>

**ASTM C 29/C 29M / NTP 400.017-2011 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE Y LOS VACÍOS EN EL AGREGADO**  
**NTC E 205 - 2000 / AASHTO T - 19**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS					
		Peso Unitario Suabto (kg/m³)			Peso Unitario Compactado (kg/m³)		
		1	2	3	1	2	3
Peso de la muestra + molde	(g)	6.011	6.014	6.017	6.548	6.541	6.514
Peso del molde	(g)	2.723	2.723	2.723	2.723	2.723	2.699
Peso de la muestra	(g)	3.288	3.291	3.294	3.821	3.818	3.815
Volumen del molde	(m³)	2.115	2.115	2.115	2.115	2.115	2.115
Peso Unitario Húmedo	(kg/m³)	1.555	1.556	1.557	1.807	1.805	1.804
Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Peso Unitario Seco	(kg/m³)	1.547	1.548	1.550	1.798	1.796	1.795
<b>Peso Unitario</b>	<b>(kg/m³)</b>	<b>1.548</b>			<b>1.796</b>		

**MASTERLEM SAC**

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento es íntegramente válido sin firma y sello del jefe de Laboratorio de Ensayo de Materiales (E.M. MASTERLEM) y jefe de Asesoramiento de la Calidad.

Posterior a la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.

La interpretación y uso de los resultados escritos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.

*Jose Francisco*  
JOSE FRANCISCO GAMBELARUA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. INCOPI/MOR



*Osvaldo Medina*  
OSVALDO MEDINA RAMIRO  
INGENIERO CIVIL

**INFORME DE ENSAYO**

**DE:** Laboratorio MASTERLEM S.A.C.  
**ATENCIÓN:** DE LA CARR. DOLDRIS, HIPÓLITO FREYRE  
**PROYECTO:** MAZA V100, PUNZO ALBY  
**OBJETO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEDIR LA CAPACIDAD PORTANTE DE  
**ALUMNO:** LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2028  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** Díaño de muestra estática en caliente : 1 de junio de 2021 **FECHA DE EMISIÓN:** : 25 de junio de 2021

**REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS**

**IDENTIFICACIÓN:** : Proportcionado por el cliente **PRESENTACIÓN:** : 03 sacos de polipropileno.  
**DESCRIPCIÓN:** : Agregada fina con humedad natural **CANTIDAD:** : 90 kg aprox.

**ASTM C 128-05a / NTP 400.22.2002** **MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y LA**  
**MTS E 205 - 2000 / AASHTO T - 84** **ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS		PROMEDIO
NP DE MUESTRA		1	2	
Peso del material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	500	500	
Peso de la tala + H <sub>2</sub> O	(g)	635.8	635.5	
Peso de la tala + H <sub>2</sub> O + material	(g)	1135.8	1135.5	
Peso de la tala + H <sub>2</sub> O + material saturado y superficie seca	(g)	948.1	946.7	
Volumen masa + volumen vacíos	(cm <sup>3</sup> )	187.7	188.8	
Peso material seco a105 °C	(g)	494	493.7	
Volumen de masa	(g/cm <sup>3</sup> )	187.7	182.5	
Peso bulk base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.633	2.635	2.629
Peso bulk base saturado	(g/cm <sup>3</sup> )	2.664	2.648	2.656
Peso Aparente Base Seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.719	2.705	2.712
Absorción	(%)	1.215	1.276	1.246

**ASTM C 117-03 / NTP 400.18.2002** **MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR MATERIALES MAS FINO**  
**MTS E 202 - 2004 / AASHTO T - 11** **QUE PASAN POR EL TAMIZ NORMALIZADO 75 Um (Nº 200) POR LAVADO DE**  
**AGREGADOS.**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS		PROMEDIO
NP DE MUESTRA		1	2	
Peso del agregado seco	(g)	1121.3	1120.9	
Peso del recipiente	(g)	114.0	112.8	
Peso del agregado seco + peso del recipiente	(g)	1455.3	1453.7	
Peso seco de la muestra ensayada + recipiente	(g)	1333.9	1332.8	
Peso del agregado ensayado seco	(g)	999.9	1000	
% < malla Nº 200	(%)	10.83	10.79	10.8

**MASTERLEM SAC**

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM-MATERIEM) y sellado correspondiente de la CUBULA.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, todo copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.

La Intendencia y uso de los resultados emitidos quedan a entera responsabilidad del usuario solicitante.

*Jose Francisco*  
**JOSE FRANCISCO HINDELLA**  
 INGENIERO  
 RUC 800717198



*Sam Medina*  
**SAM MEDINA**  
 INGENIERO

De	: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°	: ITT-02-01
Proyecto	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020	Realizado por	: L. Mejía
Beneficiario	: De La Cruz Dólera, Hipólito Priety Maza Vigo, Romeo Alex	Realizado por	: A. Orrego
Asunto	: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo	: 08/03/21

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : ---  
Descripción : Diseño MAC

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

TAMBIEN ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 60	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	99.4	88.7	79.7	61.5	46.8	21.2	11.9	6.6
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	61 - 77	43 - 61	23 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRUJETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				4.5	4.5	4.5		
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				38.20	38.20	38.20		
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				57.30	57.30	57.30		
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla				0.00	0.00	0.00		
5	Peso Específico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc				1.029	1.026	1.026		
6	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.883	2.883	2.883		
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.635	2.635	2.635		
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				1.030	1.030	1.030		
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.733	2.733	2.733		
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.712	2.712	2.712		
11	Altura promedio de la brujeta cm				7.69	7.76	7.71		
12	Peso de la brujeta al aire (gr)				1243.5	1242.1	1240.4		
13	Peso de la brujeta al agua por 30" (gr)				1240.5	1243.5	1241.4		
14	Peso de la brujeta desplazada (gr)				725.4	721.0	722.6		
15	Volumen de la brujeta por desplazamiento (cc) = (13-14)				521.8	522.4	518.8		
16	Peso específico Bulk de la brujeta = (12/15)				2.383	2.377	2.391	<b>2.384</b>	
17	Peso Específico Máximo - Bico (ASTM D 2041)				2.584	2.584	2.584		
18	% de Vacas = (17-16)x100/17 (ASTM D 3303)				4.8	5.1	4.5	<b>4.8</b>	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total				2.654	2.654	2.654		
20	Peso Específico Efectivo Agregado total				2.687	2.687	2.687		
21	Adosito Absorbido por el Agregado				0.47	0.47	0.47		
22	% de Asfalto Efectivo				4.05	4.05	4.05		
23	Adosión PVC/Volframo				1.8	1.8	1.8		0.0 - 1.3
24	V.M.A.				14.2	14.5	14.0	<b>14.2</b>	14
25	% Vacas llenas con C.A.				66.1	64.9	67.6	<b>66.2</b>	
26	Flujo (0.31"/0.25 mm)				9.7	9.8	9.9	<b>9.8</b>	8 - 14
27	Blandibilidad al 100 mmHg (Pa)				1932	1909	1907		
28	Factor de estabilidad				1.93	1.90	1.90		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1932	1909	1907	<b>1906</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				1967	1937	1908	<b>1904</b>	1780 - 4000

MASTERLEM SAC

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento contiene datos confidenciales y sólo será de uso de Laboratorio de Ensayo de Materiales 2184 001 0001 S.R.L. y sus filiales y/o representantes en el Perú.

Reservados todos los derechos. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

La reproducción o uso de los resultados emitidos quedan a total responsabilidad del usuario solicitante.

*Rovit*  
INGENIERO CIVIL  
INSTRUMENTADO  
Nº 4107 Y 4108



*Aly*  
INGENIERO CIVIL  
INSTRUMENTADO  
Nº 4107 Y 4108

De	: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°	: ITT-52-21
Proyecto	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020	Realizado por	: L. Melgar
Solicitante	: De La Cruz Dolores, Hipólito Prado Maza Vico, Ranzon Alex	Revisado por	: A. Ortega
Asunto	: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo	: 05/08/21

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : ...  
 Descripción : Diseño MAC

**INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)**

MUESTRA N°	UND	1	2	3	4	4	
1.- PESO DEL FRASCO	(g.)	8047.0	8047.0	8047.0	8047.0	8047.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	(g.)	9031.0	9031.0	9031.0	9031.0	9031.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	(g.)	9432.0	9428.0	9423.0	9418.0	9413.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	(g.)	9932.0	9923.0	9923.0	9918.0	9913.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	(g.)	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	(cm <sup>3</sup> )	599.0	603.0	608.0	613.0	618.0	
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	(g/cm <sup>3</sup> )	2.504	2.488	2.467	2.467	2.427	
CONTENIDO % C.A.	(%)	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	

Observaciones:

MASTERLEM SAC

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento tiene carácter confidencial y está bajo la custodia de  
 DE LA CRUZ DOLORES HIPÓLITO PRADO MAZA VICO ALEX RANZON

Podrá ser reproducido solo a pedido del cliente de acuerdo con las  
 normas y condiciones del contrato de servicios de laboratorio, para  
 fines estrictamente profesionales.

La reproducción o uso de los resultados emitidos sinde o fuera  
 del laboratorio del cliente quedan expresamente prohibidos.

*[Firma]*  
 JORGE FRANCISCO ANDRÉS JARA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del CP N° 10308



*[Firma]*  
 OMAR MEDINA RAMIRO  
 INGENIERO DE LABORATORIO



Anexo 6.1 Mezcla asfáltica con 0.3% de PVC y 3% de caucho



RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvelación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

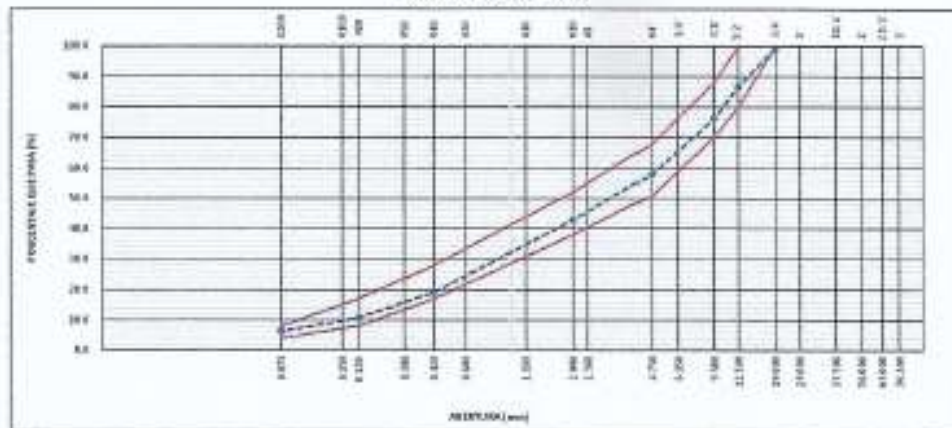
De: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°: ITT-02-21
Proyecto: DISEÑO DE MEZCLA ASPÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020	Realizado por: L. Melgar
Solicitante: De La Cruz Datoles, Hiedro Priety Maza Vigo, Renato Alex	Revisado por: A. Orbea
Asunto: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo: 14/04/2021

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación: Convencional + Caucho 3.0% + PVC 0.3%  
 Descripción: Diseño MAC

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)**

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º1	Material N.º2	Material N.º5	Material N.º10	Prueba N.º1	ESPECIFICACIÓN MAC-2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	0.075	0.150	0.300	0.600			
2"	50.800							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.000	96.3	100.0	100.0	100.0	96.3	100	100
1/2"	12.500	86.9	100.0	100.0	100.0	86.8	89	100
3/8"	9.500	49.3	100.0	100.0	100.0	76.1	79	99
1/4"	6.300							
# 4	4.750	1.4	85.0	100.0	100.0	88.0	81	89
# 9	2.000							
# 10	1.500	0.1	69.7	99.0	99.9	42.8	38	82
# 15	1.000							
# 30	0.600							
# 40	0.425		30.1	88.2	90.8	19.1	17	38
# 60	0.250		18.1	15.0	8.0	10.7	8	17
# 80	0.200					0.8		
# 200	0.075		10.8	3.0	2.0	6.2	4	8
# 250								
MEDIDA								
Porcentaje (%)		40.9%	86.2%	90.8%	90.8%	100.00		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**MASTERLEM S.A.C.**

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento es una propiedad del Cliente y será del todo de la responsabilidad del Cliente el mantenerlo en secreto y no divulgarlo a terceros. El Cliente se compromete a no revelar ni permitir que terceros revelen, directa o indirectamente, los datos de esta información, así como cualquier otro dato que pueda ser de interés del Cliente. La información y los datos de esta información serán de uso exclusivo del Cliente y no serán divulgados a terceros.

