



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño de pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la subrasante en la Avenida María Parado de Bellido, Comas 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Gamarra Miranda, Briyhith de los Angeles (ORCID:0000-0002-9047-2188)

Odría Paucar, Josué Ulysses (ORCID: 0000-0002-8412-1875)

ASESOR:

Ing. Paccha Rufasto, Cesar Augusto (ORCID:0000-0003-2085-3046)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Primeramente, la tesis se lo dedico a mi pequeñito y hermoso hijo Luan Kael Calderón Gamarra por ser inspiración y motivo de seguir adelante, de igual manera a mis padres por todo el esfuerzo que hicieron y vienen haciendo para encontrarme en la última etapa de mi carrera profesional.

Gamarra Miranda, Briyhith de los Angeles

Este presente trabajo le dedico a mi familia, por el apoyo incondicional, ellos que con paciencia han sabido orientar mi vida con sus valores y virtudes hasta el día de hoy para seguir en este camino al crecimiento personal.

Odría Paucar, Josué Ulysses

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida que me entrega día a día, a mis padres por el apoyo arduo que hacen para poder seguir cumpliendo mis metas, a mi casa de estudios la Universidad César Vallejo por brindarme la oportunidad de crecer y desarrollarme profesionalmente, de igual manera, agradecer a un grupo de profesionales que vienen apoyándome de una u otra manera para poder realizar el Proyecto de Investigación y el Desarrollo del Proyecto de Investigación, el Dr. Jesús Elmer Zamora Mondragón, el Ing. Cesar Augusto Paccha Rufasto, la Mg. Ericka Claudia Bonilla Vera, el Mg. Jorge Escalante Contreras, el Dr. Emigdio Antonio Alfaro Paredes, el Mg. Luis Alberto Segura Terrones y al Dr. Alejandro Suarez Alvites, infinito agradecimiento a todos ustedes por sus valiosos aportes que me brindaron, por las cosas antes mencionadas y muchas otras más; Gracias.

Gamarra Miranda, Briyhith de los Angeles

En primer lugar, agradezco Dios por permitirme seguir adelante con esta meta, en segundo lugar, a mis padres por su arduo apoyo y por último a mi asesor por brindarme su conocimiento basado en experiencias para realizar este proyecto de investigación.

Odría Paucar, Josué Ulysses

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. MARCO TEÓRICO.....	19
III. METODOLOGÍA.....	41
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	42
3.1.1. Tipo.....	42
3.1.2. Enfoque.....	42
3.1.3. Diseño.....	42
3.2 Variables y operacionalización.....	43
3.3 Población, muestra y muestreo.....	44
3.3.1. Población.....	44
3.3.2. Muestra.....	44
3.3.3. Muestreo.....	44
3.3.4. Unidad de análisis.....	44
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	45
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	45
3.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento.....	46
3.5 Procedimientos.....	46
IV. RESULTADOS.....	50
4.1. Ubicación del proyecto.....	51
4.2. Ensayos realizados a la muestra del suelo patrón.....	52
4.2.1. Análisis Granulométrico.....	52
4.2.2. Contenido de humedad.....	53
4.2.3. Límites de Atterberg.....	53
4.2.4. Proctor Modificado.....	54
4.2.5. California Bearing Ratio (C.B.R.).....	55

4.3. Ensayos realizados a la muestra del suelo con el 10%, 20% y 30% de partículas de caucho reciclado.....	56
4.3.1. Proctor Modificado	56
4.3.2. California Bearing Ratio (C.B.R.)	59
4.4. Diseño del pavimento flexible (muestra patrón)	61
4.4.1. Parámetros de diseño	61
4.5. Diseño del pavimento flexible (10% DE CAUCHO)	76
4.5.1. Parámetros de diseño	76
4.6. Diseño del pavimento flexible (20% DE CAUCHO)	82
4.6.1. Parámetros de diseño	82
4.7. Diseño del pavimento flexible (30% DE CAUCHO)	88
4.7.1. Parámetros de diseño	88
4.8. Costo del pavimento flexible por cada m ³	95
4.9. Alternativas de diseño de las capas del pavimento flexible y presupuesto de cada alternativa	96
4.10. Análisis de precios unitarios de la estabilización de suelos con diferentes porcentajes de caucho en la subrasante	100
4.11. Análisis de precios unitarios de otros agentes estabilizadores de suelos	102
4.12. Presupuesto total del diseño del pavimento flexible	104
4.13. Simulación de tráfico con el programa de diseño SYNCRO	109
V. DISCUSIÓN.....	112
VI. CONCLUSIONES	116
VII. RECOMENDACIONES	119
REFERENCIAS	121
ANEXOS	128

Índice de tablas

Tabla 1. Valor relativo de CBR en la subbase granular	29
Tabla 2. Resumen del resultado del ensayo Análisis Granulométrico (muestra patrón)	52
Tabla 3. Clasificación SUCS y AASHTO (muestra patrón)	52
Tabla 4. Resumen del resultado del ensayo de Contenido de Humedad (muestra patrón)	53
Tabla 5. Resumen del resultado del ensayo Límites de Atterberg (muestra patrón)	54
Tabla 6. Resumen del resultado del ensayo Proctor Modificado (muestra patrón)	55
Tabla 7. Resumen del resultado del ensayo CBR (muestra patrón)	55
Tabla 8. Resumen del resultado del ensayo Proctor Modificado (muestra de suelo con 10%, 20% y 30% de caucho)	57
Tabla 9. Resumen del resultado del ensayo CBR (muestra de suelo con 10%, 20% y 30% de caucho)	60
Tabla 10. Verificación si se cumple con el número estructural requerido	93
Tabla 11. Nivel de servicio para intersecciones.....	111

Índice de figuras

Figura 1. Categorías de la subrasante	27
Figura 2. Número de calicatas para la exploración de suelos	28
Figura 3. Requisitos de la subbase granular	29
Figura 4. Valor relativo de CBR en la base granular	30
Figura 5. Tamices de malla cuadrada	32
Figura 6. Fórmula para determinar el contenido de humedad	32
Figura 7. Valores recomendados de nivel de confiabilidad.....	35
Figura 8. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_r)	36
Figura 9. Coeficiente estadístico de la desviación estándar combinada (S_o) ...	37
Figura 10. Índice de serviciabilidad	37
Figura 11. Índice de serviciabilidad inicial (P_i)	38
Figura 12. Índice de serviciabilidad final (P_t)	39
Figura 13. Número estructural requerido	39
Figura 14. Número estructural propuesto.....	40
Figura 15. Ensayos realizados a la C-1.....	45
Figura 16. Empresa Nort Sul S.R.L	47
Figura 17. Partículas de caucho triturado de 2.5mm.....	47
Figura 18. Ubicación de la muestra	47
Figura 19. C-1 de 1.50m de profundidad	48
Figura 20. Trazo para la C-1	48
Figura 21. Ubicación del proyecto	51
Figura 22. Análisis Granulométrico (muestra patrón)	53
Figura 23. Diagrama de fluidez (muestra patrón)	54
Figura 24. Gráfica de plasticidad del USCS	54
Figura 25. Curva densidad seca vs contenido de humedad (muestra patrón) ..	55
Figura 26. Curva densidad seca vs CBR (muestra patrón)	56
Figura 27. Curva densidad seca vs contenido de humedad (muestra de suelo con 10% de caucho)	56
Figura 28. Curva densidad seca vs contenido de humedad (muestra de suelo con 20% de caucho)	57

Figura 29. Curva densidad seca vs contenido de humedad (muestra de suelo con 30% de caucho)	57
Figura 30. Máxima densidad seca (muestra de suelo con 10%, 20% y 30% de caucho).....	58
Figura 31. Óptimo contenido de humedad (muestra de suelo con 10%, 20% y 30% de caucho)	58
Figura 32. Curva de densidad seca vs CBR (muestra de suelo con 10% de caucho).....	59
Figura 33. Curva de densidad seca vs CBR (muestra de suelo con 20% de caucho).....	59
Figura 34. Curva de densidad seca vs CBR (muestra de suelo con 30% de caucho).....	60
Figura 35. CBR vs % de caucho.....	61
Figura 36. Cálculo del f.IMDA	62
Figura 37. Factores de distribución direccional y de carril	63
Figura 38. Cálculo y determinación de Esal.....	63
Figura 39. Ábaco para determinar el módulo de Resilencia y el coeficiente estructural de la subbase	67
Figura 40. Ábaco para determinar el módulo de Resilencia y el coeficiente estructural de la Base	68
Figura 41. Ecuación de la frecuencia de carga.....	68
Figura 42. Rangos de velocidad de diseño según el tipo de carretera	69
Figura 43. Ecuación de la temperatura efectiva de la capa asfáltica	69
Figura 44. Promedio de la temperatura máxima y mínima (°C) anual de la Estación Huarangal desde el año 1991-2011	70
Figura 45. Ábaco para determinar el MR de la carpeta asfáltica.....	71
Figura 46. Cálculo del coeficiente de drenaje	72
Figura 47. Dimensiones de las capas del pavimento flexible (muestra patrón) .	75
Figura 48. Dimensiones de las capas del pavimento flexible (10% de caucho)	81
Figura 49. Dimensiones de las capas del pavimento flexible (20% de caucho)	87
Figura 50. Dimensiones de las capas del pavimento flexible (30% de caucho)	93
Figura 51. Valores recomendados de espesores mínimos de capa superficial y base granular	94

Figura 52. Costo de las capas del pavimento flexible de las alternativas más económicas	100
Figura 53. Análisis de precios unitarios con el 10% de caucho en la subrasante	100
Figura 54. Análisis de precios unitarios con el 20% de caucho en la subrasante	101
Figura 55. Análisis de precios unitarios con el 30% de caucho en la subrasante	101
Figura 56. Análisis de precios unitarios de la estabilización con cal	102
Figura 57. Análisis de precios unitarios de la estabilización con cemento	102
Figura 58. Análisis de precios unitarios de la estabilización con polímeros acrílicos	103
Figura 59. Análisis de precios unitarios de la estabilización con geotextil	103
Figura 60. Análisis comparativo de los diferentes agentes estabilizadores	104
Figura 61. Capas del pavimento flexible favorables	104
Figura 62. Presupuesto total del pavimento flexible patrón	105
Figura 63. Presupuesto total del pavimento flexible con el 10% de caucho en la subrasante.....	106
Figura 64. Presupuesto total del pavimento flexible con el 20% de caucho en la subrasante.....	107
Figura 65. Presupuesto total del pavimento flexible con el 30% de caucho en la subrasante.....	108
Figura 66. Presupuesto total del pavimento flexible patrón y con diferentes porcentajes de partículas de caucho en la subrasante	109
Figura 67. Avenida María Parado de Bellido	110
Figura 68. Programa Synchro-Volúmen de tráfico actual	110
Figura 69. Programa Synchro-Volúmen de tráfico con el incremento del 40%	111
Figura 70. Programa Synchro-Sim Traffic.....	111

Resumen

La presente tesis propone implementar el caucho reciclado de los neumáticos fuera de uso en la subrasante con el fin de estabilizar el suelo, para ello se obtuvo una muestra representativa del suelo, se realizó una calicata de 1.50m de profundidad en la Avenida María Parado de Bellido, Comas. Una vez obtenido la muestra fue llevada al laboratorio Ascelis para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, se realizó el ensayo de Granulometría obteniendo como resultado según la clasificación Sucs (CL) y según la clasificación AASHTO A-6 (13), considerándose de esa manera un suelo arcilloso de baja plasticidad; así mismo, se realizó el ensayo de contenido de humedad, límites de atterberg, proctor modificado y CBR para la muestra patrón y el ensayo de proctor modificado y CBR para la muestra de suelo con 10% de caucho, 20% de caucho y 30% de caucho.

Se realizó el diseño del pavimento flexible patrón y el diseño del pavimento flexible con incorporación de 10%, 20% y 30% de caucho triturado a 2.5mm, después de obtener las capas del pavimento de los cuatro diseños, se procedió a realizar el presupuesto para cada diseño con seis alternativas cada una, cumpliendo que el número estructural propuesto debe ser mayor o igual al número estructural requerido.

Finalmente se concluyó que con el 20% de caucho en la subrasante resulta más económico con un valor de S/. 67.96 por cada m³ del pavimento flexible (carpeta asfáltica, base y subbase), y un costo de S/23.68 el m² con un espesor de 20cm la estabilización de la subrasante con caucho.

Palabras claves: partículas de caucho, suelo arcilloso, subrasante.

Abstract

This thesis proposes to implement the recycled rubber from end-of-life tires in the subgrade in order to stabilize the soil, for this a representative sample of the soil was obtained, a 1.50m deep pit was made on Avenida María Parado de Bellido, Comas. Once the sample was obtained, it was taken to the Ascelis laboratory to determine the physical and mechanical properties of the soil, the Granulometry test was carried out, obtaining as a result according to the Sucs (CL) classification and according to the AASHTO A-6 classification (13), considering that way a clay soil of low plasticity; Likewise, the moisture content test, atterberg limits, modified proctor and CBR were performed for the standard sample and the modified proctor test and CBR for the soil sample with 10% rubber, 20% rubber and 30% of rubber.

The design of the flexible pavement pattern and the design of the flexible pavement were made with the incorporation of 10%, 20% and 30% of crushed rubber at 2.5mm, after obtaining the pavement layers of the four designs, the budget was made. for each design with six alternatives each, fulfilling that the proposed structural number must be greater than or equal to the required structural number.

Finally, it was concluded that alternative four with 20% rubber in the subgrade is more economical with a value of S /. 67.96 for each m³ of flexible pavement (asphalt layer, base and subbase), and a cost of S / .23.68 per m² with a thickness of 20cm for stabilizing the subgrade with rubber.

Keywords: rubber particles, clay soil, subgrade.

I. INTRODUCCIÓN

En el capítulo de introducción presentamos la realidad problemática a investigar, haciendo énfasis a dos grandes problemas que hoy en día está afectando al desarrollo económico, social y ambiental; ellos son, la gran cantidad de neumáticos en nuestro país y la deficiencia que presenta los suelos de fundación clasificándolo como inadecuada o pobre. A su vez justificamos teóricamente, socialmente y económicamente; citando las razones importantes del porque he realizado el desarrollo del proyecto de investigación y cuáles son sus beneficios para la sociedad; dando pase a la formulación del problema general, problemas específicos, objetivos generales y objetivos específicos respectivamente.

Sofi (2018) indicó que dentro de la Unión Europea se almacenan 3000 millones de neumáticos y dentro de Estados Unidos se almacenan 1000 millones. Se espera que para el año 2030 el número de neumáticos alcance los 5000 millones.

Huamán y Muguerza (2019) comentaron que a nivel internacional encontramos una gran diversidad de clasificación de suelos. Por ello, es importante realizar un estudio de suelos profundo para la ejecución de cualquier proyecto de ingeniería.

Suárez y Mujica (2016) enunciaron que los neumáticos en Perú van cada día aumentando notablemente, se estima que sobrevivirán por millones de años debido a que es un producto no biodegradable. A su vez, este material es altamente peligroso ya que puede ocasionar incendios debido a la acumulación de los mismos por la falta de conocimiento de las personas, se debe tener en cuenta que ser arrojado en los vertederos se considera un problema ambiental muy grande.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) indicaron que el suelo de fundación inadecuado o pobre se determina cuando el CBR < 3%. Por lo tanto, no se encuentra apta para la construcción sin antes realizar una estabilización al suelo con cal, cemento, polímeros, etc.

A nivel local en el distrito de Comas encontramos una gran demanda de NFU en almacenes, ello se evidenció cuando en noticieros el 12 de abril del 2018

hubo un gigantesco incendio que consumió un almacén de llantas ubicado en el distrito de Comas, viéndose afectados los pobladores del distrito y los distritos aledaños. En consecuencia, los especialistas del Ministerio del Ambiente (2018) declararon en emergencia ambiental por 45 días ya que el incendio llegó a alcanzar niveles pico de 4,000 ug/m³ de partículas de 10 micras en el aire, siendo el estándar de calidad de 100 ug/m³.

Los especialistas del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres “estudio de micro zonificación sísmica y vulnerabilidad en la ciudad de Lima, distrito de Comas” (2011) enunciaron que, en la Avenida María Parado de Bellido, ubicado en la Zona II se clasifican por ser suelos granulares finos y suelos arcillosos, de compacidad media. Por tal motivo, se requiere realizar un estudio de suelos para determinar las características mecánicas del suelo y dependiendo del resultado poder realizar una estabilización al suelo si lo requiere.

Por lo mencionado párrafos arriba, se puede decir que cuando hablamos de una subrasante inadecuada; es decir con un CBR<3%, se necesita realizar obligatoriamente una estabilización al suelo, ya que su función principal es:

- a) Recibir y resistir las cargas del tránsito que son transmitidas al pavimento.
- b) Transmitir y distribuir de manera adecuada las cargas del tránsito al terraplén.

Con el fin de que el pavimento no presente fallas antes de su vida útil, se evaluará las propiedades físico-mecánicas con la adición de caucho reciclado en porcentajes de 20% y 40% en la sub rasante, con fines de estabilización a la subrasante de la Avenida María Parado de Bellido, ya que se encuentra en una zona considerada un suelo granular fino y arcillosos.

La justificación teórica es dar a conocer el valor agregado y el aporte entregado con el Desarrollo del Proyecto de Investigación; la respuesta es, aplicando caucho reciclado en diferentes porcentajes como estabilizador en la sub rasante, se obtendrá resultados favorables incrementando las propiedades físicas y mecánicas del suelo inadecuado; a su vez, incrementando los porcentajes de caucho en la subrasante se obtendrá una reducción de los

espesores de las capas del pavimento flexible y por ende generará un ahorro en el presupuesto de materiales.

La justificación práctica del proyecto de investigación es dar a conocer que en la actualidad el parque automotor viene en aumento y en base a ello la contaminación del aire se sigue viendo afectada debido a la quema de llantas a aire libre, generando así efectos negativos en la población. Por otro lado, para realizar el diseño de un pavimento flexible se requiere evaluar el suelo que será apoyo para la pavimentación; si bien es cierto, en suelo en Perú es muy diverso, siendo el distrito de Comas un suelo inestable en la Avenida María Parado de Bellido, por lo cual, el propósito es reutilizar el caucho y obtener la trituración del mismo en partículas de 2.5mm para poder utilizarlo como un agregado estabilizador en la subrasante, con el fin de mejorar el suelo y obtener mejoras en el CBR.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación ¿De qué manera la incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye en el diseño del pavimento flexible en la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE.1** ¿Cómo influye el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?
- **PE.2** ¿Cuál es la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante para el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?
- **PE.3** ¿En cuánto aumenta la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?

El objetivo general se basa en determinar de qué manera la incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE.1** Determinar cómo influye el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.
- **OE.2** Determinar cuál es la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante para el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.
- **OE.3** Determinar en cuánto aumenta la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.

II. MARCO TEÓRICO

En el capítulo de marco teórico presentamos los antecedentes nacionales e internacionales respectivamente, con el objetivo de sustentar el desarrollo de la Tesis en base a investigaciones ya realizadas, poniendo énfasis en las dos variables de estudio. Así mismo, se definió teorías relacionadas al tema para generar un mejor aporte a conocimientos ya obtenidos.

Llerena y Paredes (2019) en su Tesis titulado “Reforzamiento de suelo arcilloso con caucho reciclado para fines de cimentación en el distrito de Yarabamba en la ciudad de Arequipa”, tienen como fin mejorar la capacidad portante del terreno arcilloso añadiendo caucho reciclado, de esa manera impulsar el cuidado del medio ambiente y obtener un ahorro en el presupuesto. La metodología empleada fue experimental, para ello determinaron como primer paso las propiedades físicas y mecánicas del suelo, obteniendo de esa manera un suelo arcilloso de baja plasticidad. Concluyeron que al añadir 3% de caucho mejora la capacidad portante del suelo arcilloso de 0.149 kg/cm² a 0.81 kg/cm² siendo más viable en la cimentación; de la misma manera, se logra un ahorro de 31.08% del presupuesto inicial, siendo el costo de la cimentación con el suelo arcilloso mejorado con caucho reciclado S/. 40,325.42 y la cimentación con el suelo normal es de S/. 58,512.85. Recomendaron que primero deben determinar el porcentaje óptimo del suelo para evitar un elevado costo del producto.

Macha (2019) en su tesis titulado “Aplicación de metodología AASHTO 93 en diseño de pavimento flexible para optimizar la transitabilidad vehicular en carretera talavera-Andahuaylas” tiene como objetivo efectuar el diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 93, para mejorar la vía para la población que se dedican mayormente en el rubro de agropecuarios actualmente es una carretera afirmada. Concluye que al aplicar el método de AASHTO se basa en el valor de CBR de la subrasante, el número de ejes estándar para luego determinar el número estructural del diseño, la cual recomiendan el uso del método AASHTO 93 a manifestaron una gran efectividad en hallar los espesores correctos de las capas del pavimento.

Lapa (2018) en su tesis titulado “Estabilización de bases granulares con fibra de caucho reciclado tallado”, tiene como finalidad determinar cómo se comporta el pavimento flexible con incorporación de fibras de caucho reciclado y a su vez determinar el beneficio costo. La metodología empleada fue experimental y para ello se realizaron ensayos de CBR para calcular la dosificación óptima del caucho en porcentaje. Concluye que el caucho reciclado en la base granular influye en la máxima densidad seca, óptimo contenido humedad y CBR; los valores aumentaron en 1.36%, 9.46% y 30.89% respectivamente. Así mismo las capas del pavimento se reflejarán en una menor dimensión e influirá en el presupuesto, Recomendó estabilizar la base granular con partículas de caucho en porcentajes mayores al 10%.

Huamán y Mugerza (2019) en su tesis titulada “Influencia del caucho granulado en suelos cohesivos relacionado a la propiedad de la resistencia a la penetración (CBR)”, tienen como objetivo determinar cómo influye el caucho granular en los suelos cohesivos, la muestra de estudio es el tramo Huayllay-Huaychao provincia de Pasco la cual realizaron 3 calicatas. Concretaron una metodología experimental ya que evaluaron el CBR del suelo patrón y del suelo con porcentajes de caucho en 5%, 10% y 15% en relación al peso seco del suelo. Concluyeron que después de realizar 3 CBR de suelo natural y 9 CBR con diferentes % de caucho granulado influye en el aumento de su resistencia relacionado a la propiedad a la penetración en los suelos cohesivos, siendo el más óptimo el 10% de caucho ya que mejora de un 5.2% del suelo patrón a un 12.2%; a su vez, el caucho granulado restablece los suelos cohesivos, pero que debemos cumplir los parámetros de la norma peruana MTC suelos y geotecnia.

Álvarez y Gutiérrez (2019) en su tesis titulado “Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica”, tienen como objetivo evaluar una mayor resistencia de corte y capacidad de soporte a la penetración del suelo arcilloso añadiendo el polvo de caucho reciclado. Concluyeron que el CBR

aumenta al añadir el caucho siendo más rígido y tener una mayor resistencia a la penetración, por lo que recomiendan utilizar en diferentes proyectos dentro de la ingeniería geotécnica ya que presenta una mejora en la resistencia de corte y un CBR aceptable.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulado “Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”, tienen como finalidad determinar cuánto mejoran las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con la incorporación de partículas de caucho de neumáticos. Se obtuvo de la muestra patrón un CBR de 2.94%, y según MTC un CBR menor a 6% es determinado una subrasante pobre. Concluyen que el CBR natural incremento 1.31%, 1.75% y 1.69% veces su CBR patrón al añadir 1%, 3% y 5% de caucho respectivamente pero cuando añade el 7% y 9% de caucho no se obtiene ningún incremento; por lo tanto, recomienda utilizar la proporción de 5% de caucho ya que se obtiene un CBR de 7.64%, la cual influye mucho para estabilizar el terreno arcilloso de baja plasticidad.

Ramírez y Tarazona (2019), en su tesis titulada “Aplicación del método AASHTO 93 para el diseño del pavimento flexible en el tramo Musho-Yungay”. Tienen como objetivo de proponer el método Aashto 93 para el diseño del pavimento flexible para que aun futuro se realice el proyecto, en la actualidad tenemos carreteras en mal estado, mayormente en provincias, la intención de esta investigación diseñar un pavimento flexible con la técnica que se utiliza en nuestros pavimentos en el Perú, siendo este el método AASHTO- 93. Concluyeron que al realizar el estudio tráfico se obtuvo un índice medio diario semanal de 240 veh/día y un índice medio diario anual de 242 veh/día y también ejes equivalentes por día. Recomendaron realizar los cálculos y toma datos deben ser prudente ya que puede variar hasta en el resultado final.

Irigoin (2018), en su tesis titulada “Comparación entre los métodos Aashto-93 e instituto del asfalto para optimizar el diseño del pavimento

flexible en el ah San Lorenzo - José Leonardo Ortiz – Chiclayo”, tiene como objetivo realizar el estudio comparativo entre los métodos Aashto-93 e instituto del asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible, la cual primero se debe llevar acabo los estudios básicos como estudio de tráfico, mecánica de suelos, pluviométrico, para luego evaluar los resultados con los 2 métodos y dar la mejor propuesta. Concluyeron que el diseño del pavimento flexible con el método AASHTO 93 es el más óptimo a comparación del método del Instituto del Asfalto; por los siguientes factores, los espesores de la capa por AASHTO son mayores, la cual la subrasante mejora y en lo económico es más factible ya hay una diferencia 8.22%; con lo que respecta a la durabilidad se recomienda el método de instituto del asfalto, ya que el espesor de la carpeta asfáltica es de mayor espesor. Recomendó que se realicen comparaciones del método AASHTO 93 e Instituto del Asfalto en otros lugares del Perú.

Suarez y Frías (2019), en su tesis titulada “Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”. El objetivo del proyecto es determinar de qué manera las partículas de caucho triturado mejora en las propiedades mecánicas del suelo. La metodología empleada fue la recolección de la muestra del suelo arcilloso ubicado en la provincia de Jaén, Cajamarca, para que posteriormente se realice los ensayos correspondientes de la muestra patrón y de la muestra con diferentes porcentajes de caucho (1%, 3%, 5%, 7% y 9%). Concluyeron que el CBR de la muestra patrón es de 2.49%, agregando el 1% de caucho mejora a un 3.85%, incorporando el 3% se logra un CBR de 5.15%, con el 7% se logra un CBR de 4.88 y con el 9% un CBR de 2.92%, de esa manera determinaron que él % óptimo a utilizar es el 3% de caucho triturado en la subrasante. Recomendaron realizar los estudios con diferentes porcentajes ya propuestos de caucho triturado. caucho.

López, Hernández, Horta y Castaño (2010), en su artículo titulado “Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas”, tiene

como objetivo reducir el cambio volumétrico de las arcillas, agregando diferentes materiales para estabilizar los suelos arcillosos como cal, cemento hidráulico, fosfatos, sales de aluminio y también los polímeros lo cual se va utilizar esta investigación, se realizaron muestras remoldeadas de suelo natural y suelo con polímero para determinar las propiedades índices, compactación, resistencia al esfuerzo cortante, expansión y consolidación. Concluyen que si es factible el uso del polímero ya que las mezclas suelo-polímero reducen la expansión del suelo arcilloso en un 40% al suelo natural.

Patiño (2017), en su tesis titulada “Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado”, tiene como objetivo exponer un método de estabilización de suelos mediante adiciones de caucho reciclado, desarrollara una metodología investigación mediante elaboración de probetas “suelo-caucho” para luego ejecutar ensayos físicos-mecánicos para analizar como varían las propiedades del suelo. Concluye que los resultados del laboratorio de la mezcla de suelo-caucho mejora en un 12.3% su resistencia original y alivianar el peso del material. Recomienda realizar ensayos de pista de prueba y de placa la cual ayudara a probar o mejorar las respuestas obtenidas.

Vijayasimhan (2018) en su artículo titulado “Stress-strain and penetration characteristics of clay modified with crumb rubber”, describe el uso del caucho reciclado al agregar a los suelos arcillosos disminuye la deformación y aumenta la CBR, con la adición en porcentajes de 10%, 15%, 20%, 30%, 40% y 50% con arcilla de alta y baja compresión se determinara la resistencia y las características de penetración de la arcilla modificada . En conclusión, se obtiene mejor resultado combinando el suelo arcilloso de media plasticidad con la adición de 15% de caucho reciclado ya que aumenta el valor de CBR de 6.9 % hasta 8%. natural.

Saldaña (2013), en su tesis titulado “Estudio comparativo de la sensibilidad de la metodología de diseño estructural de pavimentos

flexibles: método AASHTO 93 y ME-PDG v 1.1”, tiene como objetivo identificar si el nuevo método de diseño estructural de pavimentos ME-PDG soluciona las deficiencias conocidas por la experiencia en la utilización del método de diseño AASHTO 93, la metodología que va emplear el proyecto de investigación es la comparación los métodos de diseño estructural de pavimento para lograr identificar las ventajas y desventajas, lo cual llega a la conclusión que el diseño AASHTO 93 y ME-PDG v 1.1, manejan variables y parámetros diferentes, el método ME-PDG no soluciona las deficiencias del volumen de tránsito bajo por el método AASTHO 93, las espesores por el método ME-PDG son más bajos y logran fallar antes del periodo de diseño, para ejecutar el método ME-PDG deben calibrar los modelos de deterioro según el volumen de tránsito a diseñar, recomienda realizar una calibración para cada tipo de tránsito ya que el resultado logrado los espesores de diseño por el método ME-PDG son insuficientes.

Rodríguez (2013), en su tesis titulada “Análisis comparativo de métodos de diseño de pavimentos flexibles”, que tiene como finalidad realizar un análisis comparativo de distintos métodos de diseño en la región del Biobío, a la cual llevan a cabo con cuatro métodos las cuales son el método español, australiano, sudafricano y AASHTO, la confrontación de resolver los términos fueron los espesores de capa, costo de materiales, gráficos tipo Box plot y análisis de igualdad de medias, desarrolla una metodología utilizando los métodos y normativa chilena MCV3. Concluyó que cada método son distintos tanto en enfoque, variables de entrada, ecuaciones de diseño y criterios de diseño del pavimento flexible, el método español emplea rangos de valores para el tránsito y suelo, el método australiano tienen mayor espesores por interpolación de los datos, método sudafricano efectúa con rangos de valores para el tránsito en cambio el método AASHTO requiere mayor información y se relaciona los factores propios del país, en el ambiente de costo se recomienda el uso del método AASHTO 93 dado que se obtiene espesores menores que los restos métodos.

Camacho (2015), en su tesis titulado “Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DISAASHTO-93”. El objetivo es realizar de manera rápida los diferentes cálculos para determinar los números estructurales del pavimento. Para ello utilizó la herramienta computacional DISAASHTO-93 para realizar el diseño correspondiente. Concluyen que con la herramienta se puede determinar diferentes estructuras de pavimentos y optar por el más recomendable.

Las siguientes teorías relacionadas al tema abarcan los conceptos principales de las dimensiones e indicadores de cada una de las variables a tener en cuenta para el desarrollo del Proyecto de Investigación, es una parte importante de la redacción ya que generará conocimientos de estudio relacionados al tema. Así mismo, cada uno de las teorías presentes son claras y concisas para su mejor entendimiento.

Hinostroza (2018) explicó que un pavimento es una estructura determinada para recibir cargas vivas y cargas muertas. Así mismo, indicó que existen dos tipos de pavimentos, los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos, los pavimentos son estructuras diseñadas para trabajar de acuerdo con el paso de vehículos, personas y cualquier medio de transporte que pueda presentarse en los caminos, estos ejercen fuerzas al pavimento, por lo tanto, este tiene que cumplir con las exigencias de las fuerzas que solicitan para que desempeñe un buen servicio como camino.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) indicaron que existen 3 tipos de pavimentos; ellos son, los pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos y los pavimentos rígidos.

Ubidia (2019) expuso que un pavimento flexible está constituido por varias capas, entre ellas se encuentra la capa de subbase, la capa de la base las que generalmente es de material granular y por encima de la base se encuentra una capa con poco espesor que es la carpeta asfáltica. A su vez, la sub rasante es

el terreno natural que no forma parte de la estructura, pero si toda la estructura se apoya en ella.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) expusieron que la subrasante es el soporte del paquete estructural del pavimento que va por encima de ella; a su vez, es la capa terminada a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno) estabilizado o sin estabilizar, para determinar si una subrasante se va a estabilizar o no, se realiza un estudio de suelos para obtener uno de los factores importantes de diseño (CBR), si la subrasante tiene un CBR menor al 6% se considera pobre y por lo mismo, necesita ser estabilizado. Así mismo, la subrasante se clasifica en 6 categorías:

Categorías de la Subrasante	CBR
Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
Subrasante pobre	$3\% \leq CBR < 6\%$
Subrasante regular	$6\% \leq CBR < 10\%$
Subrasante buena	$10\% \leq CBR < 20\%$
Subrasante muy buena	$20\% \leq 30\%$
Subrasante excelente	$CBR \geq 30\%$

Figura 1. Categorías de la subrasante

Fuente: (Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC, 2014).

Tipo de carretera	Profundidad	Número mínimo de calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de la subrasante del proyecto.	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas por Km y por sentido -Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas por Km y por sentido -Calzada 4 carriles por sentido: 6calicatas por Km y por sentido	
Carreteras duales o multicarril: con un IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50m respecto al nivel de la subrasante del proyecto.	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas por Km y por sentido -Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas por Km y por sentido -Calzada 4 carriles por sentido: 6calicatas por Km y por sentido	
Carreteras de primera clase: con un IMDA entre 4000-2001veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de la subrasante del proyecto.	- 4 calicatas por km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada.
Carreteras de segunda clase: 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de la subrasante del proyecto.	- 3 calicatas por km	
Carreteras de tercera clase: con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de la subrasante del proyecto.	-2 calicatas por km	
Carreteras de bajo volumen de tránsito: con un IMDA menor o igual a 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de la subrasante del proyecto.	-1 calicata por km	

Figura 220. Número de calicatas para la exploración de suelos

Fuente: (Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC, 2014).

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) detallaron que la Subbase es una capa compuesto de agregados seleccionados que va por encima de la subrasante.

Cumple la función de soportar y distribuir uniformemente las cargas que viene de la base a la subrasante; a su vez, provee un apoyo uniforme a la base. Así mismo, otra de sus funciones principales es la de prevenir que el agua filtre a la base por capilaridad, trabaja como una capa para asegurar la contaminación entre la subrasante y la base.

La subbase debe cumplir los siguientes requisitos; el CBR debe ser mayor o igual al 40%, caso contrario la subbase deberá ser estabilizada con asfalto, cal, cemento o polímeros.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos por altitud	
				<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50% máx.	50% máx.
CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	40% mín.	40% mín.
LL	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
ÍP	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	4% máx.

Figura 221. Requisitos de la subbase granular

Fuente: (Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC, 2014).

Tabla 1. Valor relativo de CBR en la subbase granular

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

Fuente: (Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC, 2014).

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) expusieron que la base es una capa que se encuentra debajo de la capa de rodadura y por encima de la capa subbase. Su función primordial es la de sostener, distribuir y transmitir las cargas del tránsito a las capas inferiores.

La base debe cumplir los siguientes requisitos; el CBR debe ser mayor o igual al 80%, caso contrario la subbase deberá ser estabilizada con asfalto, cal, cemento o polímeros

Para carreteras de segunda clase, tercera clase, bajo volumen de tránsito; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para carreteras de primera clase, carreteras duales o multicarril, autopistas; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $>10 \times 10^6$	Mínimo 100%

Figura 224. Valor relativo de CBR en la base granular

Fuente: (Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC, 2014).

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), comentaron que el Índice Medio Diario Semanal (IMDS) es la estimación numérica del tráfico vehicular en un definido tramo de la red vial en una semana, la cual se obtiene de los conteos volumétricos y los tipos de vehículos durante 7 días.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), expusieron que el Índice Medio Diario Anual (IMDA) es el promedio aritmético de tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial durante un año. El IMDA el resultado veh/día son valioso para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio de transporte, el IMDA se extrae de la multiplicación del IMDS con el factor de corrección estacional (FC).

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), enfatizaron que Esal son las repeticiones de eje de carga del tránsito en el carril de diseño, después de haber realizar el conteo vehicular de los diferentes tipos de vehículos que

transitaron por la vía, donde cada tipo de vehículo transmite diferentes cargas al pavimento.

Los especialistas del Manual de ensayos y materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), describieron que el límite líquido determina el estado semilíquido a un estado plástico, este método es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en la ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelo para determinar índice de plasticidad de suelos.

Los especialistas del Manual de ensayos y materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), detallaron que el límite plástico precisa el suelo cuando pasa de un estado plástico a un estado semisólido, el contenido de humedad se da cuando el suelo empieza agrietarse cuando es amasado de forma cilindro de 3 mm. Además, el LL y LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP.

Los especialistas del Manual de ensayos y materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), sustentaron que ensayo de granulometría nos permite determinar el tamaño de las partículas de suelo en el laboratorio, que pasa por distintos tamaños de tamices hasta el 0.075 mm (N°200), y poder clasificarlo según AASHTO y SUCS.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Figura 227. Tamices de malla cuadrada

Fuente: (Manual de Ensayo de Materiales del MTC, 2016).

Los especialistas del Manual de ensayos y materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), indicaron que el contenido de humedad es la relación de porcentaje del peso de agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas, se calcula mediante esta fórmula:

$$w = \frac{\text{Peso de agua (Mw)}}{\text{Peso del suelo secado al horno (Ms)}} \times 100$$

Figura 228. Fórmula para determinar el contenido de humedad

Fuente: (Manual de Ensayo de Materiales del MTC, 2016).

