



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Uso del sistema bitufo en la reducción de las patologías del
pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau.
Castilla – Piura. 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil

AUTORES:

Vallejos Sánchez, Jenner Alfredo (ORCID: 0000-0003-0780-3933)

Vásquez Araujo, José Gabriel (ORCID: 0000-0002-0358-0720)

ASESORA:

Mg. Saldarriaga Castillo, María Del Rosario (ORCID: 0000-0002-0566-6827)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

PIURA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios porque ha estado conmigo bendiciéndome y guiándome a cada paso que doy y por darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Y a mis padres Alfredo Vallejos Fernández y María Sánchez Díaz quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han dado ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte es gracias a ustedes de llegar a cumplir hoy un sueño más.

Por ultimo a mis hermanas Lizzy Vallejos Sánchez y Jaqueline Vallejos Sánchez por ser ejemplo y bastón de apoyo para la construcción de mi vida profesional.

Primero, a Dios por haberme dado salud, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en vida profesional.

Segundo, a mis padres José Jaime Vásquez Lescano y Lili Araujo Mundaca quienes me dieron la vida, educación y sobre todo su apoyo incondicional y la confianza apostada en mí que no será defraudada.

Tercero, a mí hermana Katherine Salome Vásquez Araujo, por ser partícipe de mi crecimiento profesional.

Por último, a todos mis amigos por su apoyo constante.

Agradecimientos

A Dios por bendecir mi vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia y brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxitos mis metas propuestas.

Y a mis Padres, por su privilegio amor incondicional y sacrificio por todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A mis hermanas por su inmenso cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso.

Agradezco a nuestra asesora quien con su experiencia y enseñanzas nos orientó en la Tesis.

A DIOS, Gracias por darnos la inteligencia y sabiduría para elegir lo correcto y sobre todo la fuerza para salir adelante en nuestros estudios.

A nuestra familia, Por sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron en nosotros una mejor persona siempre apoyándonos y dándonos la fuerza en momentos difícil de la carrera, gracias por su incondicional apoyo. Gracias por creer en nosotros.

A nuestra asesora, Por ese apoyo incondicional y por sus conocimientos brindados para que esta tesis se lleve a cabo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Tipo y diseño de la investigación.	18
3.2 Variables y operacionalización.....	18
3.3 Población, muestra, muestreo	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5 Procedimientos	20
3.6 Método de análisis de datos	22
3.7 Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIONES	56
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS	62
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 01: Tasa de crecimiento promedio anual	24
TABLA 02: Número de ejes equivalentes.....	25
TABLA 03: Valor de la Deflexión Admisible, desde el Km 0+000 – Km 1+040 – Carril derecho.....	26
TABLA 04: Valor de la Deflexión Admisible, desde el Km 1+040 – Km 0+000 – Carril izquierdo	26
TABLA 05: Detalles de Calicatas	28
TABLA 06: Perfil estratigráfico de Calicata 01.....	28
TABLA 07: Perfil estratigráfico de Calicata 02.....	29
TABLA 08: Perfil estratigráfico de Calicata 03.....	29
TABLA 09: Perfil estratigráfico de Calicata 04.....	30
TABLA 10: Estudio de Tráfico	38
TABLA 11: Factor de corrección de vehículos	39
TABLA 12: Índice medio anual del tráfico vehicular actual.....	40
TABLA 13: Distribución del Tráfico Vehicular Actual.....	41
TABLA 14: Porcentaje del tráfico vehicular al año por tipo de vehículo	42
TABLA 15: Demanda Proyectada (20 años) – Índice Medio Diario.....	43
TABLA 16: Factor de crecimiento acumulado	44
TABLA 17: Ejes Equivalentes día – carril.....	45
TABLA 18: Cálculo de los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado .	47
TABLA 19: Variables y cálculo del número estructural propuesto (SN)	49
TABLA 20: Variables y cálculo de los espesores del pavimento flexible	50
TABLA 21: Diseño del pavimento flexible mediante guía AASHTO 93	50
TABLA 22: Modelos de pavimento flexible para evaluación y comprobación.....	51

TABLA 23: Modelo matemático del pavimento flexible utilizando el sistema bitufo..	
.....	53
TABLA 24: Comparación de costos	54
TABLA 25: Matriz de operacionalización de variables	66
TABLA 26: Técnica e instrumentos de recolección de datos	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Contenido de Gravas.....	30
Figura 02. Contenido de Arenas.....	31
Figura 03. Contenido de Finos	31
Figura 04. Contenido de Humedad.....	32
Figura 05. Límites de consistencia de la Muestra 01.....	33
Figura 06. Límites de consistencia de la Muestra 02.....	33
Figura 07. Contenido de humedad óptima (%).....	34
Figura 08. Máxima densidad seca (gr/cm ³).....	34
Figura 09. Máximas densidades secas al 95%.....	35
Figura 10. California Bearing Ratio (CBR) obtenidos	36
Figura 11. Resumen de resultados de laboratorio de suelos	37
Figura 12. Número de Vehículos por día (v/d).....	38
Figura 13. Porcentaje del Tráfico actual por tipo de vehículo	41
Figura 14. Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento empleando la viga de Benkelman – Carril Derecho – 0+000 km – 1+040 km	84
Figura 15. Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento empleando la viga de Benkelman – Carril Izquierdo – 1+040 km – 0+000 km	85
Figura 16. Análisis Combinado de los Resultados de la Evaluación	86
Figura 17. Estudio del Tráfico – Lunes 24.02.2020	141
Figura 18. Estudio del Tráfico – Martes 25.02.2020	142
Figura 19. Estudio del Tráfico – Miércoles 26.02.2020.....	143
Figura 20. Estudio del Tráfico – Jueves 27.02.2020.....	144

Figura 21. Estudio del Tráfico – Viernes 28.02.2020.....	145
Figura 22. Estudio del Tráfico – Sábado 29.02.2020.....	146
Figura 23. Estudio del Tráfico – Domingo 01.03.2020.....	147
Figura 24. Resumen Semanal de estudio del Tráfico.....	148
Figura 25. Estudio de Tráfico.....	149
Figura 26. Estudio de Tráfico.....	149
Figura 27. Factores de Corrección Promedio para Vehículos Ligeros (2015-2018)	150
Figura 28. Factores de Corrección Promedio para Vehículos Pesados (2015-2018)	150
Figura 29. Ejes Equivalentes, Pesos y Medidas Máximas Permitidas de Vehículos	151
Figura 30. Ejes Equivalentes, Pesos y Medidas Máximas Permitidas de Vehículos	152
Figura 31. Tasa de Crecimiento Anual de la Población por Departamento del Perú	153
Figura 32. Tasa de Crecimiento Anual del Producto Bruto Interno por Región del Perú.....	153
Figura 33. Factores de Distribución y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño.....	154
Figura 34. Factor de ajuste por presión de neumático	154
Figura 35. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 T, en el carril del diseño	155
Figura 36. Valores recomendados de nivel de confiabilidad según rango de tráfico	156
Figura 37. Coeficientes estadísticos de la desviación estándar normal	156

Figura 38. Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI).....	157
Figura 39. Cálculo del SN con la ecuación AASHTO 93	157
Figura 40. Coeficientes estructurales de las capas del Pavimento.....	158
Figura 41. Coeficiente estructural la sub base.....	158
Figura 42. Calidad del Drenaje	159
Figura 43. Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje.....	159
Figura 44. Diseño del Pavimento Flexible	160
Figura 45. Análisis de precios unitarios de la Sub Base.....	161
Figura 46. Análisis de precios unitarios de la Base	161
Figura 47. Análisis de precios unitarios de Imprimación Asfáltica	162
Figura 48. Análisis de precios unitarios de la Carpeta Asfáltica en Caliente de 10 cm	162
Figura 49. Análisis de precios unitarios de Slurry Seal.....	163
Figura 50. Análisis de precios unitarios de Colocación de Malla de Acero de Refuerzo.....	163
Figura 51. Análisis de precios unitarios de la Carpeta Asfáltica en Caliente de 8 cm	164

RESUMEN

En esta investigación se tuvo como objetivo general Determinar el uso del sistema bitufo en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla - Piura. 2020. La metodología que se utilizó en la determinación de los espesores del pavimento flexible fue: AASHTO 93 y el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, asimismo para alcanzar el diseño estructural de la vía, se tuvo que conocer en qué estado se encuentra el pavimento existente, para este proceso se hizo un estudio de deflectometría por medio de la viga de benkelman, cogiendo como población el tramo entre las avenidas Junín y Miguel Grau en Castilla y como muestra se tomó la avenida Junín (cuadra 1 – cuadra 9) y la avenida Miguel Grau (cuadra 2 – cuadra 5) que abarca 1+040km. Para el estudio de la primera variable sistema bitufo, se realizó el estudio de tráfico logrando un ESAL de 3,655,697 EE; también se tiene el diseño de pavimento flexible conforme la metodología AASHTO 93, teniendo en cuenta los indicadores del Manual de Carreteras y los ensayos y criterios realizados en Bélgica (modelos matemáticos), se definió el diseño estructural del pavimento usando el sistema bitufo, reduciendo en un 20% la carpeta asfáltica obteniendo como espesores de 0.08m de capa asfáltica, 0.20m de base y 0.15m de sub-base respectivamente y la segunda variable contempla las patologías del pavimento, abarca el estado del pavimento existente, se obtuvo las deflexiones del pavimento que se encuentra en condiciones deficientes de serviciabilidad al tener diferentes tipos de fallas y huecos llegando al nivel de la base granular; como también las propiedades físicas y mecánica de suelo se obtuvo un CBR de 40.14% de los ensayos. Como resultado al objetivo general se determinó mediante modelos matemáticos tridimensionales realizados en Bélgica que al usar el sistema bitufo si reduce las patológicas del pavimento. Por lo tanto, se concluye que el uso del sistema Bitufo si reduce las patologías del pavimento, siendo este un nuevo método de refuerzo llegando aumentar la capacidad portante de la estructura, como también retarda la propagación de fisuras, además alarga la vida útil del pavimento y es económico.