*Jorge Trujillo*  
 JORGE TRUJILLO GARCÍA  
 GERENTE GENERAL  
 REG. MIPROF N° 3408



*Orbea*  
 ORBEA MEDINA-ABANTO  
 JEFE DE LABORATORIO

De	: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°	: ITT-02-21
Proyecto	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020	Realizado por	: L. Melgar
Solicitante	: On La Cruz Delave, Hipólito Fandi Maza Vigo, Ramiro Alex	Revisado por	: A. Ortega
Asunto	: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo	: 14/05/21
Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)		
Identificación	: Convencional + Caucho 3.0% + PVC 0.2%		
Designación	: Diseño MAC		

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 60	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	99.3	95.8	76.1	58.0	42.8	35.1	28.7	6.2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	50 - 77	43 - 63	29 - 45	14 - 25	8 - 17*	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				4.50	4.50	4.50		
2	% Grava > M4 en peso de la Mezcla				32.47	32.47	32.47		
3	% Arena < M4 en peso de la Mezcla				59.88	59.88	59.88		
4	% Caucho y PVC en peso de la Mezcla				3.30	3.30	3.30		
5	Peso Especifico Aparente del CA/Aparente) g/cc				1.026	1.026	1.026		
6	Peso Especifico de la Grava > M4* (Bulk) g/cc				2.683	2.683	2.683		
7	Peso Especifico de la Arena < M4 (Bulk) g/cc				2.635	2.635	2.635		
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) g/cc				1.000	1.000	1.000		
9	Peso Especifico de la Grasa > M4 (Aparente) g/cc				2.733	2.733	2.733		
10	Peso Especifico de la Arena < M4 (Aparente) g/cc				2.712	2.712	2.712		
11	Masa promedio de la briqueta cm				7.62	7.77	7.73		
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1214.5	1215.8	1213.7		
13	Peso de la briqueta al agua por 60" (gr)				1217.1	1217.9	1215.7		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				692.9	692.6	692.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				524.2	525.3	523.2		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.317	2.314	2.320	2.317	
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)				2.492	2.492	2.492		
18	% de Vacíos = $(17-16)/(100/17)$ (ASTM D 3205)				7.0	7.1	6.9	7.0	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.509	2.509	2.509		
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.676	2.676	2.676		
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				2.55	2.55	2.55		
22	% de Asfalto Efectivo				2.06	2.06	2.06		
23	Retención Polvo/Asfalto				3.0	3.0	3.0		0.5 - 1.3
24	V.M.A.				11.7	11.8	11.6	11.7	14
25	% Vacíos Rellenos con C.A.				39.3	39.5	40.3	39.0	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				6.5	6.6	6.8	6.6	8 - 14
27	Estabilidad sin corrección (Kt)				873	845	834		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Correjada 27 * 28				108	81.1	801	817	HPV 815
30	Estabilidad / Flujo				5197	4926	4730	4926	1700 - 4000

**MASTERLEM SAC**

**Ámbito de Competencia:**  
Este documento es base única, original y válido solo de Laboratorio de Ensayo de Materiales - MASTERLEM SAC - S.A. en el Departamento de Lima, Perú.  
Prohibida la reproducción o uso parcial de cualquier documento, todo texto y diagrama de este tipo de reporte, sin autorización expresa del titular de los derechos.  
La información y los datos de este documento están sujetos a otras responsabilidades del usuario receptor.

*[Firma]*  
**JORGE FRANCISCO FANIEL BARRA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. INCOPI N° 9438



*[Firma]*  
**OSCAR MEDINA ALAMITO**  
JEFE DE LABORATORIO



RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

De : Laboratorio MASTERLEM S.A.C. Expediente N° : ITT-02-21  
 Proyecto : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2000 Realizado por : L. Melgar  
 Solicitante : De La Cruz Dolores, Hipólito Fredy  
 Maza Vigo, Ranzoo Alex  
 Asunto : Diseño de mezcla asfáltica en caliente Revisado por : A. Ordoñez  
 Fecha de ensayo : 14/06/21

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Convencional + Caucho 3.0% + PVC 0.5%  
 Descripción : Diseño MAC

**INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)**

MUESTRA N°	UMD	1	2	3	4	4	
1.- PESO DEL FRASCO	(g.)	8047.0	8047.0	8047.0	8047.0	8047.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	(g.)	9031.0	9031.0	9031.0	9031.0	9031.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	(g.)	8429.0	8425.0	8421.0	8417.0	8413.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	(g.)	9929.0	9925.0	9921.0	9917.0	9913.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	(g.)	1900.0	1898.0	1896.0	1893.0	1890.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	(cm³)	802.0	806.0	810.0	814.0	818.0	
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	(g/cm³)	2.492	2.476	2.458	2.443	2.427	
CONTENIDO % C.A.	(%)	4.50	5.00	5.58	6.00	6.50	

Observaciones :

MASTERLEM SAC

**NOTA DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento es de uso confidencial y está bajo el control del Laboratorio de Ensayos de Materiales (MASTERLEM) y está bajo el control de la Oficina de Asesoría Jurídica.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestro laboratorio, será considerada como una infracción a la ley.

La reproducción o uso de este documento sin el consentimiento escrito de MASTERLEM SAC, será considerada como una infracción a la ley.

*[Firma]*  
 JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ APALA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. en CP N° 1075



*[Firma]*  
 DANIELA MEDINA ARANDA  
 JEFE DE LABORATORIO

De	: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°:	ITT-52-21
Proyecto	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020	Realizado por:	L. Méjor
Solicitante	: De La Cruz Dolores, Hipólito Fredy Maza Vigo, Romeo Alex	Revisado por:	A. Ortega
Asunto	: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo:	14/06/2021
Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)		
Identificación	: Convencional + Caucho 3.0% + PVC 0.2%		
Descripción	: Diseño MAC		

**DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE  
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO  
(RESUMEN)**

**1.- Mezcla de agregados (Densificación)**

Gradación : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

**2.- Ligante asfáltico**

Tipo de asfalto : PEN 60 / 70  
% óptimo de asfalto residual : 5.6%

**3.- Características Marshall modificada**

Parámetros de diseño		-0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
GOLPES	N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.40	5.60	5.80	
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2,364	2,367	2,367	
VACIOS	%	4.3	4.0	3.3	3 - 5
V.M.A.	%	11.2	11.1	11.1	14
V.L.L.C.A.	%	88.8	83.0	87.8	
POLVO / ASFALTO	%	2.1	2.0	1.9	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	8.1	10.7	11.0	8 - 14
ESTABILIDAD	Kg	993.0	1020.0	1032.0	8.15 KN
ESTABILIDAD / FLUJO	kg/cm	4188.0	2821.8	2782.7	1700 - 4000

**MASTERLEM SAC**

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento no debe ser usado sin consentimiento escrito del jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales y el MASTERLEM SAC y debe ser resguardado de su salida.

Para todo el material que sea parte de pruebas o ensayos, sus datos y resultados del mismo deben ser mantenidos privados, así como también el nombre de los clientes.

La información y uso de los resultados recibidos quedan a entera responsabilidad de nuestro cliente.

*[Firma]*  
JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ MORA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del OHP N° 2425



*[Firma]*  
OMAR MEDINA ARANDA  
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 6.2 Mezcla asfáltica con 0.8% de PVC y 3% de caucho



RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

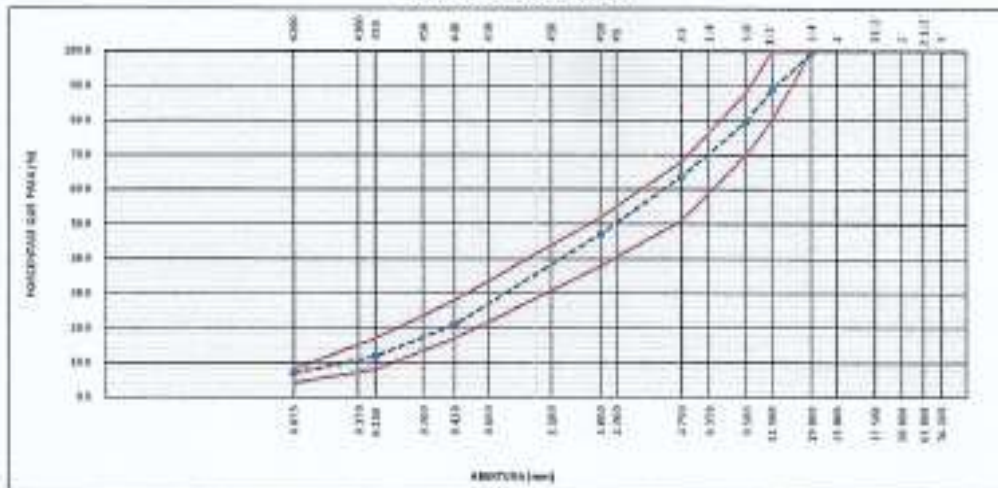
De: Laboratorio MASTERLEM S.A.C. Expediente N°: ITT-02-21  
 Proyecto: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020 Realizado por: L. Melgar  
 Solicitante: De La Cruz Dolores, Hipólito Freddy Revisado por: A. Ortega  
 Asunto: Diseño de mezcla asfáltica en caliente Fecha de ensayo: 16/05/2021

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Modificación: Convencional + Caucho 3.0% + PVC 0.8%  
 Descripción: Diseño MAC

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º23	Material N.º53	Prueba M.º01	ESPECIFICACIÓN MAC-2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	Grava	Grava	Caucho	PVC			
3"	75.000							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.000	94.3	100.0	100.0	100.0	99.4	100	100
1/2"	12.500	84.9	100.0	100.0	100.0	88.7	88	100
3/8"	9.500	49.3	100.0	100.0	100.0	79.7	78	88
1/4"	6.300							
N.º4	4.750	1.4	85.5	100.0	100.0	63.7	51	68
N.º8	2.360							Observaciones
N.º15	1.180	0.1	66.7	66.9	66.0	47.3	38	52
N.º30	0.600							Según especificación Norma MTC EC-2013 (Sección 423)
N.º40	0.425		30.1	30.2	30.0	21.6	17	28
N.º60	0.250		18.1	15.0	6.0	11.8	6	17
N.º80	0.200					6.0		Pavimento de concreto asfáltico en caliente
N.º100	0.150							Mezcla agregados diseño asfalto MA(1.0)
N.º200	0.075		10.8	3.0	2.0	6.0	4	0
+200								
MEZCLA								
PROVA N.º01		34.0%	62.2%	5.0%	0.8%	100.0%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



MASTERLEM SAC

AVISO DE COMERCIALIZACIÓN

Este documento no tiene validez sin firma y sello del jefe de Laboratorio de Pruebas de Materiales (LPM) MASTERLEM y sello de Aprobación de la Calidad.  
 Cuando la homologación/autorización del presente documento, sus copia y distribución de estos fuera de manera regularizada, será considerada como copia no controlada.  
 La reproducción y uso de los resultados obtenidos quedan a cargo del solicitante de los ensayos realizados.

*[Firma]*  
 JOSE FRANCISCO BARRERA SUAREZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. en OPI N.º 1433



*[Firma]*  
 OMAR MEDINA ADANTO  
 JEFE DE LABORATORIO



RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

De	Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°	ITT-02-21
Proyecto	DISEÑO DE MEZCLA ASPÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020	Realizado por	L. Malgar
Solicitante	Dr. La Cruz Delano, Héroles Frey Maza Vigo, Renzo Alca	Revisado por	A. Orrego
Asunto	Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo	16/06/21
Tipo de muestra	Mezcla asfáltica en caliente (MAC)		
Identificación	Convencional + Caucho 3.0% + PVC 0.8%		
Descripción	Diseño MAC		

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	99.4	88.7	79.7	63.7	47.1	21.0	11.8	8.8
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BIQUETA N°					1	3	3	PROPIEDAD	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla				4.50	4.50	4.50		
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				38.2	38.20	38.2		
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				53.671	53.67	53.671		
4	% Caucho y PVC en peso de la Mezcla				3.00	3.00	3.00		
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) - g/cc				1.626	1.626	1.626		
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) g/cc				2.683	2.683	2.683		
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) g/cc				2.615	2.635	2.635		
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) g/cc				1.600	1.600	1.600		
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) g/cc				2.733	2.733	2.733		
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) g/cc				2.712	2.712	2.712		
11	Altera promedio de la biqueta	cm			7.62	7.77	7.73		
12	Peso de la biqueta al aire (gr)				1235.9	1244.2	1257.2		
13	Peso de la biqueta al agua por 60 (gr)				1237.4	1245.7	1240.7		
14	Peso de la biqueta desplazada (gr)				705.0	709.3	709.3		
15	Volumen de la biqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				332.6	336.4	331.0		
16	Peso especifico Bulk de la Biqueta = (12/15)				2.321	2.300	2.306	2.822	
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)				2.496	2.496	2.496		
18	% de Vacío = (17-16)x100/17 (ASTM D 3303)				7.0	7.1	6.8	7.0	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.491	2.491	2.491		
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.681	2.681	2.681		
21	Actuato Absorbido por el Agregado				2.93	2.93	2.93		
22	% de Asfalto Efectivo				1.70	1.70	1.70		
23	Relación Polvo/Velatos				4.0	4.0	4.0		0.6 - 1.3
24	V.F.L.A.				10.8	10.9	10.7	10.8	14
25	% Vacío Remo con C.A.				35.5	35.3	36.2	35.7	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				6.5	7.3	6.8	6.8	8 - 14
27	Estabilidad sin corrección (Kg)				708	716	704		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregido 27 + 28				680	706	733	706	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4183	3924	4134	4160	1700 - 4900

MASTERLEM SAC

**NOTA DE RESPONSABILIDAD**  
 Este informe es válido solo si se ha cumplido con los requisitos de calidad de los materiales suministrados y de los procedimientos de ensayo.  
 No se garantiza la exactitud de los resultados obtenidos, solo cuando se ha cumplido con los requisitos de calidad de los materiales suministrados y de los procedimientos de ensayo.  
 La interpretación de los resultados obtenidos queda a cargo del solicitante del presente informe.

*Jorge*  
 JORGE FERRER RAMIREZ, INGENIERO CIVIL  
 Reg. del CPN N° 3406



*Orrego*  
 ORREGO MEDINA ADRIANO  
 JEFE DE LABORATORIO



RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

De	Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°	IFT-52-21
Proyecto	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020	Realizado por	L. Melgar
Solicitante	De La Cruz Delara, Hipólito Frey Mara Vigo, Renzo Alex	Revisado por	A. Ortega
Asunto	Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo	15/02/2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Convencional + Caucho 3.0% + PVC 0.8%  
 Descripción : Diseño MAC

**DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE  
 MÉTODO LLINOIS - MARSHALL MODIFICADO  
 (RESUMEN)**

**1.- Mezcla de agregados (Dosificación)**

Origen : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG 2013 sección 423"

**2.- Ligante asfáltico**

Tipo de asfalto : PEN 60/70  
 % óptimo de asfalto mezclado : 5.6%

**3.- Características Marshall modificada**

Parámetros de diseño		-0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
GOLPER	N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.40	5.60	5.80	
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2.348	2.386	2.362	
VACIOS	%	4.2	4.3	3.6	3 - 5
V.M.A.	%	10.4	10.5	10.5	14
V. L.L.C.A.	%	51.0	54.5	53.0	
POLVO / ASFALTO	%	2.8	2.4	2.3	0.6 - 1.3
FLUIDO	mm	9.1	9.6	11.0	8 - 10
ESTABILIDAD	Ng	953.0	965.6	1032.0	8.16 KN
ESTABILIDAD FLUIDO	kg/cm	4190.3	4605.6	2752.7	1700 - 4000

**MASTERLEM SAC**

**FORMA DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento no tiene validez sin firma y sello del jefe de Laboratorio de Ensayo de Materiales (LSE MASTERLEM) y debe ser ingresado en el sistema.

Reservados todos los derechos. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

En representación y con toda la autoridad me comprometo a todas las responsabilidades del presente documento.



**JORGE FRANCISCO RAMIREZ ARAYA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del CP N° 6208




**OMAR MEDINA ABANTO**  
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 6.3 Mezcla asfáltica con 1.3% de PVC y 3% de caucho



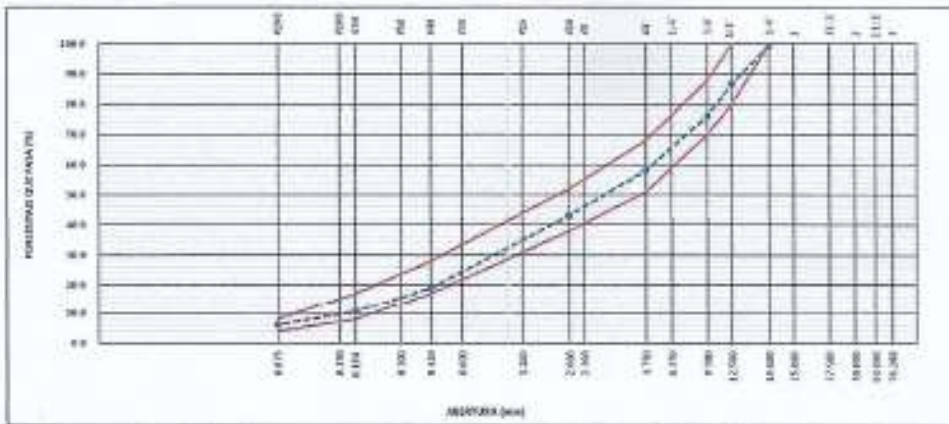
RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipá - Lima - Perú  
 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

Da: Laboratorio MASTERLEM S.A.C. Proyecto: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 3030 Solicitante: De La Cruz Delos, Hipólito Prody Maza Vigo, Renato Alex Asunto: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Expediente N°: ITT-0021 Realizado por: L. Melgar Revisado por: A. Orrego Fecha de ensayo: 16/09/2021
Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Convencional + Caucho 3.0% + PVC 1.3% Descripción: Diseño MAC	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMR	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º03	Material N.º04	Prueba M.º01	ESPECIFICACIÓN MAC-3	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	Grava	Areña	Carcho	PVC			
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100	100.0	100.0	100.0			
3/4"	19.000	88.3	100.0	100.0	100.0	99.3	100	100
1/2"	12.500	58.9	100.0	100.0	100.0	85.8	88	100
3/8"	9.500	48.3	100.0	100.0	100.0	76.1	79	88
1/4"	6.350							
# 4	4.750	1.4	95.5	100.0	100.0	99.1	51	66
# 8	2.360							
# 10	2.000	0.1	88.7	99.9	95.0	43.1	38	52
# 16	1.180							
# 20	0.850							
# 40	0.425		22.1	50.3	13.0	12.8	17	20
# 60	0.250		15.1	15.0	6.0	10.6	8	17
# 80	0.180							
# 100	0.150							
# 200	0.075		10.8	3.0	2.0	6.1	4	8
# 250								
MEZCLA								
Porcentaje (%)		90.3%	85.7%	82.9%	73.5%	100.0%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



MASTERLEM SAC

ÁMBITO DE RESPONSABILIDAD

Este documento es firmado únicamente por el área de ensayos de Ensayos de Materiales S.A.C. y solo es válido cuando se emite en Lima, Perú.

Para cada muestra se debe realizar un ensayo, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestro laboratorio, será considerado como copia no controlada.

La interpretación y uso de los resultados obtenidos quedan a entera responsabilidad del usuario final.

*Rosario*  
 ROSARIO RAMIREZ APUR  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. 44 27 17 9425



*Prody*  
 PRODY DELGADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. 44 27 17 9425



De	: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°:	ITT-02-21
Proyecto	: OBRERO DE MEZCLA ASFALTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCION, COMAS 2020	Realizado por:	L. Mejía
Goleston	: De La Cruz Dolores, Hijo de Freddy Mazo Yigo, Paredes Alex	Revisado por:	A. Orrego
Aconte	: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo:	16/05/21

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Convencional + Caucho 0.8% + PVC 1.2%
Descripción	: Diseño MAC

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 60	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	99.3	86.8	76.1	58.1	43.1	18.9	10.6	6.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	41 - 61	29 - 46	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROHIBIDO	ESPECIF.
1	% CA en peso de la Mezcla				4.90	4.50	4.90		
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				58.2	58.20	58.2		
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				53.19	53.19	53.19		
4	% Caucho y PVC en peso de la Mezcla				4.30	4.30	4.30		
5	Peso Especifico Aparente del CA (Aparente) g/cc				1.026	1.026	1.026		
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) g/cc				2.683	2.683	2.683		
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) g/cc				2.635	2.635	2.635		
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) g/cc				1.000	1.000	1.000		
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) g/cc				2.733	2.733	2.733		
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) g/cc				2.712	2.712	2.712		
11	Altera provisto de la briqueta cm				7.62	7.77	7.73		
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1236.7	1239.5	1236.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60" (gr)				1236.2	1240.8	1227.6		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				705.5	705.4	701.2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				534.6	535.5	526.4		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.313	2.315	2.330	2.330	
17	Peso Especifico Húmedo - Rice (ASTM D 2941)				2.488	2.488	2.488		
18	% de Agua = (17-16)/(100/17) (ASTM D 3023)				7.0	7.0	6.3	6.8	3 - 3
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.471	2.471	2.471		
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.672	2.672	2.672		
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				3.13	3.12	3.12		
22	% de Asfalto Efectivo				1.51	1.51	1.51		
23	Rotación Polvo/Asfalto				4.1	4.1	4.1		0.6 - 3.3
24	V.M.A.				10.4	10.4	9.8	10.3	14
25	% Vacío Relleno con CA				32.8	32.9	35.2	33.6	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				7.1	7.2	6.7	7.0	6 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				685	706	724		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 ° 20				698	706	695	686	PER 815
30	Estabilidad / Flujo				3785	3904	4149	3928	1700 - 4000

**MASTERLEM SAC**
**AVISO AL COMITENTE DEL DISEÑO:**

Este documento es propiedad exclusiva y confidencial del Laboratorio de Ensayo de Materiales de MASTERLEM SAC y debe ser guardado en la Ciudad.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento, todo uso no autorizado sin el consentimiento escrito de MASTERLEM SAC.

La información y los datos de este documento son válidos para el uso exclusivo del cliente.

*José Francisco Ramírez Arana*  
 JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ ARANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Rg. 842717438



*Orrego*  
 ORREGO  
 JEFE DE LABORATORIO



RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

De	: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Ejecución N°	: IT-02-21
Proyecto	: DISEÑO DE MEZCLA ASPÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAR 2020	Revisado por	: L. Meiser
Solicitante	: De La Cruz Dobson, Hipólito Pardo Mazo Vico, Renzo Alex	Revisado por	: A. Orce
Asunto	: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo	: 16/03/21

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : --  
 Descripción : Diseño MAC

**INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2941)**

MUESTRA N°	UMD	1	2	3	4	5
1.- PESO DEL FRASCO	(g.)	6047.0	6047.0	6047.0	6047.0	6047.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA + VIDRIO	(g.)	9031.0	9031.0	9031.0	9031.0	9031.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (14) - (15)	(g.)	8420.0	8420.0	8417.0	8416.0	8410.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	(g.)	9926.0	9923.0	9917.0	9915.0	9910.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	(g.)	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	(cm³)	683.0	686.0	916.0	678.0	621.0
PESO ESPECÍFICO MÍNIMO DE LA MUESTRA (5)/(1-6)	(g/cm³)	2.466	2.467	2.443	2.436	2.419
CONTENIDO % C.A.	(%)	4.50	3.80	5.50	6.00	6.90

Observaciones :

MASTERLEM S.A.C.

**ADVERTENCIAS:**

Este informe es una copia de otro elaborado en el Laboratorio Central de Materiales (C.M.A.S.A.), con el respectivo sello de calidad.

Este es el resultado final y parte del procedimiento de trabajo y debe ser del mismo tipo de material representativo, con el mismo peso neto de muestra.

La responsabilidad es del cliente quien recibe el informe y garantiza la veracidad de los datos.

*[Firma]*  
 KRISTIAN RAMIREZ  
 INGENIERO  
 Reg. N° 1925



*[Firma]*  
 DANIELA GARCÍA  
 INGENIERO  
 Reg. N° 1925

De	: Laboratorio MASTERLEM S.A.C.	Expediente N°	: ITT-02-01
Proyecto	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCIÓN, COMAS 2020	Realizado por	: L. Melgar
Solicitante	: De La Cruz Dolores, Hipólito Freddy Mara Vigo, Renzo Alex	Revisado por	: A. Ortega
Asunto	: Diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha de ensayo	: 16/05/2021
Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)		
Identificación	: Convencional + Caucho 3.0% + PVC 1.2%		
Descripción	: Diseño MAC		

**DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE  
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO  
(RESUMEN)**

**1.- Mezcla de agregados (Distribución)**

Gradación : MAC-2 "Especificación técnica NTC EG -2013 sección (423)"

**2.- Ligante asfáltico**

Tipo de asfalto : PEN 60 / 70  
% óptimo de asfalto residual : 5.6%

**3.- Características Marshall modificado**

Parámetros de diseño	-0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación E0 2013
COLPES	N°	75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.45	5.60	5.50
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2.351	2.347	2.350
VACÍOS	%	4.3	4.0	3.3
V.V.M.A.	%	8.9	10.1	10.1
V.L.L.C.A.	%	62.9	55.0	63.0
POLVO / ASFALTO	%	2.6	2.3	2.2
FLUJO	mm	8.6	8.3	10.4
ESTABILIDAD	kN	917.0	843.0	982.9
ESTABILIDAD FLUID	kg/cm	4266.1	4055.9	3776.9

**MASTERLEM SAC**

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Este documento es íntegramente confidencial y está bajo el sello de Laboratorio de Ensayo de Materiales (L.E.M.) y debe ser manejado de acuerdo a la Política de Manejo de la Información.

Prohibido la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia o distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como INFRACCIÓN DEL SECRETO.

La reproducción o uso de los resultados sin el consentimiento escrito de nuestra organización será considerada como INFRACCIÓN DEL SECRETO.

  
**JORGE FRANCISCO RAMIREZ JUNA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. INCOPI N° 1056



  
**OMAR MEDINA ABANTO**  
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 7. Evidencia fotográfica de conteo vehicular



*Figura n° 54 Conteo vehicular en la Avenida prolongación*

Fuente: Elaboración propia,2021.

Anexo 8. Tipos de camión C2,C3 y C4 según el Manual de diseño de carretera del MTC -2013, empleado en el conteo vehicular



PERU Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

Cuadro 6.5

Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2

Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido

En este ejemplo, el peso total del Camión C2 es de 17 tn, pesando el eje delantero (E1) 7 tn y el eje posterior simple (E2) 10 tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.3 para pavimento flexible o para pavimento semirrígido, el **factor camión C2 es igual a 3.477**

Configuración Vehículo	Descripción Gráfica de los Vehículos								Long. Máxima (m)
C2									12.30
	$W_{E1} = (P/4)^2$		$W_{E2} = (P/2)^2$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Supera Carga de Carga (Tm)	7	10							
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple							
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble							Total Factor Camión C2
Peso	7	10							
Factor E.E.	1.261	2.212							3.477

Cuadro 6.6

Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2

Pavimento Rígido

En este ejemplo, el peso total del Camión C2 es de 17 tn, pesando el eje delantero (E1) 7 tn y el eje posterior simple (E2) 10 tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.4 para pavimento rígido, el **factor camión C2 es igual a 3.529**

Configuración Vehículo	Descripción Gráfica de los Vehículos								Long. Máxima (m)
C2									12.30
	$W_{E1} = (P/4)^2$		$W_{E2} = (P/2)^2$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Supera Carga de Carga (Tm)	7	10							
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple							
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble							Total Factor Camión C2
Peso	7	10							
Factor E.E.	1.273	2.256							3.529





**Cuadro 6.7**  
**Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C3**  
**Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido**

En este ejemplo, el peso total del Camión C3 es de 23 tn, pesando el eje delantero (E1) 7 tn y el eje posterior tandem (E2+E3) 16tn. Aplicando las ecuaciones del **cuadro 6.3** para pavimento flexible o para pavimento semirrígido, el factor vehículo **camión C3 es igual a 2.526**

Configuración Vehículo	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C3								13.20
	$W_{E1} (P/B)^2$		$W_{E2} (P/B)^2$					
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Caso de Carga (tn)	7	8	8					
Carga Según Caso de Carga (tn)	7	16						
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem						
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						Total Factor Camión C3
Peso	7	16						1.526
Factor F.E.	1.203	1.267						

**Cuadro 6.8**  
**Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C3**  
**Pavimento Rígido**

En este ejemplo, el peso total del Camión C3 es de 23 tn, pesando el eje delantero (E1) 7 tn y el eje posterior tandem (E2+E3) 16 tn. Aplicando las ecuaciones del **cuadro 6.4** para pavimento rígido, el factor vehículo **camión C3 es igual a 3.406**

Configuración Vehículo	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C3								13.20
	$W_{E1} (P/B)^2$		$W_{E2} (P/B)^2$					
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Caso de Carga (tn)	7	8	8					
Carga Según Caso de Carga (tn)	7	16						
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem						
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						Total Factor Camión C3
Peso	7	16						3.406
Factor F.E.	1.273	1.134						



**Cuadro 6.9**  
**Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión T3S3**  
**Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido**

En este ejemplo, el peso total del Camión T3S3 es de 46tn, pesando el eje delantero (E1) 7 tn, el eje posterior tandem (E2+E3) 16 tn y el tridem (E4+E5+E6) 23 tn. Aplicando las ecuaciones del **cuadro 6.3** para pavimento flexible o para pavimento semirrígido, el factor vehículo **camión T3S3 es igual a 3.758**

Configuración Vehículo	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máximo (m)
T3S3								20.50
	$E_{E1} = (P/30)^2$		$E_{E2} = (P/30)^2$		$E_{E3} = (P/30)^2$			
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Centro de Carga (tn)	7	8	8	7	8	8		
Carga Según Centro de Carga (tn)	7	16		23				
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Tridem				
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		Rueda Doble				Total Factor Camión T3S3
Peso	7	16		23				3.758
Factor E.E.	1.366	1.261		1.230				

**Cuadro 6.10**  
**Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión T3S3**  
**Pavimento Rígido**

En este ejemplo, el peso total del Camión T3S3 es de 46 tn, pesando el eje delantero (E1) 7 tn, el eje posterior tandem (E2+E3) 16 tn y el tridem (E4+E5+E6) 23 tn. Aplicando las ecuaciones del **cuadro 6.4** para pavimento rígido, el factor vehículo **camión T3S3 es igual a 6.390**

Configuración Vehículo	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máximo (m)
T3S3								20.50
	$E_{E1} = (P/30)^2$		$E_{E2} = (P/30)^2$		$E_{E3} = (P/30)^2$			
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Centro de Carga (tn)	7	8	8	7	8	8		
Carga Según Centro de Carga (tn)	7	16		23				
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Tridem				
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		Rueda Doble				Total Factor Camión T3S3
Peso	7	16		23				6.390
Factor E.E.	1.273	2.134		2.983				



## Anexo 9 Ensayos de CBR



RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,  
 Int. 1 Huachipa – Lima - Perú  
 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

DE : LABORATORIO MASTERLEM S.A.C.  
 SOLICITANTES : DE LA CRUZ DOLORES, HIPÓLITO FREDY - MAZA VIGO, RENZO ALEX  
 PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON ADICION PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA  
 CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDAD REVOLUCION, COMAS 2020"  
 UBICACIÓN : AV. CIRCUNVALACIÓN S/N – HUACHIPA (PARADERO RAMIRO PRIALE)  
 EXPEDIENTE : ITT 052a-21  
 FECHA EMISION : 09/07/21

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RELACIÓN DE RODAMIENTOS DE CALIFORNIA (CBR) DE SUELOS  
 COMPACTADOS EN LABORATORIO  
 ASTM -D1183

### Muestra C-1

Muestra (Golpes)	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (")	C.B.R. (%)	Expansión (%)
56	2.169	0.1	37	NO PRESENTA
25	2.089	0.1	24	
10	1.992	0.1	20	

C.B.R. al 100 % de la Máxima Densidad Seca	37.0	%
C.B.R. al 95 % de la Máxima Densidad Seca	22.4	%

Máxima Densidad Seca Proctor	2.168	g/cm <sup>3</sup>
Óptimo Contenido de Humedad Proctor	6.50	%

### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.  
 Las muestras fueron proporcionadas y muestreadas por el cliente.

  
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del CP N° 84288



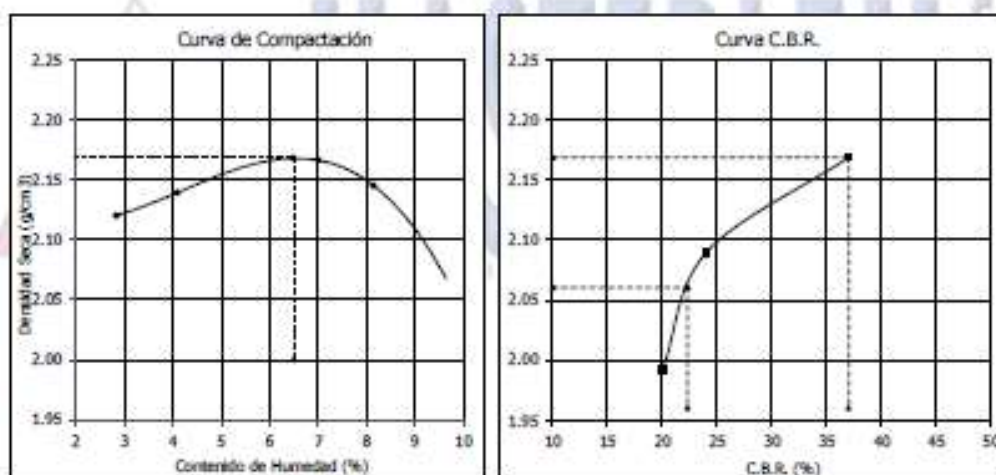
  
 OMAR MEDINA ABANTO  
 JEFE DE LABORATORIO



DE : LABORATORIO MASTERLEM S.A.C.  
SOLICITANTES : DE LA CRUZ DOLORES, HIPÓLITO FREDY - MAZA VIGO, RENZO ALEX  
PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN PVC Y CAUCHO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA AVENIDA REVOLUCION, COMAS 2020"  
UBICACIÓN : AV. CIRCUNVALACIÓN S/N - HUACHIPA (PARADERO RAMIRO PRIALE)  
EXPEDIENTE : ITT 052a-21  
FECHA EMISIÓN : 09/07/21

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RELACIÓN DE RODAMIENTOS DE CALIFORNIA (C.B.R.) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
ASTM -D1183

Muestra C-1



**Observaciones:**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.

El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

Las muestras fueron proporcionadas y muestreadas por el cliente.

  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARPA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del CIP N° 84388



  
OMAR MEDINA ABANTO  
JEFE DE LABORATORIO

**INFORME DE ENSAYO**

**DE** : Laboratorio MASTERLEM S.A.C.  
**ATENCIÓN** : DE LA CRUZ DOLores, HIPOLITO FREYD  
**PROYECTO** : MAZA VISO, FRENDA ALEX  
**OBJETO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN PVC Y GRACHO PARA MEDIR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA VIVIENDA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 1 de octubre de 2011  
**FECHA DE EMISIÓN** : 25 de octubre de 2011

**REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS**

**IDENTIFICACIÓN** : Preparación por el cliente  
**DESCRIPCIÓN** : Agregado grueso con humedad residual  
**PRESENTACIÓN** : 34 cazo de polipropileno  
**CANTIDAD** : 130 kg aprox.

**ASTM C 128-05a / NTP 400.22:2002**      **MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**  
**MTC E 205 - 2000 / AASHTO T - 84**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS		PROMEDIO
NO DE MUESTRA		1	2	
Peso del material saturado a superficie seca (en aire)	(g)	2091	2087.2	
Peso del material sumergido	(g)	1113.8	1113.5	
Volumen de masa + volumen de agua	(g)	778.8	773.7	
Peso del material seco	(g)	2087.4	2083.2	
Volumen de masa	(g)	758.1	758.1	
Peso total base seca	(g/m <sup>3</sup> )	2.863	2.878	2.880
Peso total base saturado	(g/m <sup>3</sup> )	2.702	2.698	2.700
Peso aparente base seca	(g/m <sup>3</sup> )	2.735	2.738	2.734
Absorción	(%)	0.708	0.708	0.71

**ASTM C 117-03 / NTP 400.18:2002**      **MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR MATERIALES MAS FINO QUE PASAN POR EL TAMIZ NORMALIZADO 75 Um (Nº 200) POR LAVADO DE AGREGADOS**  
**MTC E 203 - 2010 / AASHTO T - 81**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS		PROMEDIO
NO DE MUESTRA		1	2	
Peso del agregado seco	(g)			
Peso del recipiente	(g)			
Peso del agregado seco + peso del recipiente	(g)			
Peso seco de la muestra atrapada + recipiente	(g)			
Peso del agregado atrapado seco	(g)			
<b>% + más de 75</b>	<b>%</b>			

**OBSERVACIONES:** Muestra homogeneizada por el laboratorio

**MASTERLEM SAC**

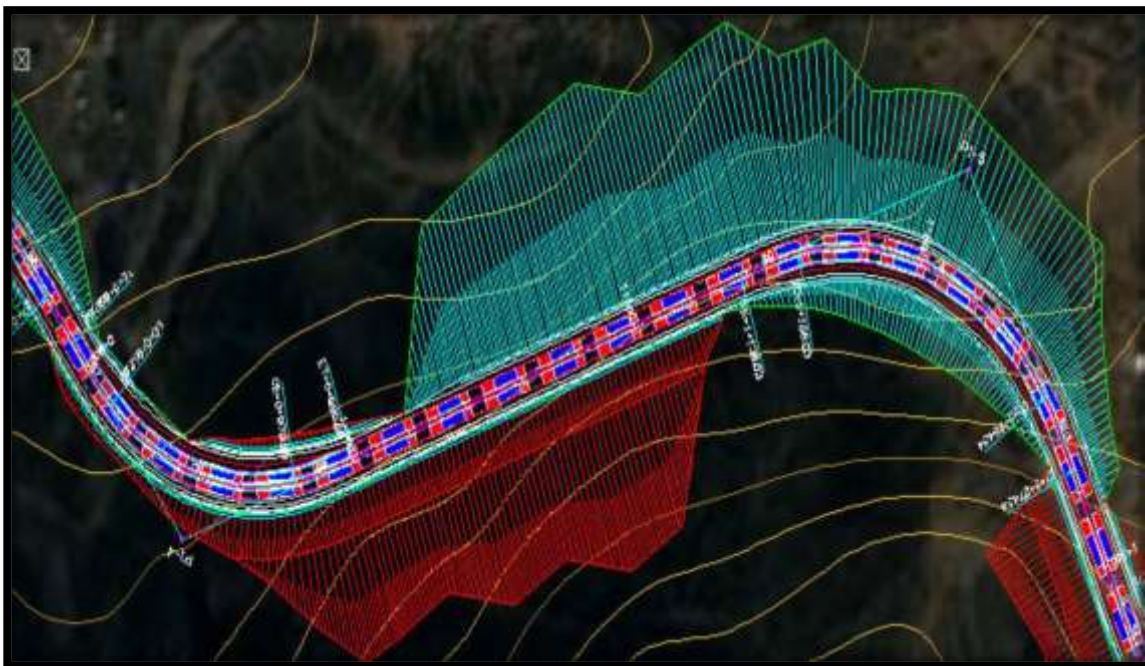
**NOTA DE CONTROL CALIDAD**  
Este documento es una copia en línea y está disponible en el Sistema de Gestión de Información (SGMI) de MASTERLEM SAC y está sujeta a auditorías de calidad.  
Prohibido la reproducción total o parcial del contenido de este documento, todo uso no autorizado de esta copia de trabajo representará una infracción contra el COPR del CONTROL CALIDAD.  
La integridad y uso de los resultados analizados están a entera responsabilidad del usuario autorizado.

*[Firma]*  
DIRECCIÓN GENERAL  
NÚMERO CIVIL  
Nº 142717028



*[Firma]*  
CAROL MEDINA RAMIRO  
INGENIERA DE LABORATORIO

Anexo 10 Diseño final de la carretera



*Fuente:* Ramírez, Castro, Copari, Pérez, (2020).