Dónde:

W = es el contenido de humedad, (%)

Mw = es el peso del agua, en gramos

Ms = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Geoxnet (2019) explicó que el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras.

ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.

OL: Limos y arcillas orgánicas.

CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

CH: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad.

OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad.

Ubillus, Cutimanco, De la Cruz y Luciano (2018), comentaron que el Proctor modificado es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado. Al Proctor se aplica mayor energía de compactación que el estándar, ya que es más adecuado a las solicitaciones de las estructuras que se construyen en la actualidad. Así mismo, Los especialistas del Manual de ensayos y materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) indicaron que la energía que se le aplica para conocer la máxima densidad de compactación del suelo y la humedad óptima es de 2700 kN-m/m³.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) expusieron que, el CBR es un ensayo que emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos, este índice también evaluar la capacidad de soporte en las capas del diseño de pavimento.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), comentaron que la Temperatura Media Anual (°C) es el proceso hidrológico de la temperatura

durante un año, este dato es importante para el diseño de un pavimento flexible porque afecta a la carpeta asfáltica, en las temperaturas bajas procrea fallas de agrietamiento y en temperatura altas produce el ahuellamiento en la carpeta asfáltica.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), indicaron que la Precipitación promedio de las lluvias obtenidos mensual y anual (mm), precipitación es las diversas formas de hidrometeoro cae de la atmosfera a la superficie ya sea lluvia, nieve, granizo, etc. Este dato se viene dando información climática por el SENAMHI.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), indicó que el Nivel de Confiabilidad (R%) es un margen de seguridad al diseño y se pueda tener en cuenta el grado de incertidumbre en la estimación de variables de diseño. Se le conoce como la inversa de la probabilidad de falla, a mayor confiabilidad se tendrá una menor probabilidad de que el diseño falle. Se debe considerar que el nivel de confiabilidad no debe ser menor al 50%.

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de bajo volumen de tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%
Resto de caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10,000,000	90%
	T _{P10}	10,000,001	12,000,000	90%
	T _{P11}	12,500,001	15,000,000	90%
	T _{P12}	15,000,001	20,000,000	95%
	T _{P13}	20,000,001	25,000,000	95%
	T _{P14}	25,000,001	30,000,000	95%
	T _{P15}		>30,000,000	95%

Figura 229. Valores recomendados de nivel de confiabilidad

Fuente: Guía AASHTO-93

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), redactó que la desviación estándar normal (Z_R) es un coeficiente estadístico de datos que representa el valor de confiabilidad, cuanto mayor sea los ejes equivalentes mayor es la desviación estándar.

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R)
Caminos de bajo volumen de tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T _{P10}	10,000,001	12,000,000	-1.282
	T _{P11}	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T _{P12}	15,000,001	20,000,000	-1.645
	T _{P13}	20,000,001	25,000,000	-1.645
	T _{P14}	25,000,001	30,000,000	-1.645
	T _{P15}		>30,000,000	-1.645

Figura 232. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_R)

Fuente: Guía AASHTO-93

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), explicó que la Desviación Estándar Combinada (S_o) tiene en cuenta la desviación de diseño, la variación de las propiedades de los materiales, variación de la estimación del tránsito y la variación de las condiciones ambientales; es decir, es una desviación generalizada de todas las variables involucradas en el diseño. Así mismo, el método AASHTO recomienda usar el valor de 0.45.

PROYECTO DE PAVIMENTO	S ₀	
	FLEXIBLE	RÍGIDO
	0.40-0.50	0.30-0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Figura 9. Coeficiente estadístico de la desviación estándar combinada (S₀)

Fuente: Guía AASHTO-93

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), explicó que el Índice de Serviciabilidad presente (Δ psi) corresponde al índice de servicio que tiene la vía con respecto al usuario, La serviciabilidad se encuentra en un rango de 0 a 5, siendo 0 una vía con un tránsito imposible y siendo 5 una vía perfecta y a su vez imposible. Así mismo, una vía generalmente se encuentra con una serviciabilidad de 4 o 4.2.

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)	CALIFICACIÓN
5-4	Muy buena
4-3	Buena
3-2	Regular
2-1	Mala
1-0	Muy mala

Figura 234. Índice de serviciabilidad

Fuente: Guía AASHTO-93

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), expuso que la serviciabilidad inicial (P_i) se da cuando la vía es recién construida y la serviciabilidad final (P_t) es cuando la vía se encuentra en rehabilitación o reconstrucción.

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000	150,000	3.80
	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10,000,000	4.00
	TP10	10,000,001	12,000,000	4.00
	TP11	12,500,001	15,000,000	4.00
	TP12	15,000,001	20,000,000	4.20
	TP13	20,000,001	25,000,000	4.20
	TP14	25,000,001	30,000,000	4.20
	TP15		>30,000,000	4.20

Figura 235. Índice de serviciabilidad inicial (Pi)

Fuente: Guía AASHTO-93

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000	150,000	2.00
	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750,001	1,000,000	2.00

	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
Resto de caminos	T _{P9}	7,500,001	10,000,000	2.50
	T _{P10}	10,000,001	12,000,000	2.50
	T _{P11}	12,500,001	15,000,000	2.50
	T _{P12}	15,000,001	20,000,000	3.00
	T _{P13}	20,000,001	25,000,000	3.00
	T _{P14}	25,000,001	30,000,000	3.00
	T _{P15}		>30,000,000	3.00

Figura 238. Índice de serviciabilidad final (Pt)

Fuente: Guía AASHTO-93.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) comentaron que el Número Estructural Requerido se realiza a cada una de las capas del pavimento para poder soportar las cargas de tránsito.

$$\log(W18) = Z_r \times S_0 + 9.36 \times \log(SNi + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SNi + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07$$

Figura 239. Número estructural requerido

Fuente: Guía AASHTO-93

Donde:

W18: Número de aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño.

Z_r: Desviación estándar normal.

S₀: Desviación estándar combinada.

SN_i: Número estructural de la capa i.

ΔPSI: Diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Mr: Módulo resiliente, en psi.

Los especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) expusieron que el Número Estructural propuesto es una ecuación que permite obtener los espesores del pavimento después de haber extraído todos los datos que requiere el método AASHTO-93, los coeficientes adecuados convierten el valor SN en el espesor real de la carpeta, de la base y de la subbase, a través de la siguiente ecuación:

$$N = a_1h_1 + a_2m_2h_2 + a_3m_3h_3$$

Figura 240. Número estructural propuesto

Fuente: Guía AASHTO-93

Figura 241. Anexo 1304. Plano de detalles

Dónde:

a1, a2, a3: Coeficiente estructural de la capa asfáltica, base y sub-base.

h1, h2, h3: Espesores de capa asfáltica, base y sub-base, en pulgadas.

m2, m3: Coeficiente de drenaje de base y sub-base.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo

El Proyecto de Investigación es de tipo aplicada. Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista (2014) indicaron que, la investigación aplicada se conoce desde inicio el problema principal de la investigación y aporta soluciones innovadoras. En base a ello, la investigación presente es aplicada, porque se conoce el problema principal; siendo este, el mal manejo de la gran cantidad de neumáticos y la deficiencia que presenta los suelos de fundación en la zona II del distrito de Comas, en base a esos dos grandes y principales problemas se busca generar una propuesta de diseño con caucho triturado en la subrasante con el fin de minimizar la contaminación nociva al medio ambiente debido a la quema de llantas y a su vez mejor la resistencia de penetración de la subrasante (CBR), generando en el diseño un costo beneficioso.

3.1.2. Enfoque

El enfoque del Proyecto de Investigación es cuantitativo. De tal manera, Hernández *et al.* (2014) comentaron que, la investigación cuantitativa tiene un orden riguroso y no se puede omitir pasos, utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis basándose en la estadística y una medición numérica, con el fin de probar las teorías. En consecuencia, la investigación presente es cuantitativa porque se recolectó datos del Manual de Carreteras sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras: Diseño geométrico, Guía AASHTO 93, Senamhi, y los ensayos realizados en laboratorio teniendo en cuenta las especificaciones del Manual de ensayos de Materiales, para así aprobar o refutar la hipótesis.

3.1.3. Diseño

El diseño del Proyecto de Investigación es experimental. Por tanto, Hernández *et al.* (2014) describieron que, el diseño experimental se fundamenta en concebir la idea de realizar una acción para poder observar los resultados; es decir, obtener una causa-efecto. Para ello es necesario la manipulación de una o más variables independientes (causas antecedentes), para observar y analizar las consecuencias sobre la variable dependiente (efectos consecuentes).

De la misma manera, Hernández *et al.* (2014) redactaron que existen tres tipos de diseños experimentales; ellos son, preexperimental, experimentos puros y cuasiexperimentos. En base a lo mencionado, la investigación presente es un diseño experimental y de tipo cuasiexperimental, ya que se cuenta con una variable independiente y una dependiente, y lo que se busca es observar y analizar de qué manera influye la variable independiente (Incorporación de caucho reciclado en la subrasante) sobre la variable dependiente (Diseño de pavimento flexible), para determinar los efectos que puede ocasionar al diseño del pavimento flexible al incorporar caucho reciclado en porcentajes de 10%, 20% y 30%.

3.2 Variables y operacionalización

La variable independiente del Proyecto de Investigación es la Incorporación de caucho reciclado en la subrasante. Así mismo, Patiño (2017) indicó que el caucho reciclado, conocido también como caucho triturado, proviene de los neumáticos fuera de uso del parque automotor, pasa por un proceso de molienda hasta obtener las partículas de caucho en diferentes dimensiones, las aplicaciones de este material son diversas, y el más importante es que trabaja como un polímero estabilizador en un suelo de baja resistencia a la penetración, propagando de esta manera ventajas ambientales y económicas. Véase en el **Anexo 2**.

La variable dependiente del Proyecto de Investigación es el diseño del pavimento flexible. En consecuencia, Ubidia (2019) expuso que un pavimento flexible está constituido por varias capas, entre ellas se encuentra la capa de subbase, la capa de la base las que generalmente es de material granular y por encima de la base se encuentra una capa con poco espesor que es la carpeta asfáltica. A su vez, la sub rasante es el terreno natural que no forma parte de la estructura, pero si toda la estructura se apoya en ella.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Hernández *et al.* (2014) indicaron que “La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”. (p.174)

En consecuencia, el tamaño de la población es la totalidad de la Avenida. María Parado de Bellido que consta de 1.50Km, ubicado en el Distrito de Comas.

3.3.2. Muestra

Hernández *et al.* (2014) indicó que la muestra es un sub conjunto de casos de una población determinada. En base a ello, la muestra a trabajar viene a ser la misma que la población, la Avenida. María Parado de Bellido que consta de 1.139.34 Km, ubicado en el Distrito de Comas.

3.3.3. Muestreo

La técnica estadística de muestreo empleado es no probabilística. Al respecto, Otzen y Manterola (2017) indicaron que la técnica de muestreo son un conjunto de técnicas estadísticas que estudia la forma de hacer una selección a una muestra representativa, ya sea de manera probabilística o no probabilística, con respecto al muestreo no probabilístico, permite que el investigador seleccione la muestra basada en juicio propio.

3.3.4. Unidad de análisis

Hernández *et al.* (2014) comentó que la unidad de análisis se centra en las personas o elementos que tienen la misma característica y que fueron sujeto de investigación; así mismo, permite dar respuesta a la hipótesis. Por lo tanto, la unidad de análisis es el suelo de la Av. María Parado de Bellido que se obtuvo de la C-1, según el tipo de Carreteras con un IMDA menor o igual a 200 veh/día, se debe realizar 1 calicata por km.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Hernández *et al.* (2014) explicaron que, en una investigación cuantitativa las técnicas de recolección de datos son diversos; por ejemplo, encontramos las encuestas, entrevistas, la observación, análisis documental, etc. Al respecto, la técnica empleada para la recolección de datos es la observación, para ello se observará el comportamiento de la subrasante del suelo de la Av. María Parado de Bellido y posterior a ello se recolectará la muestra para poder ser evaluada en base a los ensayos a realizar con o sin incorporación de caucho.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Hernández *et al.* (2014) precisó que, los instrumentos de recolección de datos es un recurso que registra información de manera digital o física, por ejemplo, los cuestionarios, listas de cotejo, video filmadora, guía de entrevista, guía de observación o ficha de recolección de datos, etc. Por lo tanto, el instrumento empleado para la recolección de datos es las fichas de los ensayos.

Características físicas	Normas aplicables
▪ Contenido de humedad	MTC E-108
▪ Análisis granulométrico por tamizado	MTC E-107
▪ Límites de Atterberg	
-Límite líquido	MTC E-110
-Límite plástico	MTC E-111
-Índice de plasticidad	MTC E-111
Características mecánicas	
▪ Proctor Modificado	MTC E-115
▪ California Bearing Ratio (CBR)	MTC E-132

Figura 245. Ensayos realizados a la C-1

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en un laboratorio privado (Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto “ASCELIS”), de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016. Los resultados de estos ensayos se presentan en el **ANEXO 3 al 13**.

3.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento

A. Validez por juicio de expertos

El instrumento cuenta con una validez por juicio de expertos. Hernández *et al.* (2014) comentaron que, un instrumento debe medir correctamente las variables de estudio, para ello debe ser evaluado por expertos del tema. Por lo tanto, La ficha de los ensayos tiene una validez por juicios de expertos ya que cada uno de los resultados lo avala un Ingeniero Civil, especializado en el rubro de pavimentaciones.

B. Confiabilidad

Hernández *et al.* (2014) indicaron que, la confiabilidad es el grado en el que los instrumentos proporcionan resultados consistentes y coherentes. Al respecto, el instrumento a utilizar (Formatos de ensayos) es confiable ya que el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto “ASCELIS”, cuenta con los certificados de calibración de los equipos a utilizar, dichos certificados de calibración de los equipos nos brindan la seguridad y confianza de los resultados. Por lo cual se adjunta las calibraciones en el **ANEXO 14 al 18**.

3.5 Procedimientos

El Proyecto de Investigación titulado “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020” consta de un procedimiento consecutivo.

Como primer paso se realizó la compra del caucho triturado de 2.5mm de la empresa “Nort Sul S.R.L” una cantidad de 50kg, cada kg consta de 1 Nuevo sol.



Figura 247. Empresa Nort Sul S.R.L



Figura 246. Partículas de caucho triturado de 2.5mm

Como segundo paso, se ubicó la muestra de tal manera que se encuentre dentro de la Zona II y la Zona III del distrito de Comas, para ello se recurrió al informe de Microzonificación sísmica del distrito de Comas, realizado por la Universidad Nacional de Ingeniería y el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de desastres, de esa manera ubicamos a la Avenida María Parado de Bellido, se encuentra en la Zona II, el tipo de suelo para esa Zona es granular finos y suelos arcillosos, de compacidad media.



Figura 250. Ubicación de la muestra

Fuente: Google Earth Pro

Seguidamente después de ubicar la muestra, se procedió a realizar la C-1 manualmente, a una profundidad de 1.50m a nivel del suelo, con fines de realizar un estudio de suelos al suelo patrón y al suelo con tres porcentajes diferentes de caucho triturado (10%, 20% y 30%).



Figura 252. C-1 de 1.50m de profundidad



Figura 253. Trazo para la C-1

Después de realizar la extracción del suelo de la C-1, se procedió a llevar la muestra al Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto “ASCELIS” para realizar los ensayos correspondientes y determinar la capacidad de resistencia a la penetración (CBR) de la Subrasante del suelo patrón y del suelo con porcentajes de partículas de caucho de 2.5mm en un 10%, 20% y 30%.

Ensayos realizados a la muestra patrón

- Análisis Granulométrico (ASTM D-422)
- Clasificación SUCS (ASTM D-2487)
- Clasificación AASHTO (ASTM D-3287)
- Contenido de Humedad (ASTM D-2216)
- Límites de Atterberg (ASTM D-4318)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557)
- California Bearing Ratio (ASTM D-1883) Ensayos realizados a la muestra con partículas de caucho de 2.5mm en un 10%:
- Proctor Modificado.
- California Bearing Ratio (CBR).

Ensayos realizados a la muestra con partículas de caucho de 2.5mm en un 20%:

- Proctor Modificado.
- California Bearing Ratio (CBR).

Ensayos realizados a la muestra con partículas de caucho de 2.5mm en un 30%:

- Proctor Modificado.
- California Bearing Ratio (CBR).

Como penúltimo y último paso a realizar es el procesamiento de datos de los ensayos realizados y obtención de los resultados.

IV. RESULTADOS

4.1. Ubicación del proyecto

La vía de estudio se encuentra ubicada en la Av. María Parado de Bellido en el departamento Lima, Provincia Lima y Distrito de Comas; por el Norte limita con el distrito de Carabayllo, por el Noroeste con el distrito de Puente Piedra, por el Sudeste con el distrito de Los Olivos, por el Sur con el distrito de Independencia y por el Este con el distrito de San Juan de Lurigancho.

La zona se encuentra localizada entre las progresivas Km.00+000km hasta el Km. 1+129.34



Figura 254. Ubicación del proyecto

Fuente: Google Earth Pro

4.2. Ensayos realizados a la muestra del suelo patrón

4.2.1. Análisis Granulométrico

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos del ensayo análisis granulométrico por tamizado, se puede observar con los siguientes datos que el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz N° 200 es 83.13% lo que representa que es un suelo de grano fino.

Tabla 2. Resumen del resultado del ensayo Análisis Granulométrico (muestra patrón)

TAMIZ	MTC E204 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
4"	101.600	-	-	-	100.00
3"	76.200	-	-	-	100.00
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00
2"	50.800	-	-	-	100.00
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00
1"	25.400	-	-	-	100.00
3/4"	19.050	-	-	-	100.00
1/2"	12.500	-	-	-	100.00
3/8"	9.500	-	-	-	100.00
1/4"	6.350	-	-	-	100.00
N° 4	4.750	-	-	-	100.00
N°8	2.360	-	-	-	-
N°10	2.000	6.0	1.50	1.50	98.50
N°16	1.190	-	-	-	-
N°20	0.840	6.0	1.50	3.00	97.00
N°30	0.600	4.5	1.13	4.13	95.88
N° 40	0.425	6.0	1.50	5.63	94.38
N°50	0.297	-	-	-	-
N°60	0.250	11.0	2.75	8.38	91.63
N°80	0.177	-	-	-	-
N°100	0.150	15.0	3.75	12.13	87.88
N°140	0.106	-	-	-	-
N°200	0.075	19.0	4.75	16.88	83.13
< N° 200	FONDO	332.5	83.13	100.00	0.00

Peso inicial seco: 4000gr

Tabla 3. Clasificación SUCS y AASHTO (muestra patrón)

CLASIFICACIÓN SUCS:	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO:	A-6(13)
Arcilla de baja plasticidad	

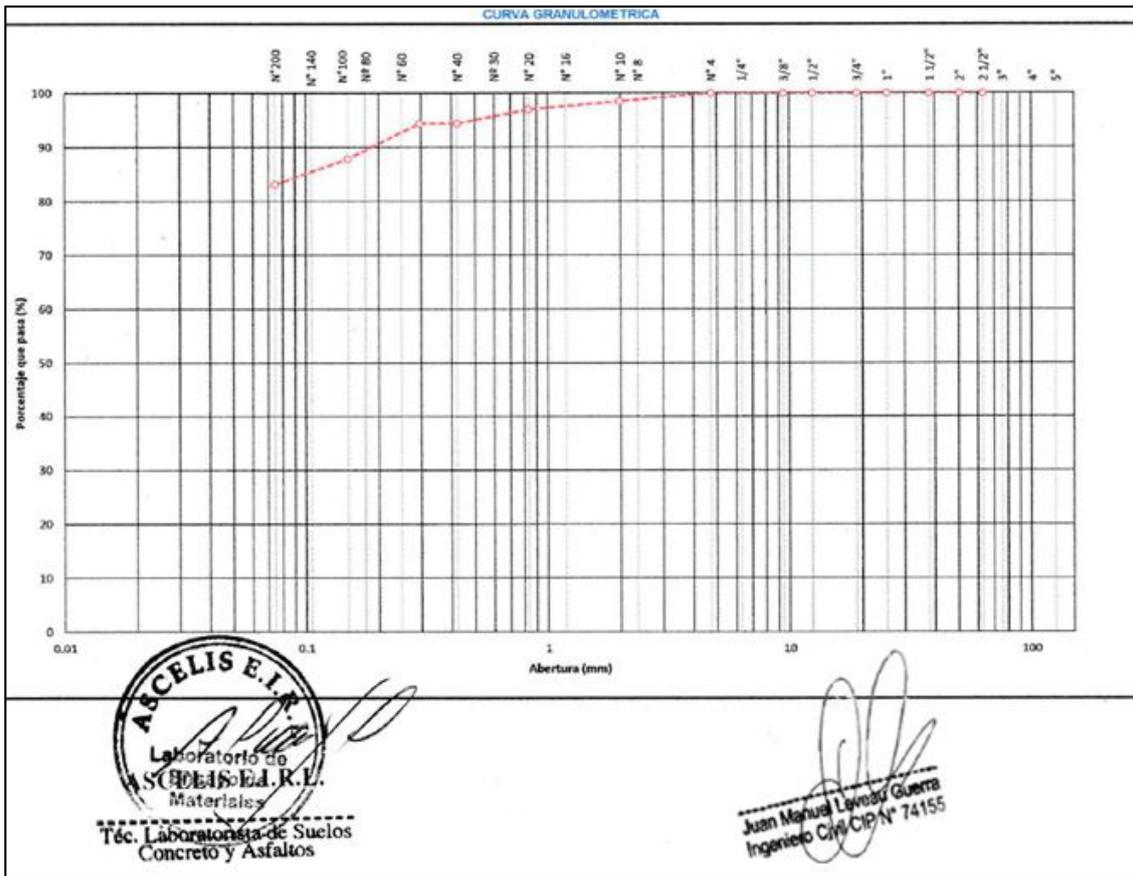


Figura 257. Análisis Granulométrico (muestra patrón)

4.2.2. Contenido de humedad

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos del ensayo contenido de humedad de la muestra patrón.

Tabla 4. Resumen del resultado del ensayo de Contenido de Humedad (muestra patrón)

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	W% PROMEDIO
C-1	0.40-1.50	29.3

4.2.3. Límites de Atterberg

En la tabla 5 y figura 23 y 24 se observa los resultados de los ensayos correspondientes a límite líquido (L.L.), límite plástico (L.P.) e índice de plasticidad (I.P.); se puede percibir que el L.L. es de 28.3 encontrándose dentro de la clasificación de arcillas y limos de baja plasticidad y su I.P. de 12.9, lo cual indica que el suelo se encuentra dentro de la clasificación de arcillas de baja plasticidad.

Tabla 5. Resumen del resultado del ensayo Límites de Atterberg (muestra patrón)

CALICATA	MUESTRA	LL	LP	IP
C-1	M-Patrón	38.3	25.4	12.9

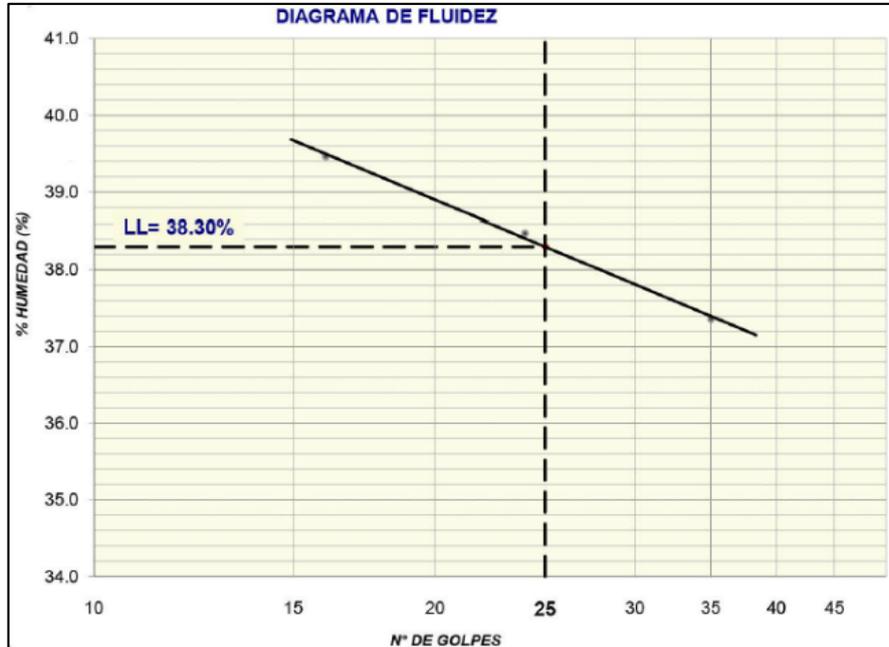


Figura 260. Diagrama .Anexo 1311. Certificado de calibración de la

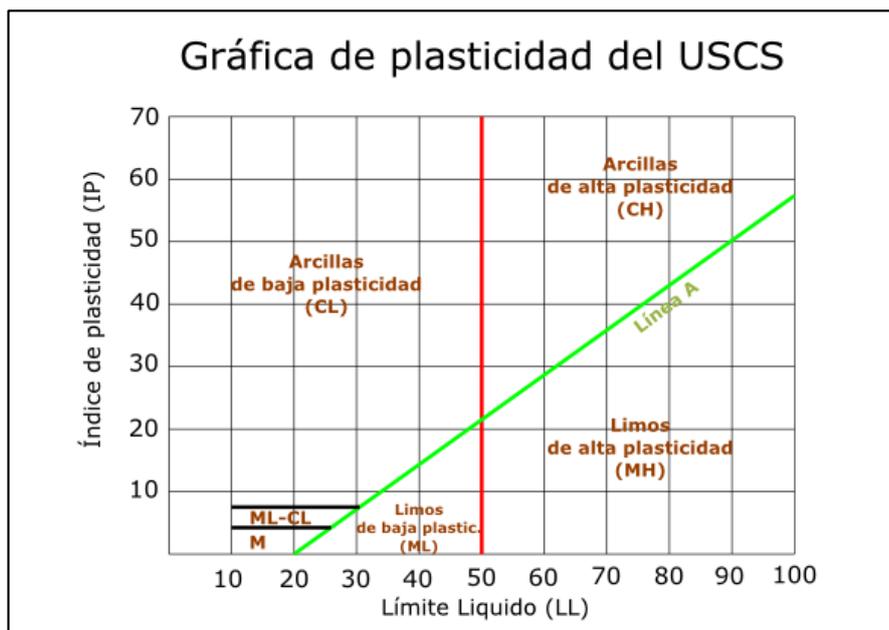


Figura ¡Error! Marcador no definido.. Gráfica de plasticidad del

4.2.4. Proctor Modificado

El método empleado para el ensayo de Proctor modificado es el A, debido a que en el tamiz N° 4 el material retenido es menor al 20%; así mismo, se determinó

la relación del contenido de agua y el peso unitario de la muestra patrón, para que de esa manera se pueda obtener la curva de compactación con el fin de determinar la M.D.S. y el O.C.H.

En la tabla 6 y la figura 25 se presenta el resumen de los resultados del ensayo de Proctor modificado de la muestra patrón.

Tabla 6. Resumen del resultado del ensayo Proctor Modificado (muestra patrón)

CALICATA	MUESTRA	M.D.S.	O.C.H.
C-1	M-Patrón	1.812 gr/cm ³	13.9%

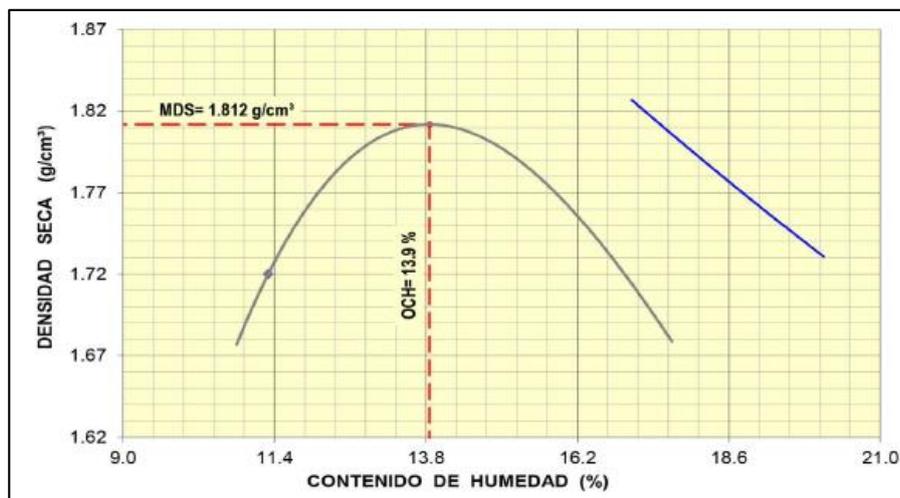


Figura 263. Curva densidad seca vs contenido de humedad (muestra patrón)

4.2.5. California Bearing Ratio (C.B.R.)

En la tabla 7 y la figura 26 se observan los resultados obtenidos del ensayo de CBR de la muestra patrón, se concluye que el CBR al 100% de la M.D.S y a 2.54mm (0.1") de penetración tiene un valor de 7.1%, por lo cual se determina que el suelo de la subrasante es regular.

Tabla 7. Resumen del resultado del ensayo CBR (muestra patrón)

C.B.R al 100% de la M.D.S	2.54mm (0.1")	7.1	5.08mm (0.2")	8.2
C.B.R al 95% de la M.D.S	2.54mm (0.1")	4.5	5.08mm (0.2")	5.2

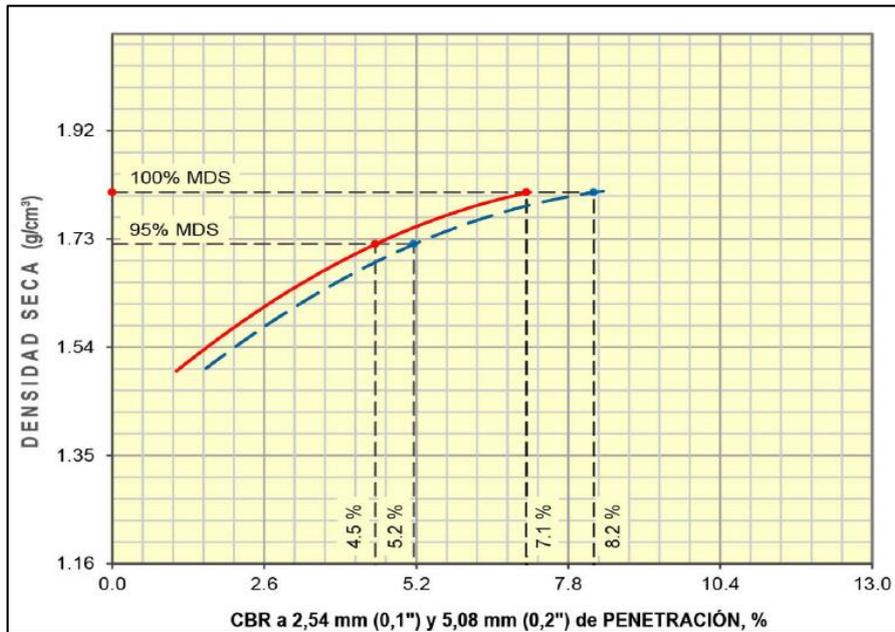


Figura 264. Curva densidad seca vs CBR (muestra patrón)

4.3. Ensayos realizados a la muestra del suelo con el 10%, 20% y 30% de partículas de caucho reciclado.

4.3.1. Proctor Modificado

El método empleado para el ensayo de Proctor modificado es el A, debido a que en el tamiz N° 4 el material retenido es menor al 20%; así mismo, se determinó la MDS y el OCH realizado a las muestras de suelo con el 10%, 20% y con el 30% de partículas de caucho.

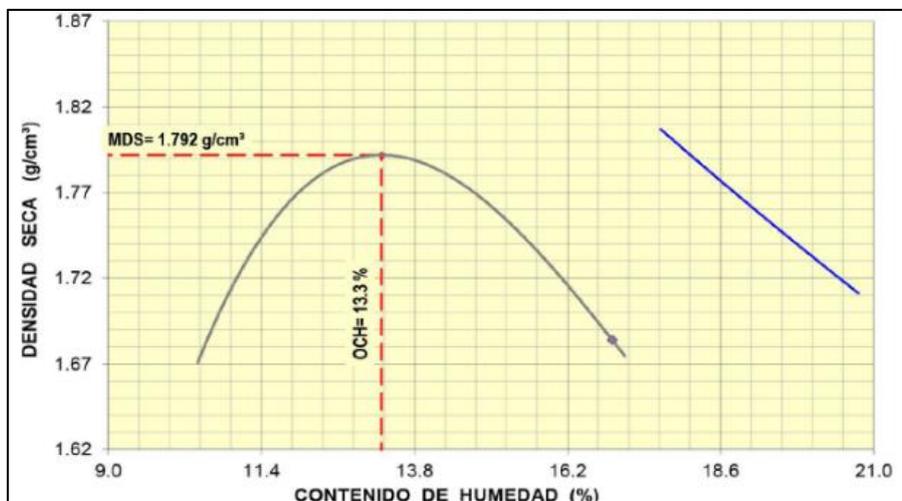


Figura 265. Curva densidad seca vs contenido de humedad (muestra de suelo con 10% de caucho)

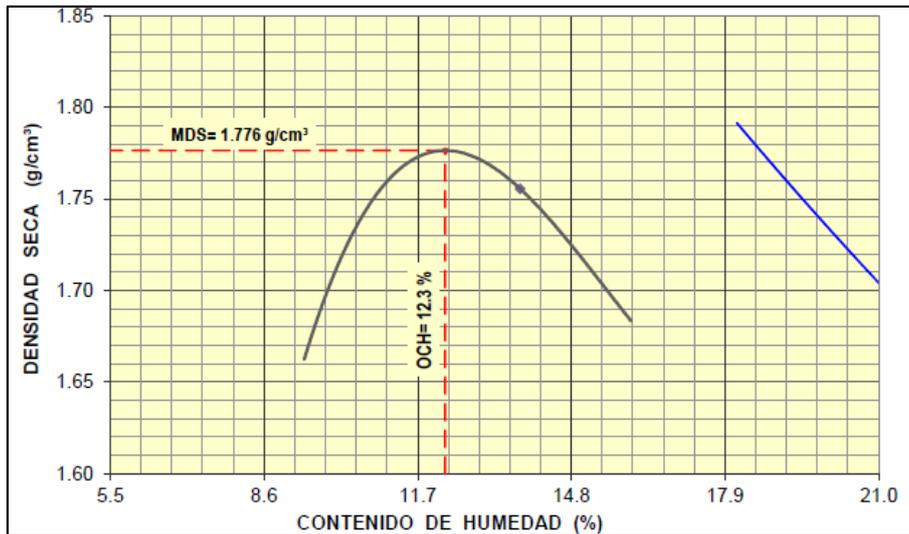


Figura 266. Curva densidad seca vs contenido de humedad (muestra de suelo con 20% de caucho)

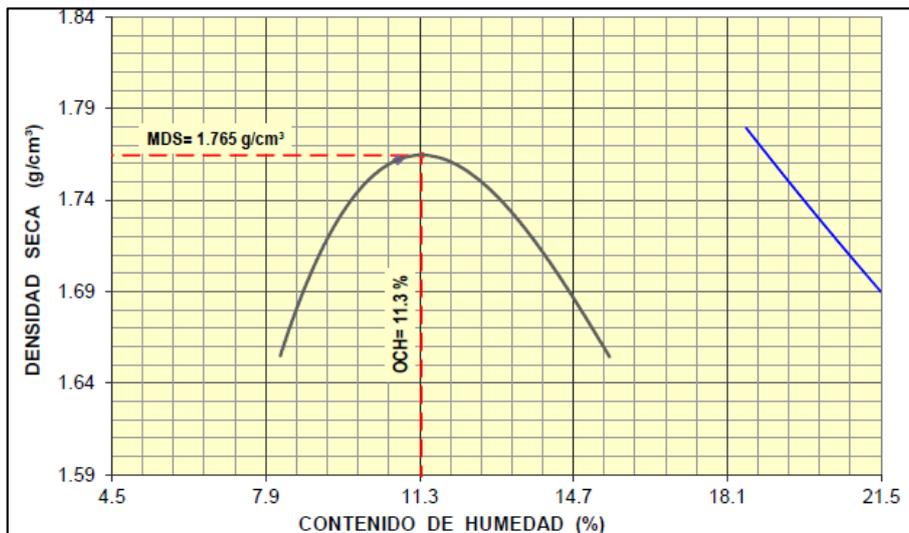


Figura 269. Curva densidad seca vs contenido de humedad (muestra de suelo con 30% de caucho)

En la tabla 8 y la figura 30 y 31 se presentan el resumen de los resultados del ensayo de Proctor modificado de la muestra con 10%, 20% y 30% de partículas de caucho.

Tabla 8. Resumen del resultado del ensayo Proctor Modificado (muestra de suelo con 10%, 20% y 30% de caucho)

CALICATA	% DE CAUCHO	M.D.S	O.C.H
C-1	10%	1.792 gr/cm ³	13.3%
	20%	1.776 gr/cm ³	12.3%
	30%	1.765 gr/cm ³	11.3%

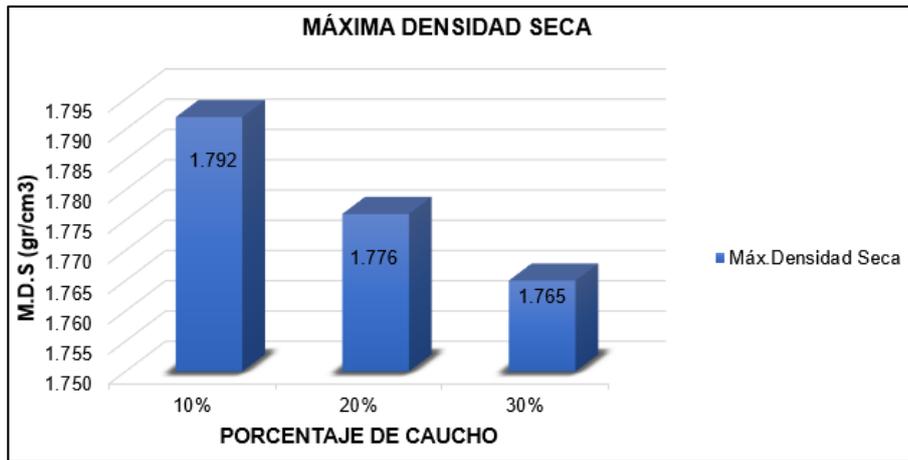


Figura 270. Máxima densidad seca (muestra de suelo con 10%, 20% y 30% de caucho)

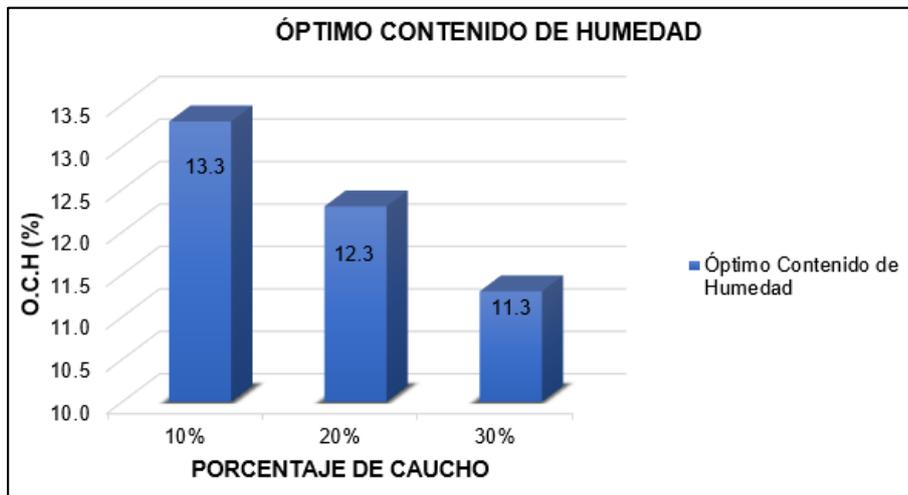


Figura 31. Óptimo contenido de humedad (muestra de suelo con 10%, 20% y 30% de caucho)

4.3.2. California Bearing Ratio (C.B.R.)

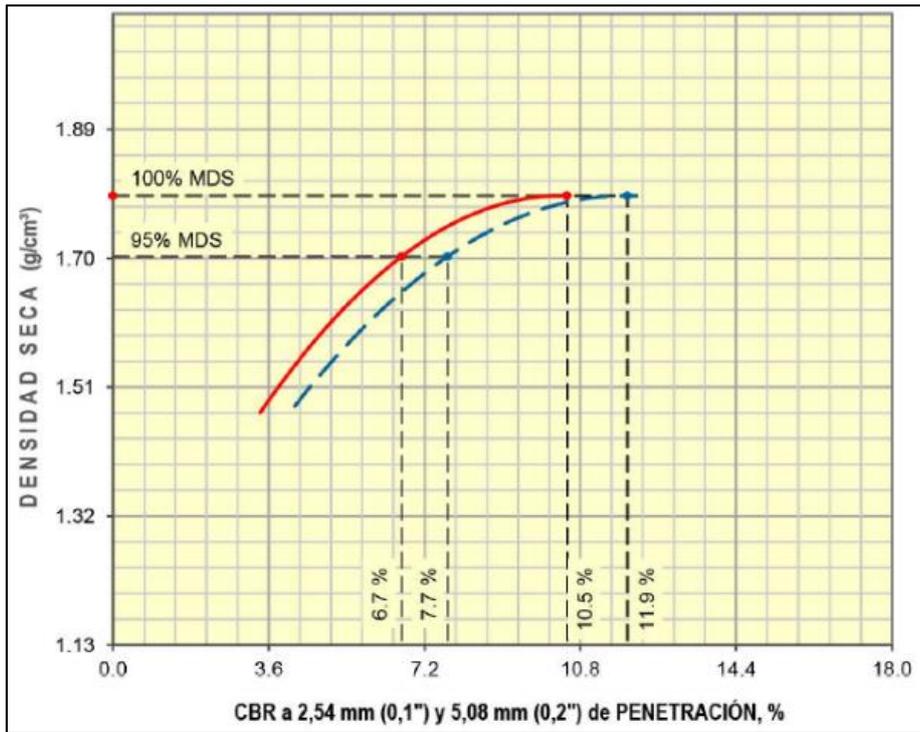


Figura 271. Curva de densidad seca vs CBR (muestra de suelo con 10% de caucho)

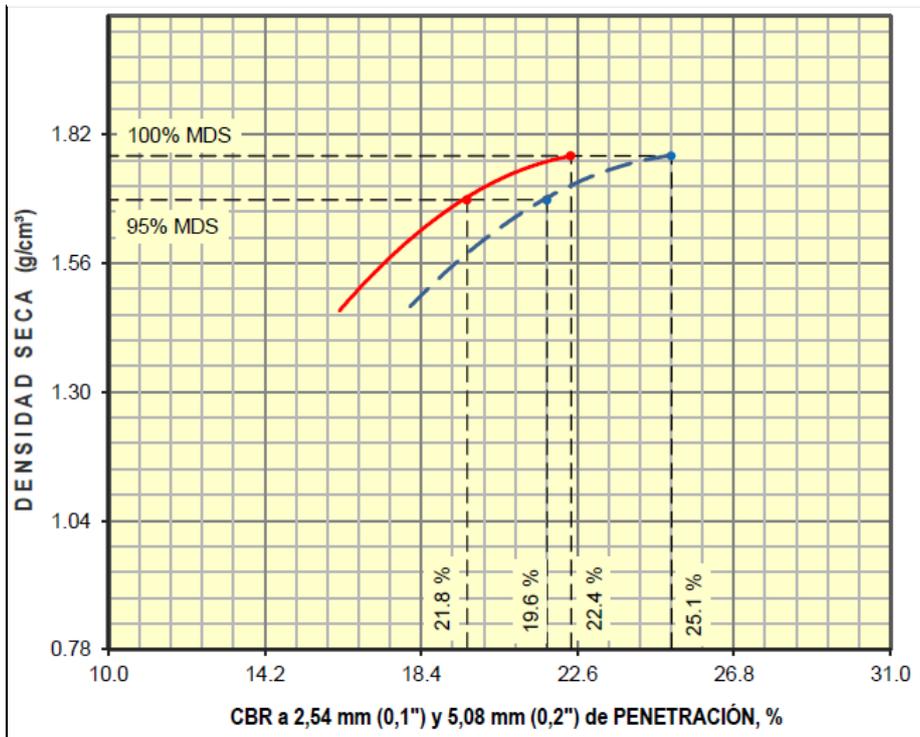


Figura 274. Curva de densidad seca vs CBR (muestra de suelo con 20% de caucho)

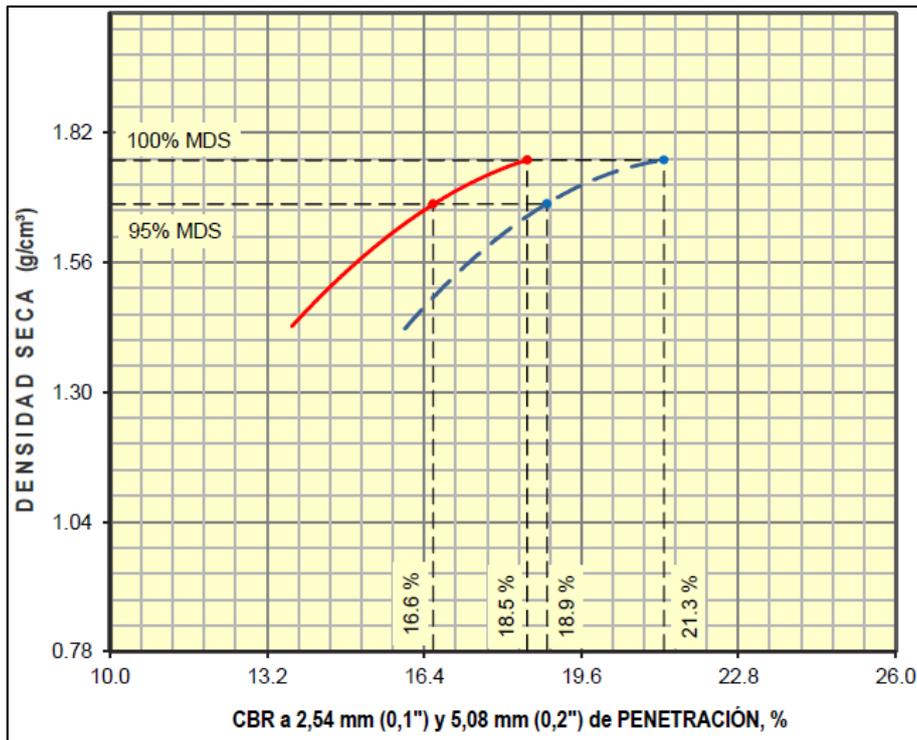


Figura 277. Curva de densidad seca vs CBR (muestra de suelo con 30% de caucho)

En la tabla 9 y en la figura 35 se observan los resultados obtenidos del ensayo de CBR de la muestra del suelo con 10%, 20% y 30% de partículas de caucho, se obtuvo los valores al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S. a 2.54mm (0.1") y 5.08mm (0.2") de penetración.

Tabla 9. Resumen del resultado del ensayo CBR (muestra de suelo con 10%, 20% y 30% de caucho)

PORCENTAJE	2.54mm (0.1")		5.08mm (0.2")	
	CBR al 100% de la M.D.S.	CBR al 95% de la M.D.S.	CBR al 100% de la M.D.S.	CBR al 95% de la M.D.S.
10%	10.5%	6.7%	11.9%	7.7%
20%	22.4%	19.6%	25.1%	21.8%
30%	18.5%	16.6%	21.3%	18.9%

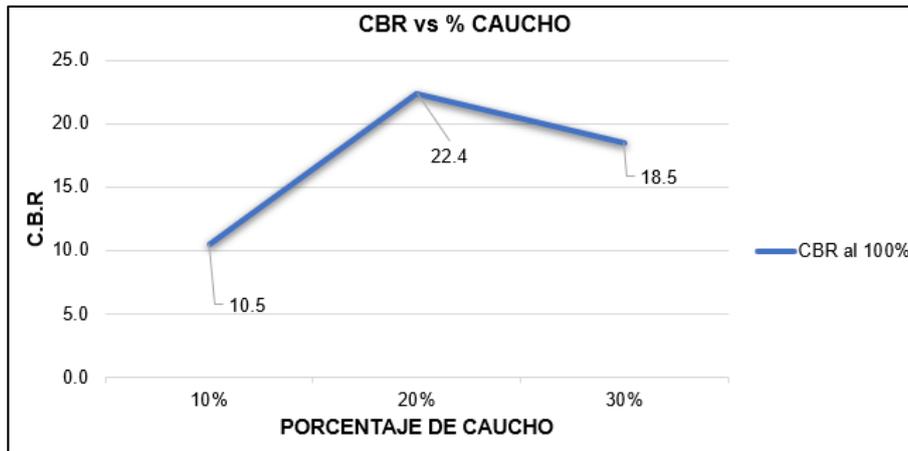


Figura 280. CBR vs % de caucho

En la figura 35 se observa que con un 10% de caucho en el suelo de la subrasante se obtiene un CBR de 10.5%, con el 20% de caucho se aprecia un crecimiento de la curva hasta llegar al 22.4% de CBR, y con el 30% de caucho se observa que la curva decrece a 18.5%. Se concluye que el porcentaje recomendado de caucho en la subrasante del suelo es de 20%; sin embargo, se realizará el diseño del pavimento flexible con los resultados obtenidos para confirmar cuál de los 3 porcentajes es el óptimo para emplear en la Av. María Parado de Bellido.

4.4. Diseño del pavimento flexible (muestra patrón)

4.4.1. Parámetros de diseño

Paso 1: Estudio de tráfico

Para llevar a cabo el estudio de tránsito se procedió a realizar el conteo vehicular desde el día Miércoles 16 de Setiembre hasta el día Martes 29 de Setiembre, de 8:00am hasta las 8:00pm. El conteo se llevó a cabo en el punto medio (0+000km-0+0.75km) de la Av. María Parado de Bellido.

CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL)

TIPO DE VEHICULOS	IMDA 2024	CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 8.2 T _n)	F.IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS.	80	1	0.000527017	0.04
B2	0	7	1.265366749	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
B3	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
C2	17	7	1.265366749	20.92
	17	10	2.211793566	36.57
C3	10	7	1.265366749	13.10
	10	16	1.260585019	13.05
C4	13	7	1.265366749	17.01
	13	21	1.057720453	14.22
T2S1	8	7	1.265366749	9.89
	8	10	2.211793566	17.28
	8	10	2.211793566	17.28
T2S2	11	7	1.265366749	14.02
	11	10	2.211793566	24.51
	11	16	1.260585019	13.97
T2S3	8	7	1.265366749	10.35
	8	10	2.211793566	18.08
	8	23	1.232418575	10.08
3S1	4	7	1.265366749	4.60
	4	16	1.260585019	4.58
	4	10	2.211793566	8.04
3S2	13	7	1.265366749	15.86
	13	16	1.260585019	15.80
	13	16	1.260585019	15.80
3S3	11	7	1.265366749	14.25
	11	16	1.260585019	14.20
	11	23	1.232418575	13.88
2T2	6	7	1.265366749	7.36
	6	10	2.211793566	12.86
	6	10	2.211793566	12.86
	6	10	2.211793566	12.86
2T3	5	7	1.265366749	6.44
	5	10	2.211793566	11.25
	5	10	2.211793566	11.25
	5	16	1.260585019	6.41
3T2	3	7	1.265366749	3.68
	3	16	1.260585019	3.66
	3	10	2.211793566	6.43
	3	10	2.211793566	6.43
3T3	4	7	1.265366749	5.29
	4	16	1.260585019	5.27
	4	10	2.211793566	9.24
	4	16	1.260585019	5.27
		Σ	f.IMDA	484.01023

Figura 281. Cálculo del f.IMDA

Numero de Calzadas	Numero de Sentidos	Número de carriles por Sentido	Factor Direccional (fd)	Factor Carril (fc)	Factor Ponderado fd x fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDA total de la Calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central. (para IMDA total de las dos Calzadas)	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentido	4	0.50	0.50	0.25

Figura 284. Factores de distribución direccional y de carril

FUENTE: Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC, 2014

$$ESAL = (F \cdot IMDA) \times 365 \times F_d \times F_c \times \left(\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)$$

DIAS DEL AÑO	365
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	0.50
FACTOR CARRIL (Fc)	1.00
Tasa de crecimiento anual (r %)	3
Período de diseño (n°)	20

$$ESAL = 484.01023 \times 365 \times 0.50 \times 1.00 \times \left(\frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03} \right)$$

$$ESAL = 2,373,510.198$$

Figura 285. Cálculo y determinación de Esal

Paso 2: Determinación de parámetros de confiabilidad (R%)

Se consideró que los EE acumulados (ESAL) es de 2,373,510.198 de acuerdo al estudio de tráfico. Se obtuvo el Nivel de Confiabilidad (R%) con un valor de 85%.

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R%)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10,000,000	90%
	TP10	10,000,001	12,000,000	90%
	TP11	12,500,001	15,000,000	90%
	TP12	15,000,001	20,000,000	95%
	TP13	20,000,001	25,000,000	95%
	TP14	25,000,001	30,000,000	95%
	TP15		>30,000,000	95%

Paso 3: Determinación de la Desviación Estándar Normal (Z_R)

Se obtuvo la Desviación Estándar Normal (Z_R) con un valor de -1.036.

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z _R)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-0.842

Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001	10,000,000	-1.282
	TP10	10,000,001	12,000,000	-1.282
	TP11	12,500,001	15,000,000	-1.282
	TP12	15,000,001	20,000,000	-1.645
	TP13	20,000,001	25,000,000	-1.645
	TP14	25,000,001	30,000,000	-1.645
	TP15	>30,000,000		-1.645

Paso 4: Determinación de la Desviación Estándar Combinada (S_0)

Como el Proyecto es una construcción nueva, ya que no se encuentra pavimentada, se considera un S_0 de 0.45.

PROYECTO DE PAVIMENTO	S_0	
	FLEXIBLE	RÍGIDO
	0.40-0.50	0.30-0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Paso 5: Determinación del Índice de Servicio (ΔPSI)

Para determinar el Índice de Servicio se realizó la diferencia del Índice de Servicio Inicial y el Índice de Servicio Final

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000	150,000	3.80
	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10,000,000	4.00
	TP10	10,000,001	12,000,000	4.00
	TP11	12,500,001	15,000,000	4.00
	TP12	15,000,001	20,000,000	4.20
	TP13	20,000,001	25,000,000	4.20
	TP14	25,000,001	30,000,000	4.20
	TP15	>30,000,000		4.20

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000	150,000	2.00
	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750,001	1,000,000	2.00
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10,000,000	2.50
	TP10	10,000,001	12,000,000	2.50
	TP11	12,500,001	15,000,000	2.50
	TP12	15,000,001	20,000,000	3.00
	TP13	20,000,001	25,000,000	3.00
	TP14	25,000,001	30,000,000	3.00
	TP15	>30,000,000		3.00

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

$$\Delta PSI = 4 - 2.50$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

Paso 6: Determinación del Módulo de Resiliencia (MR) de la Subrasante

En base a los resultados del CBR con un 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de 7.1%

Se aplicó la siguiente fórmula para materiales de Subrasante con un CBR igual o menor a 7.2%:

$$MR = 1500 \times CBR$$

$$MR = 1500 \times 7.1$$

$$MR = 10,650 \text{ psi}$$

Paso 7: Determinación del Módulo de Resiliencia (MR) de la subbase

Se consideró un CBR de 40% en la Subbase de acuerdo a lo establecido por el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), mencionó que para todo tipo de tráfico se debe considerar como mínimo un 40% de CBR. Como resultado se obtuvo un $M_R = 17,000 \text{ psi}$ y $a_3 = 0.120$

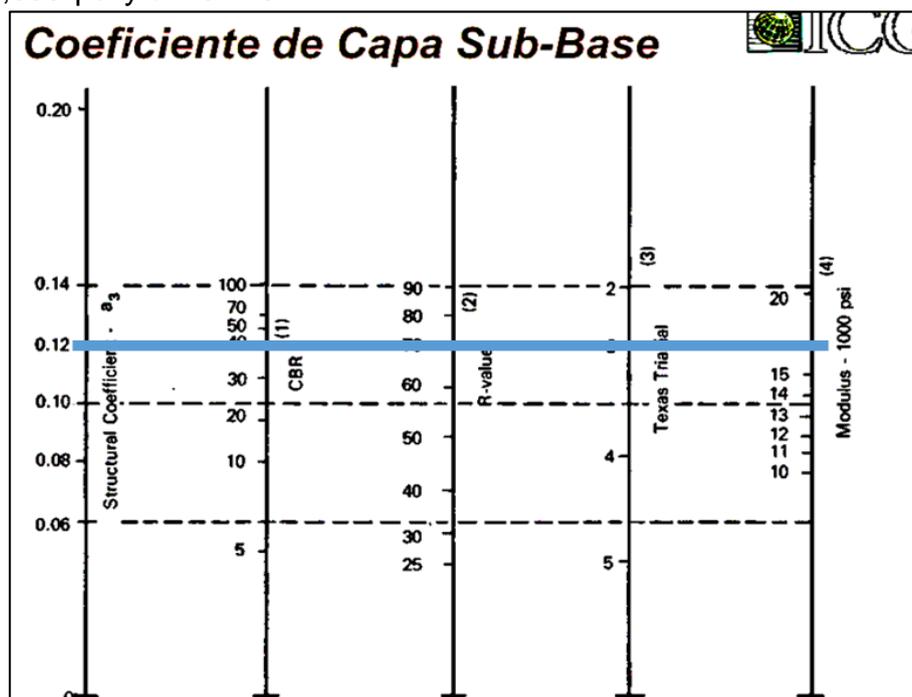


Figura ¡Error! Marcador no definido.. Ábaco para determinar el módulo de Resiliencia y el coeficiente estructural de la subbase

Paso 8: Determinación del Módulo de Resilencia (MR) de la base

Se consideró un CBR de 80% en la base de acuerdo a lo establecido por el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), mencionó que para un tráfico $\leq 10'000,000$ EE se debe considerar como mínimo un 80% de CBR.

Como resultado se obtuvo un $M_R = 28,500$ psi y $a_2 = 0.133$

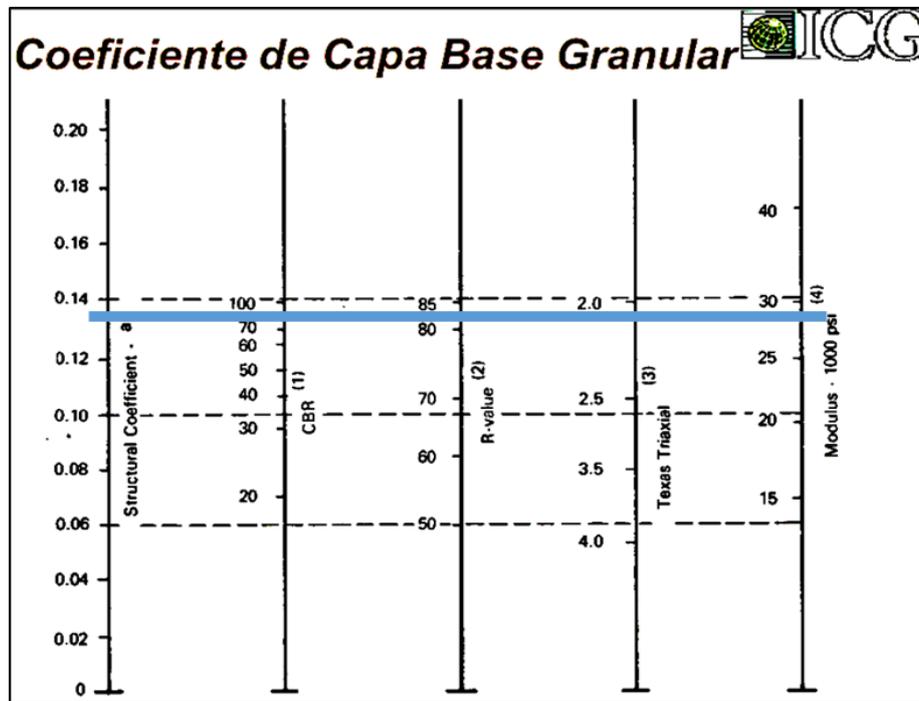


Figura 286. Ábaco para deteAnexo 1398. Ensayo de Proctor Modificado (suelo con 30% de caucho)

Paso 9: Determinación del Módulo de Resilencia (MR) de la capa asfáltica

Para ello se consideró la Frecuencia de Carga y la Temperatura efectiva de la capa asfáltica mediante las siguientes fórmulas:

$$f = \frac{v}{2\pi}$$

Figura 291. Ecuación de la frecuencia de carga

Dónde:

f : Frecuencia de carga

v : Velocidad media de circulación de vehículos pesados (Km/h)

Según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, se considera a una “Carretera de tercera clase” a los que cumplan con IMDA menores a 400 veh/día. Así mismo, para una carretera de tercera clase y con una orografía plana se le considera entre 40-100Km/h.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Figura 293. Rangos de velocidad de diseño según el tipo de carretera

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018

Carretera de Tercera Clase	193 Veh/día
Velocidad de diseño (v)	60Km/h

$$f = \frac{v}{2\pi} \quad \longrightarrow \quad f = \frac{60}{2\pi} \quad \longrightarrow \quad f = 9.55\text{Hz} \approx 10\text{Hz}$$

$$Ts = (-0.0093 \times Ta^2 + 1.569 \times Ta - 1.578)(-0.084 \times \ln(hs) + 1.55)$$

Figura 295. Ecuación de la temperatura efectiva Anexo 1436. Certificado de calibración de la prensa CBR

Dónde:

Ts: Temperatura efectiva de la capa asfáltica

Ta: Temperatura media del aire, °C

hs: Espesor de la capa asfáltica, mm

4.4.2. Estudio pluviométrico

Temperatura media del aire anual (°C)

De acuerdo a la información brindada por SENAMHI, se conoce las temperaturas mensuales y anuales en la zona de estudio. Para ello, se obtuvo la información de la estación Huarangal, en el Distrito de Ancón, siendo la más cercana al estudio. Se obtuvo registro de la temperatura máxima y mínima (°C) desde el año 1991-2011, con un periodo de retorno de 20 años.

La temperatura máxima y mínima promedio desde el año 1991-2011 es de 20.35 °C, valor que tomaremos como referencia para los cálculos a considerar.

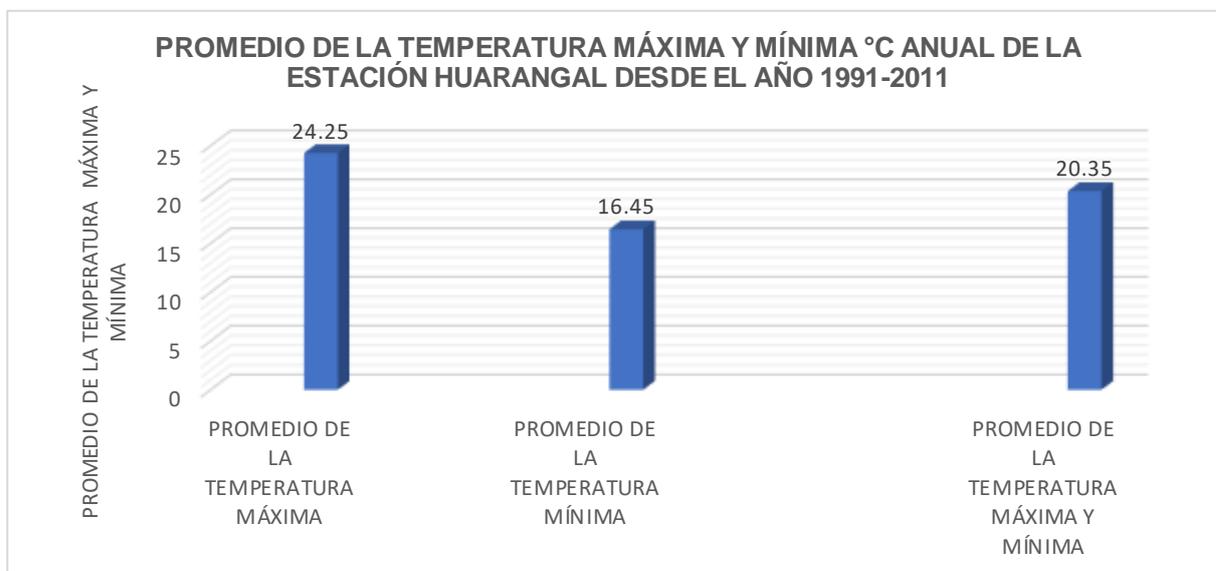


Figura 297. Promedio de la temperatura máxima y mínima (°C) anual de la Estación Huarangal desde el año 1991-2011

$$T_a = 20.35 \text{ °C}$$

$$ESAL = 2,373,510.198$$

W18	ESPEORES MÍNIMOS EN PULGADAS	
	Capa asfáltica	Base granular
<50,000	-	4.0
50,000 – 150,000	2.0	4.0
150,000 – 500,000	2.5	4.0
50,000-2,000,000	3.0	6.0
2,000,000-7,000,000	3.5	6.0
>7,000,000	4.0	6.0

Fuente: Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)

$$hs = 3.50 \text{ pulg} \quad \longrightarrow \quad hs = 88.90 \text{ mm}$$

$$Ts = (-0.0093 \times (20.35 \text{ }^\circ\text{C})^2 + 1.569 \times (20.35 \text{ }^\circ\text{C}) - 1.578)(-0.084 \times \ln(88.90) + 1.55)$$

$$Ts = 31.09 \text{ }^\circ\text{C} \quad \longrightarrow \quad Ts = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

Se ubica la curva de Frecuencia de carga (f) que es igual a 10Hz, después se ubica la Temperatura efectiva de la capa asfáltica (Ts) que es igual a 31 °C, se realiza una perpendicular desde el valor de Ts hasta llegar a f, por último, se traza una línea a la izquierda.

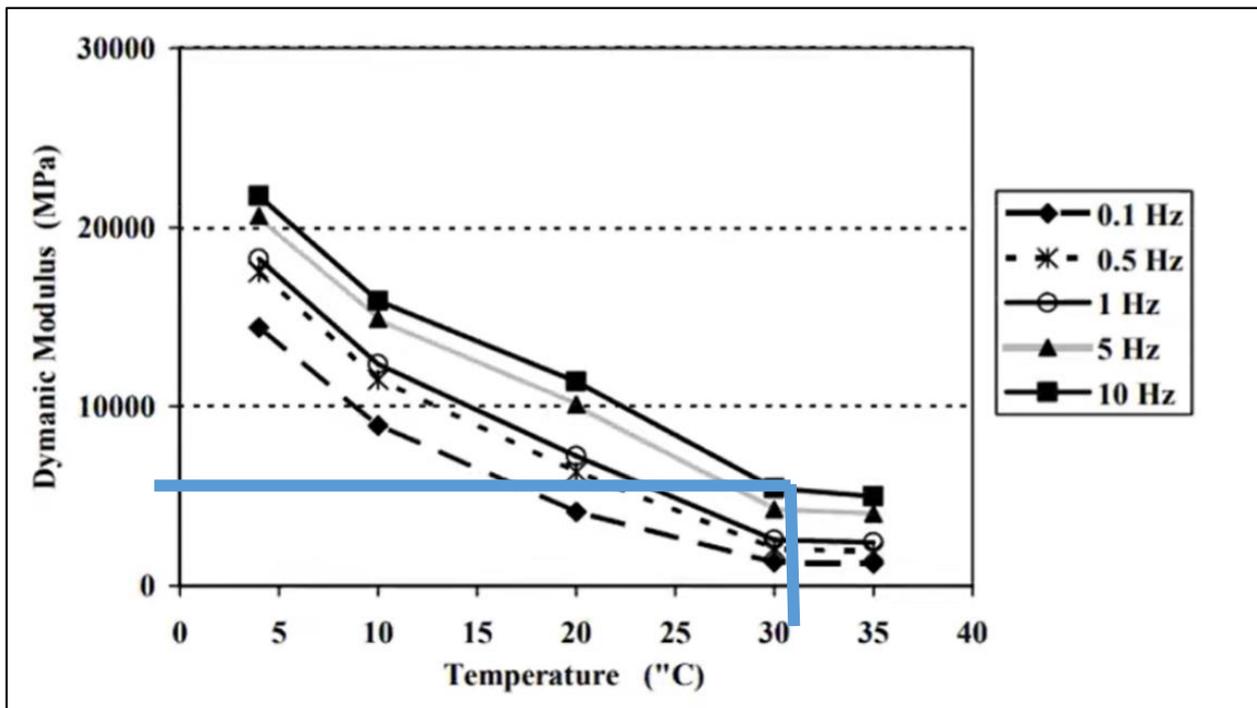


Figura 300. Ábaco para determinar el MR de la carpeta asfáltica

$$Mr = 5,500 \text{ MPa} \quad \longrightarrow \quad Mr = 797,707.6 \text{ psi}$$

$$a1 = 0.184 \times \ln(Mr) - 1.9547$$

$$a1 = 0.184 \times \ln(797,707.6) - 1.9547$$

$$a1 = 0.546$$

Paso 10: Cálculo del coeficiente de drenaje

$$\% \text{días de lluvia} = \frac{120}{365} \quad \longrightarrow \quad \% \text{días de lluvia} = 33\%$$

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1-5%	5-25%	Mas 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
Pobre	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

Figura 301. Cálculo del coeficiente de drenaje

Fuente: Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

Por lo tanto, la capa de la base y subbase serán las siguientes:

$$m2 \text{ y } m3 = 0.8$$

Dónde:

m2: coeficiente de drenaje de la Base.

m3: Coeficiente de drenaje de la Subbase.

Paso 11: Cálculo del número estructural (SN1) requerido para la “Capa Asfáltica”

$$\log (W18) = Zr \times S0 + 9.36 \times \log(SNi + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SNi+1)^{5.19}}\right)} \right) + 2Anexo 1438. \text{ Resumen del IMDA}$$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Zr = -1.036$$

$$So = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr(base) = 28,500psi$$

$$a1 = 0.546$$

$$\log (2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN1 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN1+1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(28500) - 8.07$$

$$SN1 = 2.32 \quad (SN1 \text{ POR FÓRMULA})$$

Paso 12: Cálculo del espesor de la capa asfáltica

$$h1 = \frac{SN1}{a1} \quad \longrightarrow \quad h1 = \frac{2.32}{0.546} \quad \longrightarrow \quad h1 = 4.25 \approx 4" \approx 10.16cm$$

$$SN * 1 = a1 \times h1 \quad \longrightarrow \quad SN * 1 = 0.546 \times 4 \quad \longrightarrow \quad SN * 1 = 2.18$$

Paso 13: Cálculo del número estructural requerido de la “Base Granular”

$\log(W18) = Z_r \times S_{\text{Anexo 1451. Temperatura máxima anual promedio (°C)}}$
 $\text{Anexo 1452. Temperatura mínima anual promedio (°C)}$
 $\text{Anexo 1453. Temperatura máxima anual promedio (°C)}$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Z_r = -1.036$$

$$S_o = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr(\text{subbase}) = 17,000 \text{ psi}$$

$$a_2 = 0.133$$

$$m_2 = 0.80$$

$$\log(2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(\text{Anexo 1484. Precipitación mensual y anual promedio (mm)})$$

$$SN_2 = 2.849 \quad (\text{SN}_2 \text{ POR FÓRMULA})$$

Paso 14: Cálculo del espesor de la base granular

$$h_2 = \frac{SN_2 - SN_{*1}}{a_2 \times m_2} \quad \Rightarrow \quad h_2 = \frac{2.849 - 2.18}{0.133 \times 0.80} \quad \Rightarrow \quad h_2 = 6.29 \approx 6" \approx 15.24 \text{ cm}$$

$$SN_{*2} = a_2 \times h_2 \times m_2 \times SN_{*1} \quad \Rightarrow \quad SN_{*2} = 0.133 \times 6 \times 0.80 \times 2.18 \quad \Rightarrow \quad SN_{*2} = 1.39$$

Paso 15: Cálculo del número estructural requerido de la “Subbase Granular”

$$\log(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \text{ Anexo 1497. C conteo vehicular}$$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Zr = -1.036$$

$$So = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr(\text{subrasante}) = 10,650 \text{ psi}$$

$$a3 = 0.12$$

$$\log(2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN3 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN3 + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(10650) - 8.07$$

$$SN3 = 3.439 \quad (\text{SN3 POR FÓRMULA})$$

Paso 16: Cálculo del espesor de la subbase granular

$$h3 = \frac{SN3 - SN * 2}{a3 \times m3} \quad \rightarrow \quad h3 = \frac{3.44 - 1.39}{0.12 \times 0.80} \quad \rightarrow \quad h3 = \text{Anexo 1510. Certificado de calibración de 600g}$$

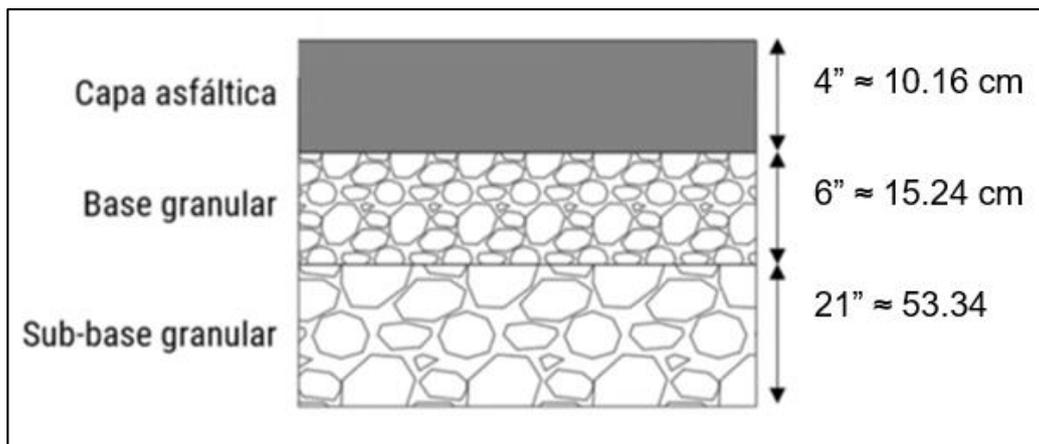


Figura 303. Dimensiones de las capas del pavimento flexible (muestra patrón)

4.5. Diseño del pavimento flexible (10% DE CAUCHO)

4.5.1. Parámetros de diseño

Paso 1: Estudio de tráfico

$$ESAL = (F \cdot IMDA) \times 365 \times F_d \times F_c \times \left(\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)$$

DIAS DEL AÑO	365
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	0.50
FACTOR CARRIL (Fc)	1.00
Tasa de crecimiento anual (r %)	3
Período de diseño (n°)	20

ESAL = 4 Anexo 1541. Ensayo de CBR con 10% de caucho triturado

$$ESAL = 2,373,510.198$$

Paso 2: Determinación de parámetros de confiabilidad (R%)

Se consideró que los EE acumulados (ESAL) es de 2,373,510.198 de acuerdo al estudio de tráfico.

$$\text{Nivel de confiabilidad (R\%)} = 85\%$$

Paso 3: Determinación de la Desviación Estándar Normal (Z_R)

$$\text{Desviación estándar normal (Z}_r) = -1.036$$

Paso 4: Determinación de la Desviación Estándar Combinada (S₀)

$$\text{Desviación estándar combinada (S}_0) = 0.45$$

Paso 5: Determinación del Índice de Servicio (ΔPSI)

Para determinar el Índice de Servicio se realizó la diferencia del Índice de Servicio Inicial y el Índice de Servicio Final.

$$\Delta PSI = P_i - P_f$$

$$\Delta PSI = 4 - 2.50$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

Paso 6: Determinación del Módulo de Resilencia (M_R) de la Subrasante

En base a los resultados del CBR con un 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de 10.5%

Se aplicó la siguiente fórmula para materiales de Subrasante con un CBR mayor a 7.2% y menor o igual al 20%.

$$MR = 3000 \times CBR^{0.65}$$

$$MR = 3000 \times 10.5^{0.65}$$

$$MR = 13,832.30 \text{ psi}$$

Paso 7: Determinación del Módulo de Resilencia (MR) de la subbase

Se consideró un CBR de 40% en la Subbase de acuerdo a lo establecido por el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), mencionó que para todo tipo de tráfico se debe considerar como mínimo un 40% de CBR.

$$M_R = 17,000 \text{ psi y } a_3 = 0.120$$

Paso 8: Determinación del Módulo de Resilencia (MR) de la base

Se consideró un CBR de 80% en la base de acuerdo a lo establecido por el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), mencionó que para un tráfico $\leq 10'000,000$ EE se debe considerar como mínimo un 80% de CBR.

$$M_R = 28,500 \text{ psi y } a_2 = 0.133$$

Paso 9: Determinación del Módulo de Resiliencia (MR) de la capa asfáltica

Para ello se consideró la Frecuencia de Carga y la Temperatura efectiva de la capa asfáltica mediante las siguientes fórmulas:

$$Mr = 797,707.6 \text{ psi} \qquad a1 = 0.184 \times \ln(Mr) - 1.9547 = 0.546$$

Paso 10: Cálculo de coeficiente de drenaje

$$\% \text{días de lluvia} = \frac{120}{365} \longrightarrow \% \text{días de lluvia} = 33\%$$

Por lo tanto, la capa de la base y subbase serán las siguientes:

$$m2 \text{ y } m3 = 0.8$$

Dónde:

m2: coeficiente de drenaje de la Base.

m3: Coeficiente de drenaje de la Subbase.

Paso 11: Cálculo del número estructural (SN1) requerido para la “Capa Asfáltica”

$$\log(W18) = Zr \times S0 + 9.36 \times \log(SNi + 1) - 0.20 + \log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)0.40 + 1094 \text{ Anexo 1554. Certificado de calibración de 10kg}$$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Zr = -1.036$$

$$S0 = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr(\text{base}) = 28,500 \text{ psi}$$

$$a1 = 0.546$$

$$\log(2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN1 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN1 + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(28500) - 8.07$$

SN1 = 2.32 (SN1 POR FÓRMULA)

Paso 12: Cálculo del espesor de la capa asfáltica

$$h1 = \frac{SN1}{a1} \Rightarrow h1 = \frac{2.32}{0.546} \Rightarrow h1 = 4.25 \approx 4" \approx 10.16cm$$

$$SN * 1 = a1 \times h1 \Rightarrow SN * 1 = 0.546 \times 4 \Rightarrow SN * 1 = 2.18$$

Paso 13: Cálculo del número estructural requerido de la "Base Granular"

*log(W18) = Zr x So + 9.36 x lAnexo 1583. Caucho triturado de 2.5mm de la empresa Nort Sul S.R.L
 Anexo 1584. Acta de recepción del caucho Anexo 1585. Caucho triturado de 2.5mm de la empresa Nort Sul S.R.L*

Dónde:

W18 = 2,373,510.198

Zr = -1.036

So = 0.45

ΔPSI = 1.50

Mr(subbase) = 17,000 psi

a2 = 0.133

m2 = 0.80

$$\log(2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN2 + 1) - 0.20 + \log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right) \times 0.40 + 1094 \times (Anexo 1596. Certificado de calibración de la prensa CBRN2 + 1)^{5.19} + 2.32 \times \log(17000) - 8.07$$

SN2 = 2.849 (SN2 POR FÓRMULA)

Paso 14: Cálculo del espesor de la base granular

$$h_2 = \text{Anexo 1599. Acta de recepción del caucho} \rightarrow h_2 = \frac{2.849 - 2.18}{0.133 \times 0.80} \rightarrow h_2 = 6.29 \approx 6" \approx 15.24\text{cm}$$

$$SN * 2 = a_2 \times h_2 \times m_2 \times SN * 1 \rightarrow SN * 2 = 0.133 \times 6 \times 0.80 \times 2.18 \rightarrow SN * 2 = 1.39$$

Paso 15: Cálculo del número estructural requerido de la "Subbase Granular"

$$\log(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07$$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Z_r = -1.036$$

$$S_o = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr(\text{subrasante}) = 13,832.30 \text{ psi}$$

$$a_3 = 0.12$$

$$\log(2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN_3 + 1) - 0.20 + \log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right) \times 0.40 + 1094(SN_3 + 1)^{5.19} \text{ Anexo 1612. Plano topográfico}$$

$$SN_3 = 3.10 \quad (\text{SN}_3 \text{ POR FÓRMULA})$$

Paso 16: Cálculo del espesor de la subbase granular

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN * 2}{a_3 \times m_3} \rightarrow h_3 = \frac{3.10 - 1.39}{0.12 \times 0.80} \rightarrow h_3 = 17.81 \approx 18" \approx 45.72\text{cm}$$

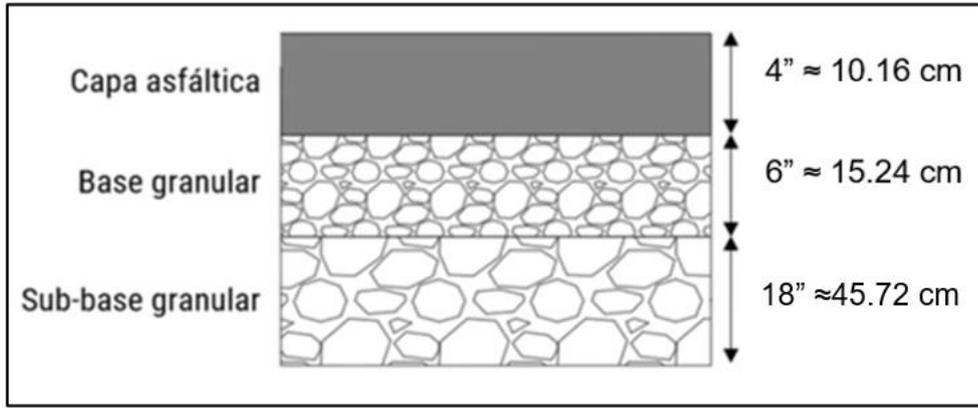


Figura 305. Dimensiones de las capas del pavimento flexible (10% de caucho)

4.6. Diseño del pavimento flexible (20% DE CAUCHO)

4.6.1. Parámetros de diseño

Paso 1: Estudio de tráfico

$$ESAL = (F \cdot IMDA) \times 365 \times F_d \times F_c \times \left(\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)$$

DIAS DEL AÑO	365
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	0.50
FACTOR CARRIL (Fc)	1.00
Tasa de crecimiento anual (r %)	3
Período de diseño (n°)	20

$$ESAL = 484.01023 \times 365 \times 0.50 \times 1.00 \times \left(\frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03} \right)$$

*ESAL = 2, Anexo 1625.
Plano de detalles de las*

Paso 2: Determinación de parámetros de confiabilidad (R%)

Se consideró que los EE acumulados (ESAL) es de 2,373,510.198 de acuerdo al estudio de tráfico.

Nivel de confiabilidad (R%) = 85%

Paso 3: Determinación de la Desviación Estándar Normal (Z_R)

Desviación estándar normal (Z_r) = -1.036

Paso 4: Determinación de la Desviación Estándar Combinada (S₀)

Desviación estándar combinada (S₀) = 0.45

Paso 5: Determinación del Índice de Servicio (ΔPSI)

Para determinar el Índice de Servicio se realizó la diferencia del Índice de Servicio Inicial y el Índice de Servicio Final.

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

$$\Delta PSI = 4 - 2.50$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

Paso 6: Determinación del Módulo de Resilencia (M_R) de la Subrasante

En base a los resultados del CBR con un 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de 22.4%

Se aplicó la siguiente fórmula para materiales de Subrasante con un CBR mayor al 20%:

$$MR = 4326 \times \ln(CBR) + 241$$

$$MR = 4326 \times \ln(22.4) + 241$$

$$MR = 13,690.80 \text{ psi}$$

Paso 7: Determinación del Módulo de Resilencia (MR) de la subbase

Se consideró un CBR de 40% en la Subbase de acuerdo a lo establecido por el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), mencionó que para todo tipo de tráfico se debe considerar como mínimo un 40% de CBR.

$$M_R = 17,000 \text{ psi y } a_3 = 0.120$$

Paso 8: Determinación del Módulo de Resilencia (MR) de la base

Se consideró un CBR de 80% en la base de acuerdo a lo establecido por el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), mencionó que para un tráfico $\leq 10'000,000$ EE se debe considerar como mínimo un 80% de CBR.

$$M_R = 28,500 \text{ psi y } a_2 = 0.133$$

Paso 9: Determinación del Módulo de Resiliencia (MR) de la capa asfáltica

Para ello se consideró la Frecuencia de Carga y la Temperatura efectiva de la capa asfáltica mediante las siguientes fórmulas:

$$Mr = 797,707.6 \text{ psi} \qquad a1 = 0.184 \times \ln(Mr) - 1.9547 = 0.546$$

Paso 10: Cálculo de coeficiente de drenaje

$$\% \text{días de lluvia} = \frac{120}{365} \longrightarrow \% \text{días de lluvia} = 33\%$$

Por lo tanto, la capa de la base y subbase serán las siguientes:

$$m2 \text{ y } m3 = 0.8$$

Dónde:

m2: coeficiente de drenaje de la Base.

m3: Coeficiente de drenaje de la Subbase.

Paso 11: Cálculo del número estructural (SN1) requerido para la “Capa Asfáltica”

$$\log(W18) = Zr \times S0 + 9.36 \times \log(SNi + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SNi + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07$$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Zr = -1.036$$

$$S0 = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr(\text{base}) = 28,500 \text{ psi}$$

$$a1 = 0.54$$

$$\log (2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(\mathbf{SN1} + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(\mathbf{SN1} + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(28500) - 8.07$$

$$\mathbf{SN1} = 2.32 \quad (\mathbf{SN1 \text{ POR F\O{R}MULA})}$$

Paso 12: Cálculo del espesor de la capa asfáltica

$$h1 = \frac{SN1}{a1} \quad \longrightarrow \quad h1 = \frac{2.32}{0.546} \quad \longrightarrow \quad h1 = 4.25 \approx 4" \approx 10.16cm$$

$$SN * 1 = a1 \times h1 \quad \longrightarrow \quad SN * 1 = 0.546 \times 4 \quad \longrightarrow \quad SN * 1 = 2.18$$

Paso 13: Cálculo del número estructural requerido de la "Base Granular"

$$\log (W18) = Zr \times S0 + 9.36 \times \log(SNi + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SNi + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07$$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Zr = -1.036$$

$$S0 = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr(\text{subbase}) = 17,000 \text{ psi}$$

$$a2 = 0.133$$

$$m2 = 0.80$$

$$\log (2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(\mathbf{SN2} + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(\mathbf{SN2} + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(17000) - 8.07$$

$$\mathbf{SN2} = 2.849 \quad (\mathbf{SN2 \text{ POR F\O{R}MULA})}$$

Paso 14: Cálculo del espesor de la base granular

$$h_2 = \frac{SN_2 - SN^* 1}{a_2 \times m_2} \quad \Rightarrow \quad h_2 = \frac{2.849 - 2.18}{0.133 \times 0.80} \quad \Rightarrow \quad h_2 = 6.29 \approx 6'' \approx 15.24 \text{ cm}$$

$$SN^* 2 = a_2 \times h_2 \times m_2 \times SN^* 1 \quad \Rightarrow \quad SN^* 2 = 0.133 \times 6 \times 0.80 \times 2.18 \quad \Rightarrow \quad SN^* 2 = 1.39$$

Paso 15: Cálculo del número estructural requerido de la "Subbase Granular"

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

Dónde:

$$W_{18} = 2,373,510.198$$

$$Z_r = -1.036$$

$$S_0 = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$M_r(\text{subrasante}) = 13,690.80 \text{ psi}$$

$$a_3 = 0.12$$

$$\log(2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN_3 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(13690.80) - 8.07$$

$$SN_3 = 3.11 \quad (\text{SN}_3 \text{ POR FÓRMULA})$$

Paso 16: Cálculo del espesor de la subbase granular

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN^* \cdot 2}{a_3 \times m_3} \quad \longrightarrow \quad h_3 = \frac{3.11 - 1.39}{0.12 \times 0.80} \quad \longrightarrow \quad h_3 = 17.92 \approx 18'' \approx 45.72 \text{ cm}$$

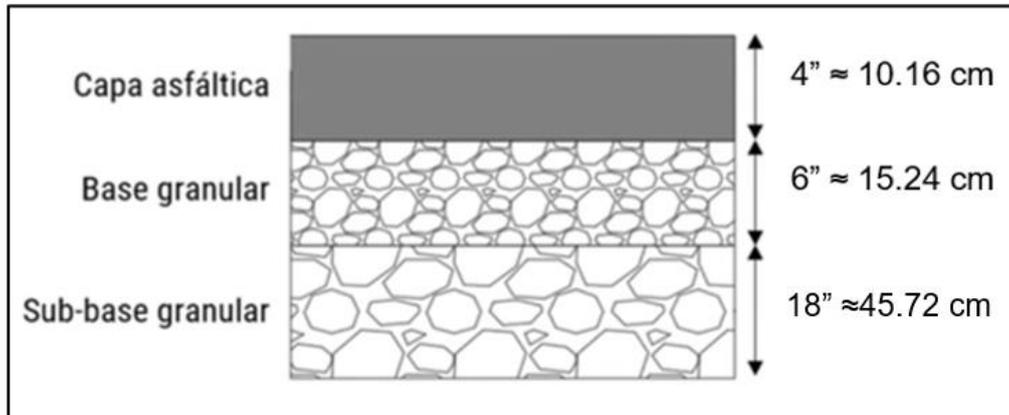


Figura 307. Dimensiones de las capas del pavimento flexible (20% de caucho)

4.7. Diseño del pavimento flexible (30% DE CAUCHO)

4.7.1. Parámetros de diseño

Paso 1: Estudio de tráfico

$$ESAL = (F \cdot IMDA) \times 365 \times F_d \times F_c \times \left(\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)$$

DIAS DEL AÑO	365
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	0.50
FACTOR CARRIL (Fc)	1.00
Tasa de crecimiento anual (r %)	3
Período de diseño (n°)	20

$$ESAL = 484.01023 \times 365 \times 0.50 \times 1.00 \times \left(\frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03} \right)$$

$$ESAL = 2,373,510.198$$

Paso 2: Determinación de parámetros de confiabilidad (R%)

Se consideró que los EE acumulados (ESAL) es de 2,373,510.198 de acuerdo al estudio de tráfico.

$$\text{Nivel de confiabilidad (R\%)} = 85\%$$

Paso 3: Determinación de la Desviación Estándar Normal (Z_R)

$$\text{Desviación estándar normal (Zr)} = -1.036$$

Paso 4: Determinación de la Desviación Estándar Combinada (S₀)

$$\text{Desviación estándar combinada (S}_0\text{)} = 0.45$$

Paso 5: Determinación del Índice de Servicio (ΔPSI)

Para determinar el Índice de Servicio se realizó la diferencia del Índice de Servicio Inicial y el Índice de Servicio Final.

$$\Delta PSI = P_i - P_f$$

$$\Delta PSI = 4 - 2.50$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

Paso 6: Determinación del Módulo de Resilencia (M_R) de la Subrasante

En base a los resultados del CBR con un 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de 7.1%

Se aplicó la siguiente fórmula para materiales de Subrasante con un CBR igual o menor a 7.2%:

$$MR = 3000 \times CBR^{0.65}$$

$$MR = 3000 \times 18.5^{0.65}$$

$$MR = 19,988.62 \text{ psi}$$

Paso 7: Determinación del Módulo de Resilencia (MR) de la subbase

Se consideró un CBR de 40% en la Subbase de acuerdo a lo establecido por el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), mencionó que para todo tipo de tráfico se debe considerar como mínimo un 40% de CBR.

$$M_R = 17,000 \text{ psi y } a_3 = 0.120$$

Paso 8: Determinación del Módulo de Resilencia (MR) de la base

Se consideró un CBR de 80% en la base de acuerdo a lo establecido por el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), mencionó que para un tráfico $\leq 10'000,000$ EE se debe considerar como mínimo un 80% de CBR.

$$M_R = 28,500 \text{ psi y } a_2 = 0.133$$

Paso 9: Determinación del Módulo de Resiliencia (MR) de la capa asfáltica

Para ello se consideró la Frecuencia de Carga y la Temperatura efectiva de la capa asfáltica mediante las siguientes fórmulas:

$$Mr = 797,707.6 \text{ psi} \qquad a1 = 0.184 \times \ln(Mr) - 1.9547 = 0.546$$

Paso 10: Cálculo de coeficiente de drenaje

$$\% \text{días de lluvia} = \frac{120}{365} \longrightarrow \% \text{días de lluvia} = 33\%$$

Por lo tanto, la capa de la base y subbase serán las siguientes:

$$m2 \text{ y } m3 = 0.8$$

Dónde:

m2: coeficiente de drenaje de la Base.

m3: Coeficiente de drenaje de la Subbase.

Paso 11: Cálculo del número estructural (SN1) requerido para la “Capa Asfáltica”

$$\log(W18) = Zr \times S0 + 9.36 \times \log(SNi + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SNi + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07$$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Zr = -1.036$$

$$S0 = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$Mr(\text{base}) = 28,500 \text{ psi}$$

$$a1 = 0.546$$

$$\log (2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(\text{SN1} + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(\text{SN1} + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(28500) - 8.07$$

$$\text{SN1} = 2.32 \quad (\text{SN1 POR FÓRMULA})$$

Paso 12: Cálculo del espesor de la capa asfáltica

$$h1 = \frac{\text{SN1}}{a1} \quad \longrightarrow \quad h1 = \frac{2.32}{0.546} \quad \longrightarrow \quad h1 = 4.25 \approx 4" \approx 10.16\text{cm}$$

$$\text{SN} * 1 = a1 \times h1 \quad \longrightarrow \quad \text{SN} * 1 = 0.546 \times 4 \quad \longrightarrow \quad \text{SN} * 1 = 2.18$$

Paso 13: Cálculo del número estructural requerido de la "Base Granular"

$$\log (W18) = Zr \times S0 + 9.36 \times \log(\text{SNi} + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(\text{SNi} + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(\text{Mr}) - 8.07$$

Dónde:

$$W18 = 2,373,510.198$$

$$Zr = -1.036$$

$$S0 = 0.45$$

$$\Delta \text{PSI} = 1.50$$

$$\text{Mr}(\text{subbase}) = 17,000 \text{ psi}$$

$$a2 = 0.133$$

$$m2 = 0.80$$

$$\log (2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(\text{SN2} + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(\text{SN2} + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(17000) - 8.07$$

$$\text{SN2} = 2.849 \quad (\text{SN2 POR FÓRMULA})$$

Paso 14: Cálculo del espesor de la base granular

$$h_2 = \frac{SN_2 - SN^* 1}{a_2 \times m_2} \longrightarrow h_2 = \frac{2.849 - 2.18}{0.133 \times 0.80} \longrightarrow h_2 = 6.29 \approx 6" \approx 15.24 \text{ cm}$$

$$SN^* 2 = a_2 \times h_2 \times m_2 \times SN^* 1 \longrightarrow SN^* 2 = 0.133 \times 6 \times 0.80 \times 2.18 \longrightarrow SN^* 2 = 1.39$$

Paso 15: Cálculo del número estructural requerido de la "Subbase Granular"

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07$$

Dónde:

$$W_{18} = 2,373,510.198$$

$$Z_r = -1.036$$

$$S_o = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

$$M_r(\text{subrasante}) = 19,988.62 \text{ psi}$$

$$a_3 = 0.12$$

$$\log(2373510.198) = -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log(SN_3 + 1) - 0.20 + \left(\frac{\log\left(\frac{1.50}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \times \log(19988.62) - 8.07$$

$$SN_3 = 2.67 \quad (\text{SN}_3 \text{ POR FÓRMULA})$$

Paso 16: Cálculo del espesor de la subbase granular

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN^* 2}{a_3 \times m_3} \longrightarrow h_3 = \frac{2.67 - 1.39}{0.12 \times 0.80} \longrightarrow h_3 = 13.33 \approx 13" \approx 32.5 \text{ cm}$$

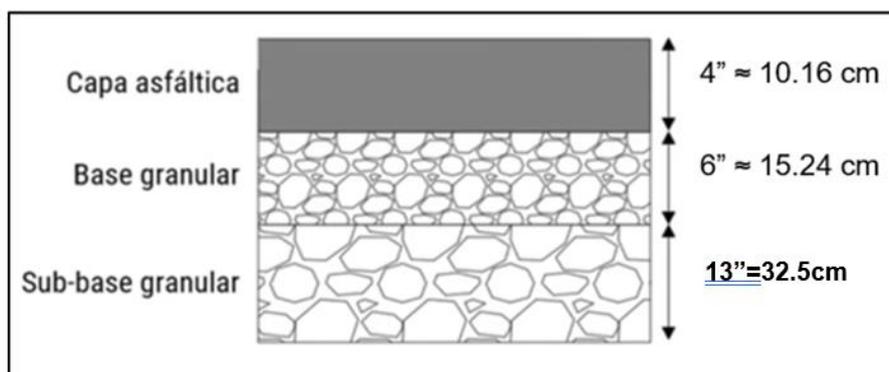


Figura 309. Dimensiones de las capas del pavimento flexible (30% de caucho)

Resumen:

$$SN (\text{propuesto}) \geq SN (\text{requerido})$$

Tabla 10. Verificación si se cumple con el número estructural requerido

PAVIMENTO FLEXIBLE		ESPESOR	SN Requerido	SN Propuesto	
PAV. PATRÓN	C.A	10cm	2.32	2.18	No cumple
	B	15cm	2.85	1.39	No cumple
	S.B	52.5cm	3.44		No cumple
PAV. 10% CAUCHO	C.A	10cm	2.32	2.18	No cumple
	B	15cm	2.85	1.39	No cumple
	S.B	45cm	3.10		No cumple
PAV. 20% CAUCHO	C.A	10cm	2.32	2.18	No cumple
	B	15cm	2.85	1.39	No cumple
	S.B	45cm	3.11		No cumple
PAV. 30% CAUCHO	C.A	10cm	2.32	2.18	No cumple
	B	15cm	2.85	1.39	No cumple
	S.B	32.5cm	2.67		No cumple

Después de haber determinado el número estructural (SN) para cada capa del pavimento flexible patrón y con diferentes porcentajes de caucho en la subrasante (10%, 20% y 30%), se procede a realizar un recálculo para ajustar los valores del número estructural propuesto. De la misma manera, los

especialistas del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC 2014, indicaron que el SN Propuesto debe ser igual o mayor al SN Requerido.

Así mismo, se debe tener en cuenta los valores recomendados de espesores mínimos de la capa superficial y la base granular en base al tipo de tráfico o los ejes equivalentes acumulados (Esa).

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio:	150 mm
	T _{P2}	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio:	150 mm
	T _{P3}	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T _{P4}	750 001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

Figura 310. Valores recomendados de espesores mínimos de capa superficial y base granular

Fuente: Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC 2014

De la misma manera; teniendo en cuenta los espesores mínimos de las capas, se realizó el costo por m² con el espesor de las capas correspondientes para cada una de las alternativas de diseño.

4.8. Costo del pavimento flexible por cada m³

COMPONENTES DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $ai(cm^{-1})$	Observación	Precio (m^3)
CAPA SUPERFICIAL				
Carpeta asfáltica en caliente, módulo 2,965 MPa(430,000PSI) a 20°	a1	0.170	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico	475.78
BASE				
Base granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052	Capa de base recomendada para tráfico $\leq 5,000,000$ EE	71.25
SUBBASE				
Sub base granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.047	Capa de sub base recomendada para tráfico $\leq 15,000,000$ EE	57.45

4.9. Alternativas de diseño de las capas del pavimento flexible y presupuesto de cada alternativa

PAV. PATRÓN

$$SN(\text{propuesto}) \geq SN(\text{requerido})$$

Alternativa 1: $4.30 \geq 3.44$

Alternativa 2: $3.68 \geq 3.44$

Alternativa 3: $3.49 \geq 3.44$

Alternativa 4: $4.13 \geq 3.44$

Alternativa 5: $3.95 \geq 3.44$

Alternativa 6: $3.76 > 3.44$

$$MR = 1500 \times CBR$$

$$MR = 1500 \times 7.1$$

$$MR = 10,650 \text{ psi}$$

PAV. PATRÓN	ai	ESPESOR		PRECIO (m2)
Alternativa 1:	0.17	C.A	10cm	84.81
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	40cm	
Alternativa 2:	0.17	C.A	9cm	82.92
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	45cm	
Alternativa 3:	0.17	C.A	10cm	85.50
	0.052	B	25cm	
	0.047	S.B	35cm	
Alternativa 4:	0.17	C.A	15cm	97.13
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	20cm	
Alternativa 5:	0.17	C.A	15cm	93.56
	0.052	B	15cm	
	0.047	S.B	20cm	
Alternativa 6:	0.17	C.A	15cm	89.98
	0.052	B	10cm	
	0.047	S.B	20cm	

Se observa que, de las seis alternativas propuestas del pavimento patrón, la alternativa dos es la más favorable en el ámbito económico siendo los espesores de la capa superficial un valor de 9cm, de la base de 20cm y la subbase de 45cm; con un costo de 82.92 soles, cumpliendo los valores mínimos establecidos en el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC 2014 y cumpliendo los criterios estructurales que exige el AASHTO-93.

PAV. 10% CAUCHO

$$SN (\text{propuesto}) \geq SN (\text{requerido})$$

Alternativa 1: $4.02 \geq 3.10$

Alternativa 2: $3.28 \geq 3.10$

Alternativa 3: $3.10 \geq 3.10$

Alternativa 4: $3.68 \geq 3.10$

Alternativa 5: $3.66 \geq 3.10$

Alternativa 6: $3.49 \geq 3.10$

$$MR = 3000 \times CBR^{0.65}$$

$$MR = 3000 \times 10.5^{0.65}$$

$$MR = 13,832.30 \text{ psi}$$

PAV. 10% CAUCHO	ai	ESPESOR		PRECIO (m2)
Alternativa 1:	0.17	C.A	10cm	84.12
	0.052	B	15cm	
	0.047	S.B	45cm	
Alternativa 2:	0.17	C.A	10cm	82.63
	0.052	B	25cm	
	0.047	S.B	30cm	
Alternativa 3:	0.17	C.A	10m	84.81
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	40cm	
Alternativa 4:	0.17	C.A	9cm	82.92
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	45cm	
Alternativa 5:	0.17	C.A	10cm	81.94
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	35cm	
Alternativa 6:	0.17	C.A	9cm	80.05
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	40cm	

Se observa que, de las seis alternativas propuestas del pavimento con 10% de caucho, la alternativa seis es la más favorable en el ámbito económico siendo los espesores de la capa superficial un valor de 9cm, de la base de 20cm y la subbase de 40cm; con un costo de 80.05 soles, cumpliendo los valores mínimos establecidos en el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC 2014 y cumpliendo los criterios estructurales que exige el AASHTO-93.

PAV. 20% CAUCHO

$$SN (\text{propuesto}) \geq SN (\text{requerido})$$

Alternativa 1: $4.02 \geq 3.11$

Alternativa 2: $3.28 \geq 3.11$

$$MR = 4326 \times \ln(CBR) + 241$$

Alternativa 3: $3.47 \geq 3.11$

$$MR = 4326 \times \ln(22.4) + 241$$

Alternativa 4: $3.11 \geq 3.11$

$$MR = 13,690.80 \text{ psi}$$

Alternativa 5: $3.66 \geq 3.11$

Alternativa 6: $3.85 \geq 3.11$

PAV. 20% CAUCHO	ai	ESPESOR		PRECIO (m2)
Alternativa 1:	0.17	C.A	10cm	84.12
	0.052	B	15cm	
	0.047	S.B	45cm	
Alternativa 2:	0.17	C.A	10cm	73.32
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	20cm	
Alternativa 3:	0.17	C.A	10m	76.19
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	25cm	
Alternativa 4:	0.17	C.A	9cm	68.56
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	20cm	
Alternativa 5:	0.17	C.A	9cm	74.31
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	30cm	
Alternativa 6:	0.17	C.A	10cm	85.50
	0.052	B	25cm	
	0.047	S.B	35cm	

Se observa que, de las seis alternativas propuestas del pavimento con 20% de caucho, la alternativa cuatro es la más favorable en el ámbito económico siendo los espesores de la capa superficial un valor de 9cm, de la base de 20cm y la subbase de 20cm; con un costo de 68.56 soles, cumpliendo los valores mínimos establecidos en el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC 2014 y cumpliendo los criterios estructurales que exige el AASHTO-93.

PAV. 30% CAUCHO

$SN (propuesto) \geq SN (requerido)$

Alternativa 1: $3.55 \geq 2.67$

Alternativa 2: $3.47 \geq 2.67$

Alternativa 3: $3.28 \geq 2.67$

Alternativa 4: $3.30 \geq 2.67$

Alternativa 5: $2.74 \geq 2.67$

Alternativa 6: $3.49 \geq 2.67$

$MR = 3000 \times CBR^{0.65}$

$MR = 3000 \times 18.5^{0.65}$

$MR = 19,988.62 \text{ psi}$

PAV. 30% CAUCHO	ai	ESPESOR		PRECIO (m2)
Alternativa 1:	0.17	C.A	10cm	76.94
	0.052	B	15cm	
	0.047	S.B	32.5cm	
Alternativa 2:	0.17	C.A	10cm	76.19
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	25cm	
Alternativa 3:	0.17	C.A	10m	73.32
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	20cm	
Alternativa 4:	0.17	C.A	9cm	71.43
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	25cm	
Alternativa 5:	0.17	C.A	9cm	68.56
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	20cm	
Alternativa 6:	0.17	C.A	9m	74.31
	0.052	B	20cm	
	0.047	S.B	30cm	

Se observa que, de las seis alternativas propuestas del pavimento con 30% de caucho, la alternativa cinco es la más favorable en el ámbito económico siendo los espesores de la capa superficial un valor de 9cm, de la base de 20cm y la subbase de 20cm; con un costo de 68.56 soles, cumpliendo los valores mínimos establecidos en el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC 2014 y cumpliendo los criterios estructurales que exige el AASHTO-93.

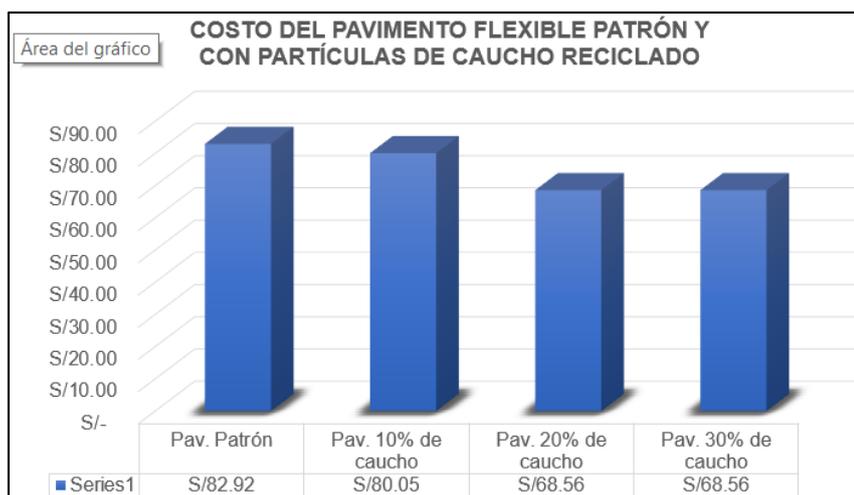


Figura 313. Costo de las capas del pavimento flexible de las alternativas más económicas

Se concluye que con un 20% y 30% de caucho en la subrasante de las alternativas favorables, se obtiene un costo de las capas del pavimento de S/.68.56, cumpliendo que el número estructural propuesto (SN propuesto) debe ser mayor o igual al número estructural requerido (SN requerido).

Así mismo; se realizó el análisis de precios unitarios de la estabilización de suelos con caucho y otros agentes estabilizadores, considerando una subrasante de E=20cm.

4.10. Análisis de precios unitarios de la estabilización de suelos con diferentes porcentajes de caucho en la subrasante

COSTOS UNITARIOS DE SUELO-CAUCHO 10%					
ESTABILIZACION CON CAUCHO POR 1 m2 E=20cm					
Descripcion Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
CAPATAZ	hh	0.5	0.0017	20.87	0.04
OPERARIO	hh	1	0.0033	17.22	0.06
PEON	hh	7	0.0233	12.36	0.29
AGUA	m3		0.0247	5.00	0.12
CAUCHO DE 2.5 mm	kg		20.77	0.50	10.39
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.38	0.01
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3.00	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180.00	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180.00	0.59
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0033	200.00	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160.00	0.53
					S/. 13.30

Figura 316. Análisis de precios unitarios con el 10% de caucho en la subrasante

COSTOS UNITARIOS DE SUELO-CAUCHO 20%					
ESTABILIZACION CON CAUCHO POR 1 m2 E=20cm					
Descripcion Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
CAPATAZ	hh	0.5	0.0017	20.87	0.04
OPERARIO	hh	1	0.0033	17.22	0.06
PEON	hh	7	0.0233	12.36	0.29
AGUA	m3		0.0247	5.00	0.12
CAUCHO DE 2.5 mm	kg		41.54	0.50	20.77
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.38	0.01
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3.00	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180.00	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180.00	0.59
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0033	200.00	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160.00	0.53
					S/. 23.68

Figura 319. Análisis de precios unitarios con el 20% de caucho en la subrasante

COSTOS UNITARIOS DE SUELO-CAUCHO 30%					
ESTABILIZACION CON CAUCHO POR 1 m2 E=20cm					
Descripcion Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
CAPATAZ	hh	0.5	0.0017	20.87	0.04
OPERARIO	hh	1	0.0033	17.22	0.06
PEON	hh	7	0.0233	12.36	0.29
AGUA	m3		0.0247	5.00	0.12
CAUCHO DE 2.5 mm	kg		62.31	0.50	31.16
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.38	0.01
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3.00	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180.00	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180.00	0.59
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0033	200.00	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160.00	0.53
					S/. 34.07

Figura 322. Análisis de precios unitarios con el 30% de caucho en la subrasante

4.11. Análisis de precios unitarios de otros agentes estabilizadores de suelos

COSTOS UNITARIOS DE LA CAL (OXIDO DE CALCIO)					
ESTABILIZACION CON CAL POR 1 M2					
Rendimiento					
Descripcion Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
CAPATAZ	hh	0.5	0.0017	20.87	0.04
OPERARIO	hh	1	0.0033	17.22	0.06
PEON	hh	7	0.0233	12.36	0.29
AGUA	m3		0.0247	5.00	0.12
MATERIAL AFIRMADO	m3		0.2	48.75	9.75
BISCHOFITA (CLORURO DE MAGNESIO)	ton		0.0126	1185.00	14.93
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.38	0.01
PISCINA METALICA	hm	1	0.0033	2.50	0.01
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3.00	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180.00	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180.00	0.59
MOTONIVELADORA DE 125HP	hm	1	0.0033	200.00	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160.00	0.53
					S/. 27.60

Figura 323. Análisis de precios unitarios de la estabilización con cal

COSTOS UNITARIOS DE SUELO-CEMENTO					
ESTABILIZACION QUIMICA CON CEMENTO POR 1 M2					
Rendimiento					
Descripcion Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
CAPATAZ	hh	0.5	0.0017	20.87	0.04
OPERARIO	hh	1	0.0033	17.22	0.06
PEON	hh	7	0.0233	12.36	0.29
AGUA	m3		0.0247	5.00	0.12
MATERIAL AFIRMADO	m3		0.2	48.75	9.75
CEMENTO (bolsa=42.5 kg)	bls		1.94	22.50	43.65
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.38	0.01
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3.00	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180.00	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180.00	0.59
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0033	200.00	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160.00	0.53
					S/. 56.31

Figura 324. Análisis de precios unitarios de la estabilización con cemento

COSTOS UNITARIOS CON POLIMEROS ACRILICOS					
ESTABILIZACION CON POLIMEROS POR 1 M2					
Rendimiento					
Descripcion Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
CAPATAZ	hh	0.5	0.0017	20.87	0.04
OPERARIO	hh	1	0.0033	17.22	0.06
PEON	hh	7	0.0233	12.36	0.29
ASFALTO RC 250	gln		0.255	10.00	2.55
POLIMERO ACRILICO	gln		1.705	30.85	52.60
AGUA	m3		0.0259	5.00	0.13
MOVIMIENTO DE TIERRA NATURAL	m3		1	2.20	2.20
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.38	0.01
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3.00	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180.00	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180.00	0.59
MOTONIVELADORA DE 125HP	hm	1	0.0033	200.00	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160.00	0.53
					S/. 60.27

Figura 327. Análisis de precios unitarios de la estabilización con polímeros acrílicos

COSTOS UNITARIOS CON GEOSINTETICOS-GEOTEXTIL					
ESTABILIZACION CON GEOTEXTIL POR 1 M2					
Rendimiento					
Descripcion Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
CAPATAZ	hh	0.5	0.0017	20.87	0.04
OPERARIO	hh	1	0.0033	17.22	0.06
PEON	hh	7	0.0233	12.36	0.29
AGUA	m3		0.0247	5.00	0.12
MATERIAL AFIRMADO	m3		0.2	48.75	9.75
GEOTEXTIL	m2		1	18.62	18.62
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.38	0.01
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3.00	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180.00	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180.00	0.59
MOTONIVELADORA DE 125HP	hm	1	0.0033	200.00	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160.00	0.53
					S/. 31.28

Figura 328. Análisis de precios unitarios de la estabilización con geotextil

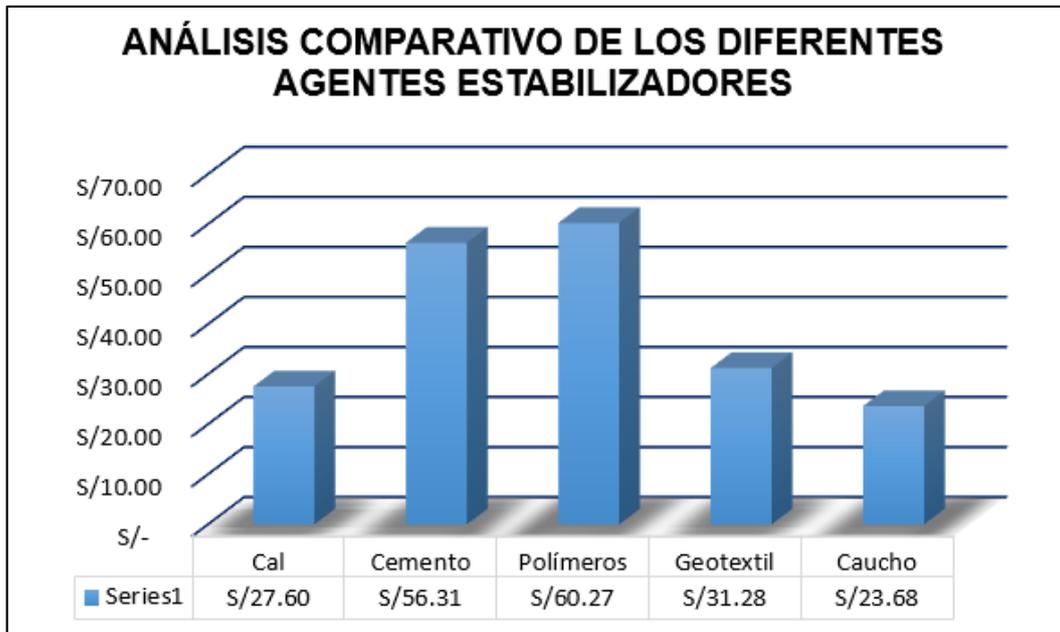


Figura 329. Análisis comparativo de los diferentes agentes estabilizadores

Se concluyó que el costo de la estabilización con 20% de caucho en la subrasante es de S/.23.68 el m² con un espesor de 20cm, siendo éste el menor costo a comparación de la estabilización con cal que se obtiene un precio de S/. 27.60, el cemento un costo de S/. 56.31, con polímeros acrílicos un costo de S/. 60.27 y con el geotextil un costo de S/. 31.28.

4.12. Presupuesto total del diseño del pavimento flexible

Una vez realizado los ajustes correspondientes se obtuvo las dimensiones de cada capa del pavimento flexible, considerando para el presupuesto del pavimento flexible patrón la alternativa 2, para el pavimento flexible con el 10% de caucho la alternativa 6, para el pavimento flexible con el 20% de caucho la alternativa 4 y para el pavimento flexible con el 30% de caucho la alternativa 5.

PAV. PATRÓN		PAV. 10% DE CAUCHO		PAV. CON 20% DE CAUCHO		PAV. 30% DE CAUCHO	
C.A	9cm	C.A	9cm	C.A	9cm	C.A	9cm
B	20cm	B	20cm	B	20cm	B	20cm
S.B	45cm	S.B	40cm	S.B	20cm	S.B	20cm
S.R	20cm	S.R	20cm	S.R	20cm	S.R	20cm

Figura 330. Capas del pavimento flexible favorables

PRESUPUESTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PATRON					
PRESUPUESTO:	Diseño de un pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la subrasante				
CLIENTE:	Gamarra Miranda, Briyhith de los Angeles				
	Odría Paucar, Josué Ulysses				
LUGAR:	AV. MARIA PARADO DE BELLIDO-LIMA-LIMA-COMAS				
Item	Descripcion	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES				5,000.00
01.01	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
02	OBRAS PRELIMINARES				20,398.01
02.01	Limpieza de Terreno	m2	7,453.64	0.70	5,217.55
02.02	Trazo y Replanteo	m2	7,453.64	1.50	11,180.46
	SEGURIDAD Y SALUD				
	Plan de Seguridad Ocupacional	glb	1.00	4,000.00	4,000.00
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				45,627.00
03.01	Corte a nivel de subrasante con maquinaria	m3	750.00	13.88	10,410.00
03.02	Eliminacion de Material Excedente	m3	975.00	36.12	35,217.00
04	PAVIMENTO FLEXIBLE				640,608.04
04.02	Sub Base Granular E= 45cm	m3	3,354.14	57.55	193,030.76
04.03	Base Granular E= 20cm	m3	1,490.73	71.25	106,214.51
04.04	Imprimacion Asfaltica	m2	7,453.64	2.70	20,124.83
04.05	Carpeta Asfaltica en Caliente E= 9cm	m3	670.83	475.78	319,167.50
04.06	Nivelacion de Tapa de Buzones	Und	9.00	230.05	2,070.45
05	SEÑALIZACION				3,965.10
05.01	Señalizacion Horizontal	m2	240.00	14.82	3,556.80
05.02	Señalizacion Vertical	und	15.00	27.22	408.30
	Costo Directo				715,598.15
	Gastos Generales 10%				787,157.97
	Utilidad 10%				787,157.97
	COSTO TOTAL				2,289,914.09
	IGV 18%				2,702,098.63
	PRESUPUESTO TOTAL				4,992,012.71

Figura 331. Presupuesto total del pavimento flexible patrón

Se concluye que el presupuesto total del pavimento flexible patrón es de 4,992,012.71 soles, considerando un espesor de la capa superficial de 9cm, de la base de 20cm, la subbase de 45cm y una subrasante de 20cm sin estabilizar.

PRESUPUESTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE +EL 10% DE CAUCHO EN LA SUBRASANTE					
PRESUPUESTO:		Diseño de un pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la subrasante			
CLIENTE:		Gamarra Miranda, Briyhith de los Angeles			
		Odría Paucar, Josué Ulysses			
LUGAR:		AV. MARIA PARADO DE BELLIDO-LIMA-LIMA-COMAS			
Item	Descripcion	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES				5,000.00
01.01	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
02	OBRAS PRELIMINARES				20,398.01
02.01	Limpieza de Terreno	m2	7,453.64	0.70	5,217.55
02.02	Trazo y Replanteo	m2	7,453.64	1.50	11,180.46
SEGURIDAD Y SALUD					
	Plan de Seguridad Ocupacional	glb	1.00	4,000.00	4,000.00
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				45,627.00
03.01	Corte a nivel de subrasante con maquinaria	m3	750.00	13.88	10,410.00
03.02	Eliminacion de Material Excedente	m3	975.00	36.12	35,217.00
04	PAVIMENTO FLEXIBLE				718,293.72
04.01	Estabilizacion de la subrasante con 10% de caucho E= 20 cm	m2	7,453.64	13.30	99,133.41
04.02	Sub Base Granular E= 40cm	m3	2,981.46	57.55	171,583.02
04.03	Base Granular E= 20cm	m3	1,490.73	71.25	106,214.51
04.04	Imprimacion Asfaltica	m2	7,453.64	2.70	20,124.83
04.05	Carpeta Asfaltica en Caliente E= 9cm	m3	670.83	475.78	319,167.50
04.06	Nivelacion de Tapa de Buzones	Und	9.00	230.05	2,070.45
05	SEÑALIZACION				3,965.10
05.01	Señalizacion Horizontal	m2	240.00	14.82	3,556.80
05.02	Señalizacion Vertical	und	15.00	27.22	408.30
Costo Directo					793,283.83
Gastos Generales 10%					872,612.21
Utilidad 10%					872,612.21
COSTO TOTAL					2,538,508.26
IGV 18%					2,995,439.75
PRESUPUESTO TOTAL					5,533,948.00

Figura 332. Presupuesto total del pavimento flexible con el 10% de caucho en la subrasante

Se concluye que el presupuesto total del pavimento flexible con el 10% de caucho es de 5,533,948.00 soles, considerando un espesor de la capa superficial de 9cm, de la base de 20cm, la subbase de 40cm y una subrasante de 20cm estabilizada con el 10% de caucho.

PRESUPUESTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE + EL 20% DE CAUCHO EN LA SUBRASANTE					
PRESUPUESTO:	Diseño de un pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la subrasante				
CLIENTE:	Gamarra Miranda, Briyhith de los Angeles Odría Paucar, Josué Ulysses				
LUGAR:	AV. MARIA PARADO DE BELLIDO-LIMA-LIMA-COMAS				
Item	Descripcion	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES				5,000.00
01.01	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
02	OBRAS PRELIMINARES				20,398.01
02.01	Limpieza de Terreno	m2	7,453.64	0.70	5,217.55
02.02	Trazo y Replanteo	m2	7,453.64	1.50	11,180.46
	SEGURIDAD Y SALUD				
	Plan de Seguridad Ocupacional	glb	1.00	4,000.00	4,000.00
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				45,627.00
03.01	Corte a nivel de subrasante con maquinaria	m3	750.00	13.88	10,410.00
03.02	Eliminacion de Material Excedente	m3	975.00	36.12	35,217.00
04	PAVIMENTO FLEXIBLE				709,870.99
04.01	Estabilizacion de la subrasante con 20% de caucho E= 20 cm	m2	7,453.64	23.68	176,502.20
04.02	Sub Base Granular E= 20cm	m3	1,490.73	57.55	85,791.51
04.03	Base Granular E= 20cm	m3	1,490.73	71.25	106,214.51
04.04	Imprimacion Asfaltica	m2	7,453.64	2.70	20,124.83
04.05	Carpeta Asfaltica en Caliente E= 9cm	m3	670.83	475.78	319,167.50
04.06	Nivelacion de Tapa de Buzones	Und	9.00	230.05	2,070.45
05	SEÑALIZACION				3,965.10
05.01	Señalizacion Horizontal	m2	240.00	14.82	3,556.80
05.02	Señalizacion Vertical	und	15.00	27.22	408.30
	Costo Directo				784,861.10
	Gastos Generales 10%				863,347.21
	Utilidad 10%				863,347.21
	COSTO TOTAL				2,511,555.53
	IGV 18%				2,963,635.52
	PRESUPUESTO TOTAL				5,475,191.05

Figura 335. Presupuesto total del pavimento flexible con el 20% de caucho en la subrasante

Se concluye que el presupuesto total del pavimento flexible con el 20% de caucho es de 5,475,191.05 soles, considerando un espesor de la capa superficial de 9cm, de la base de 20cm, la subbase de 20cm y una subrasante de 20cm estabilizada con el 20% de caucho.

PRESUPUESTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE + EL 30% DE CAUCHO EN LA SUBRASANTE					
PRESUPUESTO:		Diseño de un pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la subrasante			
CLIENTE:		Gamarra Miranda, Briyhith de los Angeles Odría Paucar, Josué Ulysses			
LUGAR:		AV. MARIA PARADO DE BELLIDO-LIMA-LIMA-COMAS			
Item	Descripcion	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES				5,000.00
01.01	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
02	OBRAS PRELIMINARES				20,398.01
02.01	Limpieza de Terreno	m2	7,453.64	0.70	5,217.55
02.02	Trazo y Replanteo	m2	7,453.64	1.50	11,180.46
SEGURIDAD Y SALUD					
	Plan de Seguridad Ocupacional	glb	1.00	4,000.00	4,000.00
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				45,627.00
03.01	Corte a nivel de subrasante con maquinaria	m3	750.00	13.88	10,410.00
03.02	Eliminacion de Material Excedente	m3	975.00	36.12	35,217.00
04	PAVIMENTO FLEXIBLE				787,314.31
04.01	Estabilizacion de la subrasante con 30% de caucho E= 20 cm	m2	7,453.64	34.07	253,945.51
04.02	Sub Base Granular E= 20cm	m3	1,490.73	57.55	85,791.51
04.03	Base Granular E= 20cm	m3	1,490.73	71.25	106,214.51
04.04	Imprimacion Asfaltica	m2	7,453.64	2.70	20,124.83
04.05	Carpeta Asfaltica en Caliente E= 9cm	m3	670.83	475.78	319,167.50
04.06	Nivelacion de Tapa de Buzones	Und	9.00	230.05	2,070.45
05	SEÑALIZACION				3,965.10
05.01	Señalizacion Horizontal	m2	240.00	14.82	3,556.80
05.02	Señalizacion Vertical	und	15.00	27.22	408.30
Costo Directo					862,304.42
Gastos Generales 10%					948,534.86
Utilidad 10%					948,534.86
COSTO TOTAL					2,759,374.15
IGV 18%					3,256,061.50
PRESUPUESTO TOTAL					6,015,435.65

Figura 336. Presupuesto total del pavimento flexible con el 30% de caucho en la subrasante

Se concluye que el presupuesto total del pavimento flexible con el 30% de caucho es de 6,015,435.65 soles, considerando un espesor de la capa superficial de 9cm, de la base de 20cm, la subbase de 20cm y una subrasante de 20cm estabilizada con el 30% de caucho.

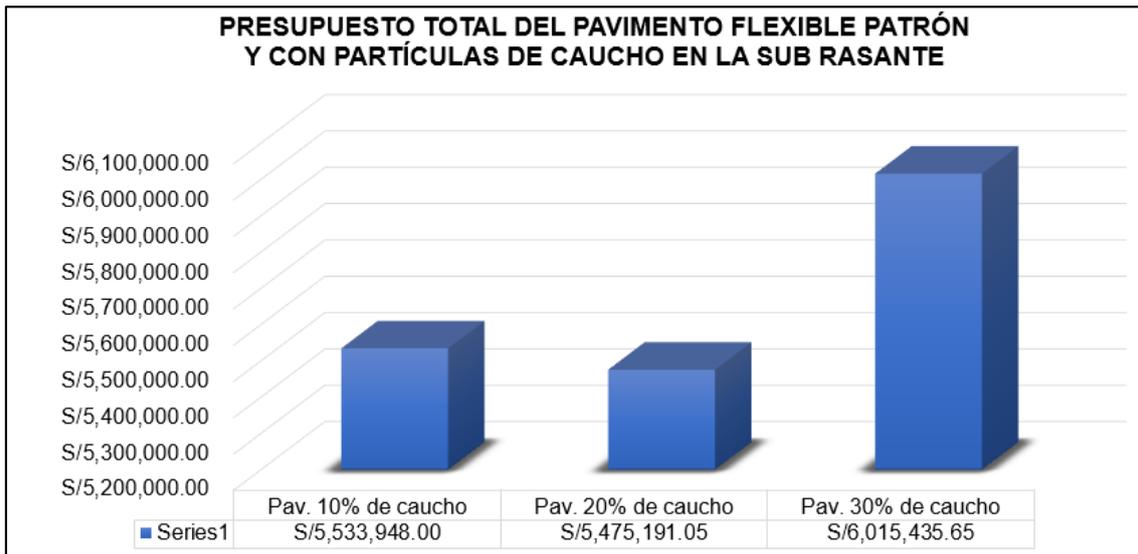


Figura 337. Presupuesto total del pavimento flexible patrón y con diferentes porcentajes de partículas de caucho en la subrasante

Finalmente se concluyó que con una capa asfáltica de 9cm, una base de 20cm, una subbase de 20cm y una sub rasante de 20cm estabilizada con el 20% de caucho resulta más económico con un valor presupuestal de S/. 5,475,191.05.

4.13. Simulación de tráfico con el programa de diseño SYNCRO

Es un programa de diseño, planificación, control y optimización de tiempos de con o sin semáforos en intersecciones y rotondas de avenidas o calles donde transitan los vehículos, nos sirve también para determinar la programación más eficiente en los semáforos, de la misma manera nos permite implementar planes de sincronización de señales, debido a la facilidad del uso del programa los ingenieros de tráfico lo diseñan en pocos días añadiendo a la serie de datos SYNCRO es unas mejores programas en análisis de tráfico.

Simtraffic es un programa incorporado en el SYNCRO, donde realiza micro simulación y animación de tráfico relacionados con vehículos y peatones, con señalización o sin señalización de acuerdo a los datos que ingresemos.



Figura 340. Avenida María Parado de Bellido

Actualmente la avenida María Parado de Bellido-Comas es una vía no pavimentada, algunos tramos están rellenos de residuos de asfaltos, la vía es doble sentido y transitan gran parte vehículos pesados ya que es una zona industrial; de tal manera, se realizó la simulación del tránsito los vehículos actualmente en la hora pico.

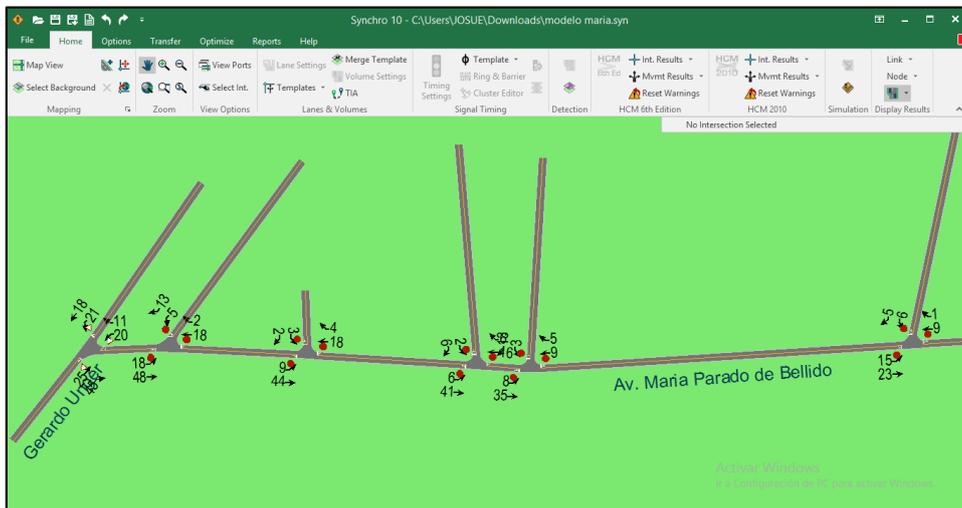


Figura 341. Programa Synchro-Volúmen de tráfico actual

Luego realizamos una la intersección de la avenida Gerardo Unger y avenida María Parado de Bellido la cual es nuestra intersección crítica por el motivo que los vehículos más ingresa por la avenida Gerardo Unger hacia la avenida María Parado de Bellido ya que la avenida colinda en paralela con la panamericana norte, en la intersección hemos incrementado un 40% del volumen de tráfico actual y también la implementación de semáforos, la cual se llega a la conclusión que nuestro nivel de servicio mejorado es “A y B” la cual es aceptable.

Tabla 11. Nivel de servicio para intersecciones

Nivel de Servicio	Demora Promedio (s)
A	0s a 10s
B	10.1s a 20s
C	20.1s a 35s
D	35.1s a 55s
E	55.1s a 80s
F	Más de 80s

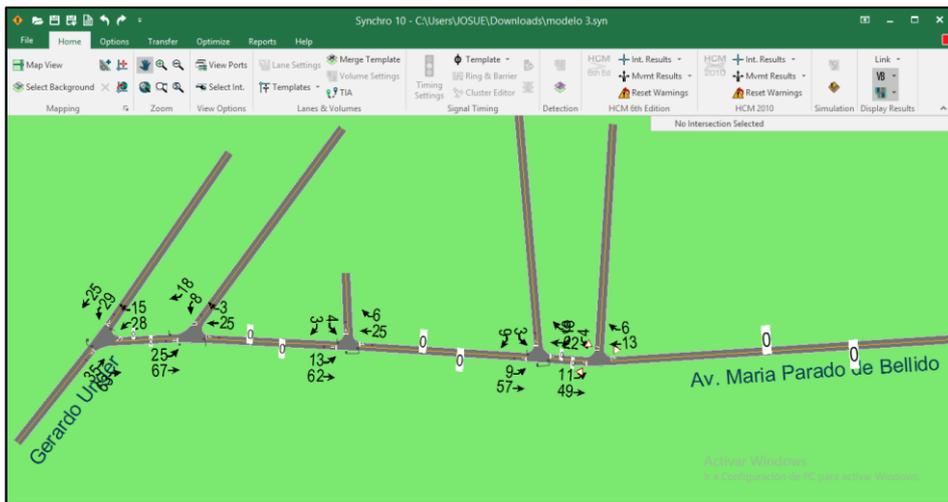


Figura 342. Programa Synchro-Volúmen de tráfico con el incremento del 40%

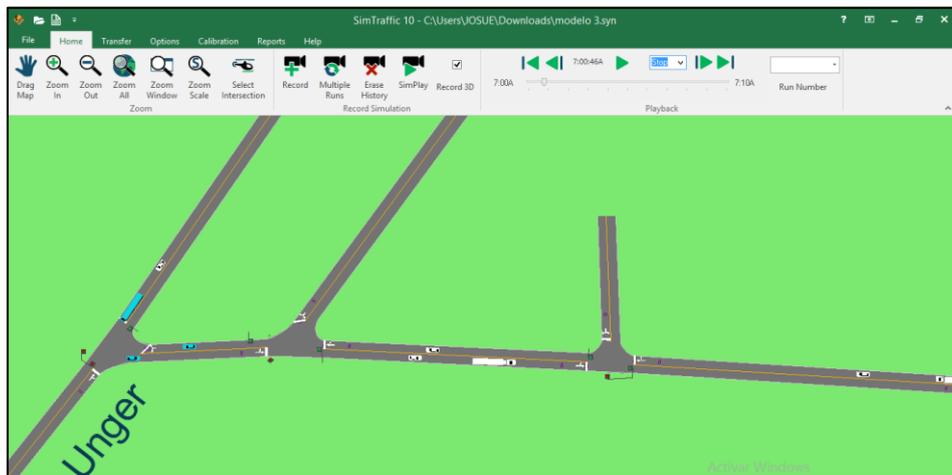


Figura 343. Programa Synchro-Sim Traffic

V. DISCUSIÓN

1. Según los resultados de la prueba de hipótesis general, se obtuvo que “La incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020”, los resultados obtenidos indican que con un % de dosificación de caucho reciclado óptimo se logra el mejoramiento de la resistencia a la penetración (CBR), logrando así que las capas del pavimento flexible sean de menor espesor y por ende se obtiene un costo beneficio.

Los antecedentes considerados, según Lapa (2018), Llerena y Paredes (2019), Huamán y Muguerza (2019), Vijayasimhan (2018), Diaz y Torres (2019), Álvarez y Gutiérrez (2019), Suarez y Frías (2019), López, Hernández, Horta y Castaño (2010), Patiño (2017), coinciden en asegurar que con un adecuado % de dosificación óptimo se logra un costo beneficio y el mejoramiento del CBR.

2. Según los resultados de la prueba de hipótesis específica 1, “El presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020”, los resultados obtenidos indican que con un 20% de caucho triturado en la subrasante tiene un costo total del pavimento flexible de S/. 5,475,191.05, siendo éste el costo menor a comparación de las otras propuestas planteadas.

Los antecedentes considerados, según Lapa (2018), en su tesis titulada “Estabilización de bases granulares con fibra de caucho reciclado tallado” y según Llerena y Paredes (2019) en su tesis titulada “Reforzamiento de suelo arcilloso con caucho reciclado para fines de cimentación en el distrito de Yarabamba en la ciudad de Arequipa”, coinciden en asegurar una relación directa entre las variables estudiadas: el costo beneficio y el diseño del pavimento flexible, ambas tesis concluyen que con un % de caucho reciclado en la subrasante, se logra un menor presupuesto con un ahorro de 31.08% del presupuesto inicial, siendo el presupuesto inicial de S/. 58,512.85 y con caucho reciclado un valor de S/. 40,325.42.

3. Según los resultados de la prueba de hipótesis específica 2, “La dosificación óptima de caucho triturado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020”, los resultados obtenidos se basan a los ensayos realizados en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto “ASCELIS”, para ello se realizó el ensayo de Proctor Modificado y CBR de la Subrasante del suelo patrón y del suelo con porcentajes de partículas de caucho de 2.5mm en un 10%, 20% y 30%, para poder determinar cuál de los % de caucho es el adecuado en el diseño final, se concluyó que la dosificación óptima de caucho en el diseño final del pavimento flexible es de 20%.

Los antecedentes considerados, según Huamán y Murgueza (2019), en su tesis titulada “Influencia del caucho granulado en suelos cohesivos relacionado a la propiedad de la resistencia a la penetración (CBR)” y según Vijayasimhan (2018) en su artículo titulado “Stress-strain and penetration characteristics of clay modified with crumb rubber”, coinciden en asegurar una relación directa entre las variables estudiadas: % de dosificación y el diseño del pavimento flexible, ambas tesis concluyen que con un % óptimo de dosificación de caucho aumenta el CBR del suelo inadecuado, en la primera tesis se concluyó que el % óptimo de caucho es de 10%, y en la segunda tesis es de 15%.

4. Según los resultados de la prueba de hipótesis específica 3, “La resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante aumenta satisfactoriamente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020”, los resultados obtenidos se basan a los ensayos realizados en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto “ASCELIS”, donde se realizó el ensayo de CBR, se concluyó que el CBR del suelo natural es de 7.1%, considerándose de esa manera un suelo regular; por lo cual realizamos la estabilización del suelo con caucho reciclado en un 10%, obteniendo así un CBR de 10.5%, con 20% de caucho se obtuvo un CBR de 22.4%, y con 30% de caucho un CBR de 18.5%, viéndose de esa manera que el CBR óptimo es con un 20%.

Los antecedentes considerados, Según Huamán y Murguerza (2019), en su tesis titulada “Influencia del caucho granulado en suelos cohesivos relacionado a la propiedad de la resistencia a la penetración (CBR)” y según Díaz y Torres (2019) en su tesis titulado “Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”, coinciden en asegurar que a más porcentaje de caucho, el CBR se ve mejorar hasta un cierto límite, después de ello empieza a descender; en la primera tesis los autores Huamán y Murguerza utilizaron caucho en un 5%, 10% y 15%, donde se concluye que con un 10% de caucho en la subrasante mejora el CBR de 5.2% (suelo patrón) a 12.2% en suelos cohesivos. Así mismo, según los autores Díaz y Torres estabilizaron el suelo inadecuado de 2.94% de CBR, con un 5% de caucho se obtuvo un CBR final de 7.64%.

VI. CONCLUSIONES

1. Después de realizar los ensayos en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "ASCELIS", de la muestra extraída del suelo de la Avenida María Parado de Bellido, Comas, se determinó que según la clasificación SUCS el suelo es una arcilla de baja plasticidad (CL), y según la clasificación AASTHO es un suelo tipo A-6 (13); así mismo, presenta un contenido de humedad de 29.3%, un límite líquido (LL) de 38.3, límite plástico (LP) de 25.4 y un índice de plasticidad (IP) de 12.9. Su máxima densidad seca (MDS) es de 1.812 gr/cm³ y su óptimo contenido de humedad (OCH) es de 13.9%, llegando a alcanzar una capacidad de soporte del suelo (CBR) de 7.10% que lo categoriza como una subrasante regular según el MTC.

Con el ensayo de Proctor Modificado se concluyó que con la incorporación del 10% de caucho reciclado al suelo natural se obtiene una MDS de 1.792gr/cm³ y un OCH de 13.3%; con el 15% de caucho reciclado al suelo natural se obtiene una MDS de 1.776gr/cm³ y un OCH de 12.3% y para culminar con el 30% de caucho reciclado al suelo natural se obtiene una MDS de 1.765gr/cm³ y un OCH de 11.3%. Con el ensayo de CBR al 100% de la MDS se obtuvo que con el 10% de caucho reciclado al suelo natural se tiene un CBR de 10.5%, con el 20% de caucho reciclado al suelo natural se tiene un CBR de 22.4% y con el 30% de caucho reciclado al suelo natural se tiene un CBR de 18.5%.

Se concluye que con la incorporación de caucho la máxima densidad seca disminuye con relación a la muestra patrón; a su vez, de todas las muestras con incorporación de caucho la que presenta un CBR mayor es la muestra que posee 20% de caucho; sin embargo, cuando se realizó el diseño del pavimento flexible según el método AASTHO 93, se determinó que con un 20% de caucho en la subrasante se obtiene un diseño factible en temas de costo-beneficio, siendo las dimensiones de la capa asfáltica de 9cm, la base de 20cm, la subbase de 20cm y la subrasante de 20cm, obteniendo así un presupuesto de S/. 5,475,191.05. Seguidamente concluimos que la incorporación de caucho reciclado en la subrasante SI se relaciona considerablemente con el diseño del pavimento flexible de la avenida Parado de Bellido, Comas-2020.

2. Los resultados obtenidos indican que con un 20% de caucho triturado en la subrasante tiene un costo total de S/. 5,475,191.05, siendo éste el costo menor a comparación de las otras propuestas planteadas. Seguidamente concluimos que el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado SI se relaciona considerablemente con el diseño del pavimento flexible de la avenida Parado de Bellido, Comas-2020.

3. Los resultados obtenidos se basan a los ensayos realizados en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "ASCELIS", para ello se realizó el ensayo de Proctor Modificado y CBR de la Subrasante del suelo patrón y del suelo con porcentajes de partículas de caucho de 2.5mm en un 10%, 20% y 30%, para poder determinar cuál de los % de caucho es el adecuado en el diseño final, se concluyó que la dosificación óptima de caucho en el diseño final del pavimento flexible es de 20%. Seguidamente concluimos que la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante SI se relaciona considerablemente con el diseño del pavimento flexible de la avenida Parado de Bellido, Comas-2020.

4. Los resultados obtenidos se basan a los ensayos realizados en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "ASCELIS", donde se realizó el ensayo de CBR, se concluyó que el CBR del suelo natural es de 7.1%, considerándose de esa manera un suelo regular; por lo cual realizamos la estabilización del suelo con caucho reciclado en un 10%, obteniendo así un CBR de 10.5%, con 20% de caucho se obtuvo un CBR de 22.4%, y con 30% de caucho un CBR de 18.5%, viéndose de esa manera que el CBR óptimo es con un 20%. Seguidamente concluimos que la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante SI se relaciona considerablemente con el diseño del pavimento flexible de la avenida Parado de Bellido, Comas-2020.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso de alta plasticidad con caucho triturado de 2.5mm en la subrasante.
2. Realizar ensayos de Proctor Modificado y CBR con polvo de caucho en un suelo arcilloso para determinar las propiedades mecánicas y físicas que se puede lograr.
3. Se recomienda investigar de cómo influye la incorporación de caucho en la dosificación óptima en distintos tipos de suelos.
4. Se recomienda realizar investigaciones más exhaustivas para poder disminuir los problemas del suelo que presentan una capacidad de soporte muy bajo, a su vez aprovechar el material reciclado como un agente estabilizador “caucho triturado” ya que tiene como resultado una mejor resistencia a la penetración.

REFERENCIAS

Álvarez, N., y Gutiérrez, J. (2019). *Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar* (Tesis Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú).

Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y microzonificación sísmica del distrito de Comas (2011). Universidad Nacional de ingeniería, Lima.

Chávarri, L.A. y Falen, J.A. (2020). *Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima* (Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú).

Del Pino, J. Piusseaut, E. (2011). Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 5 (2).

Díaz, K., y Torres , R. (2019). *Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánica en suelos arcillosos* (Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Jaén , Jaén, Perú).

Díaz, F. (2018). *Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín–Lonya Grande, Amazonas 2018* (Tesis de pregrado, Amazonas, Perú).

G, J. (2015). *Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral-San Juan de Lurigancho, 2015.* (Tesis de pregrado, Lima, Perú).

Ferreyro, A. & Longhi, A. L. D. (2014). *Metodología de la investigación II*. Córdoba, Argentina: Encuentro Grupo Editor.

Grados, A.M. (2018). *La importancia de una regulación especial para la gestión de los neumáticos fuera de uso en el Perú* (Tesis de maestría, Pontificia universidad Católica del Perú, Lima, Perú).

Garcia, J.M. (2015). *Ecología y medio ambiente*. Loja, Ecuador: Ediloja.

Geoxnet. (2019). Geología – publicaciones. Obtenido de Clasificación de suelos: <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos>.

González, Á. M. (2015). *Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica* (Trabajo Fin de Grado, Universitat Politècnica de València, Valencia, España). Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/55735>

Hernandez, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.). México: McGraw-Hil.

Hinostroza, H. A. (2018). *Diseño de pavimento flexible reforzado con geomallas para la reducción de la estructura del pavimento*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú).

Huwasquiche, M.A. (2018). *Gestión ambiental y desarrollo sostenible en la municipalidad distrital de Pueblo Nuevo en el año 2018* (Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú).

Ministerio del Ambiente. (2018). *Ministerio del Ambiente declara emergencia ambiental tras el incendio en la Av. Trapiche*. Publicado el 12 de abril de 2018.

Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/1244-ministerio-del-ambiente-declara-emergencia-ambiental-tras-el-incendio-en-la-av-trapiche>

MTC. (2014). *Manuel de Carreteras-Sección Suelos y Pavimentos*. Lima.

MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima.

Oliveira, E. A., Guerreiro, M.J., Abreu, I. & Dinis, M. A.P. (2019). Environmental Implications of CO₂ Absorption by Pervious Concrete Pavement in Urban Roads [Implicaciones ambientales de la absorción de co₂ por medio del pavimento de hormigón en caminos urbanos]. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management* 6(3), 473-482.

Olivares, D. (2016). *Planta de reciclaje de neumáticos de caucho Comercialización de miga de caucho* (Tesis de maestría, Universidad de Chile, Antofagasta, Chile). Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140906>

Peláez, G.J., Velásquez, S.M. & Giraldo, D.H. (2017). Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 27-50.

Sofi, A. (2018). Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete [Efecto del caucho de llantas de desecho en las propiedades mecánicas y de durabilidad de hormigón]. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 2691-2700.

Yepez, V. (2014). *Maquinaria para la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas*. Valencia, España: Editorial de la Universitat Politècnica de València.

Huamán , R., y Mugerza, K. (2019). *Influencia del caucho granulado en suelos cohesivos relacionado a la propiedad de la resistencia a la penetración (CBR)* (Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú)

Irigoín, R. (2018). *Comparación entre los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el Ah San Lorenzo-José Leonardo Ortiz-Chiclayo* (Tesis Pregrado, Universidad de San Martín de Porres , Lima, Perú).

Lapa, C. (2018). *Estabilización de bases granulares con fibra de caucho reciclado tallado* (Tesis Pregrado, Universidad Continental, Huancayo, Perú).

Llerena , G., y Paredes , M. (2019). *Reforzamiento de suelo arcilloso con caucho reciclado para fines de cimentación en el distrito de Yarabamba en la ciudad de Arequipa* (Tesis Pregrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú).

López, T., Hernández, J., Horta , J., y Castaño, V. (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(3), 159-168.

Macha, R. (2019). *Aplicación de metodología AASHTO 93 en diseño de pavimento flexible para optimizar la transitabilidad vehicular en carretera talavera-Andahuaylas* (Tesis Pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú).

Patiño, J. (2017). *Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado* (Tesis Pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, México).

Cusquisibán, W. (2014). *Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú).

Ramírez, M., y Tarazona, L. (2019). *Aplicación del método AASTHO 93 para el diseño del pavimento flexible en el tramo Musho, Yungay, Ancash* (Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo , Huaraz, Perú).

Rodríguez, B. (2013). *Análisis comparativo de método de diseño de pavimento flexibles* (Tesis Pregrado, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile).

Ramos, G.(2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014* (Tesis de pregrado, Huancavelica, Perú).

Rondón, H. Evaluación del comportamiento de arcillas sometidas a diferentes tiempos de exposición a altas temperaturas. *Revista EIA, 2011, 2(16), 175-187*.

Saldaña, D. (2013). *Estudio comparativo de la sensibilidad de la metodología de diseño estructural de pavimentos flexibles: Metodo AASHTO 93 y ME-PDG V 1.1* (Tesis Magister en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile).

Ubidia, L. E. (2019). *Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado* (Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, Lima).

Ubillus, E., Cutimanco, S., De la Cruz, A., y Luciano, C. (2018). *Mecánica de Suelos granulometría y Clasificación de Suelos* (Trabajo de Investigación, Universidad Peruana los Andes, Lima, Perú).

Vijay, S. (2018). Stress-strain and penetration characteristics of clay modified with crumb rubber. *Revista Facultad de ingeniería*, 27(49), 65-75.

ANEXOS

Anexo 1640. Matriz de consistencia

"Diseño de pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la subrasante en la Avenida María Parado de Bellido, Comas 2020"																																														
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS																																						
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable dependiente:																																											
¿De qué manera la incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye en el diseño del pavimento flexible en la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?	Determinar de qué manera la incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.	La incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020	Diseño de pavimento flexible	Estudios de tráfico	IMDS	Tipo: aplicada																																								
					IMDA																																									
					ESAL (EE)																																									
					Límites de Atterberg (LL,LP,IP)																																									
					Análisis granulométrico																																									
					Contenido de humedad																																									
					Clasificación SUCS																																									
					Clasificación AASHTO																																									
					Proctor modificado																																									
					CBR																																									
					Estudio pluviométrico						Temperatura media anual (°C)																																			
											Precipitación media anual (mm)																																			
Parámetros de diseño	Nivel de confiabilidad																																													
	Desviación estándar normal																																													
	Desviación estándar combinada																																													
	Índice de serviciabilidad presente																																													
	Serviciabilidad inicial																																													
	Serviciabilidad final																																													
Número estructural	Enfoque: cuantitativo																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Problemas específicos:</th> <th>Objetivos específicos:</th> <th>Hipótesis específicos:</th> <th>Variable Independiente:</th> <th colspan="6"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PE.1 ¿Cómo influye el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?</td> <td>OE.1 Determinar cómo influye el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.</td> <td>HE.1 El presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.</td> <td></td> <td>Costo beneficio</td> <td>Presupuesto de materiales</td> <td>Diseño: experimental</td> <td>Observación</td> <td>Ficha de recolección de datos (ENSAYOS)</td> </tr> <tr> <td>PE.2 ¿Cuál es la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante para el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?</td> <td>OE.2 Determinar cuál es la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante para el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.</td> <td>HE.2 La dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020</td> <td>Incorporación de caucho reciclado en la subrasante</td> <td>% dosificación</td> <td>10% de caucho triturado 20% de caucho triturado 30% de caucho triturado</td> <td>Tipo de diseño: Cuasi-Experimental</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PE.3 ¿En cuánto aumenta la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?</td> <td>OE.3 Determinar en cuánto aumenta la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.</td> <td>HE.3 La resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante aumenta satisfactoriamente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.</td> <td></td> <td>Resistencia a la penetración (CBR)</td> <td>Reducción de espesor de las capas</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicos:	Variable Independiente:							PE.1 ¿Cómo influye el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?	OE.1 Determinar cómo influye el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.	HE.1 El presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.		Costo beneficio	Presupuesto de materiales	Diseño: experimental	Observación	Ficha de recolección de datos (ENSAYOS)	PE.2 ¿Cuál es la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante para el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?	OE.2 Determinar cuál es la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante para el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.	HE.2 La dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020	Incorporación de caucho reciclado en la subrasante	% dosificación	10% de caucho triturado 20% de caucho triturado 30% de caucho triturado	Tipo de diseño: Cuasi-Experimental			PE.3 ¿En cuánto aumenta la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?	OE.3 Determinar en cuánto aumenta la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.	HE.3 La resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante aumenta satisfactoriamente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.		Resistencia a la penetración (CBR)	Reducción de espesor de las capas			
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicos:	Variable Independiente:																																											
PE.1 ¿Cómo influye el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?	OE.1 Determinar cómo influye el presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.	HE.1 El presupuesto de materiales con incorporación de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.		Costo beneficio	Presupuesto de materiales	Diseño: experimental	Observación	Ficha de recolección de datos (ENSAYOS)																																						
PE.2 ¿Cuál es la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante para el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?	OE.2 Determinar cuál es la dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante para el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.	HE.2 La dosificación óptima de caucho reciclado en la subrasante influye considerablemente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020	Incorporación de caucho reciclado en la subrasante	% dosificación	10% de caucho triturado 20% de caucho triturado 30% de caucho triturado	Tipo de diseño: Cuasi-Experimental																																								
PE.3 ¿En cuánto aumenta la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020?	OE.3 Determinar en cuánto aumenta la resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.	HE.3 La resistencia a la penetración (CBR) con incorporación de caucho reciclado en la subrasante aumenta satisfactoriamente en el diseño del pavimento flexible de la avenida María Parado de Bellido, Comas-2020.		Resistencia a la penetración (CBR)	Reducción de espesor de las capas																																									

AneAnexo 1659. Ensayo de Análisis Granulométrico

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	ESCALA DE MEDICIÓN	
Variable dependiente:	<p>Ubidia (2019) expuso que un pavimento flexible está constituido por varias capas, entre ellas se encuentra la capa de subbase, la capa de la base las que generalmente es de material granular y por encima de la base se encuentra una capa con poco espesor que es la carpeta asfáltica. A su vez, la sub rasante es el terreno natural que no forma parte de la estructura, pero si toda la estructura se apoya en ella.</p>	<p>Se va a medir en base a los resultados de los ensayos de suelos (suelo patrón) considerando los parámetros del Manual de Ensayos de Materiales MTC 2014, la guía AASHTO-93, Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos MTC 2014 y el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico MTC DG-2018.</p>	Estudios de tráfico	IMDS	1	Ordinal	
Diseño de pavimento flexible				Estudios de suelos	IMDA		2
					ESAL (EE)		3
			LP,LP,IP		4		
			Análisis granulométrico		5		
			Contenido de humedad		6		
			Clasificación SUCS		7		
			Clasificación AASHTO		8		
			Proctor modificado		9		
			CBR		10		
			Estudio pluviométrico		Temperatura media anual (°C)		11
				Precipitación media anual (mm)	12		
			Parámetros de diseño	Nivel de confiabilidad	13		
				Desviación estándar normal	14		
				Desviación estándar combinada	15		
				Índice de serviciabilidad presente	16		
				Serviciabilidad inicial	17		
				Serviciabilidad final	18		
				Número estructural	19		
Variable independiente:	<p>Patíño (2017) indicó que el caucho reciclado, conocido también como caucho triturado, proviene de los neumáticos fuera de uso del parque automotor, pasa por un proceso de molienda hasta obtener las partículas de caucho en diferentes dimensiones, las aplicaciones de este material son diversas, y el más importante es que trabaja como un polímero estabilizador en un suelo de baja resistencia a la penetración, propagando de esta manera ventajas ambientales y económicas.</p>	<p>Se va a medir en base a los resultados de los ensayos de suelos (suelo con tres diferentes porcentajes de caucho) considerando los parámetros del Manual de Ensayos de Materiales MTC 2014 y en base a cotizaciones.</p>	Costo beneficio	Presupuesto de materiales	20		
Incorporación de caucho reciclado en la subrasante			% dosificación	10% de caucho triturado	21		
				20% de caucho triturado	22		
				30% de caucho triturado	23		
			Resistencia a la penetración (CBR)	Reducción de espesor de las capas	24		

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

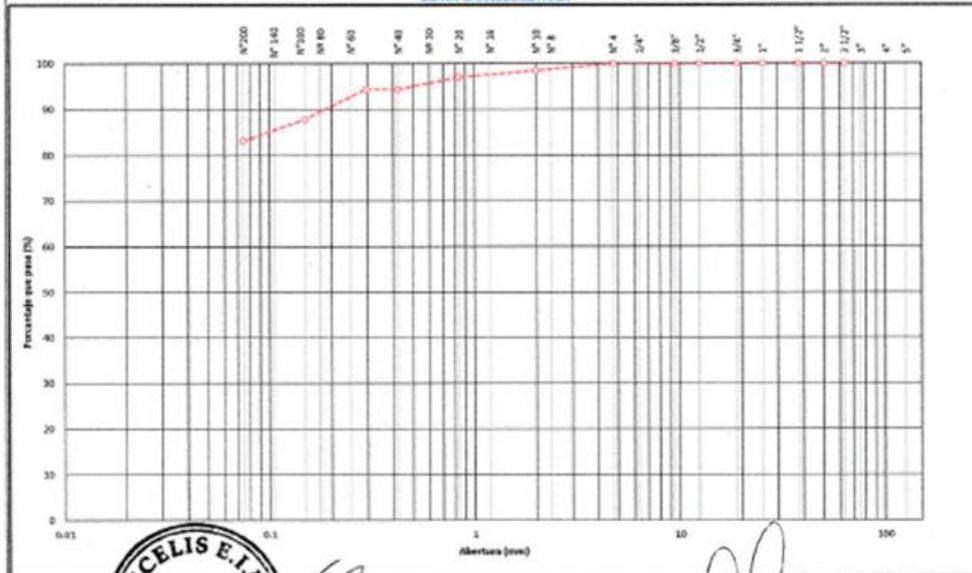
Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacífico - S.M.P.

Telf.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

REGISTRO DE CONTROL						INF. 254-2020	
LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D 422)						Fecha: 24/09/2020	
SOLICITA : GAMARRA MIRANDA BRIYHITH DE LOS ANGELES/ODRIA PAUCARJOSUE ULYSSES							
PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020 -UNIVERSIDAD: CESAR VALLEJO/SEDE LIMA - ESTE							
DATOS DE LA MUESTRA							
CALICATA : MUESTRA : SUELO PATRON							
TAMIZADO:		4.750 mm		Peso Inicial Seco:		400.0	
TAMIZ	HTC 8204 (mm)	RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						Contenido de Humedad (%): 29.3
3"	76.200						Límite Líquido (LL): 38.3
2 1/2"	63.500						Límite Plástico (LP): 25.4
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): 12.9
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Clasificación (SUCE): CL
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00		Cu: —
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00		Cc: —
1/2"	12.500	0.0	0.00	0.00	100.00		Clasificación (AASHTO): A-6(13)
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00	100.00		Índice de Grupo: 0
1/4"	6.350	0.0	0.00	0.00	100.00		Datos:
N° 4	4.750	0.0	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - N° 4: 0.00 %
N° 8	2.360	6.0	1.50	1.50	98.50		Arena N° 4 - N° 200: 16.88 %
N° 10	2.000	6.0	1.50	3.00	97.00		Finos < N° 200: 83.13 %
N° 16	1.190	5.0	1.25	4.13	95.88		Peso Fracción: 400.0 g
N° 20	0.840	4.5	1.13	5.63	94.38		Descripción:
N° 30	0.600	6.0	1.50	7.13	92.88		Arcilla de baja plasticidad CL
N° 40	0.425	6.0	1.50	8.63	91.38		
N° 50	0.297	0.0	0.00	8.63	91.38		
N° 60	0.250	11.0	2.75	9.38	88.63		
N° 80	0.177						
N° 100	0.150	15.0	3.75	12.13	87.88		
N° 140	0.106						
N° 200	0.075	19.0	4.75	16.88	83.13		
< N° 200	FONDO	332.5	83.13	100.00	0.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA



ASCELIS E.I.R.L.
Laboratorio de
Materiales
Téc. Laboratorio de Suelos
Concreto y Asfaltos

Juan Manuel Leiva Guerra
Ingeniero Civil CIP N° 74155

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.aicides@ascelis.com

REGISTRO DE CONTROL		INF. 254-2020			
LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (ASTM D2216)		Fecha: 24/09/2020			
SOLICITA : GAMARRA MIRANDA BRIVHITH DE LOS ANGELES/ODRÍA PAUCARJOSUE ULYSSES					
PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020" -UNIVERSIDAD: CESAR VALLEJO/SEDE LIMA - ESTE					
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA	:				
MUESTRA	: SUELO PATRÓN				
Descripción	Und.	Ensayos			
		Humedad Natural (Global)		Promedio (%)	Humedad > 3/8"
Tara	Nº	11	40		
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	452.5	560.0		
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	381.5	457.5		
Peso de Agua (A-B)	gr.	71.0	102.5		
Peso de Tara (D)	gr.	139.0	108.5		
Peso Neto de Material Seco (B-C)	gr.	242.5	349.0		
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	29.3	29.4	29.3	



Juan Manuel Lora Guerra
Ingeniero Civil CIP N° 74155

ASCELIS

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS

NTP 339.129 (99)

SOLICITANTE : GAMARRA MIRANDA BRIYHITH DE LOS ANGELES / ODRIA PAUCAR JOSUE ULYSSES	REGISTRO : 254/2020/ASCELIS
TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020" - UCV / LIMA ESTE	TÉCNICO : R.C.M.
UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA	FECHA : 25-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-01	
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50 CAUCHO : 0%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	20	12	29	2	30
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	29.88	29.39	29.48	23.52	20.28
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.59	25.60	24.82	21.69	18.69
PESO AGUA, g	4.29	3.79	4.64	1.83	1.59
PESO DE LA CÁPSULA, g	14.72	15.75	12.40	14.48	12.44
PESO SUELO SECO, g	10.87	9.85	12.42	7.23	6.25
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	39.47	38.48	37.36	25.31	25.44
NÚMERO DE GOLPES	16	24	35		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ

RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO, %	38.3
LÍMITE PLÁSTICO, %	25.4
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	12.9

OBSERVACIONES:

Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40 (0,425 mm).

ASCELIS E.I.R.L.

Téc. Laboratorista de Suelos
Concreto y Asfaltos

Juan Manuel Leiva Guerra
Ingeniero Civil CIP N° 74155

Anexo 1730. Ensayo de Proctor Modificado (suelo patrón)

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m³)

SOLICITANTE : GAMARRA MIRANDA BRIYHITH DE LOS ANGELES / ODRÍA PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020.ASCELIS
 TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020" - UCV / LIMA ESTE TÉCNICO : R.C.M.
 FECHA : 27-sep.-2020

UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA

REFERENCIAS DE LA CANTERA

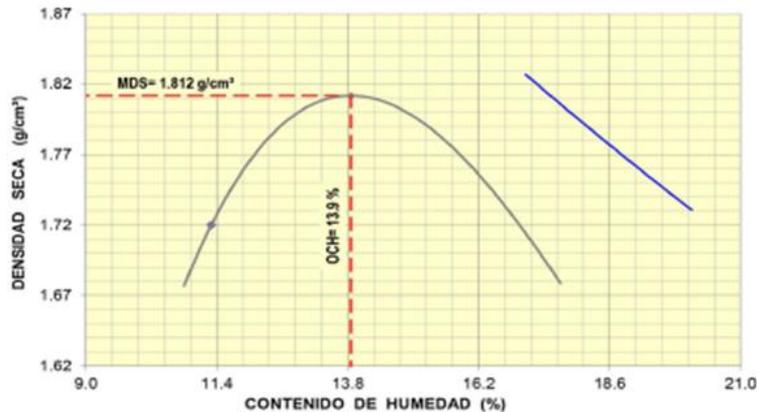
CALICATA : C-01

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50

CAUCHO : 0%

MUESTRA : M-01

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5607.0	5733.0	5746.0	5675.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1807.0	1933.0	1946.0	1875.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.914	2.048	2.061	1.986				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	584.3	513.2	553.5	575.3	601.7	606.0	598.8	591.4
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	545.9	480.2	512.6	531.8	547.3	550.6	537.5	533.9
09 - Peso del agua (g)	38.4	33.0	40.9	43.5	54.4	55.4	61.3	57.5
10 - Peso del tarro (g)	206.2	187.4	204.9	204.6	193.2	189.8	187.1	205.4
11 - Peso suelo seco (g)	339.7	292.8	307.7	327.2	354.1	360.8	350.4	328.5
12 - Contenido de Humedad (%)	11.30	11.27	13.29	13.30	15.36	15.36	17.49	17.50
13 - Promedio de Humedad (%)	11.3	13.3	15.4	17.5				
	1.720	1.808	1.786	1.690				



RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.812 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.9 %

OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



Téc. Laborantista de Suelos
 Concreto y Asfaltos

Juan Manuel Lavaredo Guerra
 Ingeniero Civil CIP N° 74155

Anexo 1774. Ensayo de CBR (suelo patrón)

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico
Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacífico - S.M.P.
Telf.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : GAMARRA MIRANDA BRIVHITH DE LOS ANGELES / ODRÍA PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020.ASCELIS
TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN TÉCNICO : R.C.M.
SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLEDO, COMAS 2020" - UCV / LIMA ESTE FECHA : 28-sep.-2020
UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLEDO - COMAS - LIMA

REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-01
MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 1.50

CAUCHO : 0%

MOLDE N°	15		16		17	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		24		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9227.0	9325.0	9067.0	9233.0	8766.0	9017.0
PESO DEL MOLDE, g	4950.0	4950.0	4957.0	4957.0	5017.0	5017.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4277.0	4375.0	4110.0	4276.0	3749.0	4000.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm ³	2073.0	2259.1	2077.0	2359.1	2092.0	2536.7
DENSIDAD HUMEDA, g/cm ³	2.063	1.937	1.979	1.813	1.792	1.577
DENSIDAD SECA	1.811	1.662	1.739	1.531	1.576	1.300
TARA N°	7	2	22	32	31	42
TARA + SUELO HUMEDO	509.5	629.0	570.3	588.5	585.3	615.4
TARA + SUELO SECO	470.4	567.2	524.0	529.0	539.0	540.2
PESO DEL AGUA	39.1	61.8	46.3	59.5	46.3	75.2
PESO DE LA TARA	188.4	190.5	189.4	205.4	200.1	187.1
PESO DEL SUELO SECO	282.0	376.7	334.6	323.6	338.9	353.1
% DE HUMEDAD	13.87	16.40	13.84	18.40	13.66	21.30
% PROMEDIO DE HUMEDAD	13.9	16.5	13.8	18.4	13.7	21.3

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN		
			pulg	mm	%	pulg	mm	%	pulg	mm	%
22/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	
26/09/2020	08:15 a. m.	4	0.610	10.20	8.98	0.950	15.47	13.58	0.960	24.38	21.26

ABSORCIÓN

MOLDE N°	15	16	17
Peso suelo húmedo + plato + molde, g	11530.0	11388.0	11146.0
Peso del plato + molde, g	7155.0	7112.0	7146.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4375.0	4276.0	4000.0
Peso suelo hum. sin embeber, g	4277.0	4110.0	3749.0
Peso del agua absorbida, g	98.0	166.0	251.0
Peso del suelo seco, g	3755.0	3611.6	3297.3
Absorción de agua, %	2.6	4.6	7.6

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm ²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm ²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm ²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm ²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		26.1	26.1	1.3	16.3	16.3	0.8	6.4	6.4	0.3
1.270	0.050		53.6	53.6	2.8	34.0	34.0	1.8	12.8	12.8	0.7
1.905	0.075		75.5	75.5	3.9	51.8	51.8	2.7	18.7	18.7	1.0
2.540	0.100	70.3	99.5	99.5	5.1	68.1	68.1	3.5	29.3	29.3	1.5
3.810	0.150		136.0	136.0	7.0	94.7	94.7	4.9	45.2	45.2	2.3
5.080	0.200	105.5	169.1	169.1	8.7	116.2	116.2	6.0	53.8	53.8	2.8
6.350	0.250		194.0	194.0	10.0	136.2	136.2	7.0	57.5	57.5	3.0
7.620	0.300		216.7	216.7	11.2	145.0	145.0	7.5	64.0	64.0	3.3
10.160	0.400		250.6	250.6	12.9	162.8	162.8	8.4	70.1	70.1	3.6
12.700	0.500		265.7	265.7	13.7	170.2	170.2	8.8	72.4	72.4	3.7

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.



ASCELIS E.I.R.L.
Téc. Laboratorista de Suelos
Concreto y Asfaltos

Juan Manuel Lozano Guerra
Ingeniero Civil CIP N° 74155

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico
Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Telf.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

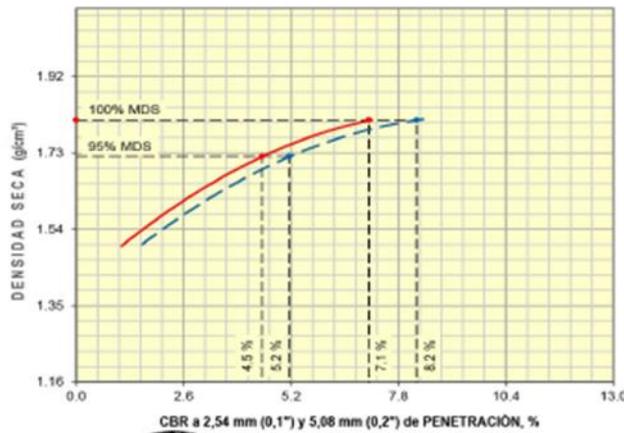
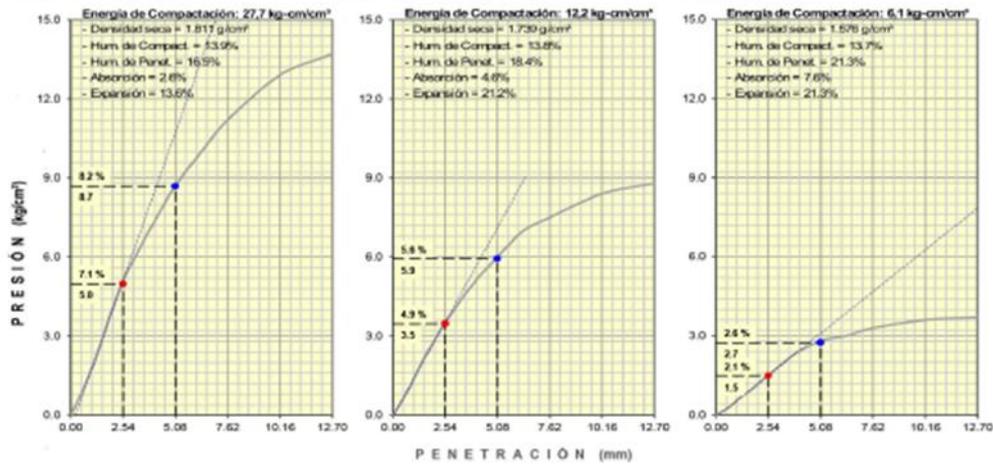
ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : GAMARRA MIRANDA BRYHITH DE LOS ANGELES / ODRÍA PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020.ASCELIS
TESS : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRA-SANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020" - UCV / LIMA ESTE TÉCNICO : R.C.M.
UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA FECHA : 28-sep-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA
CALCATA : C-01
MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 1.50

CAUCHO : 0%



RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (ASTM D-1557)

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.812
- Óptimo Cont. de Humedad, %	13.9

CBR (ASTM D-1883)

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1\") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	7,1
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	4,5
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2\") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	8,2
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	5,2

Caracterización del Suelo

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(13)

OBSERVACIONES:
MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



Téc. Laboratorio de Suelos
Concreto y Asfaltos

Juan Manuel Leiva Guerra
Ingeniero Civil CIP N° 74155

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacífico - S.M.P.

Telf.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m²)

SOLICITANTE : GAMARRA MIRANDA BRYHITH DE LOS ANGELES / ODRÍA PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020 ASCELIS
 TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN TÉCNICO : R.C.M.
 SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020" - UCV / LIMA ESTE FECHA : 27-sep-2020
 UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA

REFERENCIAS DE LA CANTERA

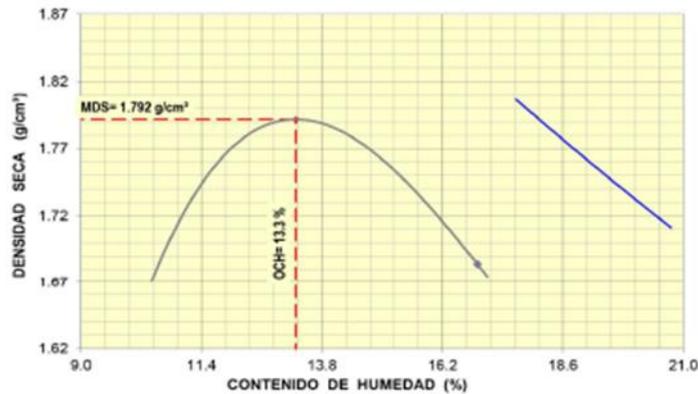
CALICATA : C-01

MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50

CAUCHO : 10.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5593.0	5711.0	5717.0	5659.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1793.0	1911.0	1917.0	1859.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.899	2.024	2.031	1.969				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	514.3	553.9	549.6	517.2	522.7	562.3	559.1	576.2
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	482.5	518.0	510.0	478.8	482.4	514.2	506.9	522.5
09 - Peso del agua (g)	31.8	35.9	39.6	38.4	40.3	48.1	52.2	53.7
10 - Peso del tarro (g)	192.4	188.7	206.9	184.0	206.8	187.4	197.6	204.9
11 - Peso suelo seco (g)	290.1	329.3	303.1	294.8	275.6	326.8	309.3	317.6
12 - Contenido de Humedad (%)	10.96	10.90	13.07	13.03	14.62	14.72	16.88	16.91
13 - Promedio de Humedad (%)	10.9		13.0		14.7		16.9	
	1.712		1.791		1.771		1.684	



RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.792 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.3 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



ASCELIS E.I.R.L.

Téc. Laboratorista de Suelos
 Concreto y Asfaltos

V⁶º ING^o

Juan Manuel Lora Guerra
 Ingeniero Civil CIP N° 74155

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : GAMAARRA MIRANDA BRYHITH DE LOS ANGELES / OORÍA PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 2542020/ASCELIS
 TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN TÉCNICO : R.C.M.
 SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020* - UCY / LIMA ESTE FECHA : 28-sep-2020
 UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA

REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-01

MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 1.50

CAUCHO : 10.0%

MOLDE N°	1		2		3	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	50		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9259.0	9339.0	9172.0	9356.0	8620.0	8861.0
PESO DEL MOLDE, g	4991.0	4991.0	5079.0	5079.0	4879.0	4879.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4268.0	4348.0	4093.0	4277.0	3741.0	3982.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2104.0	2372.8	2102.0	2449.6	2121.0	2510.1
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.029	1.832	1.947	1.746	1.764	1.586
DENSIDAD SECA	1.792	1.589	1.720	1.476	1.558	1.317
TARA N°	7	2	22	32	31	42
TARA + SUELO HUMEDO	564.0	608.7	587.8	584.2	539.6	669.1
TARA + SUELO SECO	520.3	553.2	541.5	533.9	499.9	587.1
PESO DEL AGUA	43.7	55.5	46.3	50.3	39.7	82.0
PESO DE LA TARA	188.4	190.5	189.4	205.4	200.1	187.1
PESO DEL SUELO SECO	331.9	362.7	352.1	328.5	299.8	400.0
% DE HUMEDAD	13.17	15.30	13.15	15.30	13.24	20.50
% PROMEDIO DE HUMEDAD	13.2	15.3	13.2	15.3	13.2	20.5

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	SE	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
26/09/2020	08:15 a. m.	4	0.580	14.73	12.78	0.750	19.05	16.54	0.840	21.34	16.35

ABSORCIÓN			
MOLDE N°	1	2	3
Peso suelo húmedo + plato + molde, g	11503.0	11389.0	11128.0
Peso del plato + molde, g	7156.0	7112.0	7146.0
Peso suelo húmedo embaldado, g	4348.0	4277.0	3982.0
Peso suelo hum. sin embaldado, g	4268.0	4093.0	3741.0
Peso del agua absorbida, g	80.0	184.0	241.0
Peso del suelo seco, g	3770.3	3615.7	3304.8
Absorción de agua, %	2.1	5.1	7.3

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		37.5	37.5	1.9	22.6	22.6	1.2	10.9	10.9	0.6
1.270	0.050		77.0	77.0	4.0	47.2	47.2	2.4	26.5	26.5	1.4
1.905	0.075		108.4	108.4	5.6	71.8	71.8	3.7	44.9	44.9	2.3
2.540	0.100	70.3	142.8	142.8	7.4	94.3	94.3	4.9	57.1	57.1	3.0
3.810	0.150		195.3	195.3	10.1	131.2	131.2	6.8	84.2	84.2	4.4
5.080	0.200	105.5	242.8	242.8	12.5	160.9	160.9	8.3	106.7	106.7	5.5
6.350	0.250		278.6	278.6	14.4	188.6	188.6	9.7	121.0	121.0	6.3
7.620	0.300		311.1	311.1	16.1	200.9	200.9	10.4	132.2	132.2	6.8
10.160	0.400		359.9	359.9	18.6	225.5	225.5	11.7	144.0	144.0	7.4
12.700	0.500		381.5	381.5	19.7	235.8	235.8	12.2	150.9	150.9	7.8

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL.



Téc. Laboratorio de Suelos
 Concreto y Asfaltos

VIB* ING*
 Juan Manuel Levesa Guerra
 Ingeniero Civil CIP N° 74155

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

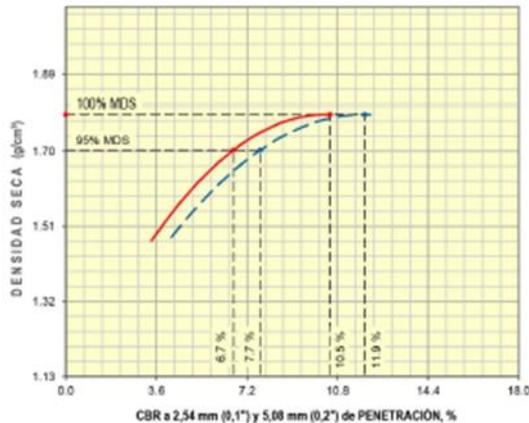
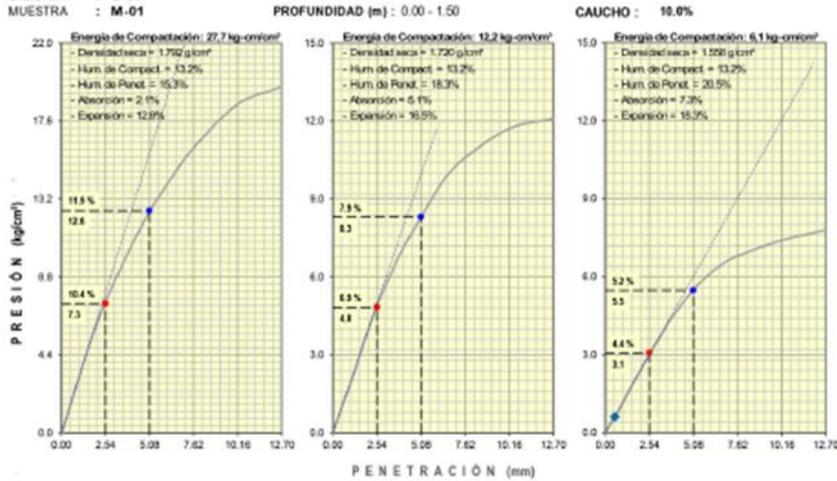
Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico
Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : GIMARRA MIRANDA BRITH DE LOS ANGELES / ODRÁ PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020.ASCELIS
 TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECYCLADO EN SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLO, COMAS 2020" - UCY / LIMA ESTE TÉCNICO : R.C.M.
 FECHA : 28-sep-2020
 UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLO - COMAS - LIMA

REFERENCIAS DE LA CANTERA
 CALCATA : C-01
 MUESTRA : M-01



RESULTADOS DE ENSAYOS	
Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.792
- Óptimo Cont. de Humedad, %	13.3
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2.54 mm (0.1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	10.5
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	6.7
- C.B.R. a 5.08 mm (0.2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	11.9
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	7.7
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(13)

OBSERVACIONES:
 MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



Téc. Laborantista de Suelos
 Concreto y Asfaltos

Juan Manuel Laveau Guerra
 Ingeniero Civil CIP N° 74155

Anexo 2024. Ensayo de Proctor Modificado (suelo con 20% de caucho)

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel.: 531 2407 Entel: 981226385 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m²)

SOLICITANTE : GAMARRA MIRANDA BRIYHITH DE LOS ANGELES / OORÍA PALICAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020. ASCELIS
 TESIS : *DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020* - UCV / LIMA ESTE TÉCNICO : R.C.M
 UBICACIÓN : .AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA FECHA : 05-oct-2020

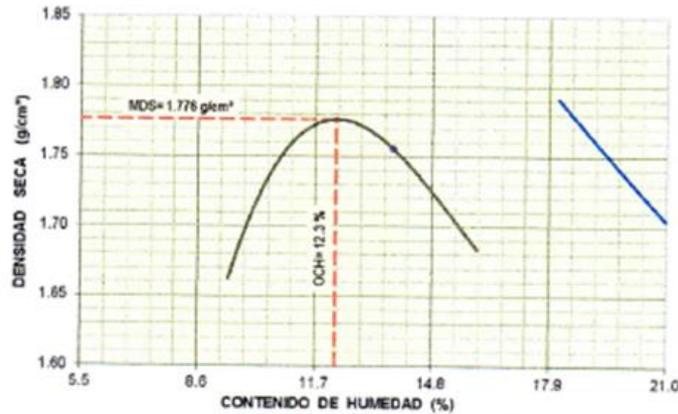
REFERENCIAS DE LA CANTERA

CAUCATA : C-01
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50

CAUCHO : 20.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5680.0	5673.0	5685.0	5648.0				
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1780.0	1873.0	1885.0	1848.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.871	1.984	1.997	1.959				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	549.0	519.6	564.3	525.7	577.0	529.8	590.1	547.8
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	516.6	491.3	526.2	460.0	531.1	496.6	543.1	496.3
09 - Peso del agua (g)	31.4	28.3	38.1	36.7	45.9	41.2	56.0	46.5
10 - Peso del tarro (g)	200.0	205.4	204.9	188.0	197.6	199.4	198.7	193.2
11 - Peso suelo seco (g)	316.6	286.9	321.3	302.0	333.5	299.2	354.4	306.1
12 - Contenido de Humedad (%)	9.92	9.90	11.86	11.82	13.75	13.77	15.60	15.84
13 - Promedio de Humedad (%)	9.9		11.8		13.8		15.8	
	1.702		1.776		1.755		1.821	



RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.776 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.3 %

OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



Téc. Laboratorio de Suelos
 Concreto y Asfaltos

Juan Manuel Leinosy Guerra
 Ingeniero Civil CIP N° 74155

VBP ING°

Anexo Anexo 2172. Temperatura máxima anual promedio (°C)

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL PACÍFICO - S.M.P.

Tel.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : GARRA MIRANDA BRYHITH DE LOS ANGELES / ODRIA PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 2542920, ASCELIS
 TEST : *DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN TÉCNICO : R.C.M
 SUBRA SANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020* - UCV / LIMA ESTE FECHA : 06-oct-2020
 UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA

REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 1.50

CAUCHO : 20.0%

MOLDE N°	7		8		9	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	50		26		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	867.0	901.0	823.0	845.0	898.0	862.0
PESO DEL MOLDE, g	483.0	483.0	495.0	495.0	514.0	514.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4136.0	4170.0	4280.0	4290.0	3614.0	3698.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	3075.0	2255.8	2212.0	2430.4	3085.1	2201.4
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	1.348	1.843	1.931	1.775	1.173	1.689
DENSIDAD SECA	1.176	1.634	1.705	1.668	1.545	1.366
TARA N°	3	22	12	21	34	31
TARA - SUELO HUMEDO	532.9	621.3	570.8	639.7	514.3	631.4
TARA - SUELO SECO	485.4	670.3	529.7	585.2	479.3	578.8
PESO DEL AGUA	37.5	51.0	41.1	53.5	35.0	54.8
PESO DE LA TARA	186.7	186.4	186.8	200.0	183.2	200.1
PESO DEL SUELO SECO	306.7	390.8	343.0	386.2	286.1	376.7
% DE HUMEDAD	13.23	13.40	12.08	13.00	12.23	14.50
% PROMEDIO DE HUMEDAD	13.4		12.1		13.9	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/09/2020	08 15 a.m.	0	0.000	0.00	5/8	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
26/09/2020	08 15 a.m.	4	0.360	9.91	8.70	0.450	11.43	9.42	0.570	12.95	11.33

ABSORCIÓN

MOLDE N°	7		8		9	
Peso suelo humedo + plato + molde, g	1124.0		11406.0		10834.0	
Peso del plato + molde, g	7165.0		7112.0		7148.0	
Peso suelo humedo embebido, g	4175.0		4286.0		3688.0	
Peso suelo hum sin embeber, g	4155.0		4226.0		3614.0	
Peso del agua absorbida, g	44.0		60.0		74.0	
Peso del suelo seco, g	366.4		3771.5		3221.0	
Absorción de agua, %	1.2		1.8		2.3	

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		81.7	81.7	4.2	60.0	60.0	3.4	44.8	44.8	2.3
1.270	0.050		167.7	167.7	8.7	136.0	136.0	7.1	102.2	102.2	5.6
1.905	0.075		236.1	236.1	12.2	210.0	210.0	10.8	164.8	164.8	8.5
2.540	0.100	70.3	311.1	311.1	16.1	278.0	278.0	14.3	216.2	216.2	12.2
3.810	0.150		425.5	425.5	22.0	364.0	364.0	19.8	309.7	309.7	16.0
5.080	0.200	105.5	511.6	511.6	26.4	470.9	470.9	24.3	362.5	362.5	20.3
6.350	0.250		587.0	587.0	30.3	552.0	552.0	28.5	445.0	445.0	23.0
7.620	0.300		655.5	655.5	33.9	600.0	600.0	31.8	485.0	485.0	25.1
10.160	0.400		799.3	799.3	39.2	660.0	660.0	34.1	529.5	529.5	27.4
12.700	0.500		904.0	904.0	41.5	690.0	690.0	35.6	554.8	554.8	28.7

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL



Juan Manuel Laveado Guerra
 Ingeniero Civil, CIP N° 74155

VPM INSP

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel.: 531 2407 Entel: 981226385 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

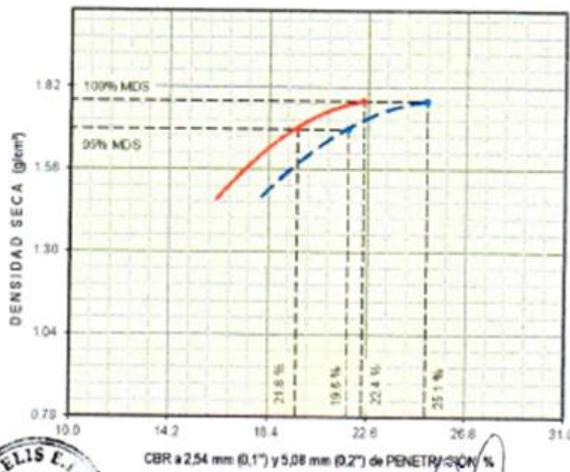
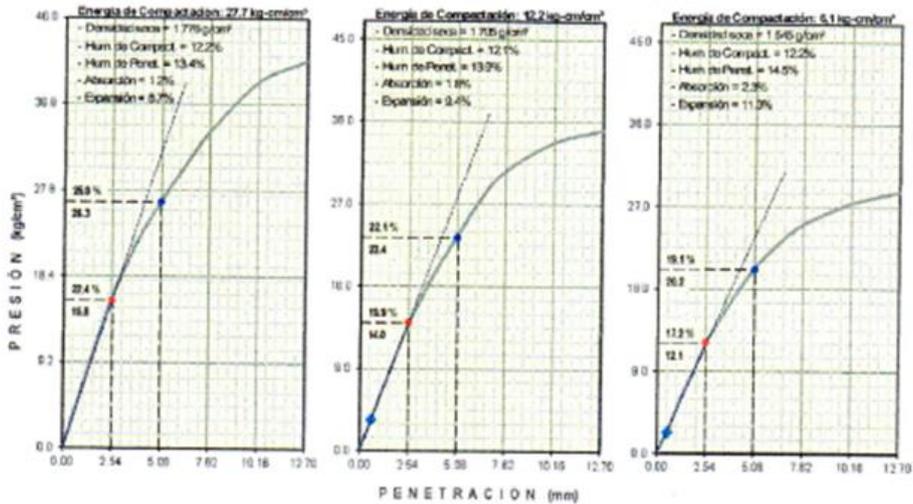
ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : GARRA MIRANDA BRYHITH DE LOS ANGELES / OORÁ PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020, ASCELIS
 TESIS : *DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020* - UCV / LIMA ESTE TECNICO : R.C.M
 UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA FECHA : 06-oct-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA
 CALCATA : C-01
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 1.50

CAUCHO : 20.0%



RESULTADOS DE ENSAYOS	
Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.776
- Optimo Cont. de Humedad, %	12.3
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2.54 mm (0.1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	22.4
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	19.6
- C.B.R. a 5.08 mm (0.2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	25.1
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	21.8
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(13)

OBSERVACIONES:
 MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



Téc. Laboratorio de Suelos
 Concreto y Asfalto

Juan Manuel Loraño Guerra
 Ingeniero Civil CIP N° 74155

V.P.P. ING°

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel: 531 2407 Entel: 981226385 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m²)

SOLICITANTE : GARRA MIRANDA BRYHITH DE LOS ANGELES / ODRÍA PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020 ASCELIS
 TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRASANTE AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020" - UCV / LIMA ESTE TÉCNICO : R.C.M
 UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA FECHA : 05-oct-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA

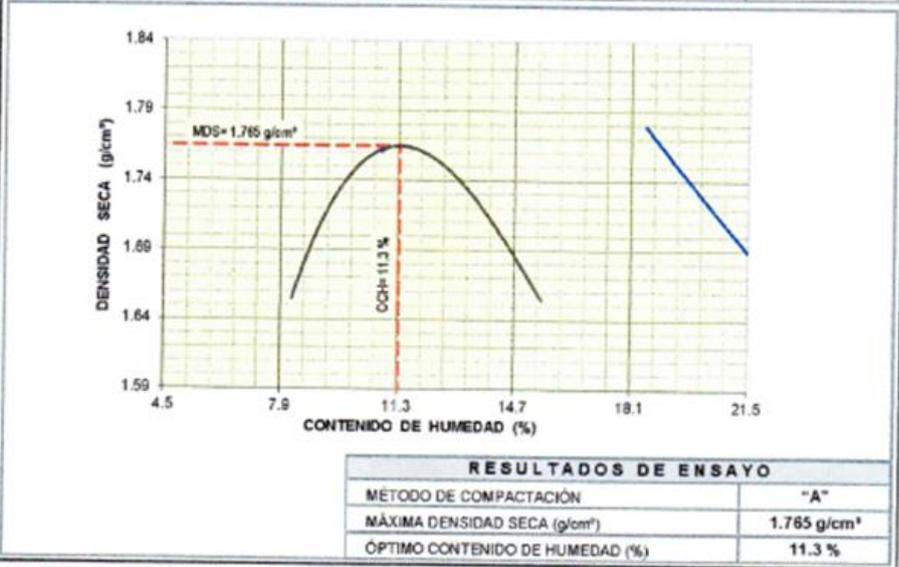
CAUCATA : C-01

MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.50

CAUCHO : 30.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5634.0	5643.0	5666.0	5610.0				
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1734.0	1643.0	1866.0	1810.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.837	1.562	1.966	1.917				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	513.0	549.3	553.6	579.2	546.3	519.6	584.7	539.2
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	489.5	521.7	517.4	541.3	505.0	482.7	532.2	487.0
09 - Peso del agua (g)	24.5	27.6	36.2	37.9	41.3	36.9	52.5	46.2
10 - Peso del tarro (g)	206.9	209.2	184.0	150.5	182.4	205.4	189.4	184.3
11 - Peso suelo seco (g)	281.6	315.5	333.4	360.8	312.6	277.3	342.8	300.7
12 - Contenido de Humedad (%)	8.70	8.75	10.66	10.80	13.21	13.31	15.32	15.26
13 - Promedio de Humedad (%)		8.7	10.9		13.3		15.3	
		1.630	1.702		1.735		1.633	



OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



Téc. Laboratorio de Suelos
 Coarcos y Atrialos

VB* ING°
 Juan Manuel Leiva Guerra
 Ingeniero Civil CIP N° 74155

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel.: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : GAMARRA MIRANDA BRYHITH DE LOS ANGELES / ODRÍA PAUCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020. ASCELIS
 TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRA SANTE A.V. MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020" - UCV / LIMA ESTE TÉCNICO : R.C.M
 UBICACIÓN : AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO - COMAS - LIMA FECHA : 06-oct-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 1.50

CAUCHO : 30.0%

MOLDE N°	4		5		6	
CAPAS N°	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	50		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9160.0	6216.0	6612.0	4016.0	7413.0	6516.5
PESO DEL MOLDE, g	5006.0	5005.0	4910.0	4910.0	4935.5	4935.5
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4154.0	4210.0	4002.0	4106.0	3477.5	3581.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2198.0	2207.4	2127.0	2254.5	2098.0	2340.1
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	1.981	1.909	1.982	1.786	1.705	1.632
DENSIDAD SECA	1.732	1.604	1.689	1.525	1.531	1.354
TARA N°	1	14	15	16	21	22
TARA + SUELO HUMEDO	992.4	617.7	571.2	576.6	521.3	506.2
TARA + SUELO SECO	551.9	570.9	533.5	520.8	489.5	517.8
PESO DEL AGUA	40.5	46.8	38.2	45.8	32.8	48.6
PESO DE LA TARA	152.4	304.0	197.8	304.8	200.0	349.4
PESO DEL SUELO SECO	360.5	308.0	335.9	309.0	289.5	339.2
% DE HUMEDAD	11.27	12.90	11.37	14.30	11.37	14.60
% PROMEDIO DE HUMEDAD	11.3	12.6	11.4	14.4	11.4	14.8

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
25/09/2020	08:15 a.m	0	0.000	0.00	0%	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
25/09/2020	08:15 a.m	4	0.462	11.46	9.89	0.461	12.47	10.70	0.650	16.51	14.77

ABSORCIÓN

MOLDE N°	4		5		6	
Peso suelo humedo + plato + molde, g	11365.0		11220.0		10730.0	
Peso del plato + molde, g	7165.0		7112.0		7148.0	
Peso suelo humedo embetido, g	4210.0		4106.0		3584.0	
Peso suelo hum. sin embetido, g	4154.0		4002.0		3477.5	
Peso del agua absorbida, g	58.0		106.0		106.5	
Peso del suelo seco, g	3732.3		3582.5		3121.8	
Absorción de agua, %	1.5		3.0		3.4	

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESION PATRON kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		67.0	67.0	3.5	55.0	55.0	2.8	36.8	36.8	1.9
1.270	0.050		137.4	137.4	7.1	115.0	115.0	5.9	89.7	89.7	4.6
1.905	0.075		193.6	193.6	10.0	175.0	175.0	9.0	151.8	151.8	7.8
2.540	0.100	70.3	255.0	255.0	13.2	230.0	230.0	11.9	193.2	193.2	10.0
3.175	0.125		348.8	348.8	18.0	320.0	320.0	16.5	264.9	264.9	14.7
3.810	0.200	105.5	433.6	433.6	22.4	392.5	392.5	20.3	361.1	361.1	19.7
4.445	0.250		497.4	497.4	25.7	460.0	460.0	23.8	409.4	409.4	21.2
5.080	0.300		555.5	555.5	28.7	490.0	490.0	25.3	447.1	447.1	23.1
5.715	0.400		642.6	642.6	33.2	550.0	550.0	29.4	487.1	487.1	25.2
6.350	0.500		691.3	691.3	35.2	575.0	575.0	29.7	510.4	510.4	26.4

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESIÓN DE CELDA DIGITAL



Téc. Laboratorio de Suelos
 Concreteo y Asfalto

Juan Manuel Lora Guerrero
 Ingeniero Civil CIP N° 74155

VºPº N°2

ASCELIS E.I.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis Técnico en Mecánica de Suelos

Estudio de Suelos, Ensayos Químicos, Perforación con Diamantina, Pruebas de Densidad y Análisis Granulométrico

Calle Simón Marius N° 156 3ra. Etapa Urb. EL Pacifico - S.M.P.

Tel: 531 2407 Entel: 981226386 E-mail: ascelis_97@hotmail.com - celis.alcides@ascelis.com

ASTM D1883-07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : GAMARRA MIRANDA BRYNTH DE LOS ANGELES / OORJA PALCAR JOSUE ULYSSES REGISTRO : 254/2020 ASCELIS
 TESS : *DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN SUBRASANTE AV. MARIA PARADO DE BELLO, COMAS 2020* - UCV / LIMA ESTE TÉCNICO : R.C.M.
 UBICACIÓN : AV. MARIA PARADO DE BELLO - COMAS - LMA FECHA : 08-oct-2020

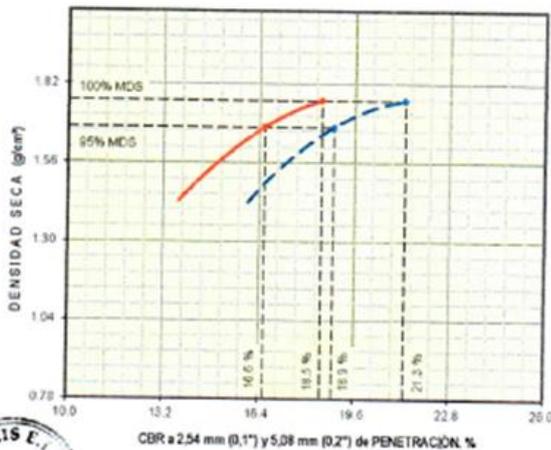
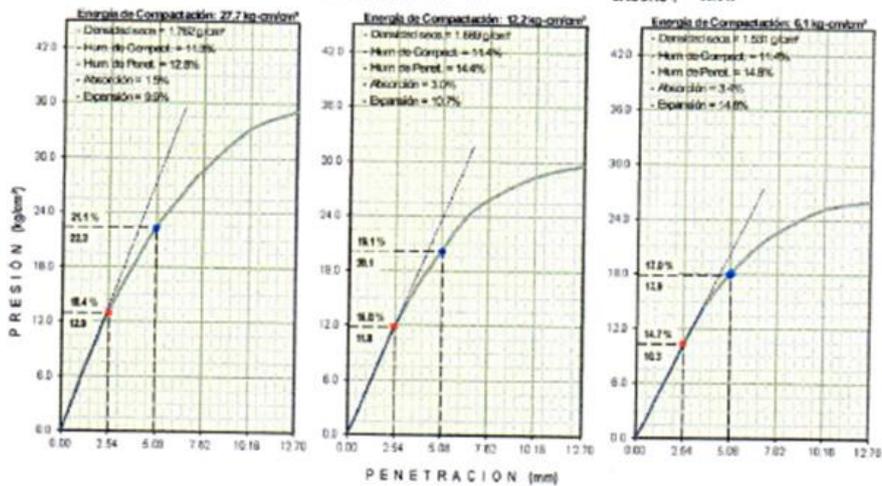
REFERENCIAS DE LA CANTERA

CAUCATA : C-01

MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 1.50

CAUCHO : 30.0%



RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (ASTM D-1557)

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.765
- Óptimo Cont. de Humedad, %	11.3

CBR (ASTM D-1883)

- C.B.R. a 2.54 mm (0.1") de Penetración	
C.B.R. al 100% de la M.D.S., %	18.5
C.B.R. al 95% de la M.D.S., %	16.8
- C.B.R. a 5.08 mm (0.2") de Penetración	
C.B.R. al 100% de la M.D.S., %	21.3
C.B.R. al 95% de la M.D.S., %	18.9

Caracterización del Suelo

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-4(15)

OBSERVACIONES:

MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



Laboratorio de Ensayos de Materiales
 Téc. Laboratorio de Suelos
 Concreto y Asfaltos

VPE N°
 Juan Manuel Lavado Guerra
 Ingeniero CIVIL N° 74155



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 011 - 2020

Página: 1 de 3

Expediente : 003-2020
Fecha de Emisión : 2020-01-13

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO "ASCELIS"
Dirección : CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA
URB. EL PACIFICO - S.M.P.

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS
Modelo : SP J6001
Número de Serie : 7129421065

Alcance de Indicación : 6000 g

División de Escala
de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2020-01-11

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO "ASCELIS"
CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA URB. EL PACIFICO - S.M.P.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 011 - 2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26,0 °C	26,1 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	IP-296-2019 LM-166-2019

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 26,0			Final 26,0		
	Carga L1= 3 000,0 g			Carga L2= 6 000,0 g		
	I(g)	ΔL(g)	E(g)	I(g)	ΔL(g)	E(g)
1	3 000,1	0,05	0,10	6 000,0	0,05	0,00
2	3 000,2	0,04	0,21	6 000,1	0,03	0,12
3	3 000,1	0,05	0,10	6 000,0	0,03	0,02
4	3 000,1	0,05	0,10	6 000,0	0,05	0,00
5	3 000,2	0,06	0,19	6 000,1	0,03	0,12
6	3 000,1	0,03	0,12	6 000,1	0,05	0,10
7	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,04	0,01
8	3 000,1	0,05	0,10	6 000,2	0,06	0,19
9	3 000,1	0,04	0,11	6 000,1	0,05	0,10
10	3 000,0	0,05	0,00	6 000,1	0,03	0,12
Diferencia Máxima	0,21			0,19		
Error máximo permitido ±	0,3 g			± 0,3 g		



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

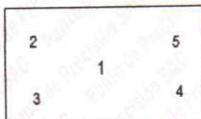
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 011 - 2020

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Table with columns: Posición de la Carga, Carga mínima (g), l(g), ΔL(g), Eo(g), Temp. (°C), Carga (g), l(g), ΔL(g), E(g), Ec(g). Includes sub-headers for Determinación de Eo and Determinación del Error corregido.

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Table with columns: Carga L(g), CRECIENTES (l(g), ΔL(g), E(g), Ec(g)), DECRECIENTES (l(g), ΔL(g), E(g), Ec(g)), emp(**). Includes temperature data: Temp. (°C) 26,0 26,1.

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

R_corregida = R - 0,0000307 x R

U_R = 2 * sqrt(0,00685 g^2 + 0,00000000909 x R^2)

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_e: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 013 - 2020

Página: 1 de 3

Expediente : 003-2020
Fecha de Emisión : 2020-01-13

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO "ASCELIS"
Dirección : CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA
URB. EL PACIFICO - S.M.P.

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : TAJ602

Número de Serie : 7128460365

Alcance de Indicación : 600 g

División de Escala
de Verificación (e) : 0,01 g

División de Escala Real (d) : 0,01 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2020-01-11

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO "ASCELIS"
CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA URB. EL PACIFICO - S.M.P.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 013 - 2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,9 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	IP-296-2019

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	25,5	25,6

Medición N°	Carga L1= 300,00 g			Carga L2= 600,00 g		
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	300,00	2	3	600,00	4	1
2	300,00	5	0	600,00	4	1
3	300,00	5	0	599,98	2	-17
4	300,00	7	-2	599,98	2	-15
5	300,00	7	-2	599,98	2	-17
6	299,99	6	-11	599,98	3	-18
7	299,99	7	-12	599,98	3	-18
8	299,99	5	-10	599,99	5	-10
9	299,99	7	-12	599,98	4	-19
10	299,99	7	-12	599,98	5	-20
Diferencia Máxima	15			21		
Error máximo permitido ±	30 mg			± 30 mg		



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

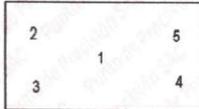


Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 013 - 2020
Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _g				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	Eo(mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)
1	0,10	0,09	4	-9	200,00	199,99	2	-7	2
2		0,09	2	-7		200,00	7	-2	5
3		0,09	7	-12		200,00	7	-2	10
4		0,10	9	-4		200,00	7	-2	2
5		0,09	9	-14		199,99	4	-9	5

(*) valor entre 0 y 10 e

Temp. (°C) Inicial Final
25,6 25,6

Error máximo permitido : ± 20 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)	
0,10	0,09	4	-9						10
0,20	0,19	2	-7	2	0,19	2	-7	2	10
5,00	4,99	7	-12	-3	4,96	4	-19	-10	10
20,00	19,99	2	-7	2	19,96	4	-19	-10	10
50,00	49,99	2	-7	2	49,99	7	-12	-3	10
100,00	99,99	2	-7	2	99,99	4	-9	0	20
150,00	149,99	2	-7	2	149,99	4	-9	0	20
200,00	200,00	7	-2	7	199,99	2	-7	2	20
400,00	400,00	2	3	12	399,99	7	-12	-3	30
500,00	500,00	7	-2	7	500,02	7	18	27	30
600,00	600,01	7	8	17	600,01	7	8	17	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000244 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,000114 \text{ g}^2 + 0,000000000776 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_e: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 012 - 2020

Página: 1 de 3

Expediente : 003-2020
Fecha de Emisión : 2020-01-13

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO "ASCELIS"
Dirección : CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA
URB. EL PACIFICO - S.M.P.

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : PATRICK'S

Modelo : NO INDICA

Número de Serie : NO INDICA

Alcance de Indicación : 10 kg

División de Escala
de Verificación (e) : 0,001 kg

División de Escala Real (d) : 0,001 kg

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2020-01-11

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO "ASCELIS"
CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA URB. EL PACIFICO - S.M.P.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 012 - 2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,4 °C	25,5 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	IP-296-2019 LM-166-2019 / LM-172-2019

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 5,000 kg			Carga L2= 10,000 kg		
	I(kg)	ΔL(g)	E(g)	I(kg)	ΔL(g)	E(g)
1	5,000	0,5	0,0	10,002	0,2	2,3
2	5,000	0,6	-0,1	10,001	0,4	1,1
3	5,000	0,3	0,2	10,001	0,3	1,2
4	5,000	0,6	-0,1	10,001	0,1	1,4
5	5,000	0,6	-0,1	10,001	0,4	1,1
6	5,000	0,5	0,0	10,001	0,6	0,9
7	5,000	0,4	0,1	10,001	0,2	1,3
8	5,000	0,6	-0,1	10,001	0,1	1,4
9	5,000	0,5	0,0	10,001	0,3	1,2
10	5,000	0,3	0,2	10,001	0,2	1,3
Diferencia Máxima	0,3			1,4		
Error máximo permitido ±	3 g			± 3 g		



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

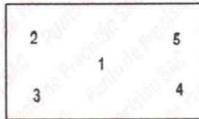
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 012 - 2020

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₂				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	l(kg)	ΔL(g)	E ₀ (g)	Carga (kg)	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)
1	0,010	0,010	0,3	0,2	3,000	3,000	0,5	0,0	-0,2
2		0,010	0,4	0,1		3,000	1,0	-0,5	-0,6
3		0,010	0,5	0,0		2,999	0,3	-0,8	-0,8
4		0,010	0,6	-0,1		3,000	0,1	0,4	0,5
5		0,010	0,4	0,1		3,000	0,6	-0,1	-0,2
Temp. (°C) Inicial: 25,4 Final: 25,4									
Error máximo permitido: ± 3 g									

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	
0,010	0,010	0,4	0,1						1
0,020	0,021	0,5	1,0	0,9	0,020	0,3	0,2	0,1	1
0,100	0,101	0,1	1,4	1,3	0,100	0,4	0,1	0,0	1
0,500	0,502	0,8	1,7	1,6	0,500	0,3	0,2	0,1	1
0,700	0,702	0,7	1,8	1,7	0,700	0,4	0,1	0,0	2
1,000	1,002	0,7	1,8	1,7	1,000	0,4	0,1	0,0	2
1,500	1,502	0,8	1,7	1,6	1,500	0,4	0,1	0,0	2
2,000	2,002	0,7	1,8	1,7	2,000	0,3	0,2	0,1	2
5,000	5,002	1,0	1,5	1,4	5,000	0,5	0,0	-0,1	3
8,000	8,003	0,6	2,9	2,8	8,002	0,9	1,6	1,5	3
10,000	10,002	0,6	1,9	1,8	10,002	0,6	1,9	1,8	3

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000376 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,000000549 \text{ kg}^2 + 0,0000000667 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en kg

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 005 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : T 008-2020
Fecha de emisión : 2020-01-15

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO "ASCELIS"
Dirección : CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA URB. EL PACIFICO - S.M.P.

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : TAMIEQUIPOS LTDA.
Modelo de Prensa : TCP038
Serie de Prensa : 505

Marca de Celda : ZEMIC
Modelo de Celda : H3-C3-5.0t.6B
Serie de Celda : J382535
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : NO INDICA
Modelo de Indicador : A12
Serie de Indicador : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO "ASCELIS"
CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA URB. EL PACIFICO - S.M.P.
14 - ENERO - 2020

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,6	27,4
Humedad %	65	65

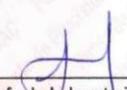
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 005 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	501,69	502,00	-0,34	-0,40	501,85	-0,37	-0,06
1000	1001,00	1002,00	-0,10	-0,20	1001,50	-0,15	-0,10
1500	1500,10	1500,85	-0,01	-0,06	1500,48	-0,03	-0,05
2000	1997,65	1997,85	0,12	0,11	1997,75	0,11	-0,01
2500	2495,68	2496,45	0,17	0,14	2496,07	0,16	-0,03
3000	2994,25	2996,15	0,19	0,13	2995,20	0,16	-0,06
3500	3495,80	3497,85	0,12	0,06	3496,83	0,09	-0,06
4000	3993,60	3994,20	0,16	0,15	3993,90	0,15	-0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 1,0023x - 3,1202$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

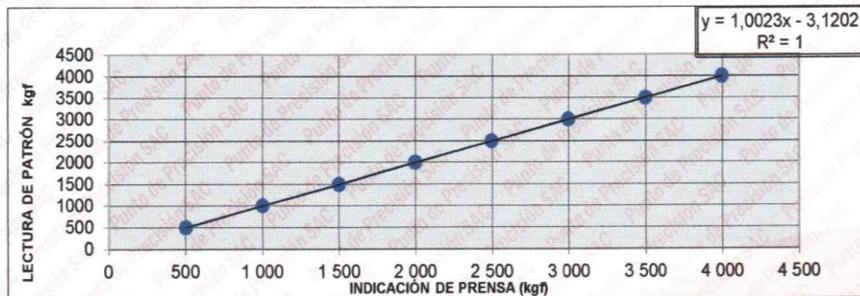
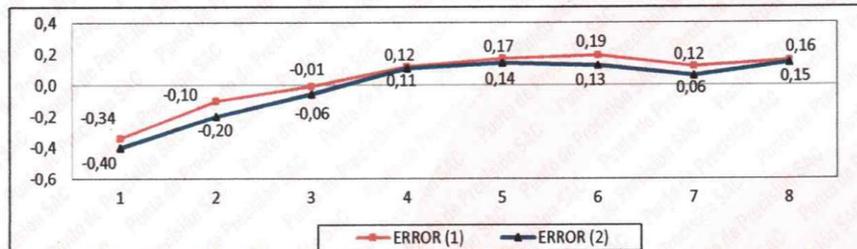


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 012 - 2020

Página : 1 de 4

Expediente : T 008-2020
Fecha de emisión : 2020-01-15

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO "ASCELIS"
Dirección : CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA URB. EL PACIFICO - S.M.P.

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : ANALÓGICO

Marca del Equipo : RR
Modelo del Equipo : H2356
Serie del Equipo : 225814
Capacidad del Equipo : 58 L

Marca de indicador : NO INDICA
Modelo de indicador : NO INDICA
Temperatura calibrada : 110 °C

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO "ASCELIS"
CALLE SIMON MARIUS N° 153 3RA ETAPA URB. EL PACIFICO - S.M.P.
14 - ENERO - 2020

4. Método de Calibración
La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 075 - 2018	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0564 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0565 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0566 - 2019	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,4	27,3
Humedad %	65	65

7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 012 - 2020

Página : 2 de 4

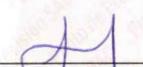
CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔT _{Max.} - T _{Min.} (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110	113,2	113,4	114,5	113,2	114,2	114,6	113,5	113,8	113,2	112,5	113,6	2,1
2	110	113,6	113,4	114,5	113,4	114,7	114,7	113,2	113,5	113,4	112,8	113,7	1,9
4	110	113,2	113,5	114,3	113,5	114,6	114,6	113,5	113,4	113,6	112,6	113,7	2,0
6	110	113,2	113,6	114,8	113,6	114,5	114,8	113,6	113,2	113,5	112,5	113,7	2,3
8	110	113,3	113,6	114,8	113,6	114,3	114,8	113,2	113,3	113,2	112,6	113,7	2,2
10	110	113,3	113,8	114,6	113,9	114,3	114,8	113,2	113,2	113,6	112,4	113,7	2,4
12	110	113,3	113,5	114,6	113,6	114,5	114,9	113,3	113,6	113,2	112,5	113,7	2,4
14	110	113,0	113,6	114,7	113,6	114,6	114,3	113,2	113,9	113,6	112,6	113,7	2,1
16	110	113,2	113,5	114,6	113,5	114,5	114,8	113,6	113,8	113,2	112,3	113,7	2,5
18	110	113,6	113,2	114,5	113,6	114,3	114,7	113,4	113,5	113,6	112,5	113,7	2,2
20	110	113,8	113,6	114,6	113,9	114,6	114,6	113,5	113,6	113,5	112,8	113,8	1,8
22	110	113,6	113,8	114,5	113,5	114,8	114,8	113,6	113,5	113,8	112,9	113,9	2,0
24	110	113,5	113,8	114,6	113,6	114,6	114,6	113,2	113,8	113,2	112,6	113,8	2,0
26	110	113,6	113,6	114,8	113,8	114,6	114,8	113,6	113,4	113,2	112,8	113,8	2,0
28	110	113,5	113,5	114,6	113,6	114,3	114,8	113,8	113,6	113,6	112,8	113,8	2,0
30	110	113,6	113,6	114,7	113,5	114,6	114,7	113,7	113,5	113,2	112,9	113,8	1,8
32	110	113,5	113,5	114,6	113,5	114,3	114,5	113,5	113,6	113,5	112,7	113,7	1,9
34	110	113,5	113,0	114,5	113,6	114,5	114,8	113,5	113,5	113,6	112,6	113,7	2,2
36	110	113,6	113,9	114,6	113,8	114,3	114,6	113,3	113,4	113,5	112,8	113,8	1,8
38	110	113,7	113,6	114,5	113,6	114,5	114,8	113,5	113,6	113,4	112,6	113,8	2,2
40	110	113,5	113,8	114,3	113,5	114,3	114,8	113,6	113,8	113,9	112,8	113,8	2,0
42	110	113,6	113,5	114,6	113,7	114,6	114,9	113,5	113,9	113,8	112,6	113,9	2,3
44	110	113,5	113,6	114,5	113,8	114,8	114,7	113,5	113,6	113,9	112,8	113,9	2,0
46	110	113,8	113,5	114,6	113,6	114,6	114,8	113,6	113,7	113,6	112,6	113,8	2,2
48	110	113,6	113,6	114,3	113,5	114,5	114,8	113,7	113,6	113,5	112,4	113,8	2,4
50	110	113,5	113,5	114,5	113,6	114,5	114,8	113,5	113,5	113,5	112,5	113,7	2,3
52	110	113,6	113,7	114,6	113,5	114,9	114,5	113,6	113,6	113,8	112,6	113,8	2,3
54	110	113,5	113,9	114,9	113,5	114,8	114,8	113,5	113,6	113,8	112,0	113,8	2,9
56	110	113,6	113,6	114,6	113,6	114,6	114,7	113,6	113,5	113,8	112,5	113,8	2,2
58	110	113,9	113,5	114,8	113,8	114,0	114,9	113,4	113,8	113,6	112,6	113,8	2,3
60	110	113,8	113,9	114,6	113,6	114,8	114,8	113,8	113,6	113,8	112,5	113,9	2,3
T. PROM	110,0	113,5	113,6	114,6	113,6	114,5	114,7	113,5	113,6	113,5	112,6	113,8	
T. MAX	110,0	113,9	113,9	114,9	113,9	114,9	114,9	113,8	113,9	113,9	112,9		
T. MIN	110,0	113,0	113,0	114,3	113,2	114,0	114,3	113,2	113,2	113,2	112,0		
DTT	0,0	0,9	0,9	0,6	0,7	0,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,9	0,4
Mínima Temperatura Medida	112,0	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,1	0,3
Estabilidad Media (±)	0,45	0,02
Uniformidad Media	2,9	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición
 Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.
 La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k = 2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631



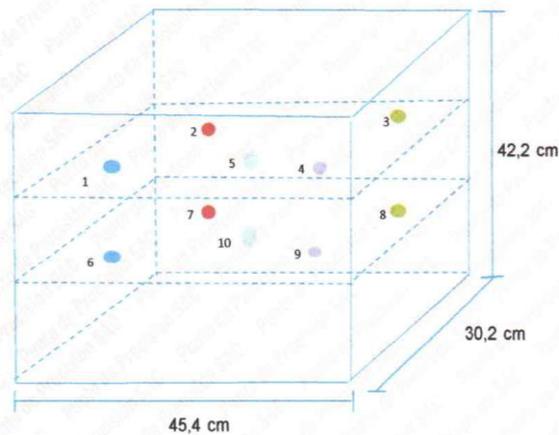
Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 012 - 2020

Página : 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demás sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura más alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Anexo 2972. Conteo vehicular (IMDS)



FORMATO RESUMEN DEL DIA - MIÉRCOLES
ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA	miércoles, 16 de Setiembre de 2020		
TRAMO DE LA CARRETERA	Av. María Parado de Bellido		
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ←	Av. Gerardo Unger
			E →

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL	%
		PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					
08 - 09	2	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	-	1	-	-	-	-	7	5.43%
09 - 10	5	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	10	7.75%
10 - 11	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	2	1	1	-	1	-	-	-	-	9	6.98%
11 - 12	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	2	-	-	-	-	9	6.98%
12 - 13	5	-	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1	2	-	-	1	-	14	10.85%
13 - 14	2	1	-	-	-	-	-	1	-	1	2	1	-	1	1	-	-	-	-	10	7.75%
14 - 15	1	3	-	-	-	-	1	2	-	-	-	1	-	1	2	-	-	-	-	11	8.53%
15 - 16	4	2	-	-	-	-	3	-	3	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	15	11.63%
16 - 17	-	3	-	-	-	-	2	1	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	9	6.98%
17 - 18	1	5	-	-	-	-	1	3	1	2	-	2	-	-	2	-	-	-	-	17	13.18%
18 - 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	2	-	-	-	-	5	3.88%
19 - 20	3	2	-	-	-	-	-	-	-	3	1	1	1	-	2	-	-	-	-	13	10.08%
TOTAL	27	19	0	0	0	0	12	8	5	9	10	11	6	4	17	0	0	1	0	129	100%
%	20.93%	14.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9.30%	6.20%	3.88%	6.98%	7.75%	8.53%	4.65%	3.10%	13.18%	0.00%	0.00%	0.78%	0.00%	100%	

FORMATO RESUMEN DEL DIA - JUEVES
ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA: Jueves, 24 de Septiembre de 2020

TRAMO DE LA CARRETERA				Av. María Parado de Bellido			
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ←	Av. Gerardo Unger	E →			

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL	%
		PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA VEH.																					
08 - 09	3	2	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	11	5%
09 - 10	4	5	-	-	-	-	3	1	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-	17	8%
10 - 11	2	1	-	-	-	-	4	3	-	-	1	1	1	-	2	-	-	-	-	15	7%
11 - 12	1	3	-	-	-	-	5	-	4	1	1	3	-	1	1	-	-	-	-	20	10%
12 - 13	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	2	-	1	1	1	-	-	-	-	10	5%
13 - 14	-	5	1	-	-	-	3	-	2	1	-	2	-	2	1	1	-	-	-	18	9%
14 - 15	2	3	-	-	-	-	-	2	1	2	2	2	-	1	3	-	-	-	-	18	9%
15 - 16	5	2	-	-	-	-	-	1	6	2	-	1	2	-	-	-	-	-	-	19	9%
16 - 17	1	1	-	-	-	-	2	4	3	1	-	2	-	1	-	-	1	-	-	16	8%
17 - 18	2	4	-	-	-	-	1	3	2	-	2	2	1	1	2	-	-	-	-	20	10%
18 - 19	3	-	-	-	-	-	3	5	1	1	1	-	2	1	3	1	-	-	-	21	10%
19 - 20	5	-	-	-	-	-	1	2	2	1	1	2	-	1	1	-	-	-	-	16	8%
TOTAL	28	26	1	0	0	0	27	24	21	10	11	16	7	9	17	2	1	0	1	201	100%
%	13.93%	12.94%	0.50%	0.00%	0.00%	0.00%	13.43%	11.94%	10.45%	4.98%	5.47%	7.96%	3.48%	4.48%	8.46%	1.00%	0.50%	0.00%	0.50%	100%	

FORMATO RESUMEN DEL DIA - VIERNES
ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA	viernes, 25 de Setiembre de 2020			
TRAMO DE LA CARRETERA	Av. María Parado de Bellido			
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ←	Av. Gerardo Unger	E →

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	%	
		PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
DIAGRA. VEH.																					
08 - 09	5	2	-	-	-	-	2	-	1	1	-	1	-	-	3	-	1	-	-	16	9%
09 - 10	2	1	-	-	-	-	4	-	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	11	6%
10 - 11	1	4	-	-	-	-	3	2	1	1	-	1	1	-	-	1	-	-	-	15	8%
11 - 12	-	2	-	-	-	-	5	1	3	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	16	9%
12 - 13	-	3	-	-	-	-	1	4	2	-	1	-	1	1	-	-	-	1	-	14	8%
13 - 14	4	-	-	-	-	-	2	3	2	1	2	1	-	1	-	-	-	1	-	17	9%
14 - 15	5	-	-	-	-	-	6	2	2	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	18	10%
15 - 16	1	1	-	-	-	-	2	-	2	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	9	5%
16 - 17	4	4	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	11	6%
17 - 18	2	3	-	-	-	-	-	2	2	1	-	2	-	-	4	-	-	-	-	16	9%
18 - 19	2	2	-	-	-	-	2	1	4	1	1	-	1	1	5	-	-	1	-	21	11%
19 - 20	1	5	-	-	-	-	1	2	2	1	1	1	1	1	3	-	-	1	-	20	11%
TOTAL	27	27	0	0	0	0	29	17	23	11	8	8	7	5	15	2	1	4	0	184	100%
%	14.67%	14.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	15.76%	9.24%	12.50%	5.98%	4.35%	4.35%	3.80%	2.72%	8.15%	1.09%	0.54%	2.17%	0.00%	100.00%	

FORMATO RESUMEN DEL DIA - SÁBADO
ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA	sábado, 26 de Septiembre de 2020		
TRAMO DE LA CARRETERA	Av. María Parado de Bellido		
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ←	Av. Gerardo Unger
			E →

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	%		
		PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3	
DIAGRA VEH.																						
08 - 09	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5%
09 - 10	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7%
10 - 11	5	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	9	11%
11 - 12	8	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	14	17%
12 - 13	2	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	3	-	1	-	2	-	-	-	12	15%
13 - 14	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4%
14 - 15	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	4	-	-	3	-	2	-	14	17%
15 - 16	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4%
16 - 17	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5%
17 - 18	5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	7	9%
18 - 19	1	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5%
19 - 20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2%
TOTAL	38	4	1	0	0	0	3	2	0	-	0	5	-	4	3	0	7	0	3	82	100%	
%	46%	5%	1%	0%	0%	0%	4%	2%	0%	-	0%	6%	-	5%	4%	0%	9%	0%	4%	85%		

FORMATO RESUMEN DEL DIA - DOMINGO ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA	domingo, 20 de Septiembre de 2020		
TRAMO DE LA CARRETERA	Av. María Parado de Bellido		
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ←	Av. Gerardo Unger
			E →

HORA	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	%	
		PICK UP	RURAL Combi			2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
DIAGRA. VEH.																						
08 - 09	1	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	11%
09 - 10	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3%
10 - 11	5	14	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	23	19%
11 - 12	1	5	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	8%
12 - 13	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	2	1	-	-	-	-	12	10%
13 - 14	1	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4%
14 - 15	5	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	13	11%
15 - 16	5	10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	18	15%
16 - 17	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	3%
17 - 18	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4%
18 - 19	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	5%
19 - 20	5	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	6%
TOTAL	33	60	0	0	0	0	4	2	6		4	0		3	3	2	0	0	3	120	100%	
%	28%	50%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	5%		3%	0%		3%	3%	2%	0%	0%	3%	100%		

FORMATO RESUMEN DEL DIA - LUNES
ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA	Lunes, 21 de Setiembre de 2020		
TRAMO DE LA CARRETERA	Av. María Parado de Bellido		
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ← Av. Gerardo Unger	E →

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL	%	
		PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA VEH.																						
08 - 09	5	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	13	7%
09 - 10	4	5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	14	8%
10 - 11	1	1	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	2	2	5	-	1	-	-	15	8%
11 - 12	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4	-	8	1	-	-	-	-	-	-	19	10%
12 - 13	5	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	13	7%
13 - 14	12	5	-	-	-	-	-	2	2	2	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	25	14%
14 - 15	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	6	1	-	-	2	5	-	17	9%
15 - 16	-	6	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	2	4	-	-	-	-	-	19	10%
16 - 17	-	3	1	-	-	-	2	-	3	-	2	-	3	-	-	1	-	-	-	-	15	8%
17 - 18	2	2	-	-	-	-	1	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	5%
18 - 19	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	2	4	-	-	-	-	-	3	14	8%
19 - 20	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	11	6%
TOTAL	40	24	2	0	0	0	6	1	16	13	9	0	5	24	7	8	0	3	8	185	100%	
%	22%	13%	1%	0%	0%	0%	3%	1%	9%	7%	5%	0%	13%	4%	4%	0%	2%	4%	87%			

FORMATO RESUMEN DEL DIA - MARTES
ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA	martes, 22 de Setiembre de 2020		
TRAMO DE LA CARRETERA	Av. María Parado de Bellido		
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ←	Av. Gerardo Unger
			E →

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	%		
		PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3	
DIAGRA. VEH.																						
08 - 09	1	8	-	-	-	-	-	1	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	18	8%
09 - 10	1	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	11	5%
10 - 11	5	2	-	-	-	-	1	1	-	6	1	-	-	6	-	1	7	-	1	31	14%	
11 - 12	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	1	-	-	14	6%	
12 - 13	8	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	5	-	-	-	-	2	-	3	23	11%	
13 - 14	7	2	-	-	-	-	-	-	-	4	5	-	-	3	-	6	-	1	-	28	13%	
14 - 15	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	2	2	-	2	14	6%	
15 - 16	7	1	-	-	-	-	-	1	-	2	2	-	-	4	-	2	1	6	-	24	11%	
16 - 17	-	8	-	-	-	-	5	1	2	7	-	-	-	1	-	-	-	-	-	24	11%	
17 - 18	2	7	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	15	7%	
18 - 19	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	-	8	4%	
19 - 20	1	1	-	-	-	-	2	1	-	1	-	-	-	2	-	1	-	-	-	9	4%	
TOTAL	37	49	0	0	0	0	10	3	3	19	5		20	0	18	19	8	8	219	100%		
%	17%	22%	0%	0%	0%	0%	5%	1%	1%	9%	2%		9%	0%	8%	9%	4%	4%	91%	100%		

RESUMEN SEMANAL



FORMATO RESUMEN SEMANAL ESTUDIO DE TRÁFICO

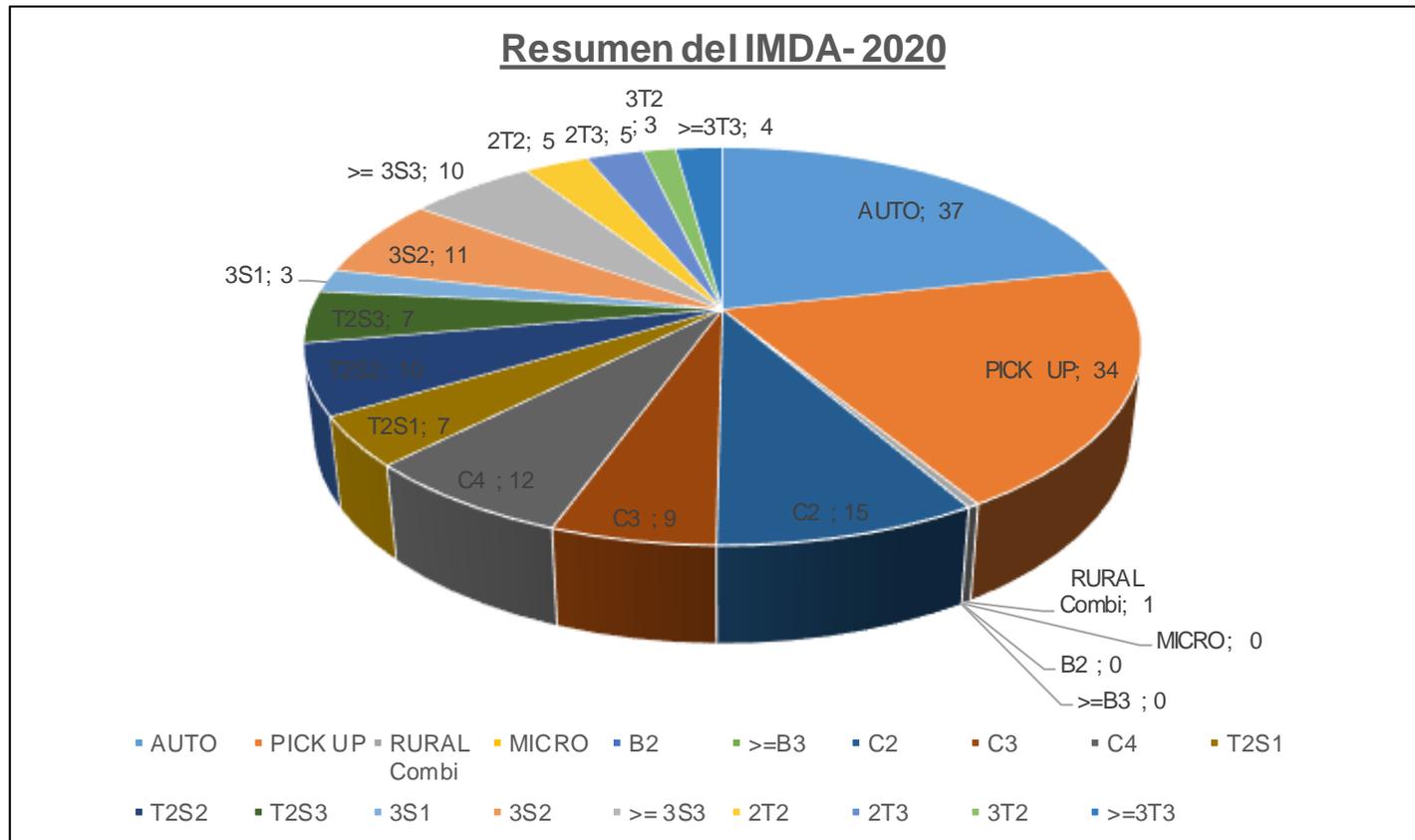
TRAMO DE LA CARRETERA	Av. María Parado de Bellido		
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ←	Av. Gerardo Unger
			E →

DIA	AUTO	CAMIONETAS			BUS		CAMION			SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL	Veh/dia
		PICK UP	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	281	282	283	381	382	>= 383	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIA																					
MIÉRCOLES	27	19	0	0	0	0	12	8	5	9	10	11	6	4	17	0	0	1	0	129	Veh/dia
JUEVES	28	28	1	0	0	0	27	24	21	10	11	16	7	9	17	2	1	0	1	201	Veh/dia
VIERNES	27	27	0	0	0	0	29	17	23	11	8	8	7	5	15	2	1	4	0	184	Veh/dia
SÁBADO	38	4	1	0	0	0	3	2	0	0	0	5	0	4	3	0	7	0	3	70	Veh/dia
DOMINGO	33	60	0	0	0	0	4	2	6	0	4	0	0	3	3	2	0	0	3	120	Veh/dia
LUNES	40	24	2	0	0	0	6	1	16	13	9	0	0	24	7	8	0	3	8	161	Veh/dia
MARTES	37	49	0	0	0	0	10	3	3	0	19	5	0	20	0	18	19	8	8	199	Veh/dia
PROMEDIO TOTAL	33	30	1	0	0	0	13	8	11	6	9	6	3	10	9	5	4	2	3	152	Veh/dia

RESUMEN DE CONTEO DE TRÁFICO SEMANAL Y ANUAL
ESTUDIO DE TRÁFICO

TRAMO DE LA CARRETERA	Av. María Parado de Bellido			
SENTIDO	Av. Tamborillo	O ←	Av. Gerardo Unger	E →

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL			
		PICK UP	RURAL Combi		B2	>=B3	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3	
DIAGRA VEH.																						
IMDS	33	30	1	0	0	0	13	8	11	6	9	6	3	10	9	5	4	2	3	152	Veh/dia	
Fe %	13																					
IMDA 2020	37.13	33.74	0.65	0.00	0.00	0.00	14.69	9.20	11.95	6.94	9.85	7.26	3.23	11.14	10.01	5.17	4.52	2.58	3.71	172	Veh/dia	
r= 3%	3																					
n= 4 años	4																					
IMDA 2024	41.79	37.97	0.73	0.00	0.00	0.00	16.53	10.36	13.45	7.81	11.08	8.18	3.63	12.54	11.26	5.81	5.09	2.91	4.18	193	Veh/dia	



Anexo 2996. Temperatura máxima anual promedio (°C)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Promedio°C
1991	26.53	27.71	28.21	26.06	22.21	20.07	17.79	21.21	19.53	20.88	24.91	25.22	23.36
1992	27.00	27.96	28.79	26.08	24.50	19.77	16.86	17.70	21.53	21.06	23.49	24.90	23.30
1993	26.98	29.49	29.23	26.60	25.60	24.87	24.39	23.05	21.53	21.06	23.45	24.86	25.09
1994	26.71	28.99	29.46	27.26	23.51	19.82	18.70	18.80	21.53	21.06	22.60	24.18	23.55
1995	26.84	28.35	28.65	26.35	24.31	19.58	21.61	23.52	25.81	27.49	28.96	29.28	25.90
1996	26.72	27.51	28.52	26.08	22.99	17.48	17.81	19.16	20.49	21.67	21.89	25.13	22.95
1997	27.02	29.49	29.23	26.60	25.60	24.87	24.39	23.05	23.10	23.10	24.02	26.22	25.56
1998	28.01	29.09	29.80	28.87	24.28	21.32	20.06	18.92	20.60	22.31	23.38	24.82	24.29
1999	26.65	28.33	28.63	26.79	24.28	20.38	18.67	19.86	21.19	22.80	23.42	24.59	23.80
2000	25.80	28.65	28.70	28.05	23.12	18.41	17.66	18.29	20.54	22.35	23.45	24.86	23.32
2001	26.71	28.99	29.46	27.20	22.52	18.40	17.77	18.47	19.58	21.61	23.49	25.77	23.33
2002	27.49	28.84	29.60	26.88	25.15	19.44	16.82	17.21	20.34	23.31	23.63	25.51	23.69
2003	26.11	29.23	29.18	26.97	24.18	21.72	19.73	19.31	19.46	22.95	24.44	25.76	24.09
2004	28.12	29.83	28.63	27.70	24.15	18.92	19.58	20.24	21.42	23.24	24.27	27.00	24.42
2005	28.41	30.36	27.80	25.18	19.72	19.61	19.28	20.28	19.29	23.28	23.78	25.77	23.56
2006	29.02	30.54	30.24	27.73	24.88	20.99	19.84	19.75	21.88	22.68	24.13	24.95	24.72
2007	27.45	29.83	29.37	27.81	24.86	20.87	18.17	17.29	18.93	23.31	23.63	25.31	23.90
2008	28.30	30.24	30.07	24.02	26.22	28.16	28.81	30.05	28.57	23.85	21.81	24.86	27.08
2009	28.49	30.31	30.95	29.61	22.03	20.80	18.40	20.44	20.88	23.60	24.02	26.22	24.65
2010	28.01	29.09	29.80	28.87	24.28	21.32	18.40	20.44	21.20	22.09	24.04	26.06	24.47
2011	28.13	30.39	30.47	28.56	22.59	20.99	18.04	17.93	21.07	22.83	24.26	26.00	24.27

FUENTE: Senamhi 2020

Anexo 3008. Temperatura mínima anual promedio (°C)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Promedio°C
1991	19.09	19.48	20.50	18.01	16.42	14.75	13.66	15.54	13.86	14.60	16.75	18.20	16.74
1992	19.35	20.31	21.37	20.39	17.90	15.50	13.65	13.45	13.65	14.25	16.28	16.77	16.91
1993	18.25	18.47	18.81	17.66	17.01	17.28	16.83	16.80	13.65	14.25	15.51	18.65	16.93
1994	20.38	22.26	22.33	19.60	15.56	14.61	13.24	12.88	13.65	14.25	15.39	17.44	16.80
1995	19.49	19.75	19.35	17.56	15.97	13.73	14.47	14.70	16.39	18.24	20.02	20.25	17.49
1996	18.64	17.91	18.85	16.80	14.44	12.27	11.64	12.42	12.55	13.14	13.78	15.95	14.86
1997	18.26	18.47	29.23	17.66	17.01	17.28	16.83	16.80	16.85	15.91	17.19	19.46	18.41
1998	21.35	21.98	21.23	19.45	16.78	15.41	14.04	13.06	12.89	13.56	14.66	16.23	16.72
1999	17.81	20.12	19.50	17.72	15.57	13.29	12.59	12.65	12.95	14.17	14.93	16.81	15.68
2000	19.68	21.21	21.21	20.13	16.65	14.53	14.12	13.86	14.08	15.15	15.51	18.65	17.06
2001	20.38	22.26	22.33	19.64	16.61	14.35	13.64	13.14	13.73	14.47	14.70	16.34	16.80
2002	18.24	19.97	20.30	18.94	16.26	13.03	12.16	11.94	12.57	14.18	14.73	17.11	15.79
2003	18.12	20.09	19.60	17.67	15.54	12.81	12.94	12.31	12.52	14.02	15.40	16.65	15.64
2004	18.87	20.15	19.50	18.59	15.33	12.00	12.39	12.45	13.24	13.89	15.50	18.15	15.84
2005	19.30	20.25	19.03	16.01	13.09	13.11	12.66	12.69	12.62	13.87	14.38	16.57	15.30
2006	19.56	20.31	20.17	18.98	15.53	13.07	13.31	13.26	13.37	13.65	14.64	16.13	16.00
2007	18.90	19.68	19.49	18.91	15.90	12.28	12.00	11.68	11.95	14.18	14.73	15.82	15.46
2008	18.83	19.73	19.83	17.19	19.46	21.33	21.99	21.15	19.23	16.67	15.60	18.65	19.14
2009	18.92	19.86	20.12	19.79	13.08	12.60	12.27	12.06	12.98	13.93	17.19	19.46	16.02
2010	21.35	21.98	21.23	19.45	16.78	15.41	12.27	12.06	12.37	13.12	13.71	15.85	16.30
2011	18.65	19.91	19.95	19.44	13.79	12.90	12.87	12.42	12.92	13.35	13.91	15.85	15.50

FUENTE: Senamhi 2020

Anexo 3020. Precipitación mensual y anual promedio (mm)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Promedio (mm)
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
1992	0.00	0.06	0.00	0.11	0.00	0.04	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.01	0.00	0.01
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
2002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.16	0.19	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.02
2004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.07	0.00	0.01	0.00	0.01
2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
2007	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.25	0.14	0.00	0.00	0.00	0.05
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2009	0.01	0.05	0.00	0.00	0.12	0.10	0.23	0.02	0.13	0.02	0.00	0.00	0.06
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
2011	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.29	0.38	0.06	0.02	0.05	0.00	0.08

FUENTE: Senamhi 2020

Anexo 3032. Conteo vehicular

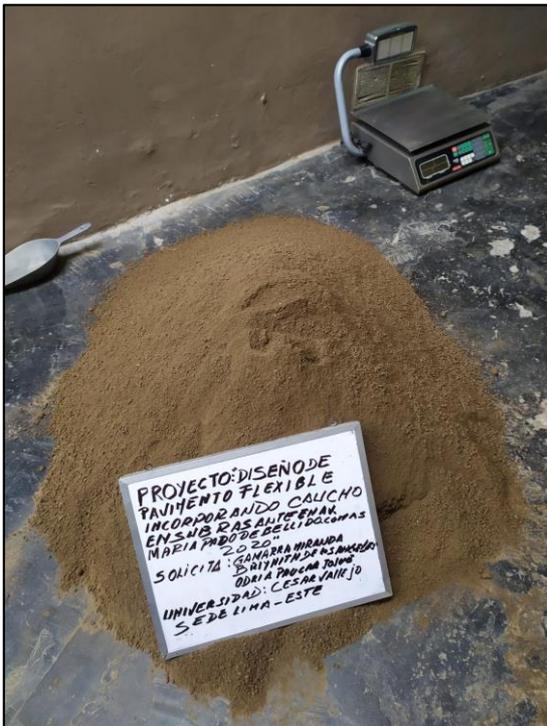


Anexo 3044. Recolección de la muestra de la C-1





Anexo 3056. Suelo patrón



Anexo 3068. Ensayo de CBR con 10% de caucho triturado



Anexo 3080. Ensayo de CBR con 20% de caucho triturado



Anexo 3092. Ensayo de CBR con 30% de caucho



Anexo 3104. Caucho triturado de 2.5mm de la empresa Nort Sul S.R.L





ACTA DE RECEPCIÓN DE MATERIALES

Siendo las 10:00 horas del día 18 del mes de Setiembre de 2020, en las instalaciones de la empresa NORT SUL S.R.L, ubicadas en calle Los Nogales urb. Shangrila lote. 5 mz. L / Lima - Lima - Puente Piedra, se reunieron las personas que a continuación se mencionan para levantar la presente acta, cuyo objeto es hacer constar la entrega del material de apoyo a los participantes del curso de Desarrollo del Proyecto de Investigación de la Universidad Cesar Vallejo Sede Lima Este (ver lista anexa de los materiales):

GAMARRA MIRANDA, BRIYHITH DE LOS ANGELES identificado con DNI N° 76578995 y ODRIA PAUCAR, JOSUE ULYSSES identificado con DNI N°73829873, alumnos del curso de Desarrollo del Proyecto de Investigación.

CANAUIRE MAMANI, NORMA, representante de la empresa NORT SUL S.R.L, quien ocupa el cargo de Gerente General.

Estando de acuerdo con lo anteriormente expuesto, firman de conformidad la presente acta los que en ella intervinieron.

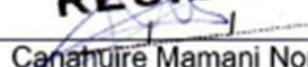
REPRESENTANTES DEL GRUPO

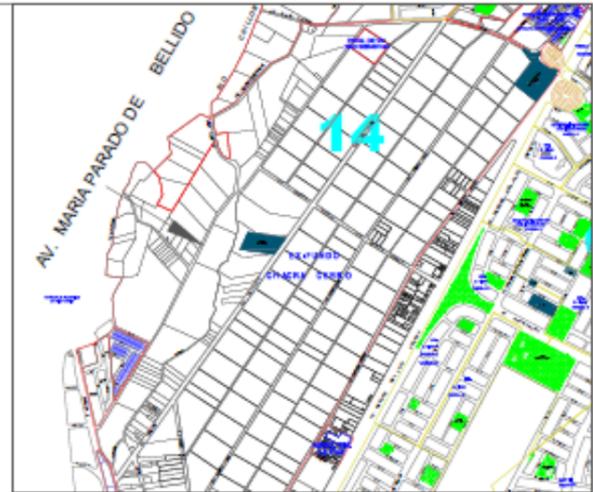
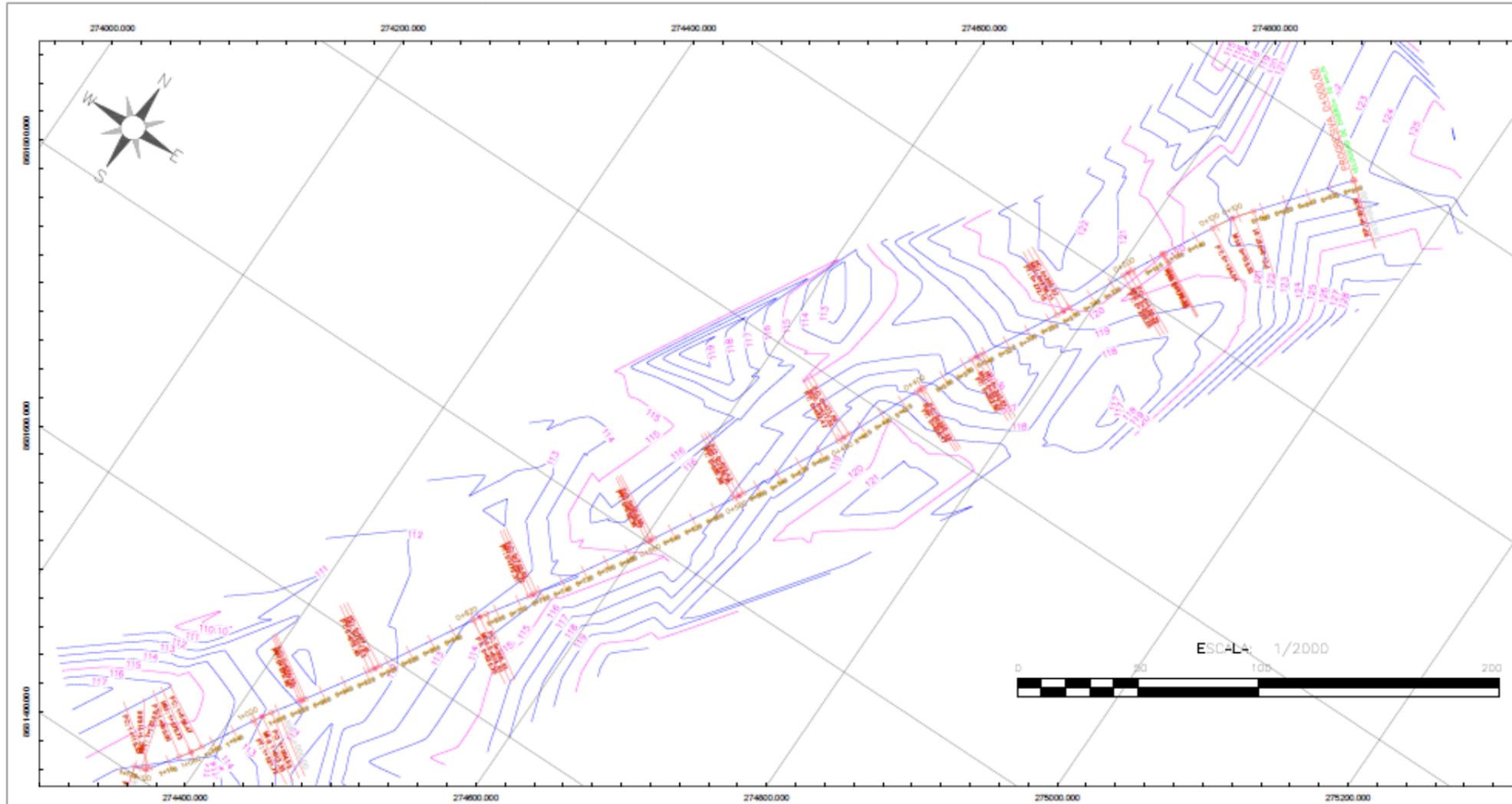

Gamarra Miranda, Briyhith de los Angeles
76578995


Odría Paucar, Josue Ulysses
73829873

REPRESENTANTE DE LA EMPRESA

NORT SUL S.R.L.
RECIBIDO


Canahuire Mamani Norma



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

UBICACION
 REGION: LIMA
 PROVINCIA: LIMA
 DISTRITO: COMAS
 DIRECCION: AV. MARIA PARADO DE BELLIDO

TITULO : " DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACION DE CAUCHO RECICLADO EN LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA MARIA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020"

PROFESIONAL: GAMARRA MIRANDA, BRIYTH DE LOS ANGELES

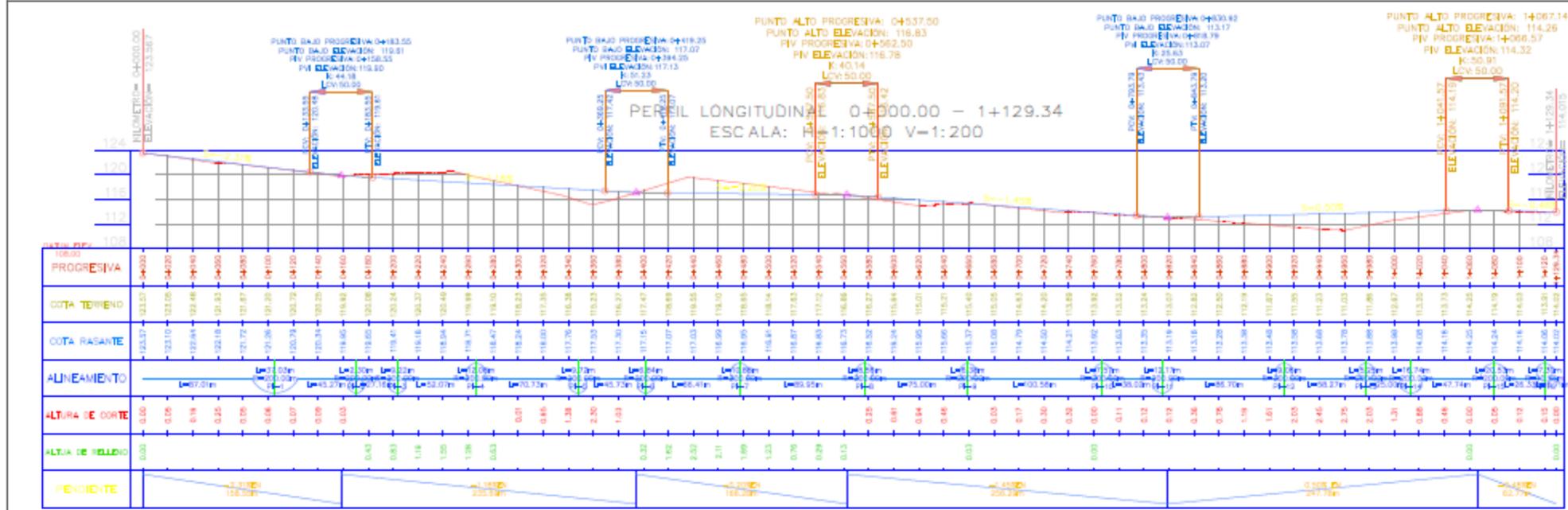
PROFESIONAL: ODRIA PAUCAR, JOSUÉ ULYSSES

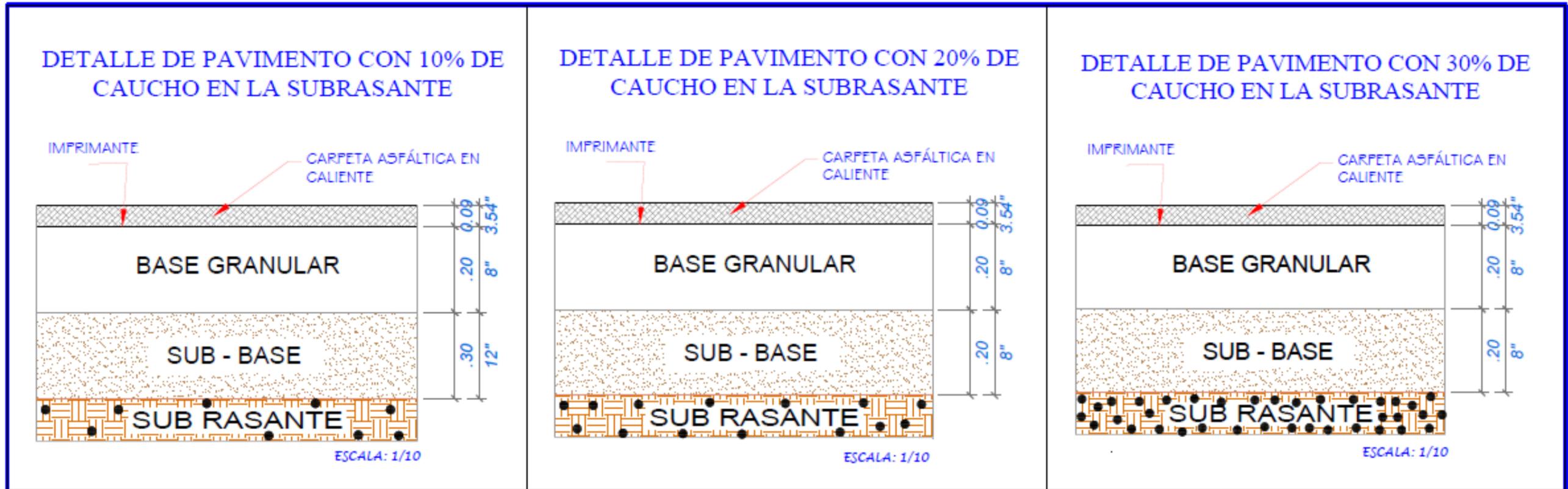
ASESOR: ING, CESAR AUGUSTO, PACCHA RUFASTO

PLANO:
 PLANTA Y PERFIL

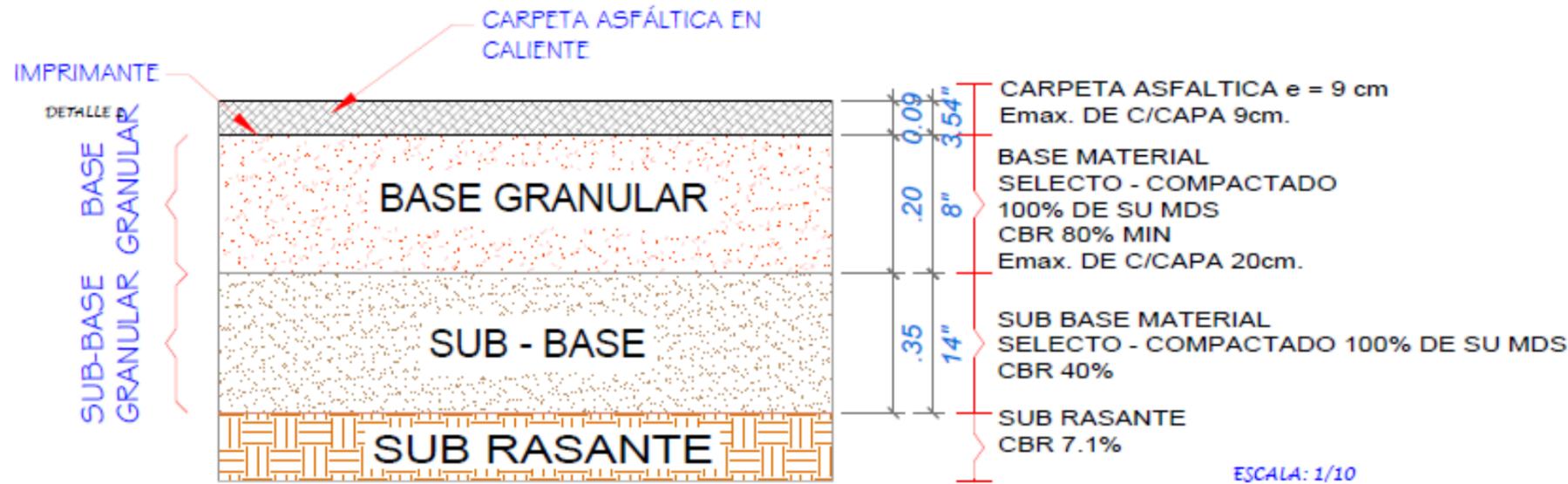
P-01

ESCALA: 1:2000



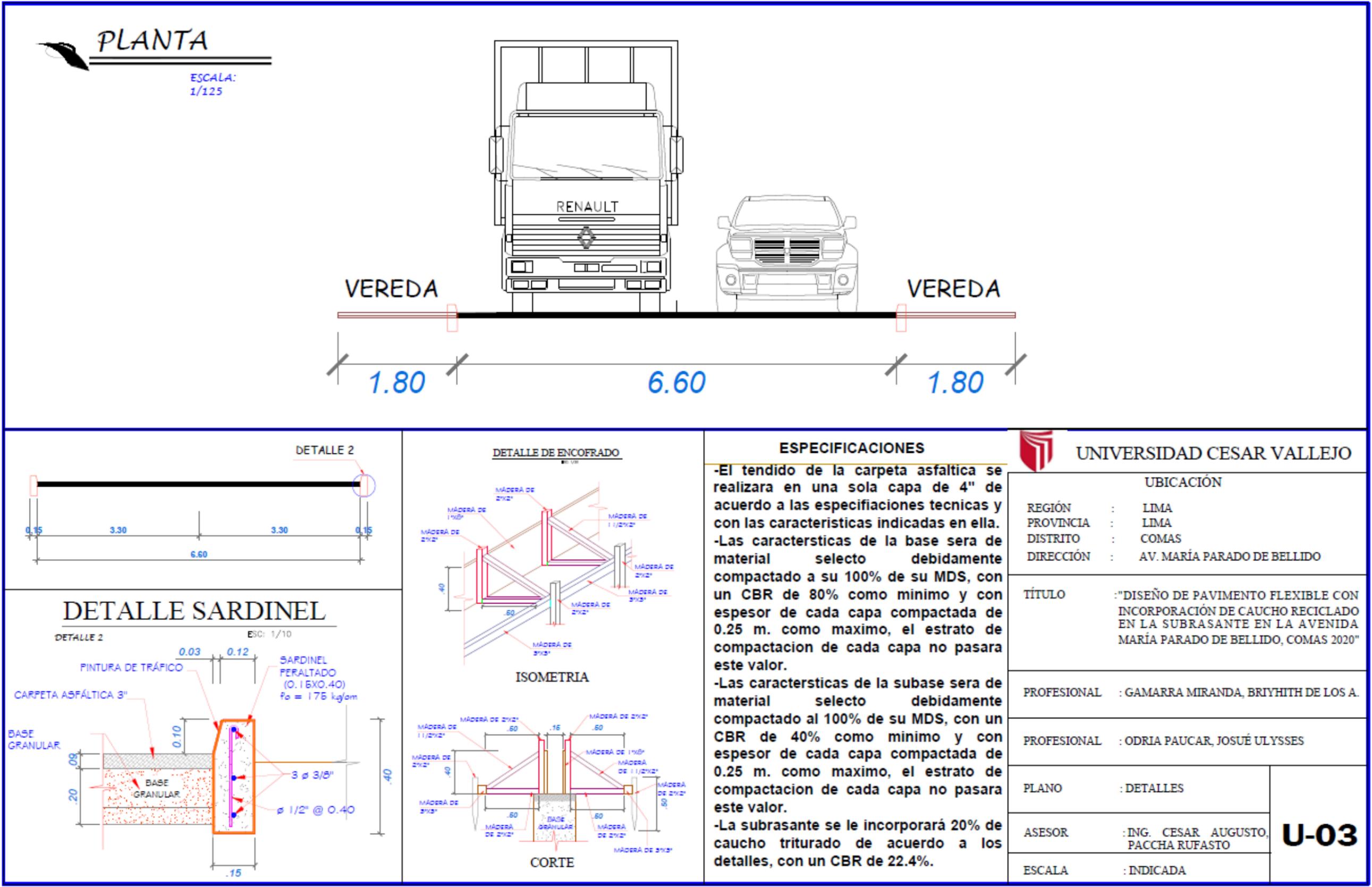


DETALLE DE PAVIMENTO PATRÓN



 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
UBICACIÓN	
REGIÓN :	LIMA
PROVINCIA :	LIMA
DISTRITO :	COMAS
DIRECCIÓN :	AV. MARÍA PARADO DE BELLIDO
TÍTULO :	"DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA MARÍA PARADO DE BELLIDO, COMAS 2020"
PROFESIONAL :	GAMARRA MIRANDA, BRIYHITH DE LOS A.
PROFESIONAL :	ODRIA PAUCAR, JOSUÉ ULYSSES
PLANO :	DETALLES DE CAPAS
ASESOR :	ING. CESAR AUGUSTO, PACCHA RUFASTO
ESCALA :	INDICADA

U-02


U-03