

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA  
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL  
PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6,  
DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN  
LANCHIPA, TACNA-2023”

**TESIS**

Presentada por:

**Bach. José Luis Choque Pilco**

**Bach. Jhony Limache Mamani**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**TACNA-PERÚ**

**2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**


Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

"PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA  
TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS  
SECTOR 6, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2023"

Tesis sustentada y aprobada el día 04 de Julio de 2023 estando  
integrado el Jurado Calificador por:

**PRESIDENTE**

  
: .....  
Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero

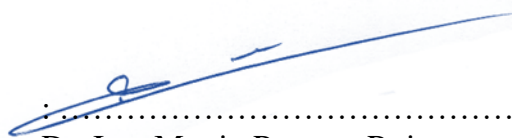
**SECRETARIO**

  
: .....  
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

**VOCAL**

  
: .....  
Dr. Ing. Dennys Geovanni Calderón Paniagua

**ASESOR DE TESIS**

  
: .....  
Dr. Ing. Martin Paucara Rojas

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Dr. Ing. Martin Paucara Rojas**, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 119-2023-FIAG/UNJBG de la tesis denominada: **“PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2023”**, presentado por los Bachilleres, Bach. José Luis Choque Pilco y Bach. Jhony Limache Mamani, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software antiplagio **TURNITIN** cuenta con el nivel de similitud permitido. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis, la cual está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.



Firma de Asesor

DNI N°: 00451289

Nombre y apellidos del asesor: **Dr. Ing. Martin Paucara Rojas**

## **DEDICATORIA**

*A nuestro creador Jehová, por darme fuerzas en los momentos difíciles, a mis padres por hacer todo ese esfuerzo por mí, por brindarme la confianza necesaria de obtener este apreciado título profesional en un nuevo camino de mi vida tanto como profesional y como persona, a mi novia y amiga Gianella Saraí por ser alguien especial en mi vida.*

**José Luis Choque Pilco**

*A Dios por darnos salud y habernos permitido lograr nuestra meta trazada. A nuestros padres, amigos y compañeros de trabajo, que siempre nos han motivado e impulsado continuamente en nuestra formación profesional.*

**Jhony Limache Mamani**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primeramente a nuestro creador Jehová, por brindarme la oportunidad de poder llegar a estas instancias de mi carrera, así mismo también agradezco mucho el esfuerzo de mis padres por ser mi luz en momentos difíciles y su apoyo incondicional, también agradezco a mi asesor por saberme orientar y guiar en mi proyecto despejándome de toda duda.*

**José Luis Choque Pilco**

*Especial agradecimiento hacia la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, a los docentes que durante nuestra estancia en las aulas han sido nuestros modelos a seguir, nos brindaron de conocimientos y ayuda incondicional a todos los estudiantes, Igualmente, a nuestro Asesor de tesis: Ing. Martin Paucara Rojas docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por su soporte y la contribución de sus conocimientos necesarios para el avance y culminación de nuestra tesis. A los pobladores de PROMUVI Señor de los Milagros II etapa Sector 6 que nos han dado su consentimiento y apoyo en la realización de los estudios correspondientes en el área de investigación.*

**Jhony Limache Mamani**

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE GRAFICAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xix</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>3</b>
<b>ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>3</b>
1.1.    Antecedentes.....	3
1.1.1. Revistas científicas .....	3
1.1.2. Tesis titulo.....	4
1.1.3. Planteamiento del problema.....	10

1.2.	Formulación del problema.....	11
1.2.1.	Interrogante general.....	11
1.2.2.	Interrogantes específicas .....	11
1.3.	Formulación de hipótesis.....	12
1.3.1.	Hipótesis general.....	12
1.3.2.	Hipótesis específicas .....	12
1.4.	Justificación.....	13
1.5.	Objetivos.....	14
1.5.1.	Objetivo general .....	14
1.5.2.	Objetivos específicos.....	14
1.6.	Definición de variables .....	15
1.6.1.	Identificación de variables .....	15
1.7.	Operacional de variables diseño de pavimento .....	17
1.8.	Alcances y limitaciones .....	19
1.8.1.	Alcances .....	19
1.8.2.	Limitaciones .....	19
	<b>CAPITULO II. ....</b>	<b>21</b>

<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1. Pavimentos.....	21
2.2. Parámetros .....	22
2.3. Tipos De Pavimento .....	24
2.4. Pavimento Flexible .....	25
2.5. Estructura del Pavimento Flexible.....	27
a) Sub-Base Granular .....	27
b) Base Granular.....	28
c) Carpeta asfáltica .....	28
2.6. Características que debe reunir un pavimento.....	29
2.7. Ciclo de diseño de un pavimento.....	30
2.8. Factores por considerar en el diseño de pavimentos .....	31
2.9. Clasificación de los Pavimentos .....	33
2.10. Evaluación y mantenimiento de los pavimentos .....	34
2.11. Transitabilidad .....	34
2.12. Método AASHTO – 1993.....	35
2.13. Variables de diseño método AASHTO .....	37

a) Transito .....	37
b) Serviciabilidad .....	38
c) Perdida O Disminución Del Índice De Serviciabilidad .....	38
d) Confiabilidad.....	39
e) Desviación.....	40
f) Módulo Resiliente Efectivo Mr .....	40
g) Módulo Resiliente Para La Subrasante .....	41
h) Módulo resiliente para la sub-Base, Base y concreto Asfaltico.....	41
i) Drenaje.....	42
j) Número Estructural.....	43
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>45</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>45</b>
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	45
3.1.1. Tipo de investigación .....	45
3.1.2. Nivel de investigación.....	45
3.1.3. Diseño de investigación .....	45
3.2. Población, muestra y muestreo .....	46

3.2.1. Población.....	46
3.2.2. Muestra.....	46
3.2.3. Muestreo.....	46
3.2.4. Unidad de análisis .....	46
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	47
3.3.1. Técnicas.....	47
3.3.2. Instrumentos .....	47
3.4. Método de procesamiento y análisis de datos .....	47
3.5. Ámbito de influencia .....	49
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>50</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
4.1. Determinación del estudio de tráfico.....	50
4.1.1. Factores de corrección para vehículos livianos y pesados .....	51
4.1.2. Cálculo del índice medio diario anual proyectado .....	56
4.1.3. Cálculo de ESAL de diseño .....	57
4.1.4. Determinación del número de puntos de investigación .....	58
4.1.5. Exploración de campo.....	58

4.2.	Determinación de las propiedades físicas del suelo .....	59
4.2.1.	Análisis granulométrico .....	59
4.2.2.	Contenido de humedad.....	68
4.2.3.	Ensayo de límites de consistencia .....	72
4.2.4.	Resumen de ensayos de laboratorio .....	73
4.3.	Determinación de las propiedades mecánica de la subrasante .....	74
4.3.1.	Proctor modificado.....	74
4.3.2.	Proceso para la obtención del método.....	74
4.3.3.	Proceso para ensayo de proctor modificado.....	75
4.3.4.	Capacidad de soporte .....	79
4.3.5.	Proceso de los ensayos de laboratorio para CBR.....	80
4.4.	Propuesta de diseño aplicando el método AASHTO-93 .....	84
4.4.1.	Determinación del valor de nivel de confiabilidad .....	85
4.4.2.	Desviación estándar.....	85
4.4.3.	Cálculo de la servicialidad .....	85
4.4.4.	Variación de la servicialidad.....	86
4.4.5.	Cálculo de coeficientes estructurales .....	87

4.4.6. Resultados de la propuesta pavimento flexible .....	91
4.5. Discusión de los resultados.....	93
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>95</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>95</b>
5.1. Conclusiones.....	95
5.2. Recomendaciones .....	96
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Matriz de operacionalización es variables.....	17
<b>Tabla 2:</b> Índice de servicialidad en función de calidad de la vía.....	38
<b>Tabla 3:</b> Niveles de confiabilidad por tipo de vía.....	39
<b>Tabla 4:</b> Determinación de la desviación estándar normal ZR.....	39
<b>Tabla 5:</b> Valores recomendados para la desviación estándar (So).....	40
<b>Tabla 6:</b> Capacidad de drenaje.....	42
<b>Tabla 7:</b> Coeficientes de drenaje (mi) recomendados.....	43
<b>Tabla 8:</b> Datos del Peaje Tomasiri.....	55
<b>Tabla 9:</b> Índice Medio Diario Anual presente 2023.....	55
<b>Tabla 10:</b> Tasas de crecimiento departamentales.....	56
<b>Tabla 11:</b> Índice Medio Diario Anual proyectado para el 2027.....	56
<b>Tabla 12:</b> Cálculo del ESAL proyectado.....	57
<b>Tabla 13:</b> Datos obtenidos en el cálculo del ESAL de diseño.....	57
<b>Tabla 14:</b> Ubicación se la zona de estudio.....	58
<b>Tabla 15:</b> Número de punto de investigación.....	58
<b>Tabla 16:</b> Selección de tamices.....	60
<b>Tabla 17:</b> Tamaño según el peso.....	61
<b>Tabla 18:</b> Coeficientes de curvatura y de uniformidad.....	63
<b>Tabla 19:</b> Análisis granulométrico según ASTM D 422.....	66

<b>Tabla 20:</b> Métodos para el contenido de humedad .....	68
<b>Tabla 21:</b> Contenido de humedad .....	70
<b>Tabla 22:</b> Resumen de los ensayos para las propiedades física.....	73
<b>Tabla 23:</b> Métodos de selección.....	74
<b>Tabla 24:</b> Proctor modificado .....	77
<b>Tabla 25:</b> Ensayo de CBR.....	82
<b>Tabla 26:</b> Nivel de confiabilidad .....	85
<b>Tabla 27:</b> Servicialidad final.....	86

## ÍNDICE DE GRAFICAS

<b>Gráfica 1:</b> Representación de barras del análisis granulométrica.....	67
<b>Gráfica 2:</b> Representación de barras para el contenido de humedad.....	71
<b>Gráfica 3:</b> Representación de Proctor modificado.....	78
<b>Gráfica 4:</b> Representación de barras la capacidad de soporte .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Conformación típica del pavimento .....	23
<b>Figura 2:</b> Estructura típica de un pavimento asfáltico .....	26
<b>Figura 3:</b> Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1) .....	42
<b>Figura 4:</b> Ubicación del Peaje más cercano Tomasiri .....	50
<b>Figura 5:</b> Ministerio de transportes y comunicaciones para vehículos livianos .....	51
<b>Figura 6:</b> Ministerio de transportes y comunicaciones para vehículos pesados .....	53
<b>Figura 7:</b> Tasas de crecimiento para vehículos livianos .....	54
<b>Figura 8:</b> Cuarteo del material .....	59
<b>Figura 9:</b> Clasificación según Cu y Cc .....	63
<b>Figura 10:</b> Curva granulométrica.....	64
<b>Figura 11:</b> Tamizado del material.....	65
<b>Figura 12:</b> Pesado del material retenido en los tamices.....	65
<b>Figura 13:</b> Selección de muestra para contenido de humedad.....	69
<b>Figura 14:</b> Secado de la muestra.....	69
<b>Figura 15:</b> Relación de golpes para limite liquido.....	72
<b>Figura 16:</b> Selección de muestra mediante el método .....	75
<b>Figura 17:</b> Compactación del material.....	76
<b>Figura 18:</b> Enrasado del material en el molde .....	76
<b>Figura 19:</b> Secado de la muestra para OCH y MDS.....	77

<b>Figura 20:</b> Materiales empleados para el ensayo .....	80
<b>Figura 21:</b> Aplicación del ensayo proctor modificado según ASTM D1883 .....	80
<b>Figura 22:</b> Determinación de la expansión o hinchamiento del material .....	81
<b>Figura 23:</b> Lectura obtenida en la prensa CBR a 0.1” y 0.2” .....	81
<b>Figura 24:</b> Servicialidad inicial.....	85
<b>Figura 25:</b> Calculo de coeficiente a1 para la carpeta asfáltica de 450000 psi .....	87
<b>Figura 26:</b> Calculo de coeficiente a2 para la base con CBR al 80% .....	88
<b>Figura 27:</b> Calculo de coeficiente a3 para la subbase con CBR al 40% .....	89
<b>Figura 28:</b> Numero estructural requerido .....	90
<b>Figura 29:</b> Calculo del numero estructural resultado en programa AASHTO-93 .....	91
<b>Figura 30:</b> Coeficientes de drenaje .....	92

## RESUMEN

La presente investigación titulada: Propuesta de diseño del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en el Promuvi Señor de los Milagros Sector 6, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, tuvo como resultados de estudio que para el estudio de tráfico el índice medio diario anual proyectado fue de 392 veh/día, mientras que para el ESAL de diseño se obtuvo un ESAL de 179780.30 EE., mientras para el estudio de suelos se determinó un suelo de clasificación GW denominado como grava bien graduada, siendo de clasificación A-1-a (0), mientras para el comportamiento mecánico del ensayo de proctor modificado, las densidades máximas obtenidas fueron de 2.051 gr/cm<sup>3</sup>, 2.021 gr/cm<sup>3</sup>, 1.995 gr/cm<sup>3</sup>, 2.016 gr/cm<sup>3</sup>, 2.036 gr/cm<sup>3</sup>, 2.080 gr/cm<sup>3</sup> y 2.021 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que los óptimos contenidos de humedades de cada punto de investigación fueron de 7.23%, 6.41%, 5.53%, 6.56%, 6.17%, 5.52% y 6.25%, mientras para la capacidad de soporte del material en su estado más se obtuvieron CBR del 28.5% y del 31.1% y para la propuesta de diseño del pavimento flexible se determinó que los espesores a proponer son de 5cm para carpeta asfáltica, mientras para base se propone un espesor de 20cm.

Palabras claves: Diseño, pavimento flexible, método AASHTO-93, manual de la MTC, norma ASTM.

## ABSTRACT

The present investigation entitled: Flexible pavement design proposal to improve vehicular traffic in the Promuvi Señor de los Milagros Sector 6, Gregorio Albarracín Lanchipa district, had as study results that for the traffic study the projected annual average daily index was 392 veh/day, while for the design ESAL an ESAL of 179780.30 EE was obtained, while for the soil study a GW classification soil called well-graded gravel was determined, being classified A-1-a (0), while for the mechanical behavior of the modified proctor test, the maximum densities obtained were 2,051 gr/cm<sup>3</sup>, 2,021 gr/cm<sup>3</sup>, 1,995 gr/cm<sup>3</sup>, 2,016 gr/cm<sup>3</sup>, 2,036 gr/cm<sup>3</sup>, 2,080 gr/cm<sup>3</sup> and 2,021 gr/cm<sup>3</sup>, while the optimal moisture contents of each research point were 7.23%, 6.41%, 5.53%, 6.56%, 6.17%, 5.52% and 6.25%, while for the support capacity of the material in its state In addition, CBR of 28.5% and 31.1% were obtained and for the flexible pavement design proposal it was determined that the thicknesses to be proposed are 5cm for the asphalt layer, while for the base a thickness of 20cm is proposed.

Keywords: Design, flexible pavement, AASHTO-93 method, MTC manual, ASTM standard.

## INTRODUCCIÓN

Las estructuras con fines viales, se han convertido en un medio de comunicación de relevante importancia, ya que permite el pase vehicular de un lugar a otro, cabe mencionar que la infraestructuras viales como los pavimentos han ido evolucionando año tras año, debido al mayor lapso de tiempo de vida útil del mismo, ya que los materiales existentes para su construcción en cierta forma, se han ido mejorando, por lo que las especificaciones empleadas para su diseño han ido presentando mejores requerimientos de calidad, así mismo cumplen ciertas funciones entre las cuales es mejorar la transitabilidad vehicular, brindando un buen grado de servicialidad, seguridad y confort.

Cabe mencionar que los pavimentos flexibles, son utilizados en su predominancia en territorios de bajas precipitaciones, como en la ciudad de Tacna, así mismo el pavimento flexible, suele presentar variedad de estudios con la finalidad de evaluar el comportamiento subrasante, ya que esta capa presenta características funcionales siendo la base y subbase las que transmiten las cargas del tráfico a la subrasante.

Para la propuesta de diseño de pavimento flexible, existe una variedad de estudios, antes de su desarrollo que involucra directamente, a los estudios de impacto ambiental, estudios topográficos, estudios de mecánica de suelos y el estudio de tráfico, de donde el ESAL como el CBR son datos claves para la propuesta de los espesores del pavimento, por lo que el método utilizado parte de una base muy conocida internacionalmente como lo es el método AASHTO-93.

La investigación está comprendida por 5 capítulos

En el primer capítulo, las fases del estudio están comprendido por los aspectos generales, antecedentes de la investigación, formulación del problema, objetivos de estudio, planteamiento de hipótesis y los alcances y limitaciones del estudio.

Mientras, que en el segundo capítulo se desarrolló del marco teórico, que describe las definiciones de la variable de estudio, como también de sus dimensiones e indicadores que comprenden el contexto general del mismo.

Para el tercer capítulo, el estudio describe el desarrollo del apartado metodológico, que involucra al tipo de estudio según la variable a contrastar, así como también el diseño metodológico, si en caso se trate de una variable experimental o descriptiva, en este capítulo también se desarrolla, el conjunto poblacional y la muestra de estudio, así como los instrumentos de recolección de datos y el procedimiento optado para la realización del estudio.

Mientras en el cuarto capítulo, se desarrolló el procesamiento del análisis de resultados con su discusión, cabe mencionar que el estudio tiene como fin la propuesta de diseño de pavimento flexible, de la cual las investigaciones modelos de los antecedentes responden a optar por un espesor apropiado para el diseño del pavimento flexible.

Por último, en el quinto capítulo, se desarrolló el proceso de conclusiones para cada objetivo específico planteado, del mismo modo una recomendación por cada objetivo específico.

## CAPITULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1. Antecedentes

##### 1.1.1. Revistas científicas

Según la investigación realizada por (María & Deborah , 2020). En la revista científica titulada: *“Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles”*. Para el estudio se aplicó el método ASSHTO-93, basado en el diseño de la NC 334/2004, se determinó al evaluar los diferentes comportamientos estructurales de los pavimentos flexibles, se obtuvo una clasificación de subrasante TF2 del 16.5%, mientras que para el segundo tramo evaluado en el análisis de obtuvo un suelo de fundación de clasificación TF1 con un CBR del 5.6% y para el tercer tramo la clasificación de subrasante para el terreno de fundación fue TF2 con un CBR del 13.3%, finalmente la propuesta de diseño aplicando el método AASHTO-93 para el primer caso se obtuvo una propuesta de 5 cm de carpeta 22cm de subbase y base, mientras para el segundo y tercer caso la propuesta de espesores fue del 5cm para carpeta asfáltica y para la base y subbase 20 cm (p.131).

Mientras tanto, según (Guirlo, 2021). El artículo científico titulado: *“Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima”*. La metodología utilizada fue de diseño no experimental de tipo aplicada,

el universo de la población estuvo conformado por el distrito de Lurín, siendo la población 2 km de la avenida Industrial, además el muestreo fue no probabilístico por lo que la selección de tramos comprendidos fue a conveniencia, la propuesta del estudio aplicando el método AASHTO-93 alcanzó un valor de carpeta asfáltica de 7.5cm, mientras para la base fue de 20 cm y para subbase fue de 15cm.

### **1.1.2. Tesis título**

De acuerdo a lo mencionado por (León, 2018). En su investigación titulada: *“Diseño de pavimento flexible para la reconstrucción de las vías: Av. Samuel Cisneros (1.758km), Av. Principal 5 de Junio (1.240km), Av. Jaime Nebot (1.380km), Av. Juan León Mera (2.620km), Vía de Acceso 3M (0.247km), de la parroquia Eloy Alfaro cantón Durán provincia del Guayas”*, la metodología del estudio estuvo representada por una parte experimental y la otra analítica, la investigación tuvo como resultado respecto al estudio de tráfico un valor TPDA de 8889 veh/día, mientras el diseño de tráfico ESAL fue de 10,664.443 EE, mientras para el CBR de diseño se tuvo un valor del 2%, por lo que al aplicar el método AASHTO-93, el MR de la subrasante fue de 3000 psi, por lo que la propuesta de diseño fue de 10cm para carpeta asfáltica, 33cm para base, 43 cm para subbase, por lo que al ser un CBR muy pobre del 2%, se tuvo que realizar un mejoramiento de subrasante de 102 cm.

Mientras tanto, según (Maila & Pasochoa , 2017). En su investigación titulada: *“Diseño de la estructura del pavimento flexible en siete km de las calles del casco urbano de la ciudad de*

*Carlos Julio Arosemena Tola, Provincia de Napo*”, la metodología del estudio fue de diseño no experimental del tipo descriptivo, mientras que la población estuvo representada por las calles del Casco Urbano, además para la muestra se seleccionó 2 kilómetros de calle de donde se tuvo como resultados de estudio, un flujo vehicular de 260 veh/día en una proyección de 20 años, mientras para de la capacidad de soporte el CBR mejorado fue del 32%, por lo que se identificó el tipo como GW, la propuesta de diseño determino que lo espesores a seleccionarse en cada una de las capas fue de 5cm para carpeta asfáltica, mientras el espesor propuesto para base fue de 20 cm y para el mejoramiento demanda un espesor de 50 cm.

Además, según lo mencionado por (Salamanca & Zuluaga, 2014). En su investigación que titula: *“Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar”*, para el estudio se empleó el método AASHTO-93 y en método NVIDIA, se tomó como muestra de estudio 6+500 km de carretera, en cuanto a los resultados del estudio de tráfico, el número de ejes equivalentes obtenidos para el ESAL fue de 65412 EE, mientras que la capacidad de soporte evaluada en los 5 alcanzaron CBR de 1.77%, 6.80%, 1.62% y 2.28%, mientras para la carpeta asfáltica se alcanzó 5cm respecto a los 5 tramos evaluados, mientras para el material de base el espesor propuesto fue de 15 cm para los 5 casos y para subbase granular obtuvo una propuesta de 41cm, 15cm, 44cm, 15cm y 33cm.

En tal sentido, según que menciona por (Salán , 2021). En su investigación que titula: “Diseño geométrico y diseño de pavimento flexible”, la metodología empleada en el estudio fue de diseño no experimental porque no se manipulo la muestra con grupo experimentales para optimizar el comportamiento de la variable, por lo que también fue del tipo descriptivo, además respecto a los resultados obtenidos para el estudio de tráfico se tuvo un ESAL de 368426.52 EE, mientras el valor más crítico obtenido en la capacidad de soporte de la subrasante fue del 18.3%, mientras el Mr. para la subrasante fue de 27450, por lo que al aplicar el método AASHTO-93 el estudio determino que para la capa de rodadura se requiere un espesor de capa de 2”, mientras para la subbase granular, el espesor de capa fue de 10”, así mismo se corroboró que la propuesta fue valida debido que el número estructural requerido fue mayor al número estructural calculado teniendo como  $1.84 > 1.767$ .

De igual forma, tal como lo menciona (Calle, 2015). En su investigación que titula: “*Costos de construcción y diseño de pavimentos rígidos y flexibles (método AASHTO – 93)*”. Para el estudio se empleó una metodología de diseño no experimental del tipo aplicado mediante un análisis riguroso por lo que se aplicó el método AASHTO-93, el conjunto poblacional para el estudio estuvo representado por 2+000 km de vía, por lo que se determinó que el CBR de la subrasante fue del 4.5% con un MR fue de 6750 PSI, mientras que para el estudio de tráfico arrojó un ESAL de diseño de 1659998 EE, por lo que la propuesta de diseño para pavimento flexible aplicando

AASHTO-93 alcanzo los siguientes espesores para el paquete estructural 5cm para la carpeta asfáltica, mientras que para la base se recomienda 20cm de espesor y para subbase 30cm.

No obstante, según (Sangalli, 2022). En su tesis titulada: “*Diseño pavimento flexible según el método AASHTO - 93 tramo “Tihuanacu – Catavi*”. Para la investigación se presentó una metodología de diseño no experimental del tipo aplicado, además la población de estudio estuvo representada por lo tramos que conforman a Tihuanacu, por lo que para la muestra de estudio solo se seleccionó 5 tramos, por lo que el muestreo fue no probabilístico por lo que los tramos elegido fueron a conveniencia, el estudio determinó que el CBR al 95% para los 5 tramos evaluados dieron como resultado para el tramo 1 un CBR del 14% con un MR del 94335 kpa, mientras para el tramo 2 el CBR fue del 12.5% con un MR 104988 kpa, además para el tramo 3 el CBR fue del 13% con un MR de 98004 kpa, para el tramo 4 el CBR fue del 15% con un MR de 108341 kpa y para el tramo 5 y el ramal el CBR fue del 12.5% con un MR de 104988 kpa, para el estudio de tráfico se determinó que el ESAL de diseño para los tramos 1, 2, 3, 4, 5 con ramal, fueron de 171162 EE, 287699 EE, 530278 EE, 615332EE y 741253EE, son esta información se tuvo como propuesta de espesores un TSD de 20mm, mientras que para capa base y subbase fueron de 200 y 230 mm.

Mientras tanto, según (Torres & Paucar, 2017). En su tesis titulada: “*Diseño de la estructura del pavimento flexible en siete km de las calles del casco urbano de la ciudad de Carlos Julio Arosemena Tola, Provincia de Napo*”. La metodología del estudio fue de diseño no

experimental del tipo descriptivo, se tuvo como conjunto poblacional de la ciudad de Carlos Julio Arosemena, mientras que para la muestra se seleccionó las calles del Casco Urbano, el muestreo del estudio fue no probabilístico, por lo que el estudio determinó que el tipo de suelo obtenido en la vía fue de clasificación SW denominado arena bien graduada con un CBR del 39%, para subbase, mientras para el mejoramiento se obtuvo un suelo de clasificación GW, denominada grava bien graduada con un CBR del 32%, mientras que para el estudio de tráfico se determinó un total de ejes equivalentes de 89202.30 EE, los espesores de pavimento flexible responden a 20cm de material base y subbase de 25 cm, mientras que para carpeta asfáltica se optó por un espesor de 5cm.

Por consiguiente, según (Inocente , 2021). En su tesis titulada: *Diseño de pavimento flexible empleando Método AASHTO 93 para mejoramiento de infraestructura vial en la carretera Cajamarca – Celendín 2021*”, el estudio fue de diseño no experimental por que la muestra no fue manipulada en su contenido original, la población de estudio estuvo conformada por los pavimentos flexibles que conforman al distrito encañada, la muestra de estudio estuvo conformado por el pavimento flexible de la carretera de Cajamarca desde las progresivas progresiva Km 26+000 hasta 27+000, en cuanto a los resultados obtenidos en la investigación, para el estudio se tuvo un ESAL de 934000 EE, en cuanto al estudio de suelos, la capacidad de soporte de la subrasante fue del 12%, la propuesta de diseño aplicando el método AASHTO-93, determino que los espesores del pavimento deben ser de 8cm para carpeta en caliente, 20cm para base y 15 cm

para base granular, finalmente el estudio concluyo que el estudio de tráfico se clasifico como TP4 de tránsito pesado, mientras que la subrasante se clasifico como una subrasante de clasificación buena, por lo que al emplear el método AASHTO-93, para los espesores ya obtenidos demandan que el CBR para la base fue mayor al 80% y para la subbase el CBR fue mayor al 40%, según las características del material de cantera.

Por último, (Brañez , 2018). En su investigación que titula: *“Diseño de pavimento flexible en la progresiva km 0+000 al km 0+100 en la Asociación de Propietarios de Villa Jicamarca, Jicamarca-Huarochirí-2018”*, la metodología que se empleó en la investigación fue de diseño no experimental, porque la variable de estudio no presento manipulación ni cambios significativos, así mismo también fue del tipo descriptivo, la muestra de estudio estuvo representada por 100 m de carretera, cabe mencionar que en cuanto a los resultados para el estudio de tráfico se identificó un ESAL de diseño de 74500 EE, mientras que para el estudio de mecánica de suelos, se tuvo un CBR del 5.9%, al emplear la propuesta de diseño con el método AASHTO-93, los espesores calculados tanto para base, subbase y carpeta asfáltica fueron de 15cm, 15cm y 5 cm, por lo que el estudio concluyo que el tipo de tráfico liviano, mientras el CBR de la subrasante se clasifico como un CBR pobre, lo que conlleva a un mejoramiento para que la capacidad de soporte sea optima y no presente inestabilidad.

### **1.1.3. Planteamiento del problema**

Como se puede apreciar hoy en día, la falta de capacitaciones según la normativa AASHTO-93, ha ido provocando ciertos problemas en obras con fines viales, debido a la inclusión de parámetros que rigen al comportamiento estructural de la vía, así mismo el método AAHTO-93, es un método que se rige internacionalmente por ser un método eficaz (Bautista & Quispe , 2022).

En el ámbito nacional, podemos apreciar que un gran número de proyectos de pavimentación presentan estados deplorables, ya sea debido a la falta de mantenimiento de la estructura y también a los controles de materiales empleados, por lo que según (Bardales, 2017). Menciona que existe por lo menos un 80% de vías en mal estado, a esto también se suma fallas como hundimientos y desprendimiento de la carpeta asfáltica, producidas por la inestabilidad de la subrasante lo que incurre a presentarse fallas generales ocasionando accidentes y pérdidas humanas como materiales (Hinostroza, 2018).

Mientras que en el ámbito local las calles de Promuvi Señor de los Milagros sector 6, las vías de comunicación no se encuentran pavimentadas, lo que a largo plazo podría producir un riesgo malestar en la población debido a la poca accesibilidad a este sector, casos similares se han ido presentando en diferentes partes de nuestro país, más que todo en aquellos lugares abandonados

por el mismo estado peruano, ya que no cuentan con una buena propuesta de un proyecto de pavimentación que cumpla su tiempo de vida útil proyectado. (Gallardo & Pescoran, 2019).

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Interrogante general**

¿De qué manera se aplicará la propuesta de diseño del pavimento flexible para la mejora de la transitabilidad vehicular en el Promuvi Señor de los Milagros Sector 6?

### **1.2.2. Interrogantes específicas**

¿Cómo se determinará la capacidad de soporte de la subrasante para la mejora de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en el Promuvi Señor de los Milagros Sector 6?

¿Cómo se determinará el estudio de tráfico para la mejora de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en el Promuvi Señor de los Milagros Sector 6?

¿Cómo se determina la propuesta de diseño del pavimento flexible aplicando el método AASHTO-93?

### **1.3. Formulación de hipótesis**

#### **1.3.1. Hipótesis general**

El análisis se realizará aplicando el método AASHTO-93, por lo que la propuesta de los espesores del pavimento responde a los valores de ESAL como CBR

#### **1.3.2. Hipótesis específicas**

Se realizará empleando el análisis del estudio de suelos, de donde se obtendrá la capacidad de soporte del material

Se realizará empleando el método del conteo vehicular según la MTC durante los 7 días del mes, donde se obtendrán los valores del IMDA y el ESAL.

Se realizará empleando el método AASHTO - 93, de donde se obtendrá los valores de los espesores del paquete estructural.

#### **1.4. Justificación**

La propuesta de diseño del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en el Promuvi Señor de los Milagros Sector 6, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna se justifica en varios aspectos importantes, la falta de infraestructuras viales generan malestar y dificultad para el traslado de las personas, lo que permite no llegar a tiempo a sus centros laborales, así mismo se hace presente las condiciones de transitabilidad, debido al pésimo servicio que genera la vía, donde cuyas condiciones son malas y deficientes.

El presente trabajo de investigación se justifica desde un punto de vista económico, ya que se espera que la propuesta de diseño del pavimento flexible permita mejorar los tiempos de desplazamiento en la ciudad, lo que generaría un incremento en la productividad y un ahorro en el gasto innecesario de combustible.

El estudio es de justificación técnica, debido que el método empleado para el estudio parte de una base internacional, muy utilizada en termino de diseño de pavimento flexible denominada AASHTO-93, brindando resultados de calidad en cuanto rendimiento de materiales y costo por unidad de análisis, se obtendrá los resultados correspondientes de los espesores de cada capa del

paquete del pavimento, por lo que el estudio no presentará fallas debido a los procedimientos empleados.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar la propuesta de diseño del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en el Promuvi Señor de los Milagros Sector 6, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2023.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Determinar el estudio de tráfico para la mejora de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en el Promuvi Señor de los Milagros Sector 6.

Realizar el estudio de mecánica de suelos para la determinación de la capacidad de soporte en Promuvi Señor de los Milagros Sector 6.

Determinar la propuesta del paquete estructural para el diseño del pavimento flexible aplicando el método AASHTO-93

## **1.6. Definición de variables**

### **1.6.1. Identificación de variables**

#### **Variable independiente: Propuesta De Diseño Del Pavimento Flexible**

##### **Definición conceptual**

El pavimento flexible es un conjunto de capas de carácter estructural, que permite transmitir las cargas a la subrasante, por lo que el mayor de los esfuerzos se da en esta última capa, este conjunto de capas se denomina base, subbase y carpeta asfáltica (Gomez , 2014).

##### **Definición operacional**

Para la propuesta de diseño del pavimento flexible se empleará el método AASHTO-93, con la finalidad de obtener los espesores del paquete estructural, del mismo modo se seguirá en consideración la norma el manual de carretera suelos, geología y pavimentos.

## **Dimensiones**

Estudio de mecánica de suelos, diseño de pavimento por el método AASHTO-93.

## **Indicadores de variable independiente**

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Proctor modificado
- CBR
- Espesores del pavimento.
- Límite de consistencia

## **Escala de medición**

Razón

**Variable dependiente: Transitabilidad vehicular**

## **Definición conceptual**

Es conocido como el proceso de congestionamiento vehicular, de donde los valores relativos de tráfico, dependen de la cantidad de ejes equivalentes circulados en la vía, con lo que

se puede estimar el tipo de tráfico según la capacidad de carga liviana o pesada que se requiera evaluar.

### **Definición operacional**

Se realizará el conteo vehicular durante los 7 días de la semana, empleando formatos técnicos de la MTC, para la recolección de datos, de donde se obtendrán los valores del índice medio diario anual y el tipo de tráfico en relación a la cantidad de ejes equivalentes ESAL.

### **Dimensiones**

Estudio de trafico

### **Indicadores de variable dependiente**

- IMDA
- ESAL

### **Escala de medición**

Razón

## **1.7. Operacional de variables diseño de pavimento**

**Tabla 1:** *Matriz de operacionalización es variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
----------	-----------------------	------------------------	-------------	-------------	--------

Propuesta De Diseño Del Pavimento Flexible	El pavimento flexible es un conjunto de capas de carácter estructural, que permite transmitir las cargas a la subrasante, por lo que el mayor de los esfuerzos se da en esta última capa, este conjunto de capas se denomina base, subbase y carpeta asfáltica (Gomez , 2014).	Para la propuesta de diseño del pavimento flexible se empleará el método AASHTO-93, con la finalidad de obtener los espesores del paquete estructural, del mismo modo se seguirá en consideración la norma el manual de carretera suelos, geología y pavimentos.	Estudio de mecánica de suelos	-Granulometría -Contenido de humedad -Límites de consistencia. -Proctor modificado -CBR	Razón
			Diseño de pavimento por el método AASHTO-93	Espesores del paquete estructural	Razón
Transitabilidad vehicular	Es conocido como el proceso de congestiónamiento vehicular, de donde los valores relativos de tráfico, dependen de la cantidad de ejes equivalentes circulados en la vía, con lo que se puede estimar el tipo de tráfico según la capacidad de carga liviana o pesada que se requiera evaluar.	Se realizará el conteo vehicular durante los 7 días de la semana, empleando formatos técnicos de la MTC, para la recolección de datos, de donde se obtendrán los valores del índice medio diario anual y el tipo de tráfico en relación a la cantidad de ejes equivalentes ESAL.	Estudio de trafico	-IMDA -ESAL	Razón

Fuente: Elaboración propia

## **1.8. Alcances y limitaciones**

### **1.8.1. Alcances**

El principal alcance de la propuesta es obtener el diseño más adecuado para el pavimento flexible que permita mejorar la transitabilidad vehicular en el Promuvi Señor de los Milagros Sector 6. Para lograr esto, se tendrán en cuenta diferentes variables como la resistencia del suelo, el tráfico vehicular, las condiciones climáticas, entre otras.

### **1.8.2. Limitaciones**

La propuesta de diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en el Promuvi Señor de los Milagros sector 6, distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa en Tacna podría enfrentar diversas limitaciones. Entre ellas, se encuentran el presupuesto disponible, que podría ser limitado y afectar la calidad y cantidad de los materiales y técnicas utilizados en el diseño; las condiciones del suelo, que pueden ser poco favorables y requerir técnicas y materiales adicionales para lograr la resistencia y durabilidad adecuadas; y las condiciones climáticas en la zona, que pueden afectar la calidad y durabilidad del pavimento.

El nivel de tráfico en la zona y las regulaciones gubernamentales también pueden limitar las opciones de diseño y materiales que se pueden utilizar, mientras que la disponibilidad de materiales y recursos necesarios para la construcción del pavimento puede ser limitada en la zona, lo que puede dificultar el desarrollo de una propuesta de diseño efectiva. Por lo tanto, se debe

realizar un análisis cuidadoso de las condiciones locales y considerar todas las opciones y limitaciones disponibles antes de seleccionar un diseño y materiales específicos para la construcción del pavimento.

Existe una limitada bibliografía en donde se utilicen las variables propuestas, siendo estas desarrolladas en escenarios internacionales, mas no en el contexto nacional.

## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Pavimentos**

El pavimento es el conjunto de capas que se encuentran entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial. Su función es proporcionar una superficie uniforme y resistente al tránsito de vehículos, así como a los efectos de la intemperie y otros agentes perjudiciales. El pavimento debe transmitir las cargas del tráfico de manera disipada a los estratos inferiores, para lo cual debe estar compuesto por materiales seleccionados que ofrezcan la resistencia adecuada y una buena adherencia al vehículo, incluso en condiciones húmedas, debe tener una anchura, trazado horizontal y vertical adecuados, ser resistente a los esfuerzos destructivos del tráfico, la intemperie y el agua, contar con una buena visibilidad y ofrecer un paisaje agradable que no provoque fatigas (Prado, 2022).

La estructura del pavimento se divide en capas que obedecen a un factor económico, ya que se busca reducir los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior al darle el grosor mínimo necesario. Los materiales de mayor capacidad de carga se colocan en las capas superiores, mientras que los de menor calidad se colocan en las terracerías. La resistencia de las diferentes capas no solo depende del material que las constituye, sino también del procedimiento constructivo,

especialmente la compactación y la humedad. Una buena compactación es esencial para evitar deformaciones permanentes en el pavimento (Castro, 2021).

Un pavimento es una estructura compuesta por múltiples capas horizontales de materiales específicos y compactados adecuadamente, diseñados técnicamente para soportar el tránsito y las cargas repetidas a lo largo del tiempo. Estas capas se apoyan sobre una subrasante construida por la excavación del terreno y deben ser capaces de resistir los esfuerzos generados por el tráfico. Para garantizar su correcto funcionamiento, un pavimento debe cumplir con ciertos parámetros.

## **2.2. Parámetros**

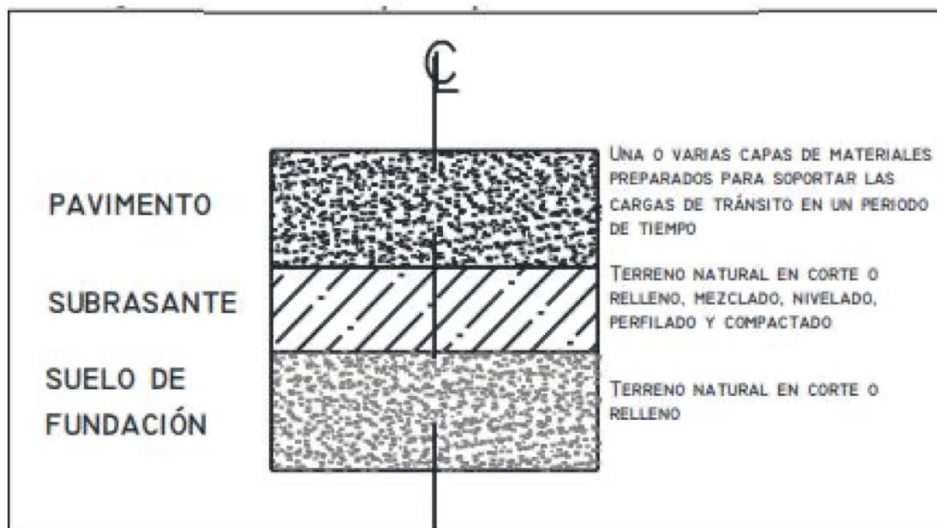
- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de
- circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.

Un pavimento es un “elemento estructural multicapa, apoyado en toda su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo

predeterminado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su vida de servicio”.

En otras palabras, un pavimento es la superestructura vial que hace posible el tránsito vehicular con la comodidad, seguridad y economía previstas por el proyecto. Los materiales empleados en la construcción de un pavimento ofrecen una gran variedad de posibilidades; por ello, esta estructura puede estar conformada por varias capas. Dichas capas pueden ser de materiales seleccionados sometidos a diversos tratamientos; y su superficie de rodadura puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados. Las tecnologías actuales ofrecen una gama muy diversa de secciones estructurales diferentes y depende en gran parte de las condiciones y los requerimientos del proyecto para poder elegir la alternativa correcta de diseño (Inocente & Sherrly, 2021).

**Figura 1:** *Conformación típica del pavimento*



Fuente: Vivar (2007).

### 2.3. Tipos De Pavimento

El pavimento es una parte crucial en la construcción de carreteras y calles, ya que permite un tránsito seguro, cómodo y eficiente. Para lograr un buen desempeño, es importante que su diseño y mantenimiento sigan ciertos procesos. A fin de analizar las posibles fallas o deterioros que puedan ocurrir en los pavimentos, se pueden clasificar en dos tipos principales: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos (Nureña & Vicmarc, 2021).

Los pavimentos flexibles, también conocidos como pavimentos asfálticos, están compuestos por una capa de asfalto y una capa de agregado (grava, arena, etc.) que se aplica sobre una base de suelo compactado. Esta estructura permite que el pavimento se adapte a los

movimientos de los vehículos y los cambios de temperatura, lo que lo hace ideal para áreas con climas variables y con tráfico pesado (Ramos, 2022).

Por otro lado, los pavimentos rígidos, también conocidos como pavimentos de concreto, están compuestos por una capa de concreto reforzado con acero, que se coloca sobre una base de suelo compactado. A diferencia de los pavimentos flexibles, los pavimentos rígidos no se adaptan a los movimientos de los vehículos y son más resistentes al desgaste y al tráfico pesado. Por esta razón, son utilizados principalmente en áreas donde se espera un alto volumen de tráfico, como aeropuertos, puertos y autopistas (Tenorio, 2022).

#### **2.4. Pavimento Flexible**

(Rico & Del Castillo, 1984), citado en (Castro, D. 2003). Se menciona que, para construir un pavimento flexible, se requiere una capa subrasante sobre la cual se colocan la sub-base, la base y la carpeta asfáltica. El objetivo del pavimento flexible es proporcionar una superficie uniforme y resistente al tráfico, la intemperie y otros factores dañinos, además de transferir los esfuerzos del tráfico a las capas inferiores. Si bien el pavimento flexible es más económico al principio, su vida útil suele ser de 10 a 15 años y requiere un mantenimiento constante para alcanzar su durabilidad máxima. En términos generales, el pavimento flexible consta de una capa asfáltica, una base y una subbase, y está compuesto por una superficie bituminosa apoyada en capas de material granular y agregado. Se recomienda realizar un mantenimiento periódico para prolongar su vida útil (Ocrosopoma , 2021).

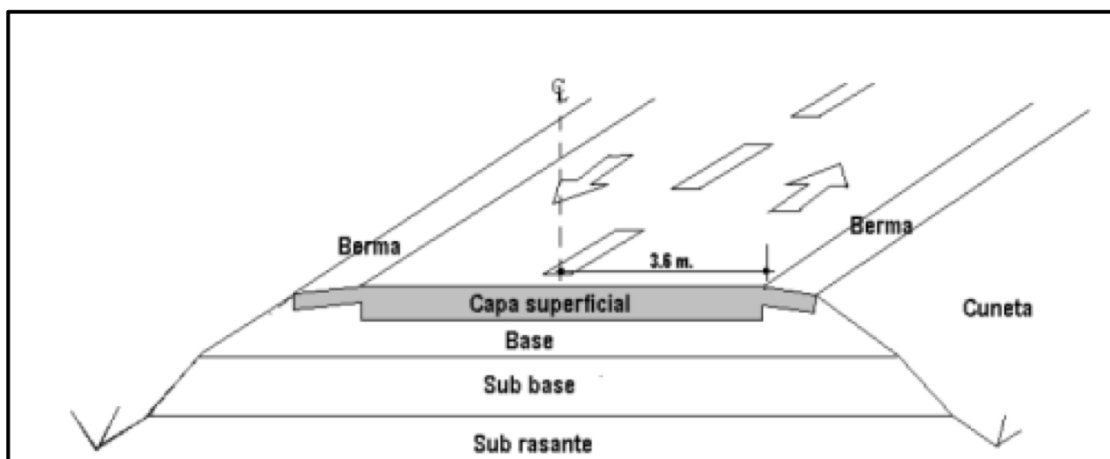
Según la Norma CE. 010 Pavimentos urbanos (2010), menciona que “el pavimento flexible puede ser de asfalto con mezcla en caliente o mezcla en frío, esto depende del estudio previo del proyecto a realizarse, además menciona que este puede tener dos o más capas, es decir puede componerse de solo una base y carpeta asfáltica o de una subbase, base y carpeta asfáltica”.

La selección de las capas que conformarán el pavimento está determinada en gran medida por el tráfico de vehículos esperado, tanto en la situación actual como en el futuro proyecto, además de las particularidades del terreno original.

Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

- Resistencia estructural.
- Deformabilidad
- Durabilidad.
- Costo.
- Requerimientos de conservación.
- Comodidad.

**Figura 2:** *Estructura típica de un pavimento asfáltico*



Fuente: Rico & Del Castillo, 2015.

## 2.5. Estructura del Pavimento Flexible.

### a) Sub-Base Granular

La subbase es una capa que se encuentra debajo de la capa de base en la construcción de carreteras, pistas de aterrizaje, patios y otras superficies pavimentadas. Su función principal es proporcionar una superficie uniforme y estable para la capa de base, distribuir la carga de manera uniforme y actuar como un filtro para evitar la penetración de materiales no deseados en la base y la subrasante, un buen diseño de la subbase es fundamental para garantizar una buena calidad de la estructura pavimentada. La subbase debe tener la capacidad de soportar las cargas del tráfico y proporcionar una superficie uniforme y estable para la capa de base (Tacanga & Diego , 2022).

La capa de transición cumple dos funciones importantes: por un lado, evita que los materiales de la subrasante se mezclen con los de la base, gracias a una subbase bien diseñada; por

otro lado, actúa como un filtro que protege la calidad de la base, evitando que los finos de la subrasante la contaminen.

Disminución de la deformación: algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios externos de temperatura, pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

Resistencia: la subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado de la subrasante.

#### **b) Base Granular**

Resistencia: la función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

#### **c) Carpeta asfáltica**

Área uniforme y estable de tránsito: Este aspecto se refiere a la necesidad de que la superficie del pavimento sea uniforme y estable para garantizar la seguridad y el confort de los usuarios, así como para evitar posibles daños en los vehículos. Esto implica que la superficie no debe tener irregularidades, desniveles, baches, grietas u otras deformaciones que puedan provocar

accidentes o afectar el flujo vehicular. Para lograr esto, es necesario que la construcción del pavimento se realice con materiales de calidad y se realice un adecuado proceso de compactación (Castro & Pacsi , 2021).

## **2.6. Características que debe reunir un pavimento**

- Resistencia: Para desempeñar su función de manera adecuada, un pavimento debe tener la capacidad de soportar las cargas generadas por el tráfico.
- Durabilidad: Además de ser resistente a las cargas, también debe tener una larga vida útil y ser capaz de resistir los efectos adversos de los agentes atmosféricos.
- Textura: La superficie del pavimento debe estar diseñada de manera adecuada para adaptarse a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, de tal manera que ofrezca una adecuada tracción y seguridad al tráfico.
- Regularidad: La superficie del pavimento debe ser uniforme tanto en la dirección transversal como longitudinal para evitar obstáculos que puedan poner en peligro la circulación vehicular.
- Economía: El pavimento debe ser rentable y eficiente en términos de costo, sin sacrificar su calidad.
- Color: El color del pavimento debe ser adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos que puedan distraer a los conductores y causar accidentes.

- Seguridad: El pavimento debe ser diseñado para ofrecer una adecuada seguridad al tráfico, lo que implica que debe tener un buen drenaje, un adecuado sistema de señalización vial y un buen mantenimiento.

### **2.7. Ciclo de diseño de un pavimento.**

Identificación de la necesidad de pavimentación: Es importante realizar un análisis previo para determinar los lugares que necesitan ser pavimentados, para poder tomar la decisión de qué tipo de pavimento utilizar. Se debe considerar la cantidad de tráfico que transita por el área y las condiciones climáticas de la zona (Manayay , 2019).

- Diseño del pavimento: Una vez identificada la necesidad de pavimentación, se debe realizar un diseño del pavimento teniendo en cuenta las normas y estándares establecidos, como la AASHTO. Se debe considerar el espesor de cada capa del pavimento, incluyendo la base, subbase, rasante y subrasante.
- Selección de materiales: La elección de los materiales adecuados es fundamental para garantizar la calidad y durabilidad del pavimento. Es importante analizar en laboratorio los agregados y elegir los materiales que se adapten a las condiciones de la zona y al diseño del pavimento.

- **Licitación:** Es fundamental contar con un contratista que garantice la calidad del proyecto a largo plazo. La licitación debe tener en cuenta no solo el aspecto económico, sino también la calidad del proyecto.
- **Supervisión de la construcción:** Durante la construcción del pavimento es importante contar con una supervisión que esté pendiente de la calidad y eficiencia del pavimento, para evitar cualquier problema que pueda perjudicar su durabilidad.
- **Apertura al tráfico:** Una vez terminada la construcción, se procede a la apertura al tráfico. Es conveniente colocar una persona que esté constantemente vigilando el comportamiento del pavimento para poder tomar decisiones rápidas en caso de que aparezcan problemas.
- **Conservación preventiva:** La conservación preventiva consiste en realizar mantenimiento preventivo al pavimento para evitar daños prematuros. Esto incluye la limpieza, el sellado de fisuras y la aplicación de capas protectoras.
- **Renovación del pavimento:** Cuando aparecen fallas en el pavimento, es importante evaluarlas para poder proceder a la renovación del pavimento. Esto puede incluir la reparación de las áreas dañadas o la renovación completa del pavimento si es necesario.

## **2.8. Factores por considerar en el diseño de pavimentos**

El tránsito: interesa para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por ejes esperados en el carril de diseño solicitado, que determinara la estructura del pavimento de la carretera durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la

consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales para el cálculo. A demás, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las solicitaciones tangenciales en tramos especiales, las velocidades de operación de los vehículos y la canalización del tránsito etc.

La subrasante: de la calidad de esta capa depende en gran parte el espesor que deber tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre este, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestros medios los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal.

El clima: los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción

de capas granulares y asfálticas. Los cambios de temperatura en las losas de pavimentos rígidos ocasionan en estos esfuerzos muy elevados, que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas (Colana , 2021).

## **2.9. Clasificación de los Pavimentos**

Los pavimentos pueden clasificarse, de manera genérica, de acuerdo con los siguientes parámetros:

- La calidad de los materiales empleados en su construcción: afirmados, estabilizados, aglomerados o mezclas asfálticas.
- El tipo de sollicitación que soportarán a lo largo de su vida de servicio o el uso al que estarán destinados: urbanos, industriales, de carreteras, de aeropuertos, o deportivos.
- El periodo de vida para el que son diseñados y construidos: temporales y definitivos.
- La forma en que distribuyen las cargas al terreno: flexibles, el cual será el tema de estudio en el desarrollo de la presente tesis.
- Es posible encontrar pavimentos asfálticos de gran espesor, el cual les confiere una rigidez mucho mayor a la normal; para ello los pavimentos flexibles por la forma transmiten los esfuerzos y deformaciones a las capas inferiores que dependen de la relación de los esfuerzos.

## **2.10. Evaluación y mantenimiento de los pavimentos**

La evaluación y mantenimiento de pavimentos terminados son una serie de procedimientos y técnicas que se utilizan para diagnosticar el estado del pavimento después de su construcción. Esta fase es crucial para garantizar la calidad de los pavimentos terminados, ya que permite asignar de manera eficiente los recursos necesarios para su mantenimiento y rehabilitación (Mendoza , 2019).

Para llevar a cabo una evaluación adecuada del pavimento, se utilizan diversas técnicas y tareas, entre las que destacan el inventario vial, la clasificación funcional de caminos y el estudio del rango de suficiencia. Estas tres tareas son fundamentales para realizar una evaluación exhaustiva del pavimento. Además, se realizan mediciones de índices de estado y Serviciabilidad, que facilitan la obtención de información precisa sobre el estado del pavimento (Angeles & Carlos , 2019).

## **2.11. Transitabilidad**

Es ampliamente reconocido que la adecuada condición de la red de caminos es un requisito fundamental para la mayoría de las actividades en nuestra ciudad, especialmente en una región con grandes distancias que afectan significativamente la economía local. En muchos casos, la planificación de importantes actividades productivas depende de la ejecución futura de programas

de obras viales, pero lamentablemente, la incertidumbre en cuanto a su realización es un hecho aceptado en la actualidad.

Sin embargo, cuando la red de caminos existente, que establece ciertas condiciones que deben ser consideradas como un derecho adquirido por sus usuarios, se ve seriamente afectada por su mal estado de transitabilidad, se produce un hecho imprevisto cuyo impacto negativo se extiende hasta que se corrige la deficiencia del camino (Rojas, 2019).

Este costo significativo, especialmente cuando la situación de grave deterioro descrita ha llegado a un nivel crítico, se suma a las tareas de conservación rutinaria que son costosas e inadecuadas para restaurar el camino a su estado deseable de servicio. Además, el costo de la obra de renovación necesaria para mejorar la red vial puede ser aún mayor (Micha , 2019).

### **2.12. Método AASHTO – 1993**

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois donde los suelos y climas son típicos para gran parte de Estados Unidos, esto con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitación de las distintas secciones ensayadas.

A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original.

El método AASHTO-1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un “numero estructural (SN)” para el pavimento, que hace referencia a la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación de soporte del suelo ( $M_r$ ), tránsito total ( $W_{18}$ ), de la Serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales. Para determinar el número estructural, el método se apoya en la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \text{Log} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left( \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \text{Log} M_r - 8.07$$

Donde:

- $W_{18}$  = número de aplicaciones de ejes simples equivalentes de 18 kip (80 kN) hasta el tiempo  $t$  en el cual se alcanza  $ISP = pt$ .
- $SN$  = número estructural.
- $\Delta PSI$  = diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal.
- $M_r$  = módulo resiliente de la subrasante (libras/pg<sup>2</sup>).
- $S_0$  = desviación estándar total de la distribución normal de los errores asociados con las predicciones de tránsito y de comportamiento del pavimento (0.44-0.49).
- $Z_r$  = parámetro estadístico asociado con distribuciones normales de datos, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a  $pt$  durante el periodo de diseño.

Uno de los principales objetivos del AASHTO Road Test fue proporcionar información para el desarrollo de criterios y procedimientos de diseño de pavimentos. En 1961, el Comité de Diseño de AASHTO utilizó los resultados del AASHTO Road Test junto con procedimientos de diseño y teorías existentes para desarrollar y publicar la "Guía de Diseño AASHTO para Pavimentos Flexibles y Rígidos". Esta guía se convirtió en una herramienta importante para el diseño de pavimentos en todo el mundo, y sigue siendo una referencia importante en la actualidad para el diseño y construcción de carreteras y autopistas. La guía proporciona criterios y recomendaciones para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, así como información detallada sobre los materiales y las pruebas de materiales necesarias para la construcción de carreteras duraderas y seguras (Rodríguez , 2019).

El método AASHTO-93 es un método popular a nivel internacional y a pesar que en la actualidad no es el método, ni la técnica más moderna de diseño de pavimentos, si marco una tendencia clave en el desarrollo de la ingeniería de pavimentos y tiene una gran importancia en nuestro medio y gran valor histórico, todavía lo utilizan para el predimensionamiento de estructuras de pavimento.

### **2.13. Variables de diseño método AASHTO**

#### **a) Transito**

Este método para establecer los espesores se basa en la determinación de las cargas equivalentes acumuladas durante el periodo de diseño. Para lograrlo, es necesario realizar un

estudio de tránsito exhaustivo que incluya la composición vehicular, el tránsito promedio anual, el factor camión y el tránsito acumulado en número de ejes.

### **b) Serviciabilidad**

La condición necesaria de un pavimento es proporcionar a los usuarios un manejo seguro y cómodo en todo momento:

**Tabla 2:** *Índice de serviciabilidad en función de calidad de la vía*

Índice de serviciabilidad (p)	Calificación
0 – 1	Muy mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy buena

Fuente: AASHTO 1993

### **c) Pérdida O Disminución Del Índice De Serviciabilidad**

Para mejorar la calidad de servicio de la carretera y evitar una pérdida gradual en el índice de servicio debido al deterioro del pavimento, es necesario realizar acciones de mantenimiento y reparación. Estas acciones pueden incluir la aplicación de selladores, parches, rellenos de grietas, reemplazo de secciones de pavimento dañadas, entre otras medidas.

Además, es importante llevar a cabo una planificación adecuada del mantenimiento y reparación de la carretera para garantizar la sostenibilidad y la durabilidad de las soluciones

aplicadas. Esto implica considerar factores como la frecuencia y el tipo de tráfico en la carretera, las condiciones climáticas locales, el presupuesto disponible, entre otros aspectos relevantes.

#### d) Confiabilidad

Hace referencia al grado de certidumbre o seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando así la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de la carga que sea aplicada durante su vida útil.

**Tabla 3:** Niveles de confiabilidad por tipo de vía

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Arteriales y vías rápidas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arteriales principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 – 80	50 - 80

Fuente: AASHTO 1993.

**Tabla 4:** Determinación de la desviación estándar normal ZR

Nivel de confiabilidad R	Desviación estándar normal ZR
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841

85	-1.037
----	--------

Fuente: tabla 4.1 AASHTO 1993.

#### e) Desviación

El valor de la desviación estándar ( $S_o$ ) que se seleccione debe, por otra parte, ser representativo de las condiciones locales. Se recomienda para uso general, pero estos valores pueden ser ajustados en función de la experiencia para uso local.

**Tabla 5:** Valores recomendados para la desviación estándar ( $S_o$ )

Condición de diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0.25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0.35 – 0.5

Fuente: AASHTO 1993

#### f) Módulo Resiliente Efectivo $M_r$

El módulo resiliente promedio equivale al daño en el pavimento ( $U_f$ ) que se produciría utilizando valores modulares estacionales.

Además, cabe mencionar que la oración puede resultar más clara si se especifica un poco más el contexto en el que se está hablando del módulo resiliente y el daño en el pavimento. Por ejemplo:

En el análisis del comportamiento del pavimento, se ha determinado que el módulo resiliente promedio es un parámetro clave para evaluar su resistencia ante cargas repetidas. En este caso, se puede establecer que este módulo es equivalente al daño en el pavimento ( $U_f$ ) que se produciría si se utilizan valores modulares estacionales.

#### **g) Módulo Resiliente Para La Subrasante**

Para materiales de subrasante con  $CBR \leq 7,2\%$ .  $MR = 1.500 * CBR$ . Para materiales de subrasante con mayo de  $7,2\% \leq CBR \leq 20,0\%$ .

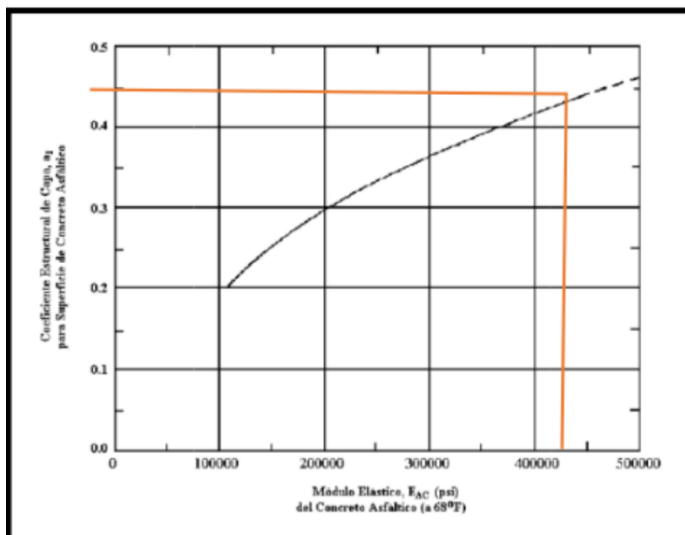
$$MR = 3.000 * (CBR)^{0.65}$$

Para materiales de subrasante con valores de  $CBR \geq 20,0\%$ , se deberán emplear otras formas de correlación, tal como la recomendada por la propia Guía de Diseño AASHTO-93.

#### **h) Módulo resiliente para la sub-Base, Base y concreto Asfáltico**

Considerando la ambigüedad y falta de contexto en la frase proporcionada, la siguiente es una posible mejora: Para determinar los valores de CBR de la base y subbase de un afirmado, se seguirán las especificaciones indicadas en la tabla 300.1 del artículo 300-07 de disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbase granulares y bases granulares y estabilizadas.

**Figura 3:** *Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1)*



Fuente: AASHTO 1993

### i) Drenaje

El valor de este coeficiente está influenciado por dos factores principales: la capacidad del sistema de drenaje, que se calcula en base al tiempo necesario para evacuar el agua del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación a lo largo del año. Este último factor depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje existentes en el área. En consecuencia, el valor del coeficiente puede variar significativamente en función de estos parámetros.

**Tabla 6:** *Capacidad de drenaje*

Calidad de drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas

Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drenada

Fuente: AASHTO 1993

**Tabla 7:** *Coefficientes de drenaje (mi) recomendados*

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo en el que la estructura está expuesta a la humedad que están cercanos a la saturación			
	Menos al 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.2
Buena	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.0
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.8
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.6
Deficiente	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.4

Fuente: AASHTO 1993.

#### **j) Número Estructural**

El diseño de pavimentos flexibles es un proceso importante en la ingeniería de carreteras y se basa en determinar el espesor y la calidad de las capas que componen el pavimento para soportar las cargas que se esperan en la carretera durante su vida útil. Uno de los principales conceptos utilizados en el diseño de pavimentos flexibles es el número estructural (SN), el cual se utiliza para cuantificar la resistencia del pavimento a la fatiga y al daño acumulado causado por el tráfico.

El número estructural se determina mediante la aplicación de la ecuación de diseño de pavimentos flexibles, que relaciona los coeficientes de carga con los números estructurales

correspondientes. Estos coeficientes de carga se calculan en función de las características del tráfico que se espera que soporte el pavimento, como el número de ejes equivalentes (NE), el rango de Serviciabilidad (RS), la confiabilidad y el módulo resiliente de la capa a analizar.

Para realizar estos cálculos, se utiliza un software especializado llamado AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials), que requiere la entrada de los datos mencionados anteriormente. Al aplicar esta ecuación y los coeficientes de carga correspondientes, se puede determinar el número estructural necesario para el diseño del pavimento flexible, lo que permitirá garantizar su capacidad para soportar las cargas esperadas y mantener una buena condición a lo largo de su vida útil.

## CAPITULO III.

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

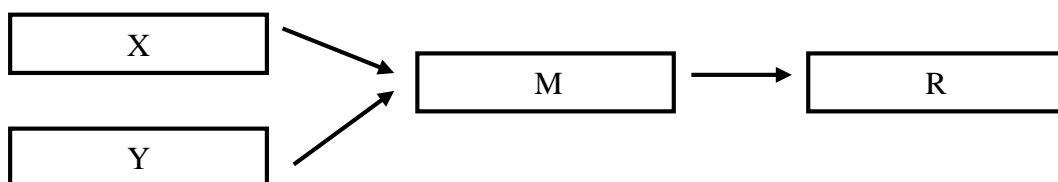
Fue del tipo aplicada, porque se empleó la muestra de estudio, llevándola a través de un análisis riguroso de resultados, así como fue el caso de los ensayos de laboratorio, de donde se obtuvieron los resultados de la capacidad de soporte siguiendo un análisis de gran complejidad.

##### 3.1.2. Nivel de investigación

El estudio fue de nivel descriptivo, porque la muestra evaluada a través del análisis de datos, describían claramente el comportamiento de cada muestra analizada como fue el caso del tipo de suelo, y la clasificación de la subrasante según su cantidad porcentual.

##### 3.1.3. Diseño de investigación

El estudio fue de diseño no experimental, porque no se manipulo la muestra, alterándola severamente, así mismo no presento cambios significativos en su evaluación por lo que no se trabajó con muestras o grupos experimentales.



X = Diseño Pavimento Flexible

Y = Transitabilidad vehicular

M = Transitabilidad vehicular

R = Resultados

### **3.2. Población, muestra y muestreo**

#### **3.2.1. Población**

Está conformado por un grupo en su totalidad, lo que no permite que la evaluación sea a través de grupos alternos, como ejemplo de ellos podemos referenciar a un país que representan cada estado, que a su vez conforma una población.

Para nuestro estudio la población está representada por Promuvi Señor de los Milagros Sector 6.

#### **3.2.2. Muestra**

Para el presente estudio la muestra está representada por 1+420 km de vía.

#### **3.2.3. Muestreo**

Para el presente estudio se tomará un muestreo no probabilístico a conveniencia.

#### **3.2.4. Unidad de análisis**

Para el estudio se considerarán 7 puntos de investigación

### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.3.1. Técnicas**

Para el estudio se aplicó la técnica de exploración de campo, de donde al aplicar la normativa CE.010 Pavimentos urbanos se seleccionó el número de puntos de investigación según el tipo de vía, así mismo también se aplicó la técnica observacional, por lo que esta técnica se aplicara solo para realizar el conteo de las cargas livianas y pesadas.

#### **3.3.2. Instrumentos**

Los instrumentos son bien conocido como la fuente de recolección de datos, este procesamiento insitu ayuda a capturar la información a través de mecanismo que sencillos, donde podemos guardar la información.

- ✓ Para el estudio se utilizaron formatos dentro de los cuales están:
- ✓ Formatos de la MTC para conteo vehicular
- ✓ Formatos entregados por el personal técnico laboratorista
- ✓ Formato según AASHTO-93.

### **3.4. Método de procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de la información obtenida en campo, se aplicó la metodología AASHTO-93 para la propuesta de diseño del pavimento flexible, así mismo fue necesario estudios previos que comprenden la mecánica de suelos, de donde se obtuvieron las características físicas

y el comportamiento mecánico del suelo, de donde se obtuvo un suelo de clasificación GP denominada grava pobremente gradado, siendo el valor de la capacidad de soporte de 28.5% siendo el valor más crítico, cabe mencionar que toda la información obtenida en campo se procesó en el programa EXCEL y para la propuesta de diseño de pavimento, se aplicó el método AASHTO-93 siguiendo las consideraciones de la norma CE.010 pavimentos urbanos.

**Para el estudio se aplicaron los siguientes formatos:**

**Formatos de la MTC para el estudio de tráfico**

- ✓ IMDA – Conteo vehicular
- ✓ ESAL – Tipo de tráfico según las cargas de tráfico

**Formatos según la ASTM para el estudio de mecánica de suelo**

- ✓ Análisis granulométrico según ASTM D 422
- ✓ Contenido de humedad ASTM D 2216
- ✓ Proctor modificado ASTM D 1158
- ✓ Ensayo California Bearing Ratio ASTM D 1883

**Formatos según AASHTO para la propuesta de diseño del pavimento**

- ✓ Espesores del paquete estructural del pavimento flexible

### **3.5. Ámbito de influencia**

El ámbito de influencia está compuesto por los tramos comprendidos del Promuvi Señor de los Milagros Sector 6, involucra a la CALLE E, CALLE 25, CALLE K, CALLE 28, CALLE G, CALLE 27, CALLE H-1, AVENIDA LONGITUDINAL N°3 y la AVENIDA TRANSVERSAL N°2, por lo que el total de tramo es de 1+420 km, por lo que la propuesta de construcción del pavimento flexible incluirá a todas las avenidas y calles mencionadas.

## CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Determinación del estudio de trafico

Según la información obtenida en SUTRAN el peaje más cercano fue el de Tomasiri, de donde se obtendrá los factores de corrección estacionario para vehículos livianos y pesados, así como también las tasas de crecimientos departamentales.

**Figura 4:** *Ubicación del Peaje más cercano Tomasiri*



**Fuente:** Cartografía de peajes de SUTRAN

Según la información obtenida en el Ministerios de Transportes y Comunicaciones el factor de corrección para vehículos livianos fue de 1.08526285, mientras el factor de corrección para vehículos pesados fue de 1.06925909.

#### **4.1.1. Factores de corrección para vehículos livianos y pesados**

**Figura 5:** *Ministerio de transportes y comunicaciones para vehículos livianos*

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)													FORMATO N° 1.1 A	
N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8963	1.1161	1.0973	1.1694	1.1943	0.9436	0.8773	0.9396	1.0294	1.0232	0.9843	1.0000
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0968	1.1010	1.0449	0.9979	0.9983	0.8917	0.9186	1.0099	1.0195	1.0712	0.8127	1.0000
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7349	0.7735	0.7823	0.7479	0.9820	1.0209	0.9842	0.9966	0.8833	1.0000
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0376	1.0166	1.1338	1.1784	0.9711	0.9693	1.0821	1.0843	1.1359	0.9021	1.0000
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0435	1.0448	0.9733	1.0000
6	CAMAÑA	0.5933	0.4934	1.0300	1.2963	1.3886	1.9661	1.2349	1.2278	1.3076	1.2636	1.2303	0.8494	1.0000
7	CANALS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9130	1.0316	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0330	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9933	0.9895	1.0077	0.7948	1.0000
9	CASABACRA	1.1441	1.1924	1.2329	0.9991	0.9240	1.0243	0.8401	0.8801	1.0308	0.9739	1.1463	0.8866	1.0000
10	CATAC	1.0992	1.0389	1.2334	1.0405	1.0772	1.0782	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000
11	OCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1030	1.0611	1.0719	1.0363	0.9517	0.9133	0.8930	0.9939	0.9734	0.7789	1.0000
12	CHACA PALMA	1.0342	0.9781	0.9980	1.0633	1.0693	1.2468	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	1.0000
13	CHALLUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2137	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000
14	CHICAMA	0.9891	0.9336	1.0369	1.0347	1.0320	1.0477	0.9368	0.9915	1.0533	1.0186	1.0421	0.7493	1.0000
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7628	1.0624	1.5470	1.6110	1.2022	1.4238	1.3046	1.2631	1.1867	0.6261	1.0000
16	CHULLUMI	1.0428	1.0728	1.0300	1.0160	1.0300	0.9407	0.8822	0.9316	0.9915	0.9207	1.2632	0.8229	1.0000
17	CHULLUCANAS	1.0210	1.0629	1.1368	1.1333	1.0630	1.0374	0.8771	0.9130	0.9843	0.9479	0.9143	0.7302	1.0000
18	CHURRI DE DIOS	0.9326	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.8071	0.9105	1.0002	0.8680	1.0664	0.6349	1.0000
19	ORCONA	1.1416	1.1861	1.2823	1.0206	0.9748	1.0306	0.7786	0.8795	1.0085	0.9892	1.1933	0.8889	1.0000
20	CRUCE BAYONAR	0.9033	0.8846	1.0939	1.0974	1.1392	1.1950	0.8940	0.9884	1.1644	0.9989	1.0881	0.6673	1.0000
21	CHULLU	0.9988	1.0350	1.1242	1.1174	1.1070	0.9345	0.9374	0.9186	0.9449	0.9671	0.9672	1.0218	1.0000
22	DESVO OLIVOS	0.9796	1.0103	1.1312	1.1600	1.1431	1.0896	0.9427	0.8716	0.9919	0.9562	1.0093	0.7176	1.0000
23	DESVO TALARA	0.8889	0.8781	1.0496	1.0840	1.1438	1.1734	0.9465	0.9935	1.1133	1.0280	1.0362	0.8201	1.0000
24	EL FBICAL	0.8940	0.8401	1.0359	1.0613	1.0717	1.1269	1.1019	0.9938	1.0836	1.0772	1.0791	0.8290	1.0000
25	EL PARASO	0.9203	0.9103	1.0517	0.9837	1.1149	1.1469	0.9012	0.9733	1.1090	1.0310	1.0929	0.7331	1.0000
26	FORTALEZA	0.9161	0.8373	1.0130	1.0162	1.1492	1.1835	0.8763	1.0108	1.1687	1.0734	1.1540	0.6253	1.0000
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9236	0.8319	0.7863	1.1304	0.9551	0.8703	0.9487	0.9943	0.9710	1.1329	0.8270	1.0000
28	HUARMAY	0.9033	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8604	0.9636	1.1330	1.0542	1.1438	0.6719	1.0000
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830	1.0591	0.9733	1.1793	0.8886	1.0000
30	LAVE	1.0094	0.9500	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9993	0.7789	1.0439	1.0628	1.1372	0.9867	1.0000
31	LO	0.8296	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0530	0.9804	1.0440	1.0342	0.8302	1.0000
32	JARWAY - CHIRCHA	0.8933	0.8722	1.0316	0.9073	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922	1.1421	1.0329	1.0328	0.4477	1.0000
33	LOMA LARGA BALA	1.0342	1.2728	1.2705	1.2997	1.1376	1.0325	0.8269	0.9065	0.9251	0.8919	0.9335	0.7333	1.0000
34	LIMABANDA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9513	1.0102	1.1443	0.8263	0.8416	1.1121	0.9731	1.0782	1.0732	1.0000
35	MACHUPICHA	1.0451	1.0918	1.0438	1.0861	1.1035	1.1330	0.9322	0.8422	1.0228	0.9617	1.0340	0.7388	1.0000
36	MARCONA	0.9862	0.9951	0.9832	1.0988	1.0983	1.0390	1.0341	1.0196	1.0271	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000
37	MATARANI	0.4710	0.3893	0.9819	1.3079	1.7133	1.8997	1.6168	1.5740	1.3939	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9302	0.9064	1.0834	0.8523	0.7838	0.5308	1.0000
39	MOJCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0630	1.0408	0.9982	0.9898	0.9034	1.0213	1.0118	1.0013	0.6903	1.0000
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0334	1.0354	1.1059	1.0488	1.0071	1.0340	1.0687	1.0353	0.8310	1.0000
41	MORROPPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.9226	0.9687	1.0920	0.9715	1.0543	0.6746	1.0000
42	MOVEMBABA	1.0830	1.0998	1.0819	1.0651	1.0168	0.9738	0.9433	0.9373	0.9761	0.9702	0.9991	0.8038	1.0000
43	NAZCA	0.9861	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000
44	PACANSHULLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1093	1.1396	0.9319	0.9399	1.1034	1.0141	1.0390	0.6893	1.0000
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9639	1.1074	1.0791	0.8941	0.9429	1.0130	0.9989	1.0393	0.9994	1.0000
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9933	1.0894	1.1292	1.0983	1.0805	1.0034	1.0469	1.0313	0.7241	0.6000	1.0000
47	PAMPA CUELLAR	1.0470	0.8406	1.0891	1.0786	1.1341	1.1307	0.9423	0.7893	1.0377	1.0224	1.0477	0.8316	1.0000
48	PAMPA GALERA	0.9882	1.0250	1.1273	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.8288	1.0000
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0836	1.0296	1.1090	1.0882	0.8872	0.9048	0.8396	0.9118	0.9099	0.8363	1.0000
50	PATARIASI	1.0387	0.9424	1.1393	1.0874	1.1073	1.1136	0.9016	0.7985	1.0385	0.9748	1.0193	0.8230	1.0000
51	PERU RUC	0.9743	1.0337	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404	0.9088	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000
52	PICHURHA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0372	1.0324	1.0052	0.9096	0.8779	0.9794	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000
53	PURAS SULLANA	1.1032	1.0988	1.1780	1.0977	1.0536	1.0475	0.9646	0.8472	0.9933	0.9479	0.9443	0.7334	1.0000
54	REMONTE	1.0322	1.0822	1.0719	1.0640	1.0386	1.0147	0.9440	0.9110	0.9516	0.9578	1.0473	0.7384	1.0000
55	ROMAHURCA	0.9923	0.9973	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.8282	0.8478	0.9921	0.9880	1.0076	0.7023	1.0000
56	RONGO	1.0334	1.0348	1.0686	1.0886	1.0587	1.0028	0.8826	0.9141	0.9728	0.9689	0.9999	0.8065	1.0000
57	ROZO REDONDO	0.9233	0.8302	1.0219	1.0882	1.1022	1.0969	1.0363	1.0403	1.1089	1.0032	1.0472	0.8472	1.0000
58	RUNTA PERUDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2136	1.4381	1.4081	0.8099	0.5874	1.1694	1.0532	1.2893	1.0738	1.0000
59	QUILLUA	1.1371	1.1653	1.2301	1.0383	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9830	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000
60	RUMICACCA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8378	1.2202	1.1942	0.8737	0.8973	1.0348	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000
61	SAN ANTON								1.1261	1.0599	0.9635	1.0337	0.8809	1.0000
62	SAN GABAN	1.0300	0.9816	1.0783	1.0904	1.1222	1.0964	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9673	0.8183	1.0000
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0333	1.1193	1.1238	1.1044	1.0287	0.8773	0.9294	0.9572	0.9531	1.0333	0.7300	1.0000
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7603	1.0670	1.0127	1.0634	0.8428	1.0000
65	SAYLLA	1.0247	0.9948	1.1232	1.0933	1.0630	0.9819	0.9123	0.9189	0.9632	0.9876	0.9300	0.8000	1.0000
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9863	0.8130	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000
67	SICUYANI	1.0307	0.8231	1.0208	1.0835	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0583	1.1833	1.0308	1.0000
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0604	1.0721	0.9417	0.9364	1.0113	1.0043	1.0235	0.9394	1.0000
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9565	1.0447	1.1038	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0232	0.8999	0.9612	0.8303	1.0000
70	TUMACSI	0.9887	0.9170	1.0842	1.0833	1.1028	1.0928	1.0370	0.9998	0.9003	1.0377	1.0434	0.7738	1.0000
71	TIBAN	1.0782	1.0385	1.1038	1.0103	1.0405	1.0399	0.8653	0.8521	0.9794	0.8603	1.1159	0.9396	1.0000
72	TIBAN PROGRESO	1.0447	1.0263	1.0940	1.0397	1.0234	1.0172	0.9399	0.9337	0.9674	1.0198	1.0461	0.7814	1.0000
73	TRUJIBANDA	1.2613	1.0304	1.0861	1.0937	1.0591	1.0253	0.9403	0.9398	0.9387	0.9686	0.9829	0.7404	1.0000
74	MIRANTE DE PASAMAYO	0.9446	0.9314	1.0129	0.9933									

**Figura 6: Ministerio de transportes y comunicaciones para vehículos pesados**

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2014)															FORMATO N° 1.1 B
Código	Provincia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	Peajes FC	
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0700	1.1254	0.9521	0.9574	0.9633	0.9434	0.9429	0.9222	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0407	1.0184	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597	0.9819	1.0096	1.0042	0.8320	1.0000	
3	AMBO	0.7967	0.7899	0.8193	0.7782	0.7945	0.7903	0.7900	1.0495	1.0096	0.9572	0.9482	0.9447	1.0000	
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828	0.9573	0.9313	0.9438	1.0000	
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9305	0.9335	0.9436	0.9485	0.9903	1.0000	
6	CAMAÑA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0733	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	1.0000	
7	CANCA	1.0490	0.9888	1.0151	1.0432	1.0384	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9363	1.0000	
8	CARACOTO	1.0489	1.0185	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9373	0.9433	0.9765	0.8133	1.0000	
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9789	0.9885	0.9782	0.9872	0.9697	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000	
10	CATAC	1.0358	1.0807	1.1006	1.0736	1.0119	0.9842	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9578	0.9984	1.0000	
11	COASACANCHA	1.0983	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9883	0.9388	0.9352	0.9309	0.9198	0.9273	1.0000	
12	CHACAPALPA	1.1233	0.9872	0.9556	1.0061	1.0477	1.0441	1.0499	0.9929	0.9240	0.9209	0.9523	1.0257	1.0000	
13	CHALHUAPUQUO	1.0741	1.0898	1.0814	1.0840	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9399	0.9435	0.9498	0.9948	1.0000	
14	CHICAMA	0.9742	0.9385	1.0227	1.0799	1.0596	1.0428	1.0427	0.9889	0.9829	0.9814	0.9459	0.7964	1.0000	
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0632	1.0531	1.0541	0.9979	0.9991	0.9800	0.9674	0.8073	1.0000	
16	CHULLQUI	0.9571	0.9888	1.0334	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9885	0.9731	0.9189	1.2400	0.9257	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0042	0.9705	1.1344	1.1390	1.0939	1.0644	1.0233	0.9306	0.9603	0.9193	0.8980	0.7996	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9388	1.1243	1.0109	0.9783	1.0522	1.0838	1.0309	1.0887	0.8375	0.8101	0.6609	1.0000	
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9336	0.9648	0.9738	0.9739	0.9653	0.9769	0.9739	1.0000	0.9361	1.0000	
20	CRUCE BAYONAR	0.9523	0.9617	1.0163	1.0834	1.0473	1.0635	1.0386	0.9979	1.0133	0.9779	0.9314	0.7992	1.0000	
21	CUCULLI	0.9544	1.0489	1.1822	1.1810	1.0781	0.9789	0.9833	0.9222	0.9034	0.9413	0.9400	1.0895	1.0000	
22	DESAYO OLIVOS	1.0870	1.0354	1.0807	1.0587	1.0520	1.0192	0.9557	0.9187	0.9594	0.9597	0.9510	0.8440	1.0000	
23	DESAYO TALLARA	1.0234	0.9783	1.0448	1.0485	1.0343	1.0196	1.0066	0.9882	1.0060	0.9840	0.9843	0.9366	1.0000	
24	EL BECAL	0.9793	0.9154	1.0173	1.0591	1.0246	1.1624	1.0833	1.0320	1.0238	0.9910	0.9738	0.8204	1.0000	
25	EL PARASO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0501	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785	0.9938	0.9734	0.9592	0.8949	1.0000	
26	FORTALEZA	1.0095	0.9846	1.0035	1.0378	1.0432	1.0327	1.0371	0.9852	0.9980	0.9807	0.9610	0.7800	1.0000	
27	HUACRAPIQUO	0.9880	0.9011	0.8423	0.7848	1.1803	1.0254	0.9226	0.9778	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000	
28	HUARPEY	1.0826	1.0429	1.1171	1.1398	1.1478	1.0000	0.9937	0.9497	0.9838	0.9479	0.9288	0.7790	1.0000	
29	ICA	0.9882	0.9844	1.0316	1.0471	1.0336	1.0887	1.0384	0.9804	0.9489	0.9332	1.0246	0.8853	1.0000	
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9380	1.0108	1.0332	1.0503	1.0783	0.8885	1.0774	1.0698	1.1077	1.0765	1.0000	
31	ILO	1.0869	1.0487	1.0735	0.9887	1.0028	1.0483	1.0198	1.0030	0.9598	0.9630	0.9476	0.8449	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0309	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9628	0.9877	0.9583	0.9390	0.4881	1.0000	
33	LIMA LARGA BALA	0.9884	1.0881	1.2082	1.2084	1.1284	1.0819	0.9823	0.9904	0.9473	0.9315	0.9038	0.7844	1.0000	
34	LINAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305	0.9788	0.9344	0.9503	0.9503	1.0000	
35	MARISANI	1.0472	1.0357	1.0808	1.0272	1.1020	1.2000	1.2321	0.9430	0.9199	0.9218	0.9230	0.8424	1.0000	
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.0561	1.0323	1.0444	1.0385	1.0802	0.9893	0.9632	0.8183	1.0000	
37	MATARANI	0.9789	0.8551	1.0320	1.0860	1.0736	1.0200	1.0078	1.0345	0.9879	0.9887	0.9761	0.8394	1.0000	
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0336	0.9978	0.9828	0.9467	0.9518	1.0001	0.9032	0.7510	0.8424	1.0000	
39	MOQUE	0.9389	0.9880	1.0360	1.1377	1.0787	0.9853	1.0381	0.9880	0.9930	0.9641	0.9493	0.6799	1.0000	
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0188	1.0080	1.0138	1.0664	1.0793	1.0412	1.0188	0.9900	0.9896	0.8288	1.0000	
41	MORROPPE	0.9833	0.9382	1.0108	1.0890	1.0412	1.0811	1.0383	1.0113	1.0140	0.9789	0.9444	0.8793	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0994	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980	0.9971	0.9593	0.9630	0.9824	0.9784	0.8706	1.0000	
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0201	1.0329	1.0337	0.9978	0.9794	0.9593	0.9575	0.9266	1.0810	1.0000	1.0000	
44	PACANAVILLA	0.9774	0.9487	1.0090	1.0641	1.0495	1.0596	1.0323	0.9901	0.9939	0.9811	0.9523	0.8040	1.0000	
45	PACRA	1.0988	1.0277	1.0319	1.0987	1.0279	0.9996	0.9510	0.9894	0.9504	0.9504	0.9523	1.0003	1.0000	
46	PAITA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.1043	1.0823	1.1408	1.0573	0.9480	0.9036	0.8888	0.7805	1.0000	
47	PAMPA QUELAR	1.1278	1.1080	1.0743	1.0196	1.1381	1.0914	0.9953	0.9499	0.9494	0.9790	0.9846	0.8184	1.0000	
48	PAMPA GALERA	1.0983	1.0946	1.0837	1.0534	1.0345	1.0078	0.9882	0.9322	0.9354	0.9417	0.9377	0.8184	1.0000	
49	PAMPAMARCA	1.0892	1.0541	1.0951	1.0808	1.0684	1.0201	0.9588	0.9473	0.7722	0.7828	0.7551	0.8673	1.0000	
50	PATAHUKSI	1.0842	1.0620	1.0535	1.0743	1.0716	1.0442	1.0134	0.9309	0.9448	0.8882	0.9088	0.7907	1.0000	
51	PEBRO RUIZ	1.0595	1.0270	1.0441	1.0435	1.0091	0.9897	1.0091	0.9512	0.9835	0.9802	0.9788	0.8808	1.0000	
52	PICHIRUA	1.0749	1.0717	1.0921	1.0739	1.0482	1.0287	0.9978	0.9372	0.9328	0.9400	0.9213	0.7813	1.0000	
53	PURA SULLANA	1.0777	1.0833	1.1221	1.0807	1.0388	1.0120	1.0199	0.9893	0.9893	0.9711	0.9563	0.7940	1.0000	
54	PUNCON	1.2438	1.2774	1.1203	1.2187	1.0792	1.0400	0.9361	0.8949	0.8533	0.8878	0.9470	0.7907	1.0000	
55	ROMAHUACA	1.0921	1.0391	1.0626	1.0829	1.0377	1.0278	0.9851	0.9081	0.9598	0.9808	0.9436	0.8043	1.0000	
56	PONGO	1.1352	1.0878	1.0772	1.0246	0.9988	0.9782	0.9386	0.9093	0.9780	0.9730	0.9737	0.9432	1.0000	
57	POZO REDONDO	1.0265	0.9947	1.0212	1.0323	1.0483	1.0444	0.9966	0.9978	1.0416	1.0080	0.9479	0.8933	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	1.1241	1.1208	1.0721	1.0308	1.3098	1.1524	0.9881	0.9410	0.9228	0.8838	0.9103	0.9302	1.0000	
59	QUILLI	1.1812	1.0951	1.0804	0.9231	0.9335	0.9738	0.9323	0.9309	0.9788	0.9979	1.1238	0.9787	1.0000	
60	RUMAHUACA	1.0818	1.0288	1.0299	1.0188	1.0400	0.9999	0.9851	0.9211	0.9277	0.9617	1.0142	1.0088	1.0000	
61	SAN ANTON								1.0513	1.0045	0.9507	1.0235	0.9882	1.0000	
62	SAN GABRIEL	1.0987	1.0398	1.1783	1.1123	1.1375	1.0887	1.2200	0.8992	0.8511	0.9426	0.9370	0.8398	1.0000	
63	SAN LORENZO	1.4046	1.3895	1.3441	1.2280	1.1596	1.0969	0.9817	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7408	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0470	1.0248	1.0883	1.0801	1.0723	1.0887	1.0285	0.9249	0.9396	0.9088	0.9206	0.7987	1.0000	
65	SAYLLA	1.0653	1.0234	1.0782	1.0921	1.0394	1.0339	0.9826	0.9496	0.9489	0.9527	0.9402	0.9877	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMAY	1.0230	1.0047	1.0591	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000	
67	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0187	1.0202	0.9074	0.9111	0.9337	1.0000	
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9351	0.9911	0.9583	1.0190	0.9773	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.9381	0.7330	1.1320	1.4800	1.4249	1.2833	1.3179	1.3997	1.1935	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000	
70	TONGOR	0.9707	0.9200	1.0234	1.0983	0.9587	1.0222	1.0833	1.0043	0.9836	0.9993	0.9996	0.8398	1.0000	
71	TUNAN	1.0987	1.0865	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9399	0.9288	0.9780	0.9885	1.0221	1.0081	1.0000	
72	UHUIN PROGRESO	1.1498	1.1283	1.0988	1.0535	1.0314	1.0245	0.9787	0.9184	0.9079	0.9712	0.9721	0.7971	1.0000	
73	UCUBAMBA	1.1972	1.0383	1.0211	1.0283	1.0183	0.9790	0.9874	0.9217	0.9488	0.9731	0.9743	0.8353	1.0000	
74	VARIANTE DE PASAMAY	0.9887	0.9310												

**Figura 7:** *Tasas de crecimiento para vehículos livianos*

Tasa de Crecimiento de Vehículos Livianos		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%
Arequipa	1.07%	Arequipa	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca	0.57%	Cajamarca	1.29%
Callao	1.56%	Cusco	4.43%
Cusco	0.75%	Huancavelica	2.33%
Huancavelica	0.83%	Huanuco	3.85%
Huanuco.	0.91%	Ica	3.54%
Ica	1.15%	Junin	3.90%
Junin	0.77%	La Libertad	2.83%
La Libertad	1.26%	Lambayeque	3.45%
Lambayeque	0.97%	Callao	3.41%
Lima Provincia	1.45%	Lima Provincia	3.07%
Lima	1.45%	Lima	3.69%
Loreto	1.30%	Loreto	1.29%
Madre de Dios	2.58%	Madre de Dios	1.98%
Moquegua	1.08%	Moquegua	0.27%
Pasco	0.84%	Pasco	0.36%
Piura	0.87%	Piura	3.23%
Puno	0.92%	Puno	3.21%
San Martín	1.49%	San Martín	3.84%
Tacna	1.50%	Tacna	2.88%
Tumbes.	1.58%	Tumbes	2.60%
Ucayali	1.51%	Ucayali	2.77%

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones

**Tabla 8:** Datos del Peaje Tomasiri

<b>TRAMO</b>	<b>ACCESO VESIQUE</b>	<b>FACTOR DE CORRECCIÓN</b>	
<b>FECHA</b>	ABRIL	FC (liviano)	1.08526285
<b>AÑO</b>	2023	FC (pesado)	1.06925909
<b>PEAJE</b>	TOMASIRI		

**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** La tabla 2 muestra la información correspondiente a los datos del departamento de Tacna que corresponde al peaje de Tomasiri.

**Tabla 9:** Índice Medio Diario Anual presente 2023

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día</b>							<b>TOTAL SEMANA</b>	<b>IMD<sub>s</sub></b>	<b>FC</b>	<b>IMD<sub>a</sub></b>
	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>M</b>				
Automóvil	29	29	33	26	25	26	30	<b>198</b>	28	1.0853	31
Station W	27	29	29	26	26	28	28	<b>193</b>	28	1.0853	30
Pick Up	19	19	16	20	20	15	20	<b>129</b>	18	1.0853	20
Combi Ru	8	7	6	7	7	8	8	<b>51</b>	7	1.0853	8
Micro	254	254	263	257	266	268	247	<b>1804</b>	258	1.0853	280
Camión 2E	7	7	8	8	6	7	6	<b>49</b>	7	1.0693	7
<b>TOTAL</b>	<b>344</b>	<b>345</b>	<b>355</b>	<b>344</b>	<b>350</b>	<b>347</b>	<b>339</b>	<b>2424</b>	<b>206</b>		<b>376</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Como se puede apreciar en el estudio la cantidad de vehículos transcurrido en la vía fue de 376 veh/día.

#### 4.1.2. Cálculo del índice medio diario anual proyectado

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

**Tabla 10:** Tasas de crecimiento departamentales

Departamento	Tacna
TC (vehículos livianos)	1.50%
TC (vehículos pesados)	2.88%

Fuente: Tasas decrecimiento departamental de Tacna

**Descripción:** Como se observa la tasa de crecimiento departamental de Tacna fue de 1.50% para vehículos livianos, mientras para vehículo pesados fue de 2.88%.

**Tabla 11:** Índice Medio Diario Anual proyectado para el 2027

Tipo de Vehículo	IMD <sub>a</sub>	TC (livianos)	TC (Pesados)	IMD <sub>a</sub> Proyectado
Automóvil	31	1.50%	2.88%	32
Station W	30	1.50%	2.88%	31
Pick Up	20	1.50%	2.88%	21
Combi Ru	8	1.50%	2.88%	8
Micro	280	1.50%	2.88%	292
Camión 2E	7	1.50%	2.88%	8
<b>TOTAL</b>	<b>376</b>			<b>392</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Como se observa el índice medio diario anual proyectado para el estudio será de 392 veh/día.

#### 4.1.3. Cálculo de ESAL de diseño

**Tabla 12:** *Cálculo del ESAL proyectado*

<b>Tipo de automóvil</b>	<b>IMDA 2027</b>	<b>EE (8.2 ton) P. Flexible</b>	<b>EE x IMDA P. Flexible</b>
Automóvil	32.10	0.00052702	0.0169177
Automóvil	32.10	0.00052702	0.0169177
Station Wagon	31.29	0.00052702	0.01649048
Station Wagon	31.29	0.00052702	0.01649048
Pick Up	20.91	0.00052702	0.01102214
Pick Up	20.91	0.00052702	0.01102214
Combi Rural	8.27	0.00052702	0.00435759
Combi Rural	8.27	0.00052702	0.00435759
Micro	292.47	0.00052702	0.15413901
Micro	292.47	0.00052702	0.15413901
Camión 2E	8.15	1.26536675	10.3130489
Camión 2E	8.15	3.23828696	26.3928318
			<b>37.1117346</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13:** *Datos obtenidos en el cálculo del ESAL de diseño*

<b>ESAL DE DISEÑO</b>		
<b>Tiempo de vida útil del pavimento</b>	<b>n</b>	20
<b>TC (vehículos livianos)</b>	-	1.50%
<b>TC (vehículos pesados)</b>	-	2.88%
<b>FCA (TC Veh. Pesados)</b>	<b>F.c.a</b>	26.54
<b>Numero de calzadas por sentido</b>	<i>1 calzada/2 sentidos/1 carril</i>	
<b>Factor direccional</b>	<b>Fd</b>	0.5
<b>Factor Carril</b>	<b>Fc</b>	1
<b>ESAL</b>	<b>ESAL (flexible)</b>	179780.30

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Como se puede apreciar en las tablas el ESAL de diseño fue de 179780.30 EE.

#### 4.1.4. Determinación del número de puntos de investigación

**Tabla 14:** *Ubicación se la zona de estudio*

COORDENADAS UTM		
	Este	Norte
<b>Señor de los Milagros</b>	<b>364847</b>	<b>8000437</b>
<b>Promuvi, sector 6</b>		

Fuente: Elaboración propia

La zona de estudio Señor de los Milagros Promuvi, sector 6, se encuentra ubicada en la zona 19 Norte, de donde como coordenadas referenciales, se encuentra en Este 364879 y en Norte 8000437.

#### 4.1.5. Exploración de campo

Se procedió a calcular el número de puntos de investigación según el área de vía.

**Tabla 15:** *Número de punto de investigación*

Tipo de vía	Nº de puntos de investigación	Área (m2)
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Fuente: Norma Técnica CE.010 Pavimentos urbanos

Para el estudio se contó con una longitud de 1+420, de donde se tuvo un área de 12070 m<sup>2</sup>, por lo que el número de puntos de investigación para el tipo de vías locales fue de 7 calicatas.

#### **4.2. Determinación de las propiedades físicas del suelo**

##### **4.2.1. Análisis granulométrico**

- **Cuarteo del material**

Para el proceso del cuarteo se selecciona una porción de la muestra según una cantidad representativa, seleccionando a su vez la muestra lateral según como se puede observar en la Figura 8.

**Figura 8:** *Cuarteo del material*



Fuente: Elaboración propia.

**Descripción:** Como se aprecia se seleccionó las muestras laterales según la norma NTP 339.089.

- **Selección de tamices para el proceso de granulometría**

Para la clasificación del material, existen 2 clasificaciones de tamices tal y como lo muestra el manual de ensayos de laboratorio, para este caso se seleccionó la primera clasificación de tamices, mostrado en la Tabla 16.

**Tabla 16:** *Selección de tamices*

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

**Fuente:** Manual de ensayos de materiales

**Descripción:** Para el primer caso de selección de tamices, sirvió para clasificar a la muestra por AASHTO y SUCS, ya que para el segundo caso de selección solo me permite

clasificar por SUCS mas no por AASHTO, por lo que se seleccionó la clasificación más conveniente, según el manual de ensayos de laboratorio.

- **Selección según el tamaño de partículas**

Para este proceso se seleccionaron los tamices que comprenden el diámetro de las partículas de cada tamiz en relación al peso según la tabla 17.

**Tabla 17:** *Tamaño según el peso*

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: Manual de ensayos de materiales

**Descripción:** Para el ensayo de tomo una muestra representativa mayor a 6 kg, debido que el material mostrado en la figura 17 considero una cantidad representativa aproximando al doble de la muestra total, para tener una mejor clasificación de partículas.

- **Fórmulas para la clasificación granulométrica**

**Coefficiente de uniformidad**

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

**Coefficiente de curvatura**

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

- **Condición de los coeficientes de curvaturas y de uniformidad**

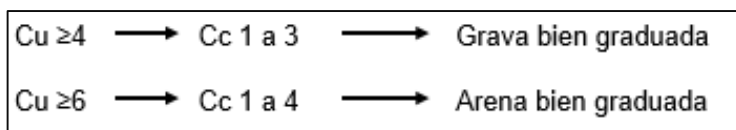
**Para arena**

Cumple cuando el coeficiente de uniformidad es mayor a 4, mientras que el coeficiente de curvatura esta entre el valor de 1 a 3, caso contrario se designa el valor como arena pobremente graduada.

**Para grava**

Cumple cuando el coeficiente de uniformidad es mayor a 6, mientras que el coeficiente de curvatura esta entre el valor de 1 a 4, caso contrario se designa el valor como grava pobremente graduada.

**Figura 9:** Clasificación según  $C_u$  y  $C_c$



**Fuente:** Elaboraron propia

Para el proceso de granulometría de las 7 calicatas se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 18:** Coeficientes de curvatura y de uniformidad

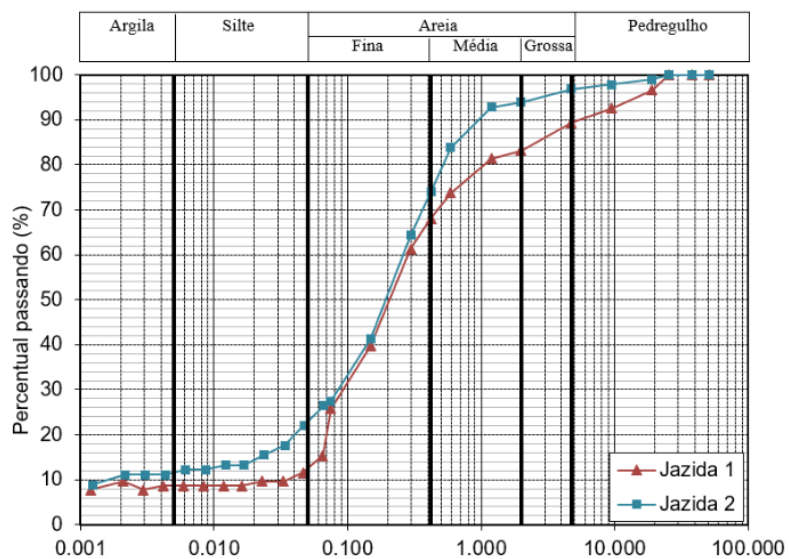
Calicatas	Coeficiente de uniformidad	Coeficiente de curvatura
C-01	93.35	7.98
C-02	106.81	9.78
C-03	105.25	8.86
C-04	74.70	6.63
C-05	136.2	11.35
C-06	101.04	8.67
C-07	111.75	10.71

**Fuente** Elaboración propia

**Descripción:** Como se puede apreciar los coeficientes de uniformidad y de curvatura presentan un comportamiento.

**Representación de curva granulométrica**

**Figura 10:** *Curva granulométrica*



*Fuente: Elaboración propia*

Descripción: La descripción de la curva granulométrica describe la gradación según grava, arena y finos.

- **Proceso del ensayo granulométrico**

**Figura 11:** *Tamizado del material*



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Figura 12:** *Pesado del material retenido en los tamices*



Fuente: Ensayos de laboratorio

Para el ensayo se realizó el proceso de gradación de las partículas retenidas en el tamiz #4 y pasantes por el #200, por lo que se obtuvo el porcentaje del material grava y finos, la diferencia del total entre ambos fue denominado como el porcentaje de arena.

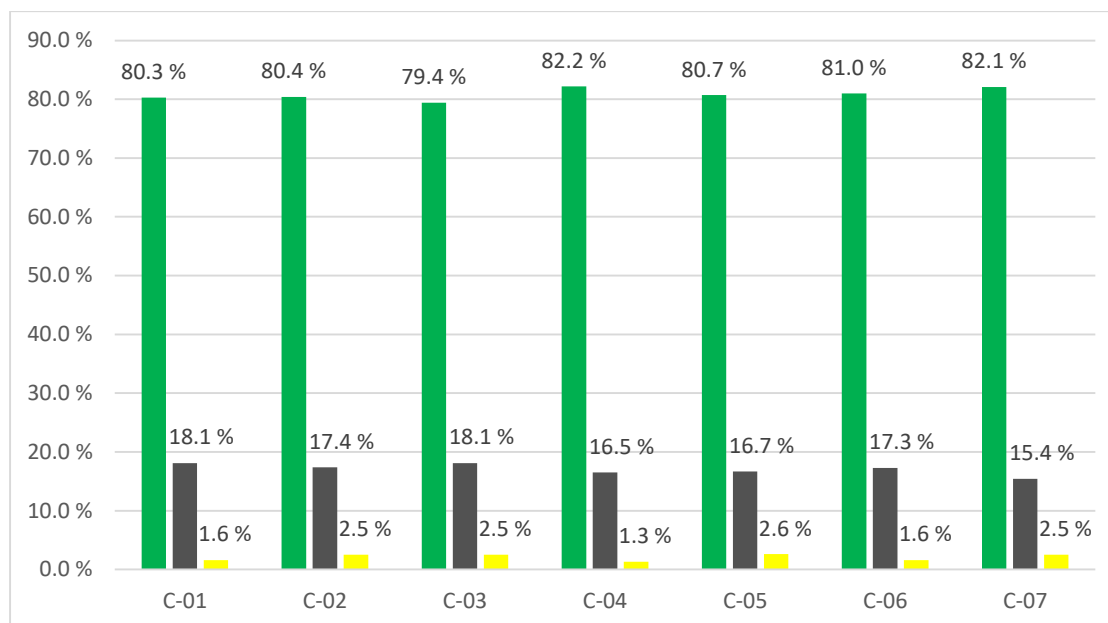
**Tabla 19:** *Análisis granulométrico según ASTM D 422*

<b>Descripción</b>	<b>% Grava</b>	<b>% Arena</b>	<b>% Finos</b>
C-01	80.3	18.1	1.6
C-02	80.4	17.4	2.5
C-03	79.4	18.1	2.5
C-04	82.2	16.5	1.3
C-05	80.7	16.7	2.6
C-06	81.0	17.3	1.6
C-07	82.1	15.4	2.5

**Fuente: Ensayos de laboratorio**

Como se puede apreciar en la tabla para C-01 el porcentaje de grava, arena y finos fue de 80.3%, 18.1%, 1.6%, mientras para C-02 los porcentajes del material fueron de 80.4%, 17.4%, 2.5%, además para C-03 los porcentajes del material grava, arena y finos fueron de 79.4%, 18.1%, 2.5%, para C-04 los porcentajes del material fueron de 82.2%, 16.5%, 1.3%, para C-05 los porcentajes del material grava, arena y finos fueron de 80.7%, 16.7%, 2.6%, para C-06 los porcentajes del material grava, arena y finos fueron de 81.0%, 17.3%, 1.6% y por último para C-07 los porcentajes del material grava, arena y finos fueron de 82.1%, 15.4% y 2.5%.

**Gráfica 1:** Representación de barras del análisis granulométrica



**Fuente:** Elaboración propia

Tal como se observa en la representación gráfica, el material predominante en el ensayo fue la grava por lo que conforme a los coeficientes de curvatura y de uniformidad no cumplieron con estas condiciones en los 7 puntos de investigación evaluados, por lo que el material fue grava pobremente graduado.

#### 4.2.2. Contenido de humedad

- **Proceso de contenido de humedad**

Para el proceso del contenido de humedad se seleccionó más de 100g del material para ser para ser pesado en su estado natural en una balanza de 0.01g de precisión, por lo que siguiendo la condiciones según la normativa ASTM se llevó la muestra a un horno de temperatura controlada a  $\pm 110^{\circ}\text{C}$ , con la información del material seco se realizó el cálculo del contenido de humedad.

#### Selección de muestra del material

**Tabla 20:** *Métodos para el contenido de humedad*

Maximum Particle Size (100 % Passing)		Method A Water Content Recorded to $\pm 1$ %		Method B Water Content Recorded to $\pm 0.1$ %	
Sieve Size	Alternative Sieve Size	Minimum Specimen Mass	Balance Readability (g)	Minimum Specimen Mass (g)	Balance Readability (g)
75.0 mm	3 in.	5 kg	10	50 kg	10
37.5 mm	1-½ in.	1 kg	10	10 kg	10
19.0 mm	¾ in.	250 g	0.1	2.5 kg	0.1
9.5 mm	¾ in.	50 g	0.1	500 g	0.1
4.75 mm	No. 4			100 g	0.01
2.00 mm	No. 10			20 g	0.01

Fuente: Elaboración propia

**Descripción:** Para la selección del tamaño de partículas se optó por aplicar el método A debido que las cantidades de material más predominantes estaban retenidas en los tamices 3/4” y 3/8”.

- **Fórmulas para la obtención del contenido de humedad**

Según la norma ASTM D 2216-19 muestra que el contenido de humedad está representado por la siguiente fórmula:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

- **Proceso del ensayo de contenido de humedad**

**Figura 13:** *Selección de muestra para contenido de humedad*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 14:** *Secado de la muestra*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21:** *Contenido de humedad*

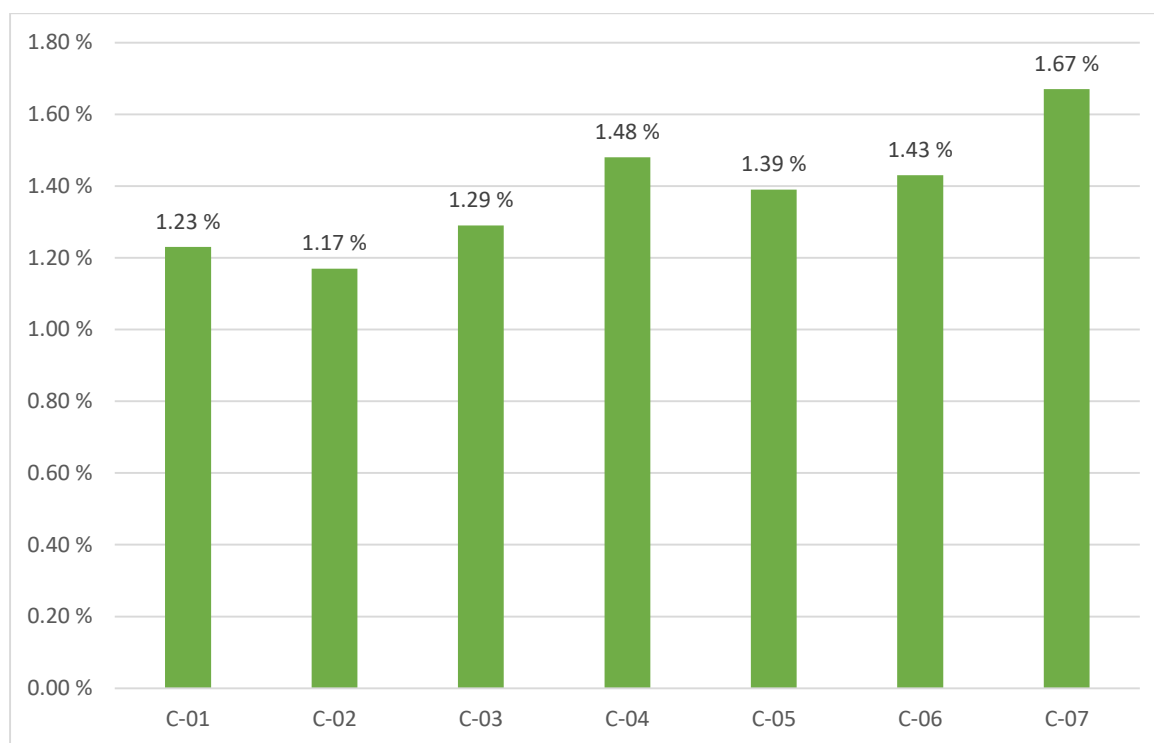
<b>Descripción</b>	<b>Contenido de humedad</b>
C-01	1.23 %
C-02	1.17 %
C-03	1.29 %
C-04	1.48 %
C-05	1.39 %
C-06	1.43 %
C-07	1.67 %

**Fuente: Elaboración propia**

Tal como se puede apreciar en la tabla los contenidos de humedades obtenidos en los 7 puntos de investigación fueron corresponden a 1.23%, 1.17%, 1.29%, 1.48%, 1.39%, 1.43% y 1.67%, como se parecía los contenidos de humedades no varían en gran proporción por lo que los contenidos de agua son relativamente bajos siendo el mayor el punto de la calicata 7, por lo que el material

evaluado fue el de la subrasante, cabe mencionar que estos contenidos de humedades corresponden al terreno de fundación.

**Gráfica 2:** Representación de barras para el contenido de humedad



**Fuente:** Elaboración propia

Tal como se aprecia en el presente estudio los contenidos de humedades realizadas a los 7 puntos de investigación, son variables por lo que material en este tipo de suelo carece de liga siendo el contenido de agua máximo el del C-07 con un 1.67%, mientras el contenido de humedad mínimo fue de C-02 con un 1.17%.

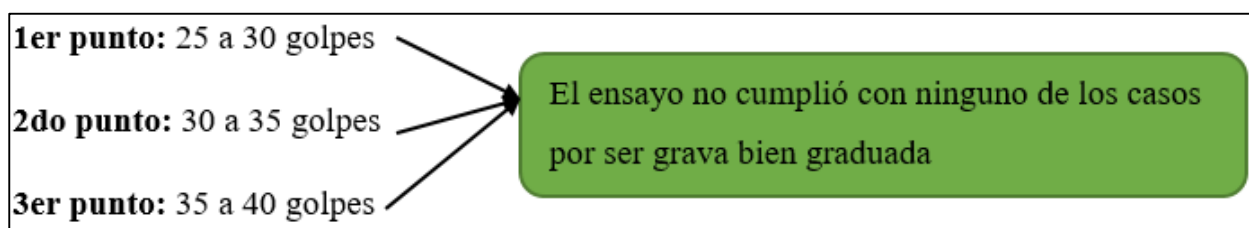
#### 4.2.3. Ensayo de límites de consistencia

Para este ensayo se empleó la norma ASTM D4318.

- **Limite liquido**

Para el proceso de este ensayo se sometió la muestra a una cantidad de golpes estándares según lo mostrado en la siguiente figura.

**Figura 15:** *Relación de golpes para limite liquido*



Fuente: Elaboración propia

Descripción: Para nuestro caso la muestra por ser GW grava bien graduada no aplica el ensayo de limite líquido.

#### **Limite plástico**

No aplica por ser el mismo caso, por lo que se clasifica como NP

#### **Índice de plasticidad**

Se clasifica como NP.

#### 4.2.4. Resumen de ensayos de laboratorio

**Tabla 22:** *Resumen de los ensayos para las propiedades física*

Descripción	% Grava	% Arena	% Fino	w (%)	LL	IP	AASHTO	SUCS
C-01	80.3	18.1	1.6	1.23	NP	NP	A-1-a (0)	GW
C-02	80.4	17.4	2.5	1.17	NP	NP	A-1-a (0)	GW
C-03	79.4	18.1	2.5	1.29	NP	NP	A-1-b (0)	GW
C-04	82.2	16.5	1.3	1.48	NP	NP	A-1-a (0)	GW
C-05	80.7	16.7	2.6	1.39	NP	NP	A-1-a (0)	GW
C-06	81.0	17.3	1.6	1.43	NP	NP	A-1-a (0)	GW
C-07	82.1	15.4	2.5	1.67	NP	NP	A-1-a (0)	GW

**Fuente:** *Elaboración propia*

Tal como se aprecia en la tabla la clasificación obtenida empleando el método SUCS fue denominado grava bien graduada, mientras el método de clasificación AASHTO fue de A-1-a con índices de grupos 0.

### 4.3. Determinación de las propiedades mecánica de la subrasante

#### 4.3.1. Proctor modificado

Para el proceso de proctor modificado, se contempló la norma de compactación según ASTM D 1557, procediendo a utilizar el método C, de acuerdo al proceso granulométrico, así mismo se utilizó un volumen de molde de 2123 cm<sup>3</sup>, por lo que se compacto a 25 golpes cada capa, siendo el total de capas 5, paso después se procesó a enrasar la muestra compactada con el enrasador de bronce, por lo que se llevó la muestra a un horno con temperatura controlada a 110°C, para obtener el cálculo de los datos primordiales del proctor modificado como el cálculo de la Máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

#### 4.3.2. Proceso para la obtención del método

**Tabla 23:** *Métodos de selección*

<b>Descripción</b>	<b>Método A</b>	<b>Método B</b>	<b>Método C</b>
Nº de molde	4"	4"	6"
Tamiz pasante	Nº 4	Nº 3/8"	3/4"
Nº de capas	25	25	56
Nº de golpes por capa	5	5	5
Uso	20% retenido en tamiz Nº4	Más del 20% retenido en tamiz Nº4 y menos del 20% retenido en el tamiz 3/8"	Más del 20% retenido en tamiz Nº3/8 y menos del 30% retenido en el tamiz 3/4"

Fuente: Manual de ensayos de materiales

Descripción: Para el estudio se seleccionó el método C según las condiciones especificadas en la norma ASTM D 1557

#### 4.3.3. Proceso para ensayo de proctor modificado

Cálculo del volumen del molde

$$V = \left( \frac{\pi * D^2}{4} \right)$$

**Figura 16:** Selección de muestra mediante el método



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Figura 17:** *Compactación del material*



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Figura 18:** *Enrasado del material en el molde*



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Figura 19:** Secado de la muestra para OCH y MDS



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Descripción:** Este ensayo sirvió para obtener la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad.

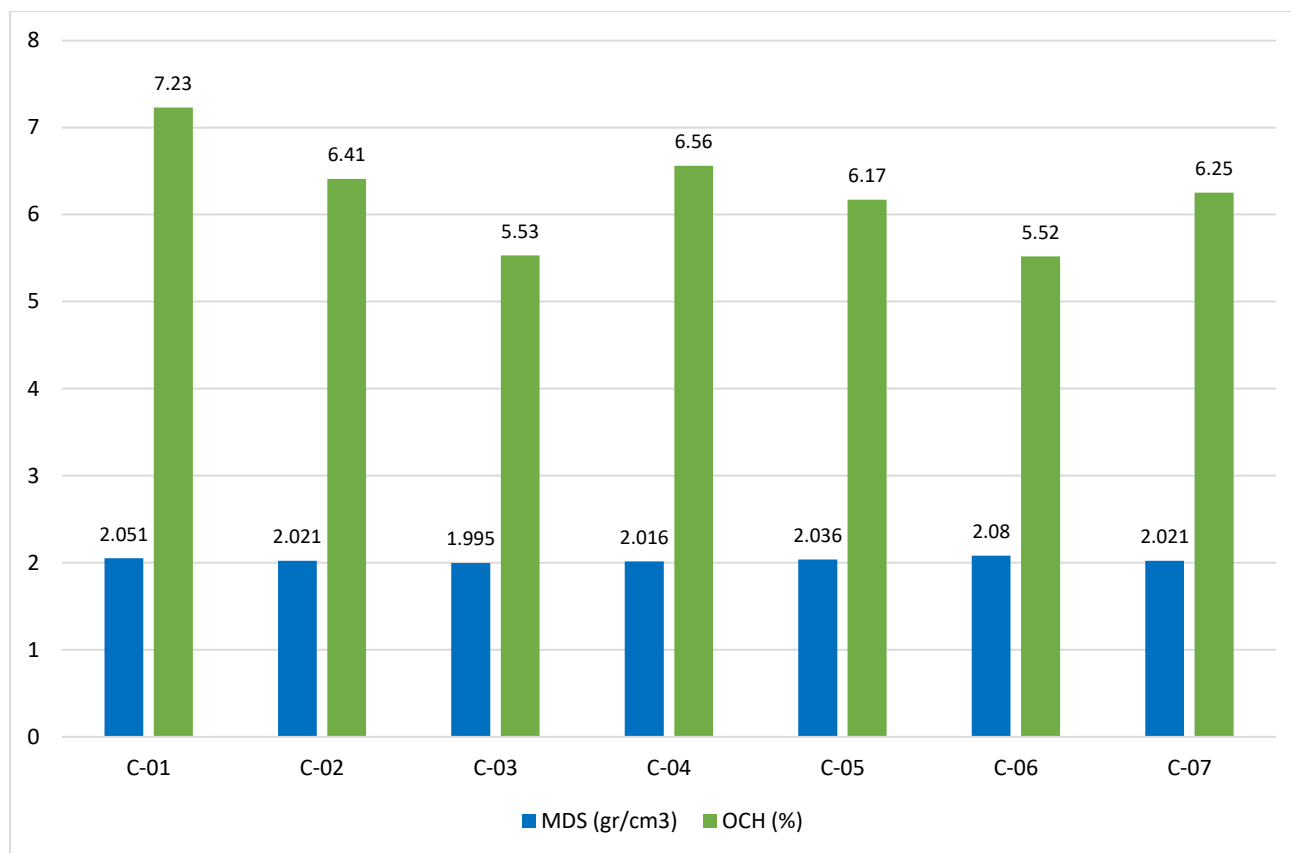
**Tabla 24:** Proctor modificado

Descripción	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06	C-07
MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	2.051	2.021	1.995	2.016	2.036	2.08	2.021
OCH (%)	7.23	6.41	5.53	6.56	6.17	5.52	6.25

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Tal como se aprecia en la tabla 24, sobre los resultados obtenidos a través del ensayo de proctor modificado se determinó que, de los 7 puntos de investigación el valor más crítico en cuanto a densidades obtenidas fue el de la calicata C-03 con una MDS de 1.995 gr/cm<sup>2</sup>, por lo que el contenido de humedad óptimo fue de 5.53 %.

**Gráfica 3:** Representación de Proctor modificado



**Fuente:** Elaboración propia

De la gráfica mostrada tal y como se puede apreciar la máxima densidad seca en los 7 puntos de investigación evaluados, por lo que se observa que el punto C-01, muestra una mayor densidad siendo de valor 2.051 gr/cm<sup>3</sup>, lo que conlleva que mientras mayor densidad tenga el material mayor será el volumen que presente, por lo que su óptimo contenido de humedad fue de 7.23%, lo que demuestra que el contenido de agua es mayor al de los otros 6 puntos evaluados.

#### 4.3.4. Capacidad de soporte

Según lo estipulado por la normativa CE.010 Pavimentos urbanos, se procederá a realizar un CBR cada 5 puntos de investigación, para el presente estudio como hubo 7 puntos se optó por el desarrollo de 2 CBR, para el proceso de CBR, se determinó la capacidad de soporte, el proceso del método fue regido según la norma ASTM D 1883, por lo que se realizó el mismo proceso que el proctor modificado, llevo la densidad obtenida del proctor al 95% de la MDS a 0.1” y 0.2” de penetración, los moldes a trabajar fueron de volúmenes variables por lo que los golpes también varían entre los 12, 25 y 56 golpes para cada molde, una vez realizado el proceso de compactación se lleva la muestra a un recipiente sumergido en agua durante 4 días, para luego ser llevado a la prensa CBR para así obtener la capacidad de soporte de la muestra.

#### Fórmulas para el cálculo de CBR

- **Registro de expansión del material**

$$E(\%) = \frac{\text{Expansión}}{\text{Altura de la muestra}} \times 100$$

- **Cálculo de CBR**

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100$$

#### 4.3.5. Proceso de los ensayos de laboratorio para CBR

**Figura 20:** *Materiales empleados para el ensayo*



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Figura 21:** *Aplicación del ensayo proctor modificado según ASTM D1883*



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Figura 22:** *Determinación de la expansión o hinchamiento del material*



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Figura 23:** *Lectura obtenida en la prensa CBR a 0.1" y 0.2"*



Fuente: Ensayos de laboratorio

**Descripción:** Tal como se muestra en la figura la prensa CBR determina el porcentaje del CBR a una MDS al 100% y al 95%, respecto a 0.1” y 0.2” de penetración.

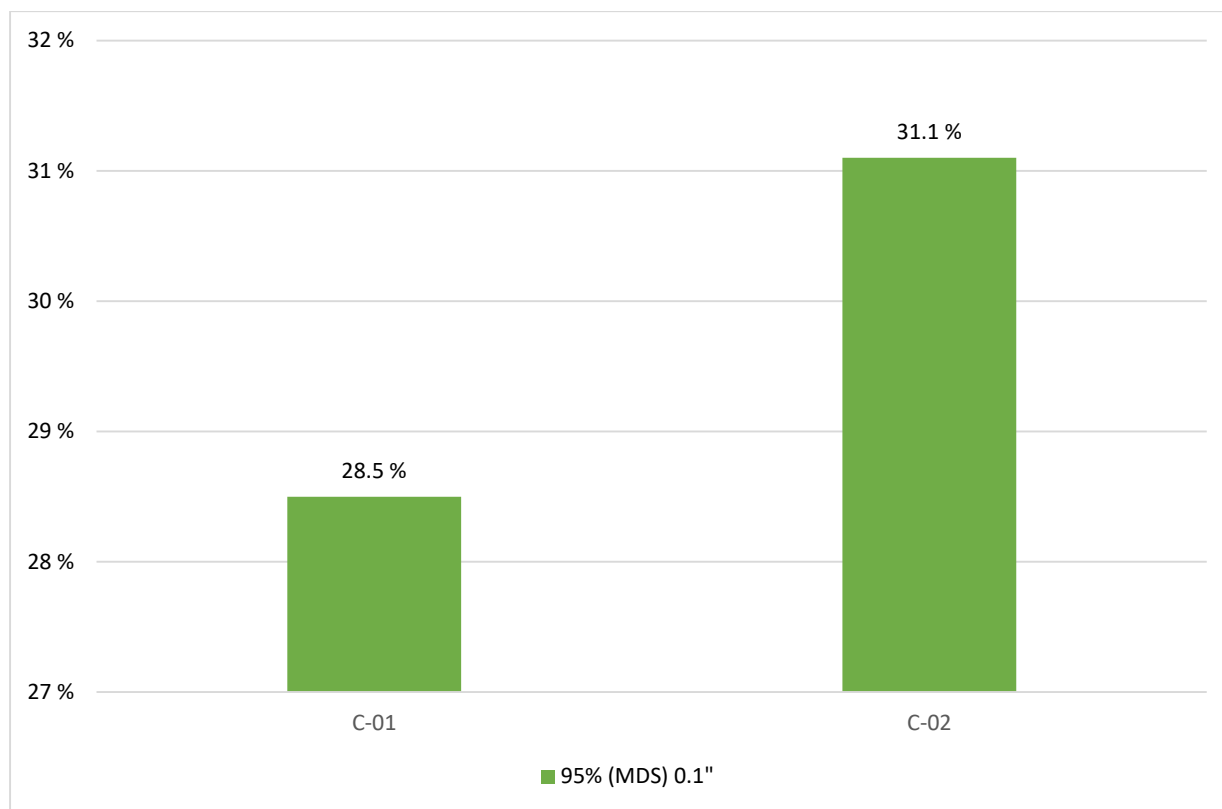
**Tabla 25:** *Ensayo de CBR*

Descripción	California Bearing Ratio (CBR)			
	100% (MDS) 0.1"	95% (MDS) 0.1"	100% (MDS) 0.2"	95% (MDS) 0.2"
C-01	58.3	28.5	67.9	34.5
C-02	60.4	31.1	71.6	35.6

**Fuente:** *Elaboración propia*

Tal y como se aprecia en la tabla 25, la capacidad de soporte para el primer punto de investigación de la muestra llevada al 100% de su MDS fue de 58.3% y 37.9%, mientras para la muestra llevada al 95% de su MDS el resultado fue de 28.5% y 34.5% para rangos de penetración de 0.1” y 0.2”, mientras para el segundo punto de investigación 100% de su MDS fue de 60.4% y 71.6%, mientras para la muestra llevada al 95% de su MDS el resultado fue de 31.1% y 35.6%, para rangos de penetración de 0.1” y 0.2”.

**Gráfica 4:** Representación de barras la capacidad de soporte



**Fuente:** Elaboración propia

Del ensayo realizado para el estudio, se determinó que la capacidad de soporte obtenida para los puntos C-01 y C-02 fueron del 28.5% y del 31.1%, para la propuesta de diseño de emplear el CBR más crítico el cual es del 28.5%, según lo analizado al 95% de su MDS.

#### 4.4. Propuesta de diseño aplicando el método AASHTO-93

Para realizar la propuesta del diseño del pavimento flexible fue necesario obtener el ESAL y el CBR en su estado más crítico para nuestro caso el ESAL fue de 179780.30 EE y el CBR en su estado más crítico fue de 28.5%.

##### **Cálculo del Módulo Resiliente para la subrasante CBR de 28.5%**

$$M_r = 2555xCBR^{0.64}$$

$$M_r = 21801.763 \text{ psi}$$

##### **El cálculo para el Módulo resiliente para Base con CBR al 80%**

$$M_r = 2555xCBR^{0.64}$$

$$M_r = 42205.44 \text{ psi}$$

##### **El cálculo para el Módulo resiliente para Base con CBR al 40 %**

$$M_r = 2555xCBR^{0.64}$$

$$M_r = 27083.78 \text{ psi}$$

#### 4.4.1. Determinación del valor de nivel de confiabilidad

**Tabla 26:** Nivel de confiabilidad

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	78-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO -93

Descripción: Para el estudio se tomó un nivel de confiabilidad del 75%, para vía del tipo locales.

#### 4.4.2. Desviación estándar

$Z_r = -0.674$

#### 4.4.3. Cálculo de la servicialidad

**Figura 24:** Servicialidad inicial

##### *Índice de servicio inicial*

Es el valor de servicio de un pavimento recién construido o rehabilitado, los valores usuales son 4.2 para pavimentos flexibles y 4.5 para pavimento rígido.

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos urbanos

**Descripción:** Para el caso de pavimentos flexibles se tomó el valor de servicialidad inicial de 4.2.

**Tabla 27:** *Servicialidad final*

<b>Pt</b>	<b>Tipo de vía</b>
3,00	Expresas
2,50	Arteriales
2,25	Colectoras
2,00	Locales y estacionamientos

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos urbanos

**Descripción:** Para la servicialidad final se seleccionó el valor según el tipo de vía, para nuestro caso se tomó el valor 2.00.

#### 4.4.4. Variación de la servicialidad

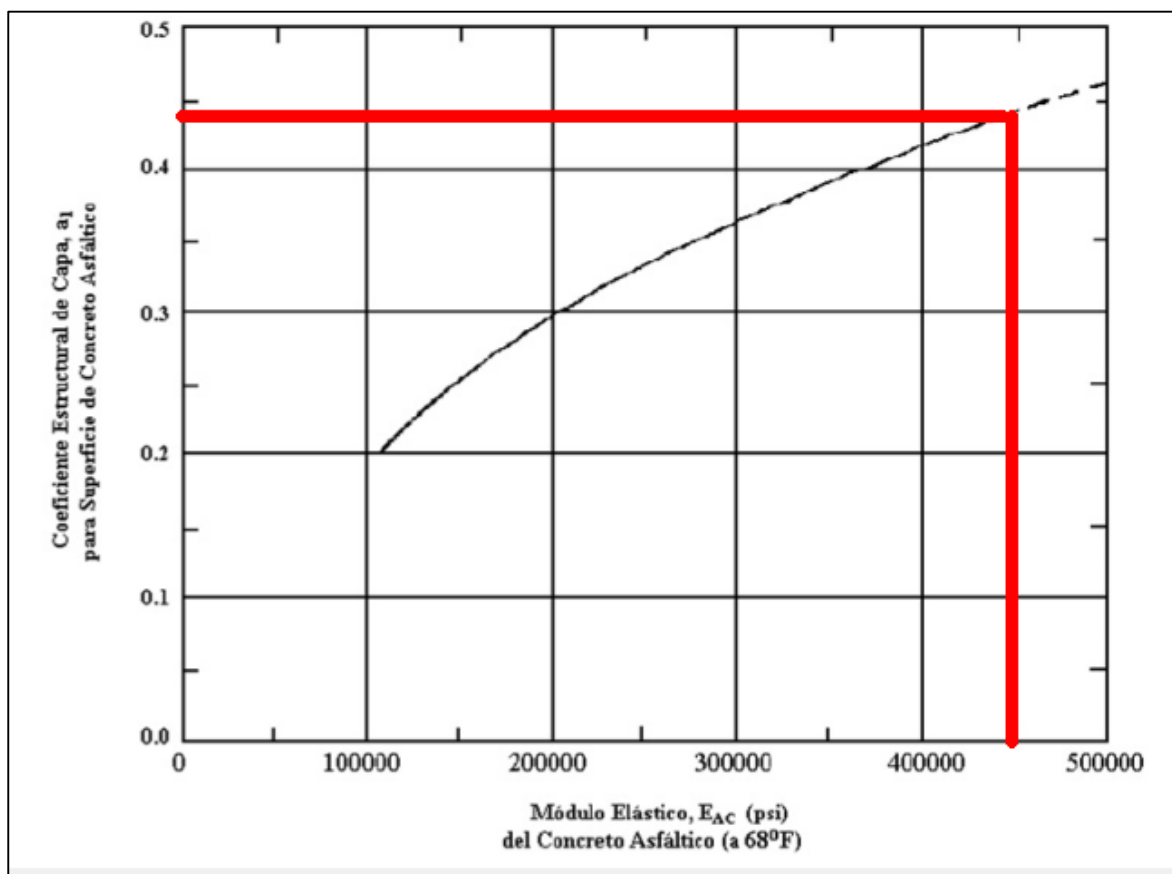
$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

#### 4.4.5. Cálculo de coeficientes estructurales

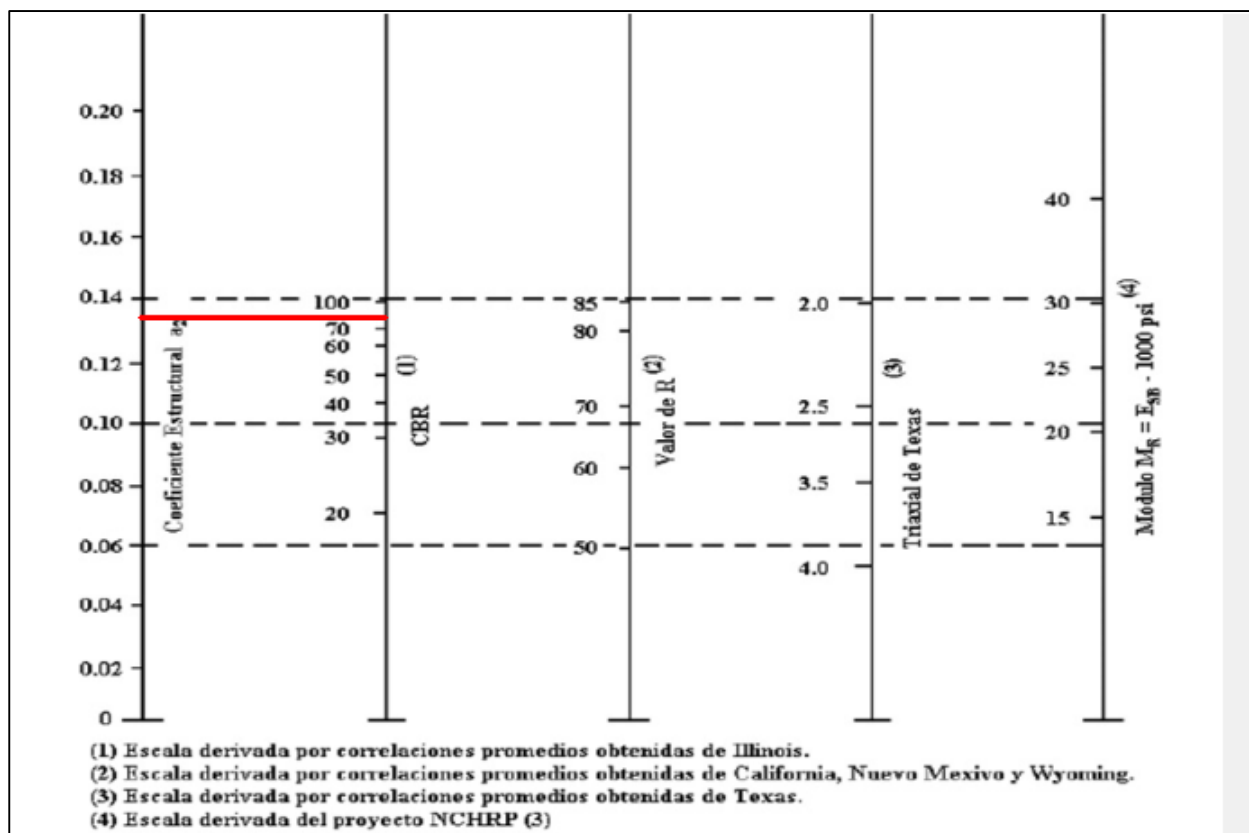
**Figura 25:** *Calculo de coeficiente a1 para la carpeta asfáltica de 450000 psi*



Fuente: AASHTO-93

**Descripción:** Como se aprecia el valor obtenido para el coeficiente  $a_1$  de la carpeta asfáltica fue de 0.44.

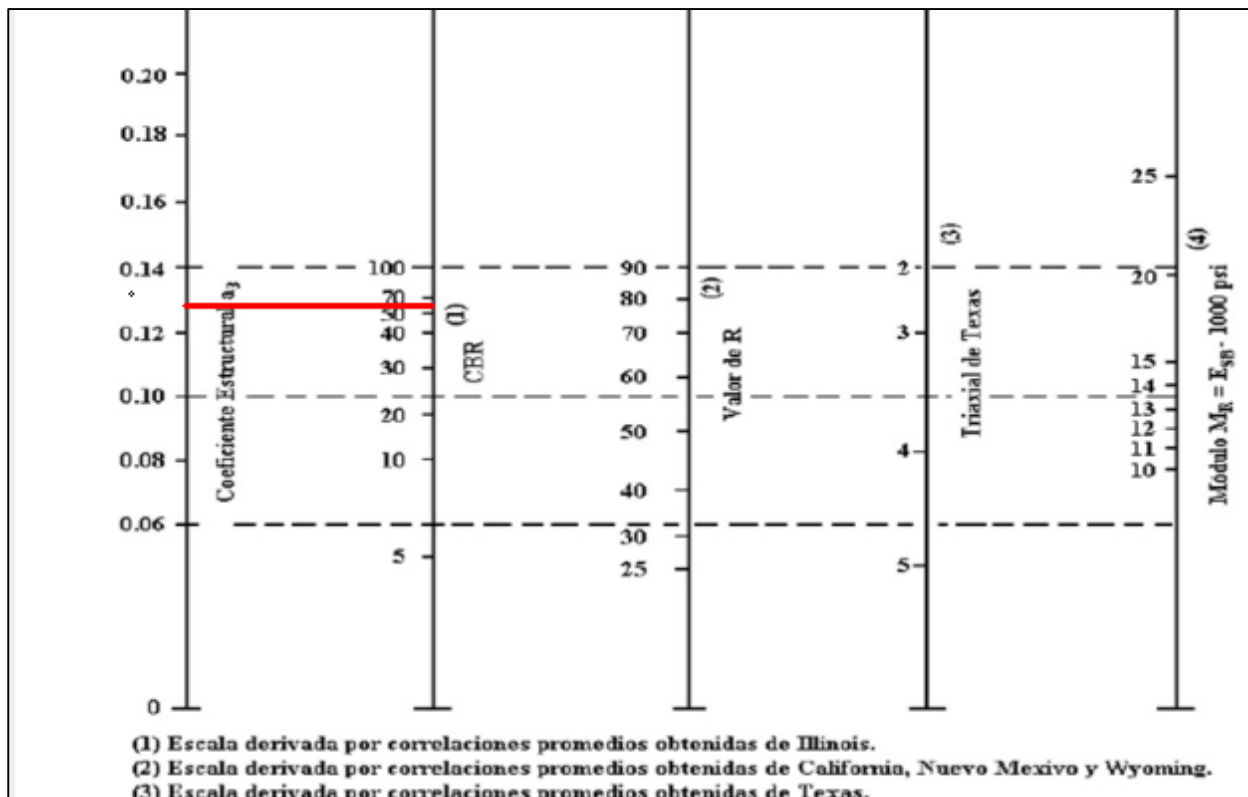
**Figura 26:** *Calculo de coeficiente a2 para la base con CBR al 80%*



Fuente: AASHTO-93

**Descripción:** Como se aprecia el valor obtenido para el coeficiente  $a_2$  de la carpeta asfáltica fue de 0.135.

**Figura 27:** *Calculo de coeficiente  $a_3$  para la subbase con CBR al 40%*



Fuente: AASHTO-93

**Descripción:** Como se aprecia el valor obtenido para el coeficiente  $a_3$  de la carpeta asfáltica fue de 0.129.

**Figura 28:** Numero estructural requerido

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07$$

*Desviación estándar normal*      *Desviación estándar global*      *Número estructural*      *Cambio en la Servicialidad*  
*Ejes equivalentes*      *Módulo de resiliencia*

Fuente: AASHTO-93

**Para:**  $\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left| \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right|}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R -$

**8.07**

**Cálculo de numero estructural requerido**

$$\log_{10}(179780) = (-0.674)(0.45) + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left| \frac{2.2}{4.2 - 1.5} \right|}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} +$$

$$2.32 \log_{10}(21801.76) - 8.07$$

$$5.254 = 1.492 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) + \frac{(-0.0889)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

$$SN_{(Requerido)} = 1.35$$

#### 4.4.6. Resultados de la propuesta pavimento flexible

**Figura 29:** Cálculo del número estructural resultado en programa AASHTO-93

PAVIMENTO FLEXIBLE (No responde)

ESAL DISEÑO		MATERIALES SUELO	
# Total de ejes Equivalentes (W18)	359560.6	CBR % subras	28.5
Factor de Distribución Direccional (Fd)	0.5	Mr Subras	21.80176 Ksi
Factor Camil (Fc)	1	MODULO DE RESILENCIA	
ESAL diseño	179780	MATERIAL PRESTAMO	
Parámetros		CBR % base	80
Periodo de Diseño (n)	20	Mr base	42.20544 Ksi
Confiabilidad	75	CBR % sub b	40
Zr	-0.674	Mr Sub b	27.08378 Ksi
Serviciabilidad		COEF. ESTRUCTURALES Y DRENAJE	
PSI Inicial	4.2	COEF. ESTRUCTURALES	
PSI Final	2	Carp. asf (a1)	0.44
Desv. Estandar		Base (a2)	0.139
		SubBase (a3)	0.129
		COEF. DE DRENAJE m2 y m3	
		Base m2	1.1
		SubBase m3	1.1
		Número Estruct. Req (SN)	
		SN req	1.35
		ABACO	
DIMENSIONAMIENTO			
D1 cm Carp. Asfalt.	5	D2 cm BASE	20
		D3 cm SUBBASE	
MOSTRAR RECOMENDACION		SNres2.07> SN req1.35	
		COMPROBAR	
		NUEVO	

Fuente: Programa AASHTO - 93

**Cálculo de numero estructural resultado**

$SN \text{ (resultado)} = 2.07$

**Por lo tanto, se cumple que:**

$SNR(\text{requerido}) < SNR \text{ (resultado)}$

$1.35 < 2.07$

- **Paquete estructural propuesto**

<b>CARPETA SUPERFICIAL</b>	5.0 cm
<b>BASE</b>	20.0 cm
<b>SUB BASE</b>	0 cm

Fuente: Elaboración propia

**Descripción:** Tal como se aprecia la propuesta determino que se necesitara 5cm de carpeta asfáltica y 20cm de base conformado por material granular.

**Figura 30:** *Coefficientes de drenaje*

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

**Tabla IV.7.** Valores  $m_1$  para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: AASHTO - 93

**Descripción:** Como se aprecia el valor obtenido para el coeficiente de drenaje fue de 1.1 para una calidad de drenaje regular apropiado para zona costera.

#### **4.5. Discusión de los resultados**

Para el estudio de tráfico, se pudo observar que las tasas de crecimiento varían según la condición del tránsito vehicular de cada departamento, por lo que las fluctuaciones están en función del tipo de tránsito para el cual se quiera evaluar, estas pueden ser tránsito liviano o pesado, así mismo en el estudio pudimos observar que el tipo de tránsito que más predominó fue el tránsito liviano, así mismo el IMDA proyectado al ser 376 veh/día el (Manual de carreteras, 2013). Establece que cuando las condiciones del tráfico presentan un IMDA menor a 400 veh/día este se clasifica como una carretera de tercera clase, por lo que se pudo apreciar que los parámetros obtenidos en el proceso de cálculo presentan fortalezas en cuanto a desarrollo de la metodología empleando parámetros como información del Ministerio de transportes y comunicaciones.

Además, para el estudio de mecánica de suelos, el material obtenido presentó ser de buena calidad al tener características GW denominado grava bien graduada, así mismo como propiedades mecánicas del estudio se obtuvo un CBR en condición natural de 28.5%, siendo el valor más crítico de los obtenidos, tal como se apreció, el valor de CBR obtenido a nivel de subrasante presentó una condición de subrasante muy buena y no será necesario aplicar ningún tipo de mejoramiento, así mismo podemos evidenciar que como fortalezas del estudio se seleccionó parámetros según el

manual de geología geotecnia y pavimentos, con la finalidad de brindar un mayor aporte técnico a la presente investigación.

Mientras, para la propuesta de diseño empleando el método AASHTO-93, se evidencio que la condición del SN requerido  $<$  SNR resultado, por lo que, al cumplir esta condición con los espesores de carpeta asfáltica como base, se cumple con los requerimientos estructurales, así como fortalezas del estudio la norma AASHTO-93 fue esencial para el cumplimiento de este factor.

## **CAPITULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

Para el primer objetivo se determinó que, para el estudio de tráfico, al aplicar el método del conteo vehicular el índice medio diario anual proyectado fue de 392 veh/día, mientras que el ESAL de diseño fue de 179780.30 EE.

Mientras para el segundo objetivo específico, se determinó que el suelo presento un comportamiento GP denominado como grava pobremente graduada, siendo de clasificación A-1-a (0) mientras para el comportamiento mecánico del ensayo de proctor modificado, las densidades máximas obtenidas fueron de 2.051 gr/cm<sup>3</sup>, 2.021 gr/cm<sup>3</sup>, 1.995 gr/cm<sup>3</sup>, 2.016 gr/cm<sup>3</sup>, 2.036 gr/cm<sup>3</sup>, 2.080 gr/cm<sup>3</sup> y 2.021 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que los óptimos contenidos de humedades de cada punto de investigación fueron de 7.23%, 6.41%, 5.53%, 6.56%, 6.17%, 5.52% y 6.25%, mientras para la capacidad de soporte del material en su estado más se obtuvieron CBR del 28.5% y del 31.1%.

Para el tercer objetivo, referente a la propuesta de diseño, el estudio determino que mediante el método de iteración el número estructural requerido fue de SNR=1.35, mientras que el número estructural resultado fue de 2.07 cumpliendo la condición de  $SNR(\text{Requerido}) < SNR(\text{resultado})$ , así mismo los coeficientes estructurales empleados para el diseño de la carpeta

asfáltica, base y subbase fue para  $a_1=0.17$ ,  $a_2=0.052$  y  $a_3=0.047$ , por lo que para la propuesta demandando que para vías locales se debe considerar 5cm de espesor para carpeta asfáltica, mientras para base se propone un espesor de 20cm, por lo que el costo estimado de la carpeta asfáltica fue de S./470.00 y para la base fue de S./120.00.

## **5.2. Recomendaciones**

Según cada objetivo se recomienda lo siguiente:

Cuando se realice el conteo vehicular, hacerlo en las fechas de mayor demanda vehicular del año, ya que dependerá que el tipo de tráfico de la vía, sea tráfico liviano o pesado, así mismo este proceso también influye en la propuesta del pavimento flexible.

En el estudio de suelos, se debe considerar que el grado de compactación a nivel de subrasante sea no menor al 95%, caso diferente para obras viales, no se acepta la compactación, así mismo para el proceso del CBR, se tiene que tener muy en cuenta que, si el CBR es menor al 6% considerar la posibilidad de mejorar la subrasante, ya que al no hacerlo podría originarse fallas severas como agrietamiento o hundimiento debido a su baja capacidad de soporte.

Cuando se realice la propuesta de diseño empleando el método AASHTO, optar siempre por seleccionar el material más crítico, que para nuestro caso de los 2 CBR que se consideraron, se tomó el de menor valor, ya que, al diseñar con el CBR de valor no crítico, el tráfico puede originar fallas de gran magnitud en la estructura.

**CAPITULO VI.**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Angeles , J., & Carlos , W. (2019). *Diseño de pavimento flexible para el tramo AN-86800+00 Km hasta la I.E 88183 de 14 Incas con el Método AASHTO-93, Cascajal-2021*. Repositorio institucional, Chimbote. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/78604>

Bautista , C., & Quispe , P. (2022). *Análisis comparativo entre el diseño de pavimento flexible tradicional y el pavimento flexible reforzado con geomallas, Moquegua, 2022*. Trujillo. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/104293>

Brañez , J. (2018). *Diseño de pavimento flexible en la progresiva km 0+000 al km 0+100 en la Asociación de Propietarios de Villa Jicamarca, Jicamarca-Huarochirí-2018*. Repositorio institucional, Universidad César Vallejo, Lima. Recuperado el 03 de abril de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/23809>

Calle, W. (2015). *Costos de construcción y diseño de pavimentos rígidos y flexibles (método AASHTO – 93)*. Repositorio institucional , Universidad Mayor de San Andres, La paz, La Paz. Recuperado el 2023 de Febrero de 28, de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/30648>

- Castro , C., & Pacsi , E. (2021). *Diseño estructural de pavimento flexible de alto tránsito para uso en asentamiento humano aplicando la metodología AASHTO-93 Ilo – Moquegua 2021*. Repositorio institucional, Callao. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/71299>
- Castro, O. (2021). *Propuesta de diseño de pavimento flexible empleando el método AASHTO 93 en la Av. Los diamantes, Provincia Piura 2021*. Repositorio institucional, Piura. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/76146>
- Colana , R. (2021). *Diseño del pavimento flexible utilizando los métodos AASHTO 93 en el Instituto del Asfalto en la Av. Santa Fortunata – Moquegua, 2021*. Repositorio institucional, Lima. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/71138>
- Gallardo , F., & Pescoran, M. (2019). *Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y pavimento rígido para la avenida larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo*. Repositorio institucional, Trujillo. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5410>
- Gomez , S. (2014). *Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo - La Libertad*. Repositorio institucional, Trujillo. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/638>

- Guirlo, A. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 108-114.
- Hinostroza, M. (2018). *Diseño de pavimento flexible reforzado con geomallas para la reducción de la estructura del pavimento*. Repositorio institucional, Lima. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2784>
- Inocente , K. (2021). *Diseño de pavimento flexible empleando Método AASHTO 93 para mejoramiento de infraestructura vial en la carretera Cajamarca – Celendín 2021*. Repositorio institucional, Universidad César Vallejo, Lima. Recuperado el 03 de abril de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75219>
- Inocente, C., & Sherrly, K. (2021). *Diseño de pavimento flexible empleando Método AASHTO 93 para mejoramiento de infraestructura vial en la carretera Cajamarca – Celendín 2021*. Repositorio institucional, Cajamarca. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75219>
- León, G. (2018). *Diseño de pavimento flexible para la reconstrucción de las vías: Av. Samuel Cisneros (1.758km), Av. Principal 5 de Junio (1.240km), Av. Jaime Nebot (1.380km), Av. Juan León Mera (2.620km), Vía de Acceso 3M (0.247km), de la parroquia Eloy Alfaro cantón Dur*. Repositorio institucional, Universidad central del Ecuador, Quito. Recuperado el 03 de abril de 2023, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14136>

- Maila , H., & Pasochoa , J. (2017). *Diseño de la estructura del pavimento flexible en siete km de las calles del casco urbano de la ciudad de Carlos Julio Arosemena Tola, Provincia de Napo*. Repositorio institucional, Universidad Central del Ecuador, Quito. Recuperado el 03 de abril de 2023, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10311>
- Manayay , L. (2019). *Estudio de transitabilidad vial en la avenida Aeropuerto distrito de Huanchaco, Trujillo - La Libertad, aplicando la metodología AASHTO 93*. Repositorio institucional, Trujillo. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4173>
- Mendoza , S. (2019). *Relación entre los métodos de diseño de pavimento flexible empírico mecánico ASSHTO 93 y Shell para determinar la vida útil del pavimento*. Repositorio institucional, Lima. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2800>
- Micha , M. (2019). *Desarrollo de software para el diseño de pavimentos por el método mecánico - empírico (MEPDG) AASHTO*. Repositorio institucional, Cajamarca. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2794>
- Nureña, V., & Vicmarc, G. (2021). *Diseño estructural del pavimento flexible utilizando método AASHTO 93 en la avenida Riva Agüero-El Porvenir-Trujillo, 2021*. Repositorio institucional, Trujillo. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81058>

- Ocrospoma , N. (2021). *Diseño estructural de pavimento flexible utilizando el método AASHTO 93, de la vía Pampam – Huasta, provincia de Bolognesi - Ancash, 2021*. Repositorio institucional, Huaraz. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81719>
- Prado, D. (2022). *Comparación de resultados del diseño de pavimento flexible entre el método AASHTO 93 y método mecanicista, Andahuaylas 2021*. Repositorio institucional, Lima. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85819>
- Ramos, Q. (2022). *Diseño del pavimento flexible empleando el método AASHTO 93 en la Avenida 4 del Centro Poblado Alto Trujillo, 2022*. Repositorio institucional, Trujillo. Recuperado el 1 de enero de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110045>
- Rodriguez , M. (2019). *Diseño de la estructura del pavimento flexible para el anillo vial Ovalo Larco, Trujillo – 2018*. Repositorio institucional, Trujillo. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/169>
- Rojas, L. (2019). *Propuesta de diseño de los pavimentos de la Calle Fernando Felaúnde Terry (km 0+000 a 1+000) Provincia de Jaén, Región Cajamarca, 2019*. Repositorio institucional, Cajamarca. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14756>

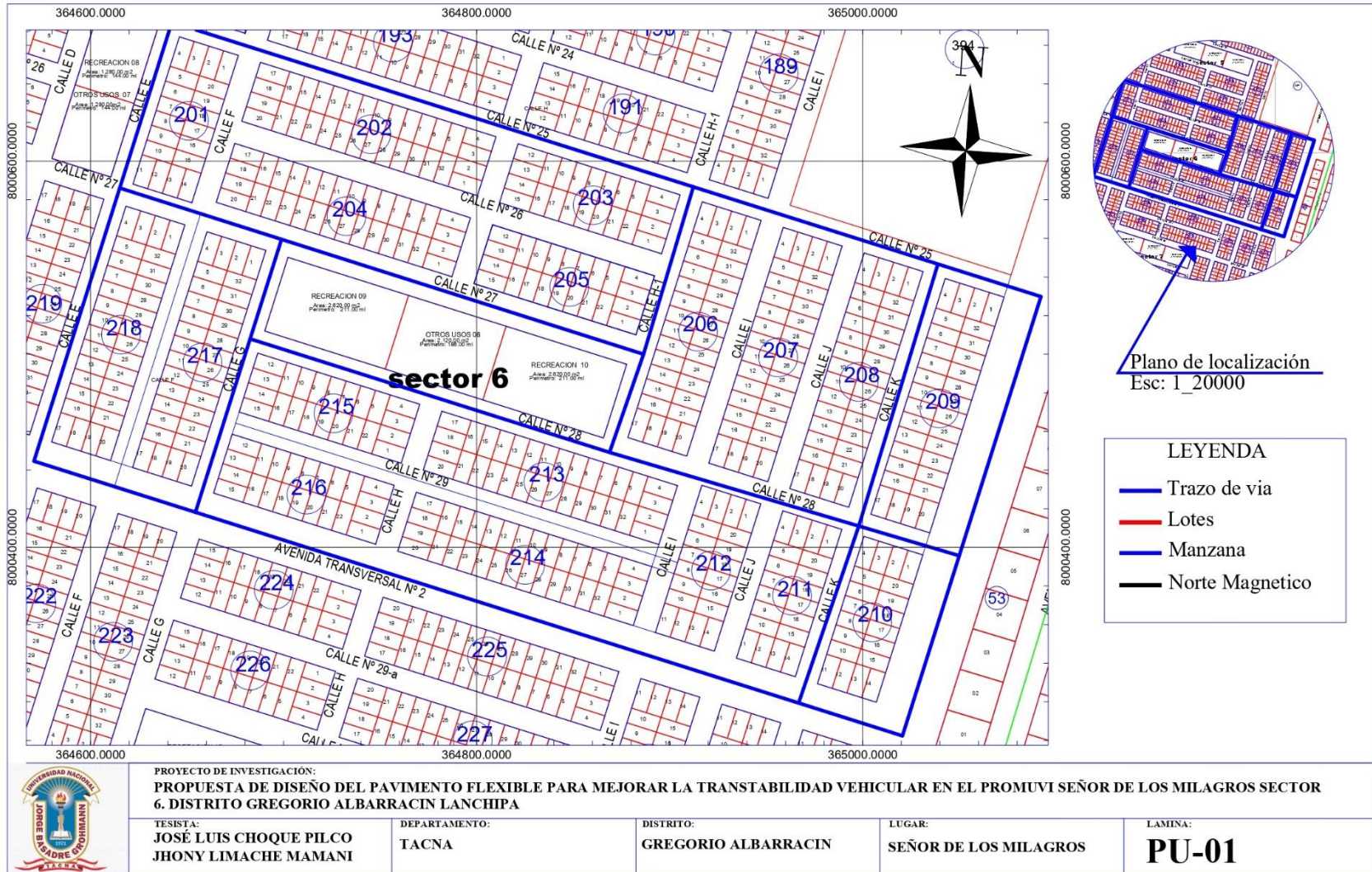
- Salamanca, A., & Zuluaga, A. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar*. Repositorio institucional, Universidad Católica de Colombia, Bogota. Recuperado el 03 de abril de 2023, de <http://hdl.handle.net/10983/2569>
- Salán , A. (2021). *Diseño geométrico y diseño de pavimento flexible*. Repositorio institucional, Universidad del Valle Guatemala, Guatemala. Recuperado el 4 de abril de 2023, de <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/256>
- Sanchez , A., & Maria, C. (2020). Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*.
- Sangalli, R. (2022). *Diseño pavimento flexible según el método AASHTO - 93 tramo “Tihuanacu – Catavi*. Repositorio institucional, Universidad Mayor de San Andrés, La paz - Bolivia. Recuperado el 2023 de Marzo de 01, de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/30653>
- Tacanga , F., & Diego , V. (2022). *Análisis comparativo costos del diseño de pavimento flexible mediante métodos AASHTO-93 y WYOMING, en tramo Huancaquito Alto-Viru, 2022*. Repositorio institucional, Trujillo. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/111122>

Tenorio, L. (2022). *Comparación del diseño de pavimento flexible utilizando los métodos: AASHTO 93 y racional, en la carretera Jauranga - Palpa - Ica 2021*. Repositorio institucional, Ica. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/100743>

Torres, J., & Paucar, H. (2017). *Diseño de la estructura del pavimento flexible en siete km de las calles del casco urbano de la ciudad de Carlos Julio Arosemena Tola, Provincia de Napo*. Repositorio institucional, Universidad Central del Ecuador, Quito. Recuperado el 2023 de Marzo de 01, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10311>

# **ANEXOS**

# **ANEXO 01: PLANO DE UBICACIÓN**



# **ANEXO 02: CONTEO VEHICULAR**















# **ANEXO 03: CALCULO DE IMDA TOTAL Y ESAL**



**ANEXO 04: DISEÑO DEL  
PAVIMENTO FLEXIBLE POR  
EL MÉTODO AASHTO-93**

PAVIMENTO FLEXIBLE (No responde)

---

**ESAL DISEÑO**

[ver tabla](#)

# Total de ejes Equivalentes (W18)

Factor de Distribución Direccional (Fd)

Factor Caml (Fc)

**ESAL diseño**

---

**Parámetros**

Periodo de Diseño (n)

Confiabilidad  Zr

Serviciabilidad

PSI Inicial

PSI Final

Desv. Estandar

**MATERIALES**

**SUELO** **MODULO DE RESILENCIA**

CBR % subras  Mr Subras  Ksi

**MATERIAL PRESTAMO**

CBR % base  Mr base  Ksi

CBR % sub b  Mr Sub b  Ksi

---

**COEF. ESTRUCTURALES Y DRENAJE**

**COEF. ESTRUCTURALES**

Carp. asf (a1)  Base (a2)  SubBase (a3)

**COEF. DE DRENAJE m2 y m3**

Base m2  SubBase m3

---

**Número Estruct. Req (SN)**

SN req

---

**DIMENSIONAMIENTO**

D1 cm Carp. Asfalt.  D2 cm BASE  D3 cm SUBBASE

SNres2.07> SN req1.35

# **ANEXO 05: EXCAVACIÓN DE CALICATAS**



Nota: Selección de dimensiones de calicatas se tomó 7 puntos de investigación con dimensiones 1.2m x 1.20 m



Nota: Excavación de calicatas a una profundidad de 1.50m



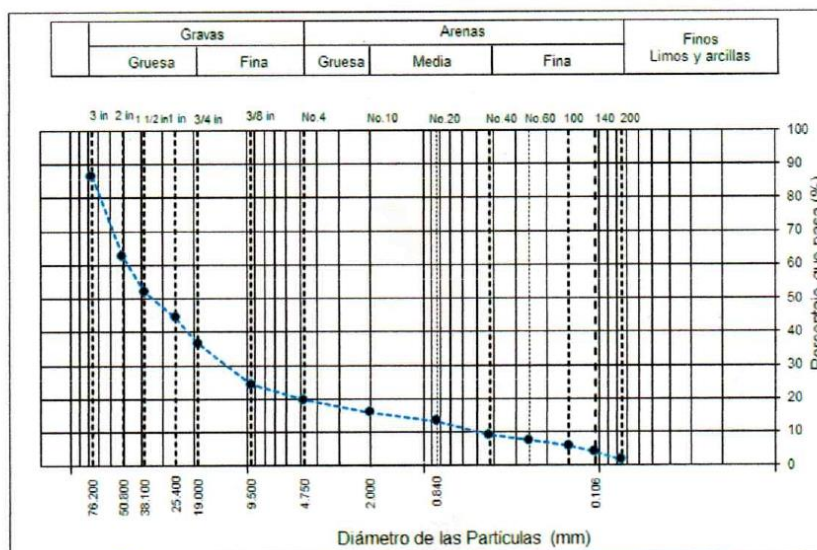
Nota: El material presenciado en la excavación fue grava por lo que este tipo de materiales presenta un buen CBR.

# **ANEXO 06: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**


**TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.**
**LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA ASTM D422**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023
MATERIAL	: SUBRASANTE PARA C-01

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación
3 in.	76.200	1064.9	13.5	13.5	86.5	Peso inicial = 7891.1 g
2 in.	50.800	1890.4	24.0	37.5	62.5	Calicata C-1
1-1/2 in.	38.100	820.7	10.4	47.9	52.1	Prof. = 1.50 m
1 in.	25.400	619.4	7.8	55.7	44.3	SUCS = GP
3/4 in.	19.000	615.4	7.8	63.5	36.5	ASHHTO = A-1-a (0)
3/8 in.	9.500	962.8	12.2	75.7	24.3	W% = 1.23 %
No. 4	4.750	362.9	4.6	80.3	19.7	LL = NP
No. 10	2.000	302.4	3.8	84.1	15.9	IP = NP
No. 20	0.840	203.1	2.6	86.7	13.3	Grava : 80.3
No. 40	0.425	327.8	4.2	90.9	9.1	Arena : 18.1
No. 60	0.250	137.4	1.7	92.6	7.4	Finos : 1.6
No. 100	0.150	130.6	1.7	94.3	5.7	D10 = 0.511
No. 140	0.106	140.5	1.8	96.0	4.0	D30 = 13.938
No. 200	0.075	189.2	2.4	98.4	1.6	D60 = 47.687
Pan	---	123.6	1.6	100.0		Cu = 93.35
		7891.1				Cc = 7.98



**Edwin A. Flores Chipana**  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

**Andrés José Rivera Sagastegui**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



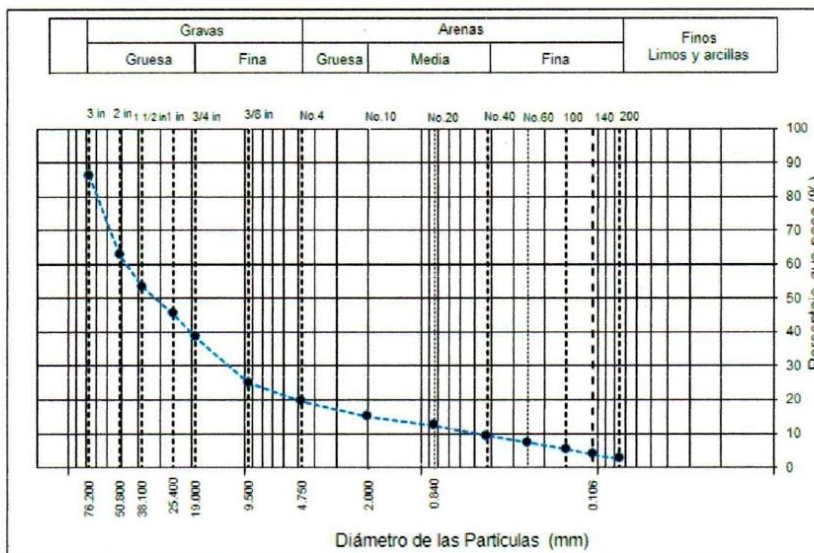
TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA ASTM D422**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023
MATERIAL	: SUBRASANTE PARA C-02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación
3 in.	76.200	1061.4	13.7	13.7	86.3	Peso inicial = 7768.5 g
2 in.	50.800	1830.2	23.6	37.2	62.8	Calicata= C-2
1 -1/2 in.	38.100	713.8	9.2	46.4	53.6	Prof.= 1.50 m
1 in.	25.400	632.7	8.1	54.6	45.4	SUCS = GP
3/4 in.	19.000	534.2	6.9	61.4	38.6	ASHHTO = A-1-a (0)
3/8 in.	9.500	1054.4	13.6	75.0	25.0	W% = 1.17 %
No. 4	4.750	419.7	5.4	80.4	19.6	LL = NP
No. 10	2.000	356.4	4.6	85.0	15.0	IP = NP
No. 20	0.840	197.8	2.5	87.5	12.5	Grava : 80.4
No. 40	0.425	243.7	3.1	90.7	9.3	Arena : 17.1
No. 60	0.250	154.0	2.0	92.7	7.3	Finos : 2.5
No. 100	0.150	161.0	2.1	94.7	5.3	D10 = 0.515
No. 140	0.106	112.6	1.4	96.2	3.8	D30 = 13.003
No. 200	0.075	102.5	1.3	97.5	2.5	D60 = 5.495
Pan	—	194.1	2.5	100.0		Cu = 10.68
		7768.5				Cc = 59.78



  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

  
Andy José Rivera Sagastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



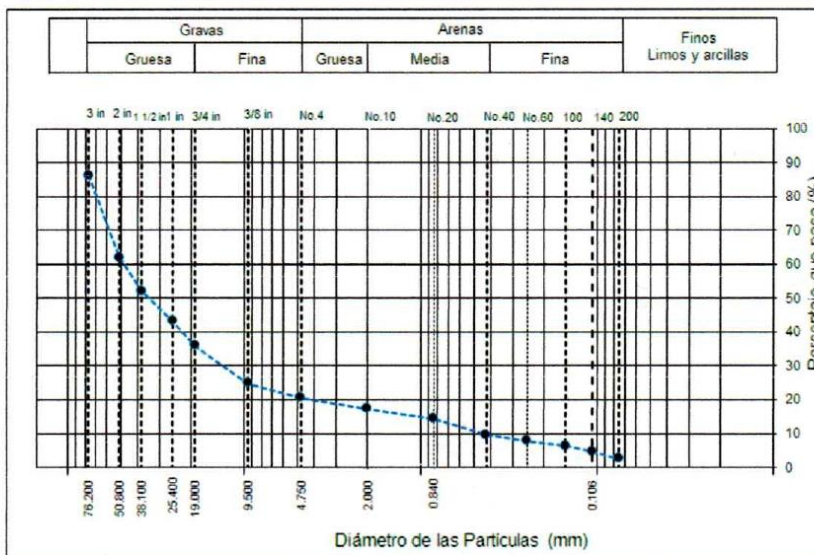
TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA ASTM D422**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023
MATERIAL	: SUBRASANTE PARA C-03

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación
3 in.	76.200	1054.5	13.8	13.8	86.2	Peso inicial = 7652.1 g
2 in.	50.800	1847.1	24.1	37.9	62.1	Calicata= C-3
1 -1/2 in.	38.100	757.6	9.9	47.8	52.2	Prof.= 1.50 m
1 in.	25.400	687.8	9.0	56.8	43.2	SUCS = GW
3/4 in.	19.000	557.4	7.3	64.1	35.9	ASHHTO = A-1-a (0)
3/8 in.	9.500	852.3	11.1	75.2	24.8	W% = 1.29 %
No. 4	4.750	318.6	4.2	79.4	20.6	LL = NP
No. 10	2.000	258.0	3.4	82.8	17.2	IP = NP
No. 20	0.840	223.1	2.9	85.7	14.3	Grava : 79.4
No. 40	0.425	358.4	4.7	90.4	9.6	Arena : 18.1
No. 60	0.250	137.8	1.8	92.2	7.8	Finos : 2.5
No. 100	0.150	120.1	1.6	93.7	6.3	D10 = 0.457
No. 140	0.106	117.5	1.5	95.3	4.7	D30 = 13.961
No. 200	0.075	167.0	2.2	97.5	2.5	D60 = 48.131
Pan	—	194.9	2.5	100.0	0.0	Cu = 105.25
		7652.1				Cc = 8.86



*Edwin A. Flores Chipana*  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

*Andy José Rivera Sagastegui*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



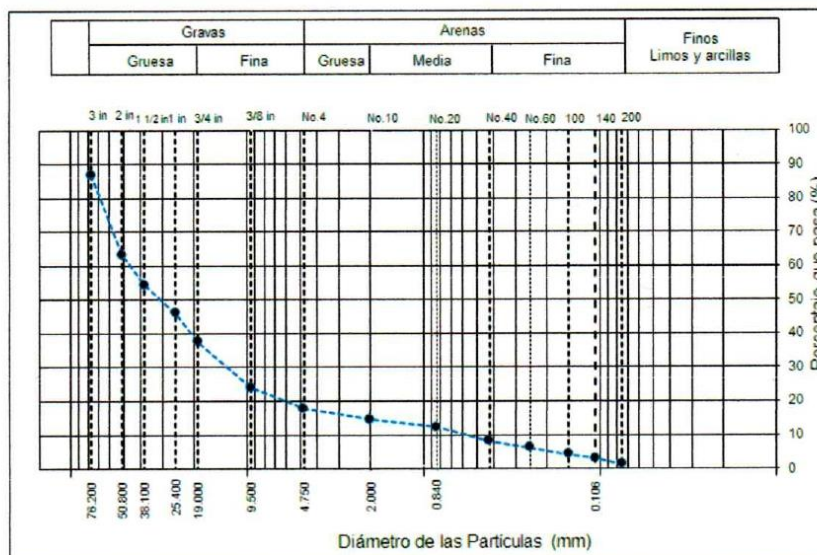
TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA ASTM D422**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023
MATERIAL	: SUBRASANTE PARA C-04

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación
3 in.	76.200	1057.8	13.1	13.1	86.9	Peso inicial = 8080.2 g
2 in.	50.800	1898.9	23.5	36.6	63.4	Calicata= C-4
1-1/2 in.	38.100	717.4	8.9	45.5	54.5	Prof.= 1.50 m
1 in.	25.400	679.7	8.4	53.9	46.1	SUCS = GW
3/4 in.	19.000	689.7	8.5	62.4	37.6	ASHHTO = A-1-a (0)
3/8 in.	9.500	1095.3	13.6	76.0	24.0	W% = 1.48 %
No. 4	4.750	499.4	6.2	82.2	17.8	LL = NP
No. 10	2.000	272.1	3.4	85.5	14.5	IP = NP
No. 20	0.840	181.4	2.2	87.8	12.2	Grava : 82.2
No. 40	0.425	332.6	4.1	91.9	8.1	Arena : 16.5
No. 60	0.250	153.3	1.9	93.8	6.2	Finos : 1.3
No. 100	0.150	160.8	2.0	95.8	4.2	D10 = 0.615
No. 140	0.106	98.6	1.2	97.0	3.0	D30 = 13.686
No. 200	0.075	136.8	1.7	98.7	1.3	D60 = 45.925
Pan	—	106.4	1.3	100.0		Cu = 74.70
		8080.2				Cc = 6.63



  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

  
Andy José Rivera Sagastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



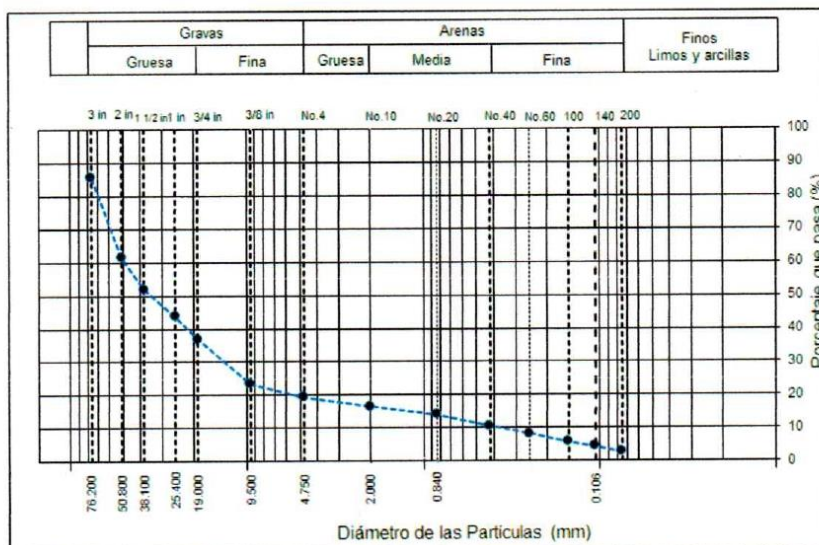
TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA ASTM D422**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023
MATERIAL	: SUBRASANTE PARA C-05

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación
3 in.	76.200	1098.9	14.4	14.4	85.6	Peso inicial = 7606.6 g
2 in.	50.800	1837.2	24.2	38.6	61.4	Calicata= C-5
1-1/2 in.	38.100	715.8	9.4	48.0	52.0	Prof.= 1.50 m
1 in.	25.400	622.9	8.2	56.2	43.8	SUCS = GW
3/4 in.	19.000	517.7	6.8	63.0	37.0	ASHHTO = A-1-a (0)
3/8 in.	9.500	1035.1	13.6	76.6	23.4	W% = 1.39 %
No. 4	4.750	307.4	4.0	80.7	19.3	LL = NP
No. 10	2.000	209.9	2.8	83.4	16.6	IP = NP
No. 20	0.840	192.6	2.5	85.9	14.1	Grava : 80.7
No. 40	0.425	266.2	3.5	89.4	10.6	Arena : 16.7
No. 60	0.250	174.1	2.3	91.7	8.3	Finos : 2.6
No. 100	0.150	193.2	2.5	94.3	5.7	D10 = 0.359
No. 140	0.106	107.6	1.4	95.7	4.3	D30 = 14.116
No. 200	0.075	129.2	1.7	97.4	2.6	D60 = 48.910
Pan	--	198.8	2.6	100.0		Cu = 136.20
		7606.6				Cc = 11.35



  
**Edwin A. Flores Chipana**  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
**Andy José Rivera Sagastegui**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



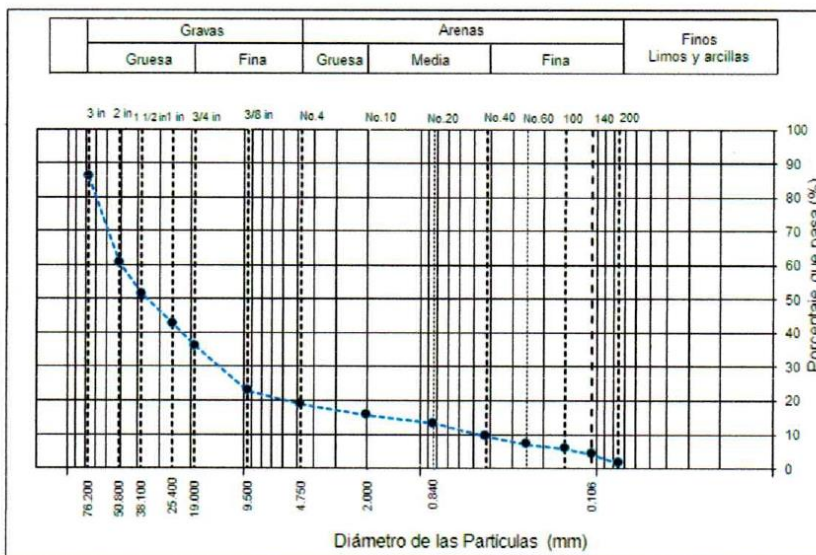
TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA ASTM D422**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023
MATERIAL	: SUBRASANTE PARA C-06

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación
3 in.	76.200	1061.3	13.8	13.8	86.2	Peso inicial = 7671.5 g
2 in.	50.800	1953.2	25.5	39.3	60.7	Calicata= C-6
1 -1/2 in.	38.100	707.4	9.2	48.5	51.5	Prof.= 1.50 m
1 in.	25.400	674.1	8.8	57.3	42.7	SUCS = GW
3/4 in.	19.000	503.8	6.6	63.9	36.1	ASHHTO = A-1-a (0)
3/8 in.	9.500	1013.8	13.2	77.1	22.9	W% = 1.43 %
No. 4	4.750	304.0	4.0	81.0	19.0	LL = NP
No. 10	2.000	256.4	3.3	84.4	15.6	IP = NP
No. 20	0.840	186.9	2.4	86.8	13.2	Grava : 81.0
No. 40	0.425	291.3	3.8	90.6	9.4	Arena : 17.3
No. 60	0.250	169.7	2.2	92.8	7.2	Finos : 1.6
No. 100	0.150	107.2	1.4	94.2	5.8	D10 = 0.493
No. 140	0.106	123.2	1.6	95.8	4.2	D30 = 14.593
No. 200	0.075	193.1	2.5	98.4	1.6	D60 = 49.829
Pan	—	126.1	1.6	100.0	1.6	Cu = 101.04
		7671.5				Cc = 8.67



*Edwin A. Flores Chipana*  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

*Jose Rivera Sagastegui*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



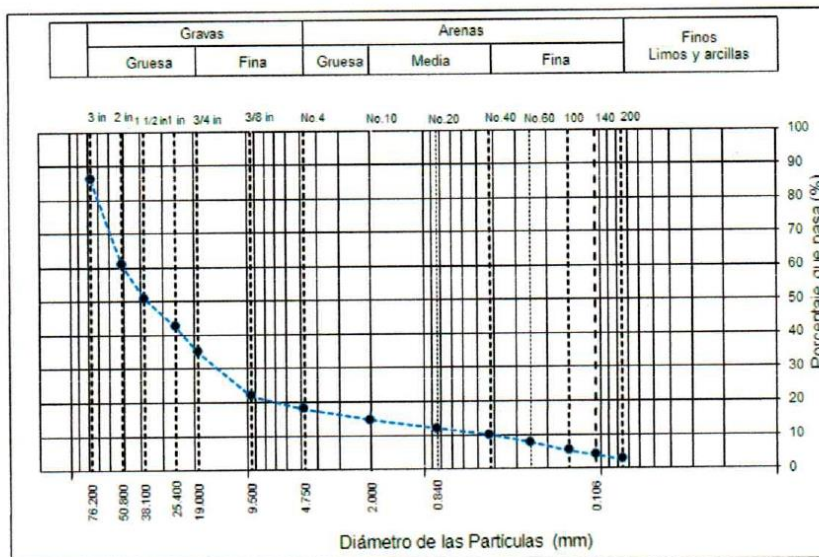
TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA ASTM D422**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023
MATERIAL	: SUBRASANTE PARA C-07

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación
3 in.	76.200	1062.7	13.9	13.9	86.1	Peso inicial = 7638.3 g
2 in.	50.800	1924.7	25.2	39.1	60.9	Calicata= C-7
1-1/2 in.	38.100	763.2	10.0	49.1	50.9	Prof.= 1.50 m
1 in.	25.400	644.2	8.4	57.5	42.5	SUCS = GW
3/4 in.	19.000	568.8	7.4	65.0	35.0	ASHHTO = A-1-a (0)
3/8 in.	9.500	1004.9	13.2	78.1	21.9	W% = 1.67 %
No. 4	4.750	303.6	4.0	82.1	17.9	LL = NP
No. 10	2.000	263.6	3.5	85.6	14.4	IP = NP
No. 20	0.840	194.0	2.5	88.1	11.9	Grava : 82.1
No. 40	0.425	151.9	2.0	90.1	9.9	Arena : 15.4
No. 60	0.250	168.5	2.2	92.3	7.7	Finos : 2.5
No. 100	0.150	198.5	2.6	94.9	5.1	D10 = 0.444
No. 140	0.106	88.5	1.2	96.1	3.9	D30 = 15.377
No. 200	0.075	109.0	1.4	97.5	2.5	D60 = 49.670
Pan	---	192.2	2.5	100.0	0.0	Cu = 111.75
		7638.3				Cc = 10.71



*Edwin A. Flores Chipana*  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

*Andy José Rivera Sagastegui*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

Muestra	Muestra 01	
	1	2
Recipiente		
Peso Recipiente	50.62	52.36
Peso Recipiente + Muestra Seca	232.52	220.71
Peso Recipiente + Muestra Seca	228.02	216.18
Peso Agua	4.50	4.53
Peso Seco	177.40	163.82
<b>W (Contenido de humedad) %</b>	<b>2.54</b>	<b>2.77</b>
<b>W (contenido de humedad Promedio) %</b>	<b>2.65 %</b>	

  
 Edwin Flores Chipana  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
 Andy José Rivera Sagastegui  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

Muestra	Muestra 02	
	1	2
<b>Recipiente</b>		
Peso Recipiente	50.62	52.36
Peso Recipiente + Muestra Seca	263.41	243.26
Peso Recipiente + Muestra Seca	261.76	240.32
Peso Agua	1.65	2.94
Peso Seco	211.14	187.96
<b>W (Contenido de humedad) %</b>	<b>0.78</b>	<b>1.56</b>
<b>W (Contenido de humedad Promedio) %</b>	<b>1.17 %</b>	

  
 Edwin A. Flores Chipana  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
 Andy José Rivera Sagastegui  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

Muestra	Muestra 03	
	1	2
Recipiente		
Peso Recipiente	50.62	52.36
Peso Recipiente + Muestra Seca	243.62	232.41
Peso Recipiente + Muestra Seca	241.81	229.63
Peso Agua	1.81	2.78
Peso Seco	191.19	177.27
<b>W (Contenido de humedad) %</b>	<b>0.95</b>	<b>1.57</b>
<b>W (Contenido de humedad Promedio) %</b>	<b>1.26 %</b>	

  
 Edwin A. Flores Chipana  
 Técnico/Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
 Andy José Rivera Sagastegui  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

Muestra	Muestra 04	
	1	2
Recipiente		
Peso Recipiente	50.62	52.36
Peso Recipiente + Muestra Seca	274.62	266.49
Peso Recipiente + Muestra Seca	271.41	263.30
Peso Agua	3.21	3.19
Peso Seco	220.79	210.94
<b>W (Contenido de humedad) %</b>	<b>1.45</b>	<b>1.51</b>
<b>W (Contenido de humedad Promedio) %</b>	<b>1.48 %</b>	

  
 Edwin A. Flores Chipana  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
 Andy José Rivera Sagastegui  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

Muestra	Muestra 05	
	1	2
Recipiente		
Peso Recipiente	50.62	52.36
Peso Recipiente + Muestra Seca	257.19	244.56
Peso Recipiente + Muestra Seca	254.74	241.58
Peso Agua	2.45	2.98
Peso Seco	204.12	189.22
<b>W (Contenido de humedad) %</b>	<b>1.20</b>	<b>1.57</b>
<b>W (Contenido de humedad Promedio) %</b>	<b>1.39 %</b>	

  
 Edwin A. Flores Chipana  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
 Andrés José Rivera Sagastegui  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

Muestra	Muestra 06	
	1	2
Recipiente		
Peso Recipiente	50.62	52.36
Peso Recipiente + Muestra Seca	236.49	219.27
Peso Recipiente + Muestra Seca	234.46	216.38
Peso Agua	2.03	2.89
Peso Seco	183.84	164.02
<b>W (Contenido de humedad) %</b>	<b>1.10</b>	<b>1.76</b>
<b>W (Contenido de humedad Promedio) %</b>	<b>1.43 %</b>	

  
 Edwin A. Flores Chipana  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
 Andy José Rivera Segastegui  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

Muestra	Muestra 07	
	1	2
Recipiente		
Peso Recipiente	50.62	52.36
Peso Recipiente + Muestra Seca	252.56	241.26
Peso Recipiente + Muestra Seca	249.25	238.26
Peso Agua	3.31	3.00
Peso Seco	198.63	185.90
<b>W (Contenido de humedad) %</b>	<b>1.67</b>	<b>1.61</b>
<b>W (Contenido de humedad Promedio) %</b>	<b>1.64 %</b>	

  
 Edwin A. Flores Chipana  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
 Andy José Rivera Sagastegui  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

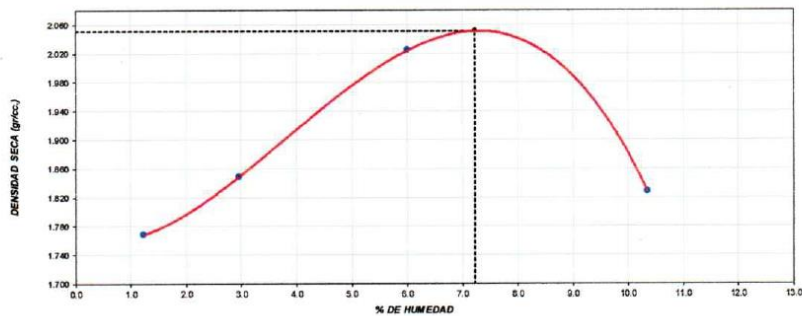
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA"  
SOLICITANTE : JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI  
FECHA : 10/04/2023

PROCTOR MODIFICADO					
Método de ensayo		C			
Volumen Molde		2123		cm <sup>3</sup>	
Peso Molde		6292		g	
NUMERO DE ENSAYOS	Und.	1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	10,091	10,333	10,848	10,574
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	3,799	4,041	4,556	4,282
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1,789	1,903	2,146	2,017
Recipiente Numero		0	0	0	0
Peso de la Tara	gr.	0,0	0,0	0,0	0,0
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	1,843.1	1,941.4	2,085.8	1,987.9
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	1,820.7	1,885.5	1,967.4	1,801.3
Peso del agua	gr.	22.4	55.9	118.4	186.6
Peso del suelo seco	gr.	1,821	1,885	1,967	1,801
Contenido de agua	%	1.23	2.96	6.02	10.36
Densidad Seca	gr/cc	1.768	1.849	2.024	1.828

Densidad Máxima Seca: **2.051** g/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Óptima: **7.23** %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

  
Andy José Rivera Sagastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

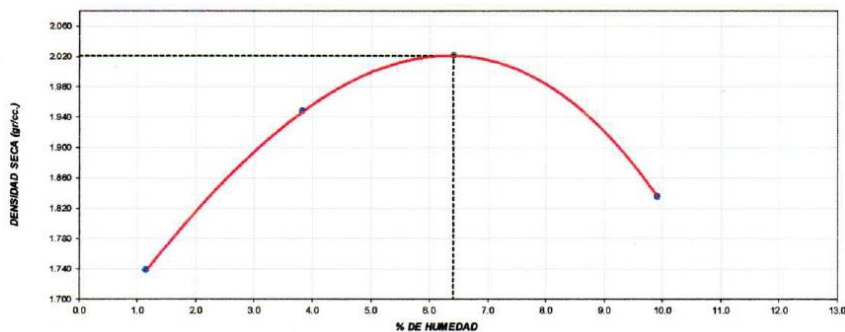
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA"  
SOLICITANTE : JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI  
FECHA : 10/04/2023

PROCTOR MODIFICADO					
Método de ensayo		C			
Volumen Molde		2123		cm <sup>3</sup>	
Peso Molde		6292		g	
NUMERO DE ENSAYOS	Und.	1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	10,026	10,585	10,858	10,574
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	3,734	4,293	4,566	4,282
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1,759	2,022	2,151	2,017
Recipiente Numero		0	0	0	0
Peso de la Tara	gr.	0,0	0,0	0,0	0,0
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	1,954,6	2,036,0	1,859,2	1,796,5
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	1,932,1	1,960,7	1,746,9	1,634,5
Peso del agua	gr.	22,4	75,3	112,4	162,0
Peso del suelo seco	gr.	1,932	1,961	1,747	1,635
Contenido de agua	%	1,16	3,84	6,43	9,91
Densidad Seca	gr/cc	1,739	1,947	2,021	1,835

Densidad Máxima Seca: **2.021** g/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Óptima: **6.41** %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

  
Andy José Rivera Sigastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

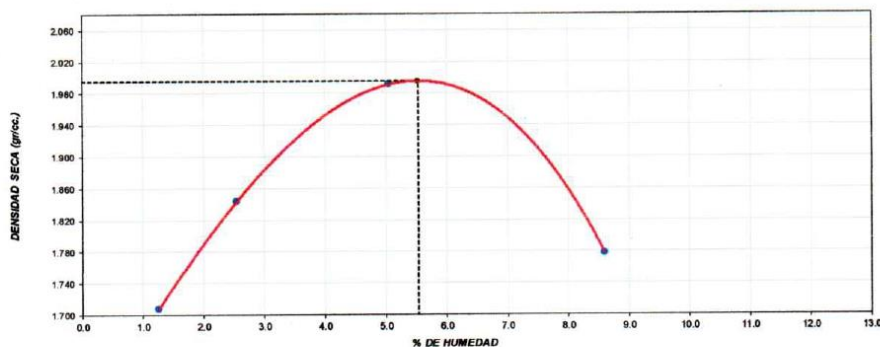
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

PROCTOR MODIFICADO					
Método de ensayo		C			
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	g		
NUMERO DE ENSAYOS	Unid.	1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	9,963	10,305	10,733	10,390
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	3,671	4,013	4,441	4,098
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1,729	1,890	2,092	1,930
Recipiente Numero		0	0	0	0
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	1,862.8	1,974.6	1,826.5	1,980.3
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	1,839.6	1,925.5	1,738.5	1,823.4
Peso del agua	gr.	23.2	49.0	88.0	156.9
Peso del suelo seco	gr.	1,840	1,926	1,739	1,823
Contenido de agua	%	1.26	2.55	5.06	8.60
Densidad Seca	gr/cc	1.708	1.843	1.991	1.777

Densidad Máxima Seca: **1.995** g/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Óptima: **5.53** %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



  
 Edwin A. Flores Chipana  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

  
 Andy José Rivera Sagastegui  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

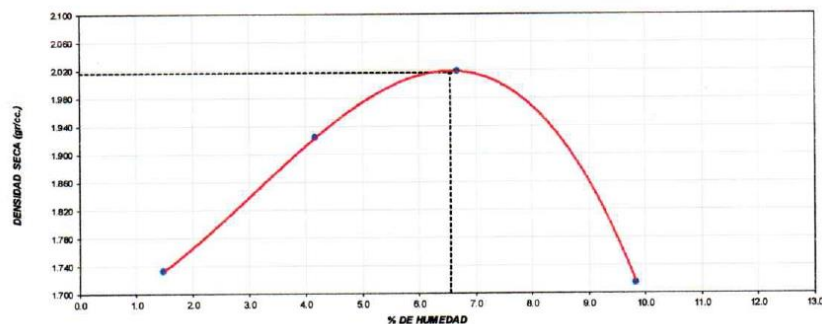
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"  
SOLICITANTE : JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI  
FECHA : 10/04/2023

PROCTOR MODIFICADO					
Método de ensayo		C			
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	g		
NUMERO DE ENSAYOS	Und.	1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	10,025	10,546	10,863	10,290
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	3,733	4,254	4,571	3,998
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1,759	2,004	2,153	1,883
Recipiente Numero		0	0	0	0
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	1,972.6	2,015.3	1,965.8	1,896.3
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	1,943.9	1,934.6	1,842.6	1,726.4
Peso del agua	gr.	28.7	80.8	123.2	169.9
Peso del suelo seco	gr.	1,944	1,935	1,843	1,726
Contenido de agua	%	1.48	4.17	6.68	9.84
Densidad Seca	gr/cc	1.733	1.923	2.018	1.714

Densidad Máxima Seca: **2.016** g/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Óptima: **6.56** %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



*Edwin A. Flores Chipana*  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

*Andy José Rivera Sagastegui*  
Andy José Rivera Sagastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

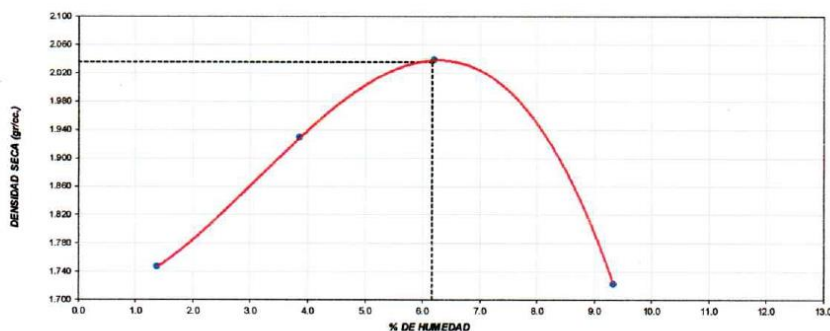
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"  
SOLICITANTE : JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI  
FECHA : 10/04/2023

PROCTOR MODIFICADO					
Método de ensayo		C			
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	g		
NUMERO DE ENSAYOS	Und.	1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	10,052	10,545	10,888	10,289
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	3,760	4,253	4,596	3,997
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1,771	2,003	2,165	1,883
Recipiente Numero		0	0	0	0
Peso de la Tara	gr.	0,0	0,0	0,0	0,0
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	2,113,3	2,031,6	2,102,4	1,978,5
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	2,084,3	1,955,9	1,979,5	1,809,5
Peso del agua	gr.	28,9	75,7	122,9	169,0
Peso del suelo seco	gr.	2,084	1,956	1,980	1,810
Contenido de agua	%	1,39	3,87	6,21	9,34
Densidad Seca	gr/cc	1,747	1,929	2,038	1,722

Densidad Máxima Seca: **2.036** g/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Óptima: **6.17** %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

  
Lady José Rivera Sagastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

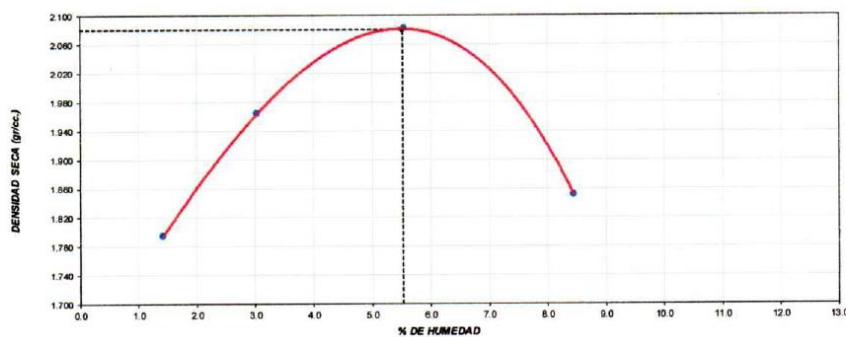
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"  
SOLICITANTE : JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI  
FECHA : 10/04/2023

PROCTOR MODIFICADO					
Método de ensayo		C			
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	g		
NUMERO DE ENSAYOS	Und.	1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	10.157	10.589	10.956	10.554
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	3.865	4.297	4.664	4.262
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1.820	2.024	2.197	2.008
Recipiente Numero		0	0	0	0
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	2.041.6	1.997.5	2.055.6	1.926.4
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	2.012.9	1.938.5	1.947.5	1.776.3
Peso del agua	gr.	28.7	58.9	108.1	150.1
Peso del suelo seco	gr.	2,013	1,939	1,948	1,776
Contenido de agua	%	1.43	3.04	5.55	8.45
Densidad Seca	gr/cc	1.795	1.964	2.081	1.851

Densidad Máxima Seca: **2.080** g/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Optima: **5.52** %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

  
Andy José Rivera Sagastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

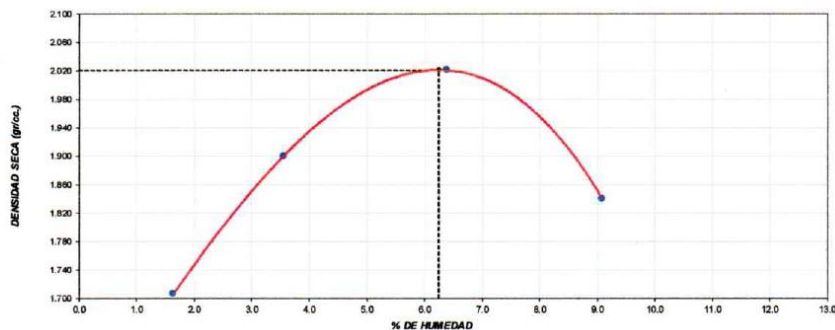
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

PROCTOR MODIFICADO					
Método de ensayo		C			
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	g		
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	9.975	10.470	10.856	10.554
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	3,683	4,178	4,564	4,262
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1.735	1.968	2.150	2.008
Recipiente Numero		0	0	0	0
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	1,967.5	1,895.5	2,029.4	1,933.5
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	1,935.7	1,830.4	1,907.6	1,772.5
Peso del agua	gr.	31.8	65.1	121.8	161.0
Peso del suelo seco	gr.	1,936	1,830	1,908	1,773
Contenido de agua	%	1.64	3.56	6.38	9.08
Densidad Seca	gr/cc	1.707	1.900	2.021	1.841

Densidad Máxima Seca: **2.021** g/cm<sup>3</sup> Contenido Humedad Optima: **6.25** %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



*Edwin A. Flores Chipana*  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

*Andy José Rivera Sagastegui*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CBR ASTM D1883**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	1		2		3								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	12,141	12,352	11,961	12,152	11,789	11,985							
Peso molde (gr.)	7,340	7,340	7,338	7,338	7,337	7,337							
Peso suelo compactado (gr.)	4,801	5,012	4,623	4,814	4,452	4,648							
Volumen del molde (cm³)	2,112	2,112	2,117	2,117	2,121	2,121							
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,273	2,373	2,184	2,274	2,099	2,191							
Densidad Seca (gr./cm³)	2,051	2,073	1,974	1,982	1,896	1,913							
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Tara + suelo húmedo (gr.)	398.5	229.5	404.5	241.6	395.7	258.5							
Tara + suelo seco (gr.)	359.6	200.5	365.6	210.6	357.5	225.6							
Peso de agua (gr.)	38.9	29.0	38.9	31.0	38.3	32.9							
Peso de suelo seco (gr.)	359.6	200.5	365.6	210.6	357.5	225.6							
Humedad (%)	10.8	14.5	10.6	14.7	10.7	14.6							
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01*	Expansión mm %		Dial	Expansión mm %		Dial	Expansión mm %			
NO EXPANSIVO													
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		218	10.8			186	9.2			78	3.9		
0.050		341	16.9			296	14.7			105	5.2		
0.075		565	28.0			356	17.6			122	6.0		
0.100	70.307	825	40.8	41.0	58.3	515	25.5	25.5	36.3	152	7.5	7.5	10.7
0.150		1225	60.7			756	37.4			223	11.0		
0.200	105.460	1473	72.9	71.6	67.9	946	46.8	47.0	44.6	256	12.7	15.0	14.2
0.300		1752	86.7			1126	55.8			352	17.4		
0.400		2013	99.7			1352	66.9			415	20.5		
0.500		2236	110.7			1536	76.1			564	27.9		

  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

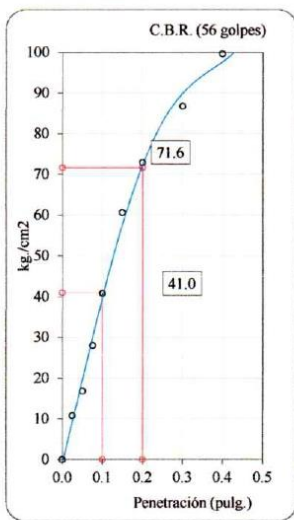
  
Andy José Rivera Sagastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160



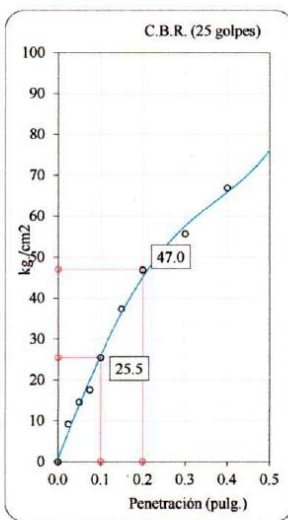
**TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**Datos de muestra**

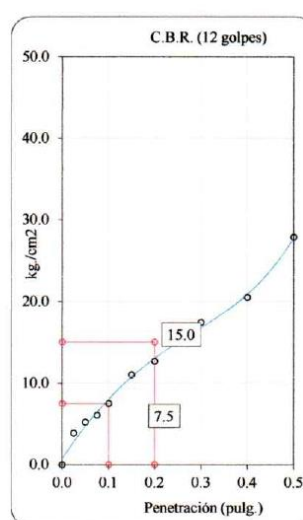
Máxima Densidad Seca 2.048 gr/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad 8.11 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.946 gr/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPE :58.3%

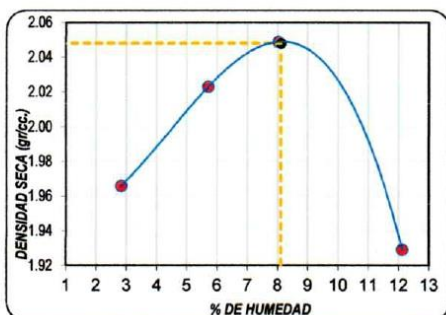


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :36.3%



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :10.7%

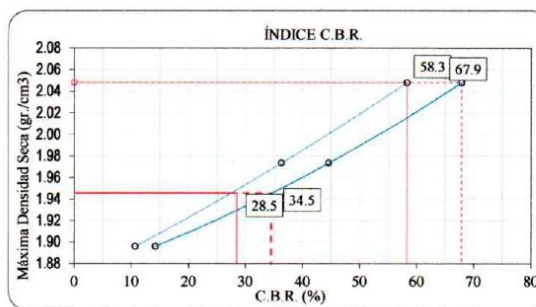
**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 58.3 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 28.5 %

*Edwin A. Flores Chipana*  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 67.9 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 34.5 %

*Justo Rivera Aguirre III*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160



TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CBR ASTM D1883**

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL PROMUVI SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 6. DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA"
SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS CHOQUE PILCO Y JHONY LIMACHE MAMANI
FECHA	: 10/04/2023

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,006	12,185	11,805	11,957	11,698	11,775
Peso molde (gr.)	7,340	7,340	7,338	7,338	7,337	7,337
Peso suelo compactado (gr.)	4,666	4,845	4,467	4,619	4,361	4,438
Volumen del molde (cm³)	2,112	2,112	2,117	2,117	2,121	2,121
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,209	2,294	2,110	2,182	2,066	2,092
Densidad Seca (gr./cm³)	2,022	2,023	1,925	1,920	1,879	1,844

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	388.5	236.5	390.4	241.6	385.7	269.7
Tara + suelo seco (gr.)	355.5	208.5	356.3	212.6	352.5	237.6
Peso de agua (gr.)	33.0	28.0	34.2	29.0	33.2	32.0
Peso de suelo seco (gr.)	355.5	208.5	356.3	212.6	352.5	237.6
Humedad (%)	9.3	13.4	9.6	13.6	9.4	13.5

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01*	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%

NO EXPANSIVO

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		319	15.8			205	10.2			84	4.2		
0.050		362	17.9			295	14.6			129	6.4		
0.075		664	32.9			369	18.3			156	7.7		
0.100	70.307	902	44.7	42.5	60.4	445	22.0	21.5	30.6	170	8.4	8.6	12.2
0.150		1395	69.1			565	28.0			253	12.5		
0.200	105.460	1520	75.3	75.5	71.6	754	37.3	37.5	35.6	304	15.1	15.3	14.5
0.300		1863	92.2			1051	52.0			367	18.2		
0.400		2085	103.2			1214	60.1			438	21.7		
0.500		2389	118.3			1632	80.8			608	30.1		

  
Edwin A. Flores Chipana  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos

  
Andy José Rivera Sagastegui  
INGENIERO CIVIL  
CIP 75160

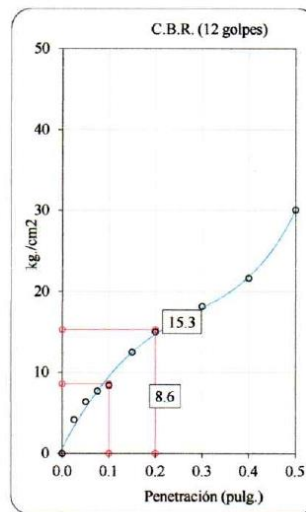
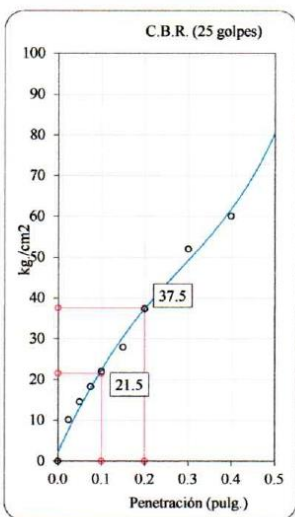
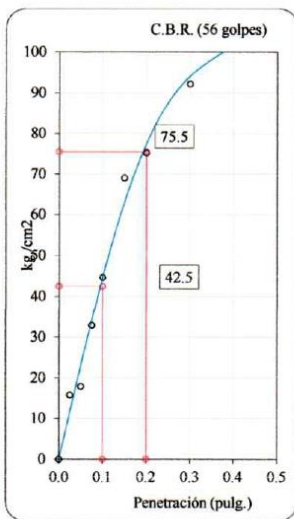


TECNICOS, INGENIEROS Y ARQUITECTOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca 2.030 gr./cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad 6.28 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.929 gr./cm<sup>3</sup>

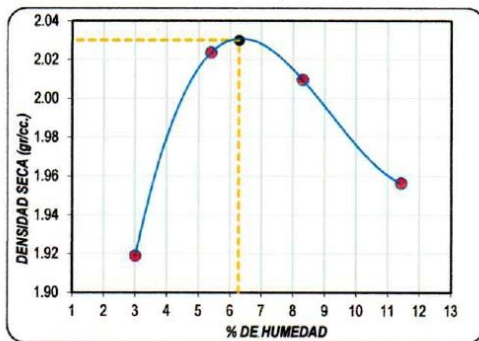


C.B.R. (0.17) 56 GOLPE :60.4%

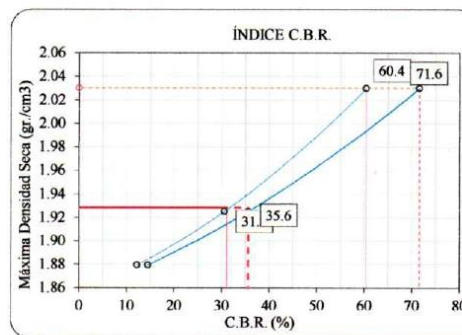
C.B.R. (0.17) 25 GOLPES :30.6%

C.B.R. (0.17) 12 GOLPES :12.2%

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1\*: 60.4 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1\*: 31.1 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2\*: 71.6 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2\*: 35.6 %

*Edwin A. Flores Chipana*  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos

*Andy José Rivera Sagastegui*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 75160