Palabras claves: Estado del Pavimento, California Bearing Ratio (CBR), IMDA, diseño de pavimento flexible, sistema Bitufo.

ABSTRACT

In this research, the main objective was to determine the use of the bitufor system to reduce the pathologies of the flexible pavement of Junín and Miguel Grau avenues. Castilla - Piura. 2020. The methodology used in determining the thickness of the flexible pavement was: AASHTO 93 and the Manual of Roads: Soils, Geology, Geotechnics and Pavements, also in order to achieve the structural design of the road, it was necessary to know the state of the existing pavement, for this process a deflectometry study was carried out using the benkelman beam, taking population as a sample on the section between Junin and Miguel Avenues in Castilla and as a sample Junín avenue was taken (block 1 - block 9) and Miguel Grau avenue (block 2 - block 5) that covers 1 + 040km.

For the study of the first variable, Bitufor system, the traffic study was carried out achieving an ESAL of 3,655,697 EE; also the flexible pavement design according to the AASHTO 93 methodology, taking into account the indicators of the Highway Manual and the tests and criteria carried out in Belgium (mathematical models), the structural design of the pavement was defined using the bitufor system, reducing in 20% the asphalt binder obtaining as thicknesses of 0.08m asphalt layer, 0.20m base and 0.15m sub-base and the second variable contemplates the pathologies of the pavement, covers the state of the existing pavement, the deflections of the pavement that is in poor serviceability conditions as it has different types of faults and gaps reaching the level of the granular base; as well as the physical and mechanical properties of the soil, a CBR of 40.14% was obtained from the tests. As a result of the general objective, it was determined by three-dimensional mathematical models made in Belgium that using the bitufor system, it reduces pathological conditions in the pavement. Therefore, it is concluded that the use of the Bitufor system reduce the pathologies of the pavement, this being a new method of reinforcement, increasing the load-bearing capacity of the structure, as well as delaying the propagation of fissures, as well as lengthening the useful life of the pavement and it's inexpensive.

Keywords: Pavement condition, California Bearing Ratio (CBR), IMDA, flexible pavement design, Bitufor system

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia los pavimentos y caminos han ido mejorando en su proceso y construcción cuya finalidad es dar una mejor transitabilidad a las personas y vehículos, ya que permiten el intercambio de bienes y la interrelación entre centros poblados. Por otro lado, los pavimentos son diseñados para resistir las distintas condiciones de drenaje y los cambios climatológicos, ya que con el tiempo pueden generar diversas fallas tales como: grietas de borde, desmoronamiento, descascamiento, desgates superficiales (HUMPIRI, 2015 pág. 18). Por otra parte para reducir estas patologías existen diversos sistemas como: el Sistema Whitetopping, Mezclas Asfálticas en caliente; entre otros, en especial el Sistema Bitufor, el cual aporta un refuerzo llegando a aumentar la capacidad portante de la estructura, como también retarda la propagación de fisuras, y está constituida de una malla metálica de acero trenzada y flexible, resistente para la renovación de superficies, además su ejecución es rápida y sencilla (BEKAERT, 2015 pág. 1).

De este modo al nivel internacional por primera vez en los Estados Unidos se instaló una reciente clase de refuerzo con una malla de acero llamado sistema Bitufor, en dos sectores de Virginia Smart Road. Por otra parte, en el mismo País se instaló el sistema Bitufor desde el año 2001 hasta la actualidad por los menos en 15 sectores, con la finalidad reducir muchas patologías y así prolongar su vida útil del pavimento. Este sistema tecnológico e innovador también se ha utilizado en diferentes Países: Irlanda, Dinamarca, Noruega, Italia, Gran Bretaña, Holanda, España, Portugal y Polonia (YARANGO, 2014 pág. 109).

Otro ejemplo al nivel de América Latina se da en la vía Fredonia – puente Iglesias, al Suroeste del departamento de Antioquia – Colombia; esta vía recién pavimentada presentó fisuras de gran magnitud en la superficie asfáltica a causa de movimientos de la subrasante; para solucionar este problema, se realizó el parcheo con mezclas asfálticas convencional, pero tuvo como resultado muchas fallas en el pavimento. Por lo que se optó usar el sistema Bitufor constituida por mallas metálicas para la habilitación del pavimento existente (ARREDONDO, 2010).

Por otro lado al nivel Nacional el Perú, pertenece a uno de los países del margen occidental de Sudamérica que están considerada con una infraestructura vial

deficiente y asimismo cuenta con una cantidad considerable de pavimentos en mal estado, ya que al evaluarlos se encontrarán diferentes patologías en las superficies, que al no mejoradas a tiempo pueden alcanzar a dañar por completo el conjunto estructural (CONDORI, 2018). Por otra parte, al nivel local el departamento de Piura, fue una de las más golpeadas en el norte del Perú a causa del fenómeno: “El Niño Costero”, donde las inundaciones generó aniegos, desgastes y socavaciones; este fenómeno afectó en gran parte la infraestructura vial de la ciudad, Además, al no contar con un drenaje pluvial adecuado los pavimentos sufrieron ciertas patologías deteriorándose casi en su totalidad.

Un preciso ejemplo de descomposición de los pavimentos que se visualiza en la Provincia de Piura en el Distrito de Castilla en las avenidas Junín y Miguel Grau que presentan 1.040 km de pistas asfaltadas; las mismas que presenta serias fallas en el pavimento como: hundimiento, ahuellamiento, corrugación, corrimiento, piel de cocodrilo, bacheos, huecos, grietas superficiales, desprendimiento de material del pavimento, entre otros. Esto genera muchos problemas en el Distrito de Castilla como: accidentes, congestión vehicular, enfermedades que perjudicarían la calidad de vida de los moradores, incomodidad de los pasajeros y conductores, reducción de vida útil de los vehículos. Debido a que no han sido ejecutadas correctamente, ni se han dado su respectiva rehabilitación de acuerdo con (CHIROQUE, 2017).

La investigación; tiene como propósito determinar el uso del sistema Bitufor en la reducción de las patologías de las avenidas Junín y Miguel Grau, ya que este sistema es algo innovador y novedoso para el departamento de Piura. Este sistema se utiliza como refuerzo para la rehabilitación de pavimentos en mal estado y extiende la vida útil del mismo, con el objetivo de lograr la reducción de las patologías posteriores del pavimento. Ya que de no aplicársele ningún tipo de mejoramiento seguirán los mismos problemas como resultado se dañará el paquete estructural del pavimento afectando la vida útil y se presentarían dificultades para el tránsito vehicular lo cual trae como consecuencias directas, mayores gastos de traslado, desgastes mayores de los vehículos, corriendo el riesgo de deteriorarse por completo.

Según lo manifestado anteriormente se plantea el siguiente problema general:
¿Cuál es el uso del sistema bitufor en la reducción de las patologías del pavimento

flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020? Asimismo, se contempla los siguientes problemas específicos los cuales son: ¿Cuál es el estado del pavimento existente para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020? Además, ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020? Asimismo, ¿Cuáles son las cargas de transitabilidad vehicular en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020? También, ¿Cuáles son los espesores del pavimento flexible con el uso del sistema bitufor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020? Y finalmente, ¿Cuál es el costo beneficio entre el costo total de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con el uso del sistema bitufor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020?

En consecuencia la actual investigación se justifica prácticamente porque esta técnica no es investigado por los estudiantes de otras universidades en el Perú, de esta manera se debería utilizar con más reiteración dicha práctica y tampoco únicamente dedicarse a los procedimientos tradicionales, al contrario se debe utilizar procedimientos que son un logro en países modernos, de este modo se acopla el uso del sistema bitufor en la reducción de patologías referente a los pavimentos flexibles, debido a que este método moderno le proporcionara a la vía asfáltica un mejor comportamiento mecánico, con el propósito de perfeccionar su estructura. De la misma manera este proyecto se justificará socioeconómicamente ya que es moderna elección, rápida, económica y eficiente, la cual afrontara las dificultades de los deterioros y agrietamiento del pavimento, producidas por la reflexión, a su vez accediendo a un excelente nivel de comodidad a los pasajeros, reduce la duración del viaje, disminución de la inseguridad en las avenidas, de la misma manera prolonga la vida útil, omitiendo el mantenimiento frecuente con la finalidad que estén a la capacidad de inversión pública.

Totalmente dichos portes ayudaran a los usuarios indirectos e directos puedan obtener un crecimiento socioeconómico, reduciendo costos en las rehabilitaciones de los pavimentos. También, este proyecto se justificará técnicamente ya que estarán establecido en los lineamientos de los principios utilizados para el estudio de las vías existentes mediante el análisis de deflexión de dicho pavimento usando

la viga benkelman (MTC E1002) y la observancia de las normas y manuales tales como el AASHTO 93 y la norma C.E. 010. De las vías urbanas. Por último, este proyecto se justificará metodológicamente ya que dicha investigación resultará como modelo para los próximos tesis y investigadores en la rama de ingeniería, completando el vacío del conocimiento de este moderno método de restauración.

Se planteó los objetivos o directrices de esta investigación, los que ayudaran a resolver el problema, así como objetivo principal se encuentra: Determinar el uso del sistema bitufo en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. De la misma manera se establecen los siguientes objetivos específicos: Evaluar el estado del pavimento existente para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. Además, determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. Asimismo, determinar las cargas de transitabilidad vehicular en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. También, determinar los espesores del pavimento flexible con el uso del sistema bitufo en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. Finalmente, analizar el costo beneficio entre el costo total de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con el uso del sistema bitufo en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020.

Además, en la presente investigación se presenta la hipótesis general H_1 : Si es posible el uso del sistema bitufo en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. H_0 : No es posible el uso del sistema bitufo en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. Asimismo, se contempla las siguientes hipótesis específicas las cuales son H_1 : El estado del pavimento existente de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020 presenta muchas patologías. H_0 : El estado del pavimento existente de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020 no presenta patologías. Además, H_1 : Si es posible determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. H_0 : No es posible determinar las propiedades físicas y

mecánicas del suelo para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. Asimismo, H_1 : Si es posible determinar las cargas de transitabilidad vehicular en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. H_0 : No es posible determinar las cargas de transitabilidad vehicular en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020. También, H_1 : Si es posible determinar los espesores del pavimento flexible con el uso del sistema bitufofor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2019. H_0 : No es posible determinar los espesores del pavimento flexible con el uso del sistema bitufofor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2019 y finalmente, H_1 : El costo beneficio de un pavimento flexible haciendo uso del sistema bitufofor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020 es menor. H_0 : El costo beneficio de un pavimento flexible haciendo uso del sistema bitufofor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020 es mayor. H_2 : El costo de un pavimento flexible haciendo uso del sistema bitufofor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020 es menor y su beneficio es mayor.

II. MARCO TEÓRICO

Para tal efecto de la investigación, se presentan los trabajos previos como son: ZIELINSKI, P. (2018). En el artículo científico de la revista cuyo tema denominado: *Effectiveness of the steel mesh track in repairing asphalt pavements in Malopolska región*, publicado en el artículo científico EBSCOhost, el cual tiene como objetivo exhibir y evaluar la efectividad de la vía de malla de acero durante la reconstrucción del pavimento en las carreteras nacionales de Malopolska. El documento presenta la condición del pavimento antes de la reconstrucción, las soluciones de diseño aplicadas y el estado actual después de 6-10 años de operación.

Para evaluar la efectividad del refuerzo del pavimento, asimismo se cotejaron los resultados de los distintos análisis de la deflexión central utilizando el aparato FWD antes y unos años después de la reconstrucción, se encontró que se logró el efecto de refuerzo, lo que se ha demostrado mediante el análisis de significancia de las diferencias en el programa de estadísticas. Además, los análisis se ampliaron con parámetros que caracterizan la cuenca de desviación FWD. Para los parámetros seleccionados, los valores de las deformaciones por tracción dadas en la literatura y luego se calculó la vida de fatiga utilizando los criterios del Instituto de Asfalto de EE. UU. Y se comparó con los resultados de los cálculos de diseño.

Asimismo, LIZÁRRAGA, J. (2013) cuyo título de tesis es: *“Diseño y Construcción de Pavimentos Flexibles Aplicando Geomallas de Polipropileno como Sistema de Reforzamiento Estructural”*; a fin de alcanzar el grado de Magister en la Universidad Nacional Autónoma de México; el cual tuvo como propósito general: Manifestar por medio de muestras de soluciones analíticas que al incorporar las geomallas biaxiales de polipropileno perfeccionará ciertas características de durabilidad a la tracción en la parte de abajo del recubrimiento de cierta mixtura bituminosa, aumentando cierta propagación de agitación de los recubrimientos granulares y en resultado mejora las capas de diseño de los recubrimientos de las vías asfaltadas, provocando una devaluación económica y técnica de un proyecto de carreteras. Por otra parte, el estudio de esta investigación es exploratorio, cuya metodología será a través de modelos de soluciones analíticas que permitan reafirmar la investigación.

Dando como resultado: Cuando se emplea una geomalla biaxial de 4cm, se comprobará la simplificación de dicha mixtura bituminosa, donde figurará cierta disminución del espesor en 21.05%, con referencia al recubrimiento bituminoso sin reforzamiento, la central hidráulica quedo en un 0% y el recubrimiento de la súbbase tendrá un incremento del 20%, con relación al escenario sin geomalla. En las conclusiones se pondrán en evidencia las dificultades que existan al cotejar ciertos métodos de diseño entre ellos. Por otra parte, se realizó un diseño de pavimento aplicado por varios métodos q pueden conducir a resultados con diversas geometrías. Asimismo, la transparencia de realizar de una técnica se podrá estudiar con severidad con el que se emplea dicho diseño respectivo y cierta consideración de los factores considerados. Al no tener conocimiento de algunas referencias teóricas científicas de las conductas de las vías, la comprobación del estudio de diseño basándose en la ejecución partiendo del reconocimiento emperica del manejo a tiempo de la fase de la vida de la carretera en campo.

De igual forma, RENGIFO, K. (2014). En la investigación cuyo título: *“Diseño de los Pavimentos de la nueva Carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)”*; para graduarse en la especialidad de ingeniería civil, cuyo propósito es: elaborar el diseño del pavimento de 1 km de la reciente carretera Panamericana Norte. Para dicho diseño del pavimento se consideró 2 clases: flexible y rígido. Por lo tanto, se llevó a concluir: El estudio de suelos, se consiguió que el tipo de material de la subrasante era una arcilla de baja plasticidad (CL) conforme SUCS o A-6 (9) conforme AASHTO, de la misma manera el índice de plasticidad es 12%, de igual forma pasa por la malla -200 con un porcentaje de 84% y un valor de CBR de 7%. Por otra parte, se concluye tanto las 3 metodologías mostradas en dicha tesis son empleadas, los resultados logrados cambian a causa del enfoque que cada una ofrece. Asimismo, estructuralmente, cualquiera de las opciones cumple con los requerimientos para los 2 tipos de pavimento, como para el pavimento diseñado con la metodología del AASHTO y con el de la PCA o la del Instituto del Asfalto.

De la misma manera, LOZANO, E. y GÓNZALES, R. (2005) cuyo título de investigación es: *“Diagnóstico de Vía Existente y Diseño del Pavimento Flexible de la Vía Nueva Mediante Parámetros Obtenidos del Estudio en Fase I de la Vía*

Acceso al Barrio”; para graduarse en la especialidad de vías y transporte; en la que se propuso como propósito: La presentación y la comparación de las soluciones generadas, al evaluar los diversos métodos que se hicieron uso en un proyecto de diseño estructural para un pavimento que se requería, de acuerdo a lo solicitado a lo solicitado por el tránsito de la localidad, además definió cuál iba hacer la estructura más acorde y de empleo según el minucioso análisis de los diversos métodos y situaciones existentes en las vías.

De acuerdo a la determinación de los análisis se concluirá: Al obtener los datos del conteo se realizó la firma por la consultora del sector pedregal en la ciudad del café. Los estudios correspondientes se realizaron entre fechas del veintiséis de enero y el dos del mes de febrero del 2005, donde los causantes de dicho trabajo obtuvieron los resultados del estudio un promedio 6096 vehículos que transitan por día. Que al verificar la evaluación de los conteos se realizaron los estudios de los tramos, por medio del sistema PCI, en el cual finaliza que el presente estado de la vía en la entrada al sector de la ciudadela- Café se detectó un óptimo estado, conforme a la jerarquía de las clasificaciones anteriores en la cual se reafirmadas al recorrer por dicha vía, aun así, mostraron diferentes tipos de fisuras en la capa superficial de la carpeta estructural. De tal modo se concluye: la estimación obtenida de la subrasante, se recomendó utilizar un componente para la subbase que progrese la interrelación entre la superficie de la carpeta asfáltica y la subrasante para la transmisión de dichas cargas vehicular; la cual permitirá restablezca el patrón de respuesta de la subrasante. El Procedimiento de verificación de esfuerzo a través del programa DEPAV acceda a efectuar simplificaciones, examinar diferentes elecciones y a si detectar una que accede mejorar los materiales con muestreos muy fácil.

Según, MANAYAY, L. y MUDARRA, R. (2018). En la tesis titulada: *“Estudio de Transitabilidad vial en la Avenida Aeropuerto distrito de Huanchaco, Trujillo - La Libertad, aplicando la metodología AASHTO 93”*; de tal manera graduarse en la especialidad de ingeniería civil; el cual tiene como propósito: realizar el estudio de transitabilidad vehicular de la avenida aeropuerto, Huanchaco - Trujillo – La Libertad, usando el método AASHTO 93. En el siguiente trabajo de investigación se empleó un diseño descriptivo; de enfoque aplicado; cuenta como una unidad de

estudio la avenida Aeropuerto - Huanchaco. Donde se concluye que se analizó los datos correspondientes al comportamiento vehicular que se ejecutó en dicha carretera, donde se determinó que el flujo vehicular de transitabilidad la cual resulto un IMDA de 381 vehículos con una proyección de 20 años correspondiendo con un ESAL de 1 770,000 vehículos.

Por otro lado, YARANGO, E. (2014). La investigación tiene como título: *“Rehabilitación de la carretera de acceso a la sociedad Minera Cerro Verde desde la Prog. Km 0+000 hasta el Km 1+900, empleando el Sistema Bitufor para reducir la reflexión de grietas y prolongar la vida útil del pavimento”*; con el fin de conseguir el grado de ingeniero civil; cuyo propósito: Implantar el sistema Bitufor como una solución ahorrativa para aplazar las reflexiones de las fisuras y alargar la vida útil de las vías asfaltadas, examinar las pruebas para el estudio estructural y observacional de dichas vías de entrada a la corporación minera⁹. Cuya metodología en esta investigación será bibliográfica, es decir se mencionará los diferentes tipos de teorías relacionadas al sistema bitufor, además de las definiciones de sus elementos que constituyen la estructura asfáltica, debido que la malla metálica no funcionara de manera independiente, por lo que los elementos trabajan en conjunto.

Donde concluye que el estudio de las deflexiones anterior al refuerzo se tiene las siguientes características 60.41 y 65.01×10^{-2} mm, concerniente al carril izquierdo e derecho, luego de usar el refuerzo, las deflexiones se han reducido a 47.59 y 44.05×10^{-2} mm, por lo que las deflexiones no excedan al rango de la deflexión admisible la cual es 59.44×10^{-2} mm, resultando una garantía de serviciabilidad del pavimento hasta los 10 años. Se recomienda que, a fin de alcanzar una adecuada adhesión con viejo pavimento, no se debe fijar la malla metálica en las partes sueltas, se deberá afianzarse o aplicar el método de apisonado.

Por otra parte, REYES, B. y ZAMORA, J. (2018). Cuya investigación tiene como título: *“Diseño de pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera costanera Huanchaco”*; asimismo conseguir el grado de ingeniero civil; la cual tendrá como propósito: Efectuar un diseño para una vía asfáltica empleando el sistema bitufor como una medida sostenible en la vía Costanera Huanchaco. En este proyecto de investigación se empleó un diseño no

experimental; cuenta como una unidad de estudio entre las vías costanera y el distrito de Huanchaco; tendrá una muestra de tipo no probabilístico y conveniencia; se ejecutó el método de observación experimental; se utilizó como herramienta las guías de observación por lo que el método accede a conseguir la información cuantitativos preciso para la comprobación de la hipótesis y del periodo de capacidad cumplir el nivel de transitabilidad de las vías.

Se concluye que los espesores de la pista asfáltica, conforme AASHTO 93, recomendada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en donde fueron de 0.10, 0.25 y 0.30m de capa asfáltica, base y sub-base correspondientemente, obteniendo un total de 0.65m como espesor del pavimento, diseñada para una etapa de 20 años. Asimismo, concluye que la diferencia de costos entre el Pavimento Flexible Tradicional S/. 281,115.45 y el Pavimento Flexible usando el Sistema Bitufor S/. 254,850.75, para una carretera de 1Km y un 3.30m de ancho de carril, en la cual se produjo un ahorro económico del 9.34% en lo que es mezcla asfáltica en caliente.

Se advierte que en la construcción y realización del apisonado de la subrasante, base y subbase del proyecto de infraestructura vial en la Carretera Costanera, se realice de acuerdo al expediente técnico desarrollado según todos los estudios necesarios, teniendo como factor principal el proceso constructivo, para obtener la vida útil de la infraestructura diseñada, en dónde los pasos básicos e importantes son la correcta preparación y condensación de la subrasante, base y subbase granular, en la instalación de la malla de acero es de vital importancia fijarla correctamente, a través de grapas y el slurry seal, teniendo presente los traslapes adecuados, evitando pliegues o arrugas.

Según, ZARATE, D. (2018). En la tesis titulada: *“Bases Teóricas para el Uso del Sistema Bitufor para incrementar la vida útil en el pavimento en tramos de fuerte pendiente del acceso al centro turístico rio bar – simbal, 2018”*, de tal manera graduarse en la especialidad de ingeniería civil; cuyo propósito es: Establecer bases teóricas sobre la utilización del sistema bitufor de modo que sea una prevención sostenible, para combatir ciertas apariciones de fisuras, grietas y asimismo alargar la vida útil de dicho pavimento, para diseñar la carretera de acceso al Centro Turístico Rio Bar. En este trabajo el diseño es descriptiva y de tipo

no experimental; se usará como técnica la OBSERVACIÓN del tipo NO PARTICIPANTE, por otro lado, tiene un instrumento la cual es una matriz de recolecciones de datos. Por tanto, se concluye: Se logró establecer el Sistema Bitufor como medida sustentable para combatir la aparición de fisuras y grietas, alargar la vida útil de dicho pavimento, cuya vía sirve como acceso al Centro Turístico Rio Bar, acoplado la malla metálica y la lechada asfáltica al diseño del pavimento flexible.

BALAREZO, J. (2017). Cuya investigación tiene como título "*Evaluación estructural usando la viga Benkelman aplicada a un pavimento*"; asimismo obtener el grado en la especialidad de ingeniería civil, cuyo propósito tiene mostrar la posterior evaluación estructural usando la viga benkelman el cual será inicio de un estudio para un mantenimiento, la cual la subrasante será evaluada con este instrumento para resolver el estado real de las estructuras de las vías. Se precisará el CBR y su módulo de elasticidad. Se tiene las posteriores conclusiones: se determinó el estado de las vías que se utilizará la viga benkelman para su evaluación, y obteniendo los resultados correspondientes se establecerá si la vía existente merita o no una rehabilitación. Teniendo en cuenta que para la evaluación de las vías asfaltadas se recomienda la viga benkelman, está vigente en el mercado y también es económico.

Se recomienda que la vía de acceso que se encuentra por la Universidad de Piura se detecta una subrasante sólida, pero a la vez se tiene cierta necesidad de refuerzo estructural, esto se debe que la parte estructural granular se ha ido dañando con el tiempo con lo que corresponde a un mantenimiento y con una proyección de 20 años de vida útil. Se sugiere recuperar un espesor de 3 cm de asfalto. Previamente se realizará un reparo a los puntos donde se presenta patologías como baches entre otros. Otra opción es utilizar 2 cm de micro pavimento con el slurry seal, la cual se aumentará la durabilidad de las vías pero no la resistencia estructural.

AGUILERA, A. (2017). En la tesis titulada "*Evaluación de las patologías existentes en el pavimento flexible de la avenida Don Bosco, cuadras 28, 29,30 y 31 del AA - HH. Santa Rosa, distrito Veintiséis de Octubre*"; para graduarse en la especialidad de ingeniería Civil, cuyo propósito es: determinar y apreciar las diversas fisuras de

la pista asfáltica en la avenida Don Bosco, la cual se ubica en el Distrito veintiséis de octubre. En este trabajo el diseño es no experimental, tendrá un enfoque mixto es decir contiene un tipo de investigación cuantitativa y cualitativa, así mismo este proyecto será de nivel descriptivo. En el siguiente proyecto, su población tendrá los pavimentos de la avenida Don Bosco y como muestra se tendrá cuatro cuadras de dicha vía, con el fin de determinar y evaluar las fisuras de la pista asfáltica ubicado en el Distrito veintiséis de octubre.

Por otra parte, se utilizó una inspección observacional, teniendo en cuenta como instrumento para la anotación de los datos la ficha técnica. Por tanto, se llega a la conclusión: La seriedad del grado que se expresa en dicha área es muy alto, dando como resultado un PCI igual a 42.33%, el cual no das entender que la condición de la vía don Bosco es regular. Cuya recomendación que se debe realizar un adecuado estudio de suelo para así diseñar una buena construcción y además garantice las condiciones de los materiales a usar en el proyecto; así como también se recomienda efectuar un adecuado diseño de la capa asfáltica, con la finalidad de soportar las fuerzas actuantes y de tal modo no tener complejidad en la obra.

RODRÍGUEZ, E. (2009). En la investigación cuyo título : *“Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla”*; tendrá como finalidad alcanzar el grado de ingeniería civil, el cual tendrá como propósito: Emplear la metodología de PCI para establecer el Índice de Condición de Pavimento Flexible en la avenida Luis Montero, además esta vía cuenta con 1200m de pista, que son evaluados específicamente con la finalidad de reconocer las fisuras actuales y medir el mal estado de la vía. En este trabajo el diseño es no experimental, así mismo la estructura de investigación es descriptiva. Se obtendrá una prueba del pavimento existente la cual se hará una subdivisión de una parte de la vía cuya dimensión varía entre 225 +/- 90 m². Además, se utilizará como instrumento una hoja de datos de campo. En cuanto a los posteriores resultados conseguidos se concluyó determinar mal estado actual en la que se presenta la pista asfáltica de la avenida Luís montero, la cual contara con 2 secciones, con una distancia de 600m cada vía.

Tenemos los siguientes tramos en la que se tiene su división siguiente como la sección 1 que fraccionará en tres tramos, como también que la sección 2 tendrá un

solo tramo. Se Comprobara un promedio de 32 elementos de muestras en cada sección adquiriendo resultados tales como: Tenemos un promedio de 37% de los elementos del modelo examinado que manifiestan la situación de la vía constante a través del PCI consta en un 40-55, posteriormente lo continua el 33% de elementos que se muestra a través del PCI consta en un 55 y 70; por otro lado en el estado malo a través del PCI consta en un 25-40 , tenemos un 9% que está clasificada con una calidad demasiada mal a través del PCI consta entre un 10 y 25. Tenemos por ultimo un 6% de unidades de muestra que se considera un pavimento en buen estado a través del PCI consta en un 70 y 85. Y lo que no se encontraron fallas en el pavimento se clasifican a través del PCI consta entre 0 y 10. Por lo que se concluye que la vía asfaltada la avenida Luis Montero a través de la evaluación se presenta en un pavimento de estado regular. De esta manera la condición del pavimento ha ido aminorado las fallas estructurales gracias a la reparación del pavimento en el año 2008.

En cuanto a realización del proyecto de investigación se harán uso de las siguientes teorías relacionadas al tema; se iniciará con el estudio del sistema Bitufor, que consiste en el refuerzo de asfalto de acero Mesh -Track en combinación con el concreto de asfalto en emulsión, que se usa para sujetar la malla de refuerzo al pavimento existente. Este sistema está fabricado con alambre de acero galvanizado pesado, esto asegura una rigidez muy alta, para la prevención completa de grietas. En cuanto a sus características principales son: En primer lugar, limita las deformaciones en una superposición a un mínimo, en segundo lugar, absorbe los esfuerzos de tensión debajo de la capa asfáltica, Bloquea los agregados de asfalto en la armadura de red (enclavamiento de compartimentación), de modo garantiza la excelente distribución de cargas y proporciona resistencia adicional a la estructura general (ROAD MAINTENANCE SERVICES LTD, 2017 pág. 1).

Así también el sistema Bitufor se clasifican según su tipología: Siendo la primera el TIPO I: Este tipo Pertenece para un pavimento rígido, la cual se descompone en un Pista de Malla 1 y se agrega una determinada capa de slurry seal, esta malla solida está diseñada con el propósito de reforzar un pavimento de MT1 (Pesado) y evitar las propagaciones y los problemas de deformaciones. Por otra parte, el Tipo II: la cual se descompone para un pavimento flexible, la cual se descompone en una

Pista de Malla (Mesh Track 2) de refuerzo flexible y se agrega también una determinada capa de slurry seal y es muy sencillo de manejarlo, así mismo diseñada para las vías asfálticas fisuradas (PRODAC, 2016). Asimismo, los componentes del sistema Bitufor son: El slurry seal que consiste en un Mezcla asfáltica con una composición por emulsión, teniendo una granulometría exacta como finos minerales, agua y añadiendo algunos aditivos químicos en distintas porciones la cual permita que tengas una mezcla homogénea, cremosa y sencillamente al ampliar ni bien se haya evaporado el agua esto constituirá un recubrimiento denso.

Su objetivo es llenar las grietas superficiales con el propósito detener el desprendimiento de los agregados y perdida de la estructuración, esto tendrá una mayor rigidez al deslizamiento y resguardar a la pista asfáltica como también disminuirá el daño por agua y oxidación, el cual tiene como fin de alargar la vida útil de la vía (ASFALTO KYC, 2018). Por otro lado, se tiene la pista de malla llamada "Mesh Track" la cual conforma de un tejido de una red de alambre hexagonal, esta red se hallará un refuerzo transversal a distancias regulares por plantillas de acero que están trenzadas en sí mismas, asimismo el alambre dependiente se halla cubierto con Vecinal en la que sus propiedad contiene un 95% de Zinc, más un 5% de Aluminio, esto asegura una mayor rigidez ante la corrosión (PRODAC, 2016). En cuanto a las ventajas del sistema Bitufor son: Cuenta con una permanencia a un periodo largo, como también por los gastos económico sería lo mínimo, como también aumentaría su capacidad resistente, además es muy sencillo y económico además para la colocación de la malla es rápida y eficaz, por lo que esto hará que evite la penetración de las aguas de la subbase (PRODAC, 2016).

El proceso de aplicación del sistema Bitufor, se debe tener en cuenta las capas estructurales conformadas y compactadas, la base y la subbase, conforme a las especificaciones técnicas que dicta el MTC. La superficie de la base, se desenrolla el producto de la malla mesh track, sobre toda la superficie que conformara el pavimento. A través de un compactador neumático, se aplanará la malla con la superficie de la base, además, se debe fijar la malla de refuerzo con clavos solo en la malla de alambre (YARANGO, 2014 pág. 129). Para reducir arrugas o pliegues a lo largo de su instalación, se sugirió extender la red de alambre o aplicarla con

anticipación a tensionarla. No se debe permitir la transitabilidad vehicular sobre las redes de alambre, hasta que las redes no se haiga recubierto totalmente. Los automóviles que forman parte de las intervenciones en la ejecución de la obra deberán conducir con cautela y no acelerar ni voltear en forma brusca sobre la malla, de esta manera evitar dañar o quebrar la intercapa (YARANGO, 2014 pág. 131).

El último procedimiento, para la instalación del sistema bitufofor, es la colocación del slurry seal, la cual la dosificación es de 17kg/m^2 mínimo o $8\text{-}9\text{mm} \times \text{m}^2$, para ello, la malla debe ser precisa al colocar la impresión, por lo opuesto si emplean una capa muy gruesa esto hará que produzca una exudación bituminosa. Al emplear el slurry seal se obtendrá una buena integración a la capa subyacente, tenemos que la capa estructural asfáltica está compuesta por la mezcla de asfalto en caliente o HMA. De recomendación, si la superficie del slurry seal esté contaminada no se debería aplicar sobre la carpeta asfáltica, por ello por ello la pavimentación debe realizarse el mismo día de forma inmediata (PRODAC, 2016).

En cuanto a las vías conforme el Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento; son estructuras de diversas capas formadas sobre la subrasante de la vía para defender las diversas distribuciones de cargas que ejercen los automóviles y restablece las circunstancias de seguridad y la conveniencia hacia la transitabilidad vehicular. Por lo frecuente está formado posteriormente de capas: Como la base, la subbase y por último la capa de rodadura. Por otro lado, existen 3 clases de pavimento: flexible, rígido y adoquinado (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 pág. 23). Asimismo, las patologías, son las que estudian los trastornos físicos de la naturaleza como las enfermedades de las alteraciones estructurales y funcionales que se precisa en un cuerpo. Además, estas son las circunstancias que se muestra en un pavimento, cuando comienza a deteriorarse esto origina que se pierda las características físicas en las que fue diseñada (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2018).

También se conoce que existen varias fisuras comunes en las vías asfaltadas las cuales son: Piel de cocodrilo, se refieren al agrietamiento vinculado, que su inicio se da por la fisura de fatiga en la superficie de rodadura asfaltada bajo las acciones

de las cargas de circulación. La fisura en cuanto principia en interior de la capa asfáltica, en el cual las dificultades y las alteraciones comunes de tensión son superiores a las cargas de rodaje (CORROS, y otros, 2009 págs. 34-35). Asimismo, las corrugaciones son series de cimas y hundimiento cercano a que sucedan distancias demasiados regulares, habitualmente menores a 3m. De tal modo que las cimas formen un ángulo de 90° al sentido de la circulación de vehículos; asimismo el modelo de la pérdida es habitualmente causado por el movimiento del tránsito variado con una base o carpeta voluble (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES, 2016 pág. 25).

Toda evaluación de una vía actual tendrá como propósito analizar y estimar la importancia estructural, asimismo dicha evaluación deberá facilitar el análisis de dichas causas que produjeron las fisuras o fallas de las vías asfaltadas (ESQUIVEL, 2012 pág. 1). Existen diversos métodos de evaluación tales como el método de la viga benkelman que consiste calcular los desplazamientos al nivel de dicha superficie a cierto trecho por lo que se necesita aplicar una carga de 18000 lb (BALAREZO, 2017 pág. 32). Además, existen 3 tipos de intervenciones las cuales tenemos: Siendo el primero Mantenimiento Preventivo: la cual tendrá como objetivo extender la vida útil de una pista asfáltica, proporcionando una mejor condición al paquete estructural. Por otro lado, Rehabilitación Menor: se emplea en pistas asfálticas que no exhiba mayores daños estructurales, con la finalidad de rescatar la capacidad estructural del mismo. Y finalmente Rehabilitación Mayor: se utiliza en pistas asfálticas dañadas en su totalidad, la cual demanda perfeccionar el paquete estructural (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 págs. 200, 201).

Por otra parte, se debe realizar ensayos como los análisis de mecánica de suelos el cual radica en establecer las propiedades del terreno cuya finalidad es proyectar una adecuado conjunto estructural de una vía (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 pág. 29). Al respecto al análisis de mecánica de suelo, deben realizarse los siguientes ensayos como: calicata , granulometría, densidad y humedad, (SUCS), californian bearing ratio (CBR) y finalmente el límites de atterberg que se obtiene tres diferentes cohesiones del suelo las cuales son: límite líquido (LL), esto se producirá al instante que el terreno pueda formarse, a causa

de que se trasladan del estado plástico al líquido; límite plástico (LP), esto se basa en el instante que el terreno pueda quebrarse, a causa de que se trasladan del estado plástico al semi-sólido; límite de contracción (LC), esto se da en el instante cuando el suelo abandona la contracción al desperdiciar dicha humedad, a causa de que se trasladan del estado semi-sólido al sólido (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 págs. 36-37).

Asimismo, se debe realizar los estudios de tráfico la cual es una parte primordial de la ingeniería aplicada al conocimiento de cargas. Esto nos facilita unos datos estadísticos del flujo vehicular de las carreteras, se realizará la decisión puntual para el estudio. Así mismo el conteo de tráfico se calculará un punto predeterminado de acuerdo a la clasificación según su capacidad de carga. El cual se realiza el cálculo del índice medio diario anual (IMDA), el cual se representa el número de tipos de vehículos que transita por la zona de estudio, siendo importante para cada estudio que faciliten la filiación de las vías homogéneas de los tramos (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 pág. 73).

Por otro lado, se realizará el diseño de la pista asfáltica utilizando AASHTO-93, que permitirá precisar un “número estructural (SN)” para una pista asfáltica, la cual pueda resistir a un nivel de carga gestionado. Asimismo, para hallar el número estructural, esta metodología se sostiene en una ecuación que vinculan los coeficientes, con sus correspondientes números estructurales, las cuales se calcularon con la cooperación de un software, (AASHTO 93) este programa exige datos establecido tal como: el número de ejes equivalentes, el rango de serviciabilidad, la confiabilidad y el módulo resiliente de la capa a analizar. Luego de hallar el número estructural propuesto (SNR), la cual relaciona directamente los espesores del pavimento flexible, y a su vez los coeficientes estructurales de las capas del pavimento y de los coeficientes de drenaje. De esta forma, se pueden hallar múltiples espesores del pavimento flexible, sin embargo, se tomará en cuenta los espesores óptimos de diseño recomendados por el catálogo del MTC. (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 págs. 149 - 164).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación:

El presente proyecto de investigación será de tipo aplicada en campo y laboratorio la cual pretenderá otorgar una reparación al daño que padecen los pavimentos flexibles, mediante la recaudación de datos a través de acciones independientes (SULLCARAY, 2012).

Diseño de investigación:

Por tanto el diseño de investigación será no experimental transversal, donde se observará las manifestaciones tal como se dan en su entorno natural, sin manipular variables; asimismo se recolectará información en una sola ocasión con el propósito de explicar o describir las variables (ARIAS, 2012 pág. 38).

De modo que, esta investigación posee un nivel descriptivo porque se buscara describir: características, propiedades y los perfiles de comunidades, personas, procesos, grupos, objetos o cualquier otra manifestación que se someta a un análisis (SULLCARAY, 2012).

En consecuencia, se manifiesta un enfoque cuantitativo del mismo modo que los resultados obtenidos en el terreno, los cuales serán codificados y procesados a una matriz de resultados en hojas de Cálculo (Excel) validado con la finalidad de concretar los objetivos propuestos (SULLCARAY, 2012).

3.2 Variables y operacionalización

Por consiguiente, para este Informe de investigación se ampliará dos variables:

Variable 01: Sistema Bitufor. (Independiente)

Variable 02: Patologías del pavimento flexible. (Dependiente)

Operacionalización de variables (ver Tabla 26 - Anexo 03).

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Es designado incluso universo o grupos de cosas e individuos, referidos al entorno donde se ejecuta la investigación (SULLCARAY, 2012 pág. 80). Siendo así, el espacio poblacional de la presente investigación será entre las Avenidas Junín y Miguel Grau en el distrito de Castilla.

Muestra

Se define como muestra a una porción representativa del universo poblacional (SULLCARAY, 2012 pág. 80). Por tanto, la muestra de estudio está constituida por la Avenida Junín (Cuadra 1 - Cuadra 9) y la Avenida Miguel Grau (Cuadra 2 - Cuadra 5) cuyo distrito es Castilla departamento de Piura.

Muestreo

Cabe desatacar que el muestro no probabilístico por conveniencia, las muestras o sujetos son escogidos simplemente porque son sencillos de incorporar. Este método es considerado como el más económico, sencillo y el que menos tiempo lleva (SULLCARAY, 2012 pág. 81). En consecuencia, la presente investigación tiene un muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Se puntualiza como los recursos en el cual el investigador accede adjuntar información importante de un fenómeno o realidad en función a los objetivos del análisis (SULLCARAY, 2012 pág. 82). De esta manera esta investigación tendrá las siguientes técnicas:

Ensayo: Se buscará mostrar la autenticidad de los estudios a realizar, como también se dará los resultados de los análisis de cada prueba realizada, a través de fichas de registro.

Análisis Documental: Se tendrá en cuenta libros, tesis, especificaciones técnicas con respecto a carreteras, normas y manuales referidas al contenido la cual se está analizando.

Observación: Se realizarán los estudios en general, a fin de evaluar la conducta mecánica - dinámica de las vías asfálticas y se anotarán los resultados que se logran en cada Estudio realizado en el laboratorio.

Instrumentos de recolección de datos

Son aquellos medios o herramientas que se usan para recoger datos, de la misma manera se elegirán a partir de la técnica seleccionada (SULLCARAY, 2012 pág. 82). Por tanto, este proyecto de investigación tendrá los sucesivos instrumentos:

Fichas de registro: Es un mecanismo que está diseñado para obtener algunos datos importantes donde se utiliza algunos aspectos a examinar a través de unas fichas que son fáciles y sencillas de completar para el investigador (BAVARESCO, 2013 pág. 99). De esta manera en la presente investigación se utilizará las fichas de registro para recopilar datos del ensayo de viga benkelman, las conclusiones de los estudios elaborados en un laboratorio y los datos de diseño del pavimento flexible.

Fichas técnicas de observación: PALELLA, S. y MARTINS, F. (2012 pág. 126) indica que es un tipo de documento en el que se coloca la descripción de un objeto, proceso, programa determinado, etc.; estas características pueden ser sobre variables rígidas o duras como datos, estadísticas, fechas, etc. Por lo tanto, se utilizará fichas técnicas para recolectar datos sobre el conteo de tráfico y el análisis de precios unitarios (Hoja de cálculo).

3.5 Procedimiento

Viga Benkelman:

Es aquel instrumento que se usa para medir los desplazamientos de la carpeta asfáltica de la vía, a causa de los rodajes de vehículos que pasa a diario (ALMEIDA, A. y SANTUR, G., 2019 pág. 22). Por tanto, usaran una ficha técnica la cual servirá para recolectar toda la información de las deflexiones que han sido medidas por la viga Benkelman.

Estudio de mecánica de suelos:

Estos análisis son bastante valiosos, las cuales establecen las propiedades y la durabilidad del terreno con la finalidad de diseñar un adecuado conjunto estructural de la vía (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 pág. 29). Por ende, en la siguiente investigación se realizarán los análisis tales como: granulometría, CBR, densidad y humedad y por último los límites de atterberg.

Estudio de tráfico:

Este análisis facilita una estadística de datos de la circulación actual, de la misma manera el cálculo estará compenetrado con la suficiencia de dichas cargas (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 pág. 73). Por esta razón, el siguiente proyecto se realizará el cálculo IMDA, la cual interpretara el número de automóviles que transitan en el campo de estudio.

Diseño del pavimento flexible:

Tradicional.- El diseño del pavimento flexible, bajo el método AASHTO - 93, es necesario dos parámetros importantes, obtenidos anteriormente: Siendo la primera las cargas de tráfico vehicular asignadas al pavimento y por último los rasgos o características de la subrasante encima en la que coloca el pavimento (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, 2014 pág. 149).

Sistema bitufor. - Teniendo definido el diseño del pavimento flexible tradicional, bajo metodología AASHTO - 93, y los espesores de las capas estructurales ya calculadas (subbase, base y capa de rodadura), se propondrá la utilización del sistema bitufor, como un elemento más al sistema estructural. El sistema bitufor, consiste en una malla metálica y una capa de slurry seal, la cual se ubicará entre la base y la capa asfáltica del pavimento. De esta forma, se procederá a tener tres estructuras de pavimento flexible, las cuales son las siguientes: El primero: Pavimento flexible tradicional (subbase, base y capa asfáltica). Por otra parte, Pavimento flexible + sistema bitufor (sub-base, base, sistema bitufor y la capa asfáltica) y por ultimo Pavimento flexible + sistema bitufor (subbase, base, sistema bitufor y la capa asfáltica con el espesor disminuido en 2cm).

Hoja de cálculo (Excel):

Es un programa que se utiliza para realizar cálculos matemáticos, al mismo tiempo es idóneo para otorgar respuestas a ciertas necesidades que tiene la humanidad financiera, empresarial, educativa y doméstico (INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, 2013 pág. 9). La presente investigación se utilizará cierta hoja de cálculo llamado Excel realizando una partida simple de gastos (equipos, mano de obra, herramientas y materiales), de 1.04 km de carretera pavimentado. Asimismo, los costos de mano de obra serán obtenidos de la revista CAPECO, y así analizar y comparar cada tipo de pavimento evaluado.

3.6 Método de análisis de datos

Conforme con ARIAS, F. (2012 pág. 111) citado por ESTEBAN, A. (2018 pág. 57) indica que los métodos de análisis de datos expresa las diversas técnicas a los que están expuesto y se obtiene como los Registros, las tabulaciones, las clasificaciones. Además, por otra parte, se tiene en cuenta las diferentes procesos estadísticos y logísticos estos deberán tener bien definidas ya al usarlo pretendan entender los resultados de los datos recolectados.

Por lo tanto, la investigación como es cuantitativa se ejecutará un análisis de datos por lo que ayudará a efectuar las evaluaciones relativos a los resultados alcanzados en el laboratorio, de esta manera se utilizará la metodología y el procedimiento técnico indispensable para obtener el resultado de los objetivos del estudio.

3.7 Aspectos éticos

Por medio de este estudio, los autores asumen el compromiso total de la responsabilidad, esfuerzo y de la perseverancia sobre la validez del tema, además se obtendrán las fuentes profundamente confiables con respecto al manejo de técnicas e instrumentos que se empleará para poder aclarar de manera explícita los resultados finales. Por lo que esta investigación se fomentó bajo la norma ISO 690 y 690 – 2 con el objetivo de redactar justamente las citas y referencias bibliográficas.

IV. RESULTADOS

4.1. Estado del Pavimento existente.

De acuerdo con el primer objetivo de la siguiente investigación contamos: Evaluar el estado del pavimento existente para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura y para evaluar el estado actual del pavimento se dispuso hacer el estudio de evaluación de deflectometría utilizando el equipo de viga benkelman.

Procedimiento de la evaluación:

En primer lugar, por cada carril se lee las lecturas del primer dial a cada 65 m, después se consideró un factor de conversión de viga el cual es 4.0, asimismo se contaba con temperaturas de suelos y ambientales, estas son: 20°C y 33°C correspondientemente como se observa (Ver Figura 14 y 15 – Anexo 03.1).

Luego de obtener los resultados se pasó a la determinación de los indicadores de evaluación, en el que el D_0 es el factor de corrección, esto se logra de la multiplicación entre el factor de conversión de la viga y la última lectura del primer dial L-100 cm, de la misma forma, se logró el valor de D_{25} este se da entre la diferencia de la última lectura del primer dial y la lectura de la longitud a los 65 m multiplicada por su factor de conversión de la viga, luego de obtener estos factores se procederá a calcular el radio de curvatura de la línea elástica de la deflexión con la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{3125}{(D_0 - D_{25})} \quad (4)$$

Dónde:

- R_c : Radio de curvatura, en metros, sin decimales.
- D_0 : Deflexión en el centro de impacto, en 1/100 mm y sin decimales.
- D_{25} : Deflexión a 0.20 m aproximadamente, en 1/100 mm y sin decimales.

Después de obtener los datos, se pasará a calcular el valor característico de las deflexiones, con la posterior fórmula:

Nota: Se está considerando como fórmula el valor característico especificado en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos

y pavimentos - R.D. N° 10-2014-MTC/14, Ítem 12.4.6. Evaluación Estructural por Deflexiones.

$$DC = X + 1.645 * S \quad (5)$$

Dónde:

- Dc = Deflexión característica.
- X = Promedio de la deflexión característica.
- Z = 1.645 (Según manual de Carreteras: Suelos y Pavimentos, R.D. N°10-2014-MTC/14)
- S = Desviación Estándar.

Y finalmente, se calcula el valor de la deflexión admisible para comprobar la amplitud o capacidad estructural del pavimento, la fórmula más utilizada es la del Conreval:

$$D_{Admisible} = (1.15/N)^{0.25} \quad (6)$$

Como:

- D admisible = Deflexión Admisibles del Pavimento.
- N = Número de Ejes equivalentes.

Por otro lado, se tendrá en consideración el IMD por medio del estudio de tráfico el cual arrojó 5338 vehículos; en la Tabla 01, se ha establecido las tasas de crecimiento en principio a los datos oficiales del instituto Nacional de Estadística e informática INEI.

Tabla 01: Tasa de crecimiento promedio anual.

Periodo	Ligeros (%)	Pesados (%)
2020 - 2040	99.48 %	0.52 %

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

El cálculo de tráfico vehicular de diseño, se calculó por el número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo 2020 – 2040.

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}} = \sum[EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365] \quad (7)$$

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} * Fd * Fc * Fv_{pi} * F_{pi} \quad (8)$$

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (9)$$

Tabla 02: Número de ejes equivalentes.

Tipo de vehículos	Ejes	Imd - Proyectoado	Fd	Fc	Fvp	Fp	Ee día - carril	Fca.	Comprobación
LIGERO	AP	5652.74	0.50	1.0	0.001	1.0	1.64	22.02	13196.90
	AC	537.61	0.50	1.0	0.025	1.0	6.74	22.02	54198.38
BUS	B2	94.23	0.50	1.0	3.696	1.0	174.14	22.02	1399553.69
	B3-1	130.48	0.50	1.0	1.812	1.0	118.19	22.02	949902.08
CAMION	C2	17.48	0.50	1.0	3.696	1.0	32.31	30.40	358504.01
	C3	17.48	0.50	1.0	2.560	1.0	22.38	30.40	248355.44
	C4	10.93	0.50	1.0	1.831	1.0	10.00	30.40	111017.93
SEMI-TRAYLER	T2S1	6.56	0.50	1.0	6.851	1.0	22.46	30.40	249211.45
	T2S2								
	T2S3	4.37	0.50	1.0	5.491	1.0	12.00	30.40	133152.93
	T3S1	4.37	0.50	1.0	5.716	1.0	12.49	30.40	138603.82
	T3S2								
T3S3	0.00	0.50	1.0	0.000	1.0	0.00	30.40	0.00	
TOTAL							412.35		3655696.63

Fuente: Elaboración propia, 2020

Conforme a la Tabla 02, se observa el tráfico vehicular logrado de la aplicación de la Fórmula 7 para una proyección de diseño de 20 años.

Una vez calculada el ESAL, se reemplazará los datos en la Fórmula 6:

$$D \text{ adm} = (1.15/ N) ^{0.25} = 133 (1/100\text{mm}) = 1330 \mu\text{m}$$

Evaluación estructural de la zona de estudio.

Se ha dividido el campo de estudio en 4 sectores, para un excelente manejo de los datos, donde cada uno comprende una distancia de 260 m, teniendo como progresiva inicial 0+000km y como progresiva final 1+040km, luego de lograr los

factores de corrección se sacará un promedio de cada 260 m, después se verá su desviación estándar, también se aplicará la fórmula de la deflexión característica, y con esto ver si cumple o no, que la comparación de la deflexión admisible es mayor que la característica .

Tabla 03: Valor de la Deflexión Admisible, desde el Km 0+000 – Km 1+040 – Carril derecho.

Sector	Progr. Inicial (km)	Progr. Final (km)	Deflexión (Do) Promedio (um)	Desviación Estándar	Valor deflexión característico (95% de Confiabilidad) $X+1.036*S$		Deflexión Admisible (1/100mm)	Comparación (Dcaract<Dadm)
					(um)	(1/100 mm)		
1	0+000	0+260	56.8	9.1	66.23	6.62	133	CUMPLE
2	0+260	0+520	57.6	13.4	71.48	7.15	133	CUMPLE
3	0+520	0+780	55.2	5.2	60.59	6.06	133	CUMPLE
4	0+780	1+040	50.4	4.6	55.17	5.52	133	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la siguiente Tabla 03, se estiman los indicadores estadísticos esto se da del resultado de la sectorización por diferencias acumuladas (sectores homogéneos), donde se puedan visualizar y así calcular el valor característico, asimismo los valores de la deflexión característica vs la deflexión admisible exponen siempre esta condición (D Característica < D Admisible), en conclusión, el tramo cumple con la condición de deflexión. Por otra parte, se visualiza que el campo de estudio ha sido subdividido, asimismo para el carril derecho se tomara distancias a cada 260 m.

Tabla 04: Valor de la Deflexión Admisible, desde el Km 1+040 – Km 0+000 – Carril izquierdo.

Sector	Progr. Inicial (km)	Progr. Final (km)	Deflexión (Do) Promedio (um)	Desviación Estándar	Valor deflexión característico (95% de Confiabilidad) $X+1.036*S$		Deflexión Admisible (1/100mm)	Comparación (Dcaract<Dadm)
					(um)	(1/100 mm)		
1	1+040	0+780	47.2	14.8	62.53	6.25	133	CUMPLE
2	0+780	0+520	54.4	8.8	63.52	6.35	133	CUMPLE
3	0+520	0+260	51.2	8.7	60.21	6.02	133	CUMPLE
4	0+260	0+000	51.2	24.9	77.00	7.70	133	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la siguiente Tabla 04, se visualiza que se estiman los indicadores estadísticos esto se da del resultado de la sectorización por diferencias acumuladas (sectores homogéneos), en donde se puedan visualizar y así calcular el valor característico, asimismo los valores de la deflexión características vs la deflexión admisible exponen siempre esta condición (D Característica $<$ D Admisible), en conclusión, el tramo cumple con la condición de deflexión. Por otra parte, se visualiza que el campo de estudio ha sido subdividido, asimismo para el carril izquierdo se tomara distancias a cada 260 m.

Y por último, conforme a la Figura 16 (Ver Anexo 03.1), se determinó la evaluación del pavimento existente, que al poseer valores de deflexión admisible superiores a la característica, no se encontraron fallas de origen estructural, pero si superficiales en la capa de rodadura, de esta manera se sugiere corregir las fallas de origen superficiales, por medio del trabajo de rehabilitación menor o renovación superficial, esto a causa del campo de estudio que existen zonas críticas puntuales como en el Km 0+260, Km 0+455 y en el Km 0+715 donde se encontraron fallas superficiales como baches, piel de cocodrilo, hundimientos, desprendimiento de asfalto y grietas.

4.2. Propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Conforme al segundo objetivo de la presente investigación el cual fue: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura. 2020, conforme a la Tabla 06, se ejecutaron 4 calicatas en las cuales se encontró que en 2 de ellas, dos tipos de muestras (una del pavimento tal como estaba y la otras del pavimento aparentemente rehabilitado). En las otras 2 calicatas restantes, se encontró una muestra del pavimento tal como estaba. Estas muestras fueron sometidas a ensayos en laboratorio, logrando resultados los siguientes resultados:

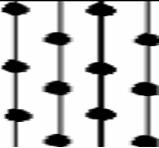
Tabla 05: Detalles de calicatas.

CALICATA	PROGRESIVA (KM)	CENTRO POBLADO	PROFUNDIDAD	N° MUESTRA
C - 1	0+215	Junín – Miguel Grau	1.50	2
C - 2	0+465	Junín – Miguel Grau	1.50	2
C - 3	0+715	Junín – Miguel Grau	1.50	1
C - 4	1+040	Junín – Miguel Grau	1.50	1

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la siguiente Tabla 05, se contempla el total de calicatas que se intervino en la zona de ejecución que cuenta con un tramo total: 1+040 km, además cuenta con una profundidad de 1.50m cada calicata y con un área de 1.00 m², encontrándose dos tipos de muestras en la primera y en la segunda, en las otras dos se encontraron solamente una de ella.

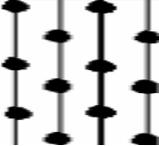
Tabla 06: Perfil estratigráfico de Calicata 01.

JUNÍN - MIGUEL GRAU - CALICATA C-01				
Progresiva : 0+215 km				
De	A	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
(m)	(m)	SUCS	GRÁFICO	ESTRATIGRÁFICA
0.05	0.40	GP-GC		Grava angular con arena limosa y arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compacta T Max 2"
0.40	1.50	SM		Arena limosa de plasticidad baja, húmeda compacto, color marrón oscuro. Contiene regular porcentaje de fragmentos de resistencia fuerte.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la siguiente Tabla 06 se observa el cuadro del perfil estratigráfico de la calicata 01 donde se ejecutó en la progresiva 0+215 Km, el cual se halló dos estratos, el primero conformado grava angular con arena limosa, arcillosa de color marrón oscuro y el segundo por arena limosa de plasticidad baja, húmeda compacto, color marrón oscuro que contiene regular porcentaje de fragmentos de resistencia fuerte.

Tabla 07: Perfil estratigráfico de Calicata 02.

JUNÍN - MIGUEL GRAU - CALICATA C-02				
Progresiva : 0+465 km				
De	A	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
(m)	(m)	SUCS	GRÁFICO	ESTRATIGRÁFICA
0.05	0.40	GP-GC		Grava angular con arena limosa y arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compacta T Max 2".
0.40	1.50	SM		Arena limosa de plasticidad baja, húmeda compacto, color marrón oscuro. Contiene regular porcentaje de fragmentos de resistencia fuerte.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la siguiente Tabla 07 se contempla el perfil estratigráfico de la calicata 02 la cual se efectuó en la progresiva 0+465 Km, en el cual se halló dos tipos de estratos, el primero conformado por grava angular con arena limosa, arcillosa de color marrón oscuro y el segundo por arena limosa de plasticidad baja, húmeda compacto, color marrón oscuro que contiene regular porcentaje de fragmentos de resistencia fuerte.

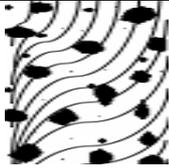
Tabla 08: Perfil estratigráfico de Calicata 03.

JUNÍN - MIGUEL GRAU - CALICATA C-03				
Progresiva : 0+715 km				
De	A	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
(m)	(m)	SUCS	GRÁFICO	ESTRATIGRÁFICA
0.05	1.50	GC		Grava angular con arena arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compactada T Max 2 1/2.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Asimismo, en la Tabla 08 se muestra el perfil estratigráfico de la calicata 03 la cual se efectuó en la progresiva 0+715 Km, en el cual se halló un estrato, conformada por Grava angular con arena arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compactada.

Tabla 09: Perfil estratigráfico de Calicata 04.

JUNÍN - MIGUEL GRAU - CALICATA C-04				
Progresiva : 1+040 km				
De (m)	A (m)	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	ESTRATIGRÁFICA
0.05	1.50	GC		Grava angular con arena arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compactada T Max 21/2.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la siguiente Tabla 09 se visualiza el perfil estratigráfico de la calicata 04 la cual se realizó en la progresiva 1+040 Km, en el cual se halló un estrato, conformada por Grava angular con arena arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compactada.

Análisis Granulométrico:

De la misma manera se ejecutó el ensayo granulométrico de las 4 calicatas, con la meta de fijar las diferentes cantidades de porcentaje (%) tanto como para grava y arena donde se mostrará en aquellas muestras, asimismo reconocer el tipo de suelo.

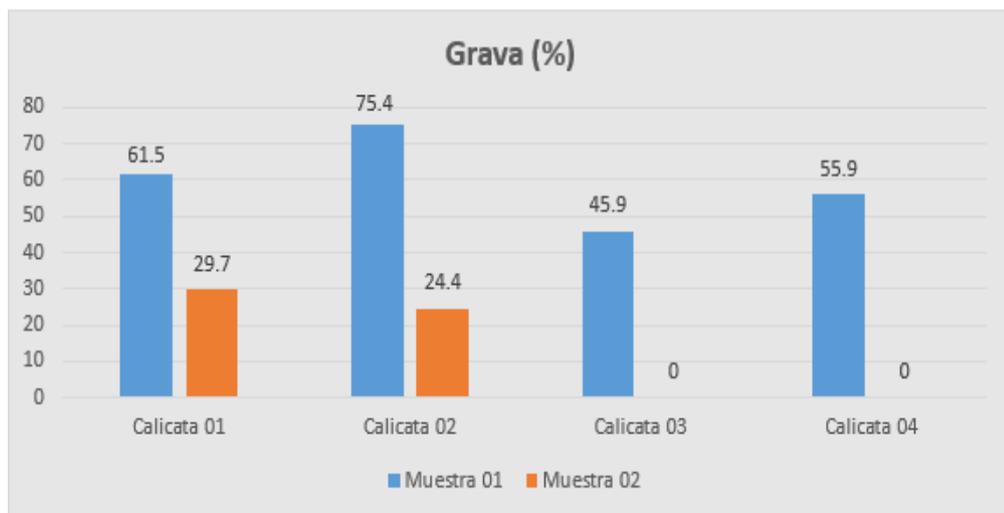


FIGURA 01: Contenido de Gravas.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Tenemos en total cuatro calicatas, las cuales las calicatas 01 y 02 se tiene dos muestras; donde la muestra 01 de la segunda calicata se observa una mayor presencia de 75, 4% gravas, por otro lado, en la muestra 02 de la calicata 02 se presenta con unos escasos de 24,4% gravas. Y con respecto a las calicatas 03 y 04 se tiene solo 01 muestra donde se observa un porcentaje equivalentes de Gravas.



FIGURA 02: Contenido de Arenas.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En esta figura la muestra 01 de las cuatro calicatas se visualiza una gran presencia de arenas de 38,4% en la calicata, esta se ubica en la progresiva 0+715, por otro lado, en la muestra 02 presenta un alto porcentaje de arenas en la calicata 02 con un 60.2%, mostrando un mayor porcentaje de arena que en las demás calicatas.

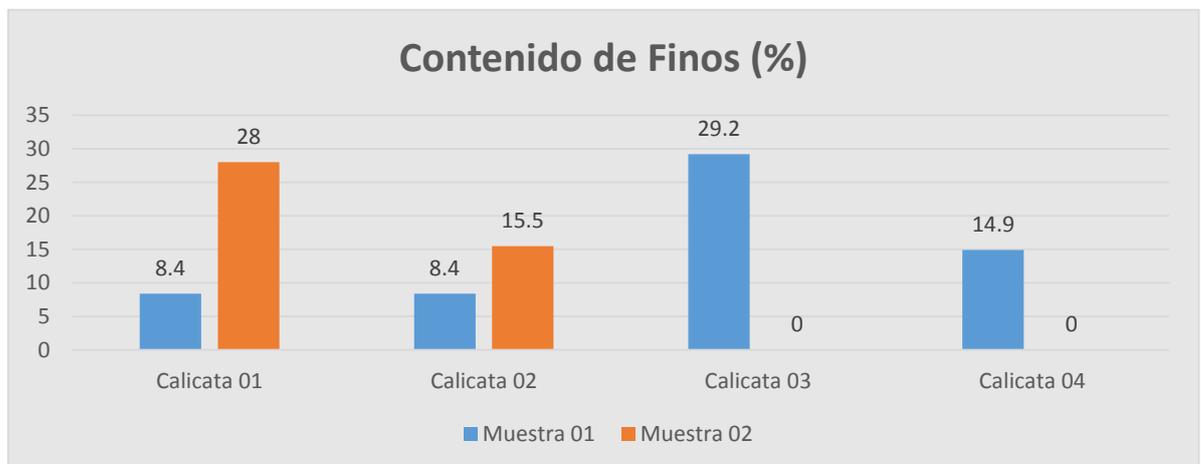


FIGURA 03: Contenido de Finos.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la muestra 01 de las 4 calicatas se visualiza un alto porcentaje de finos de 29,2% de la calicata 03, ubicándose en la progresiva 0+715 km, mostrando más finos que en las demás calicatas obtenidas; por ultimo en la muestra 02 se visualiza un porcentaje menos de finos particularmente en la calicata 02 con un 15,5% en la progresiva 0+465 km.

En conclusión, se tiene que el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), precisó que las muestras obtenidas en las avenidas Junín - Miguel Grau están en función de arenas y finos según su clasificación es de tipo **GP-GC** (Grava mal Graduada y Grava Arcillosa).

Contenido de Humedad Natural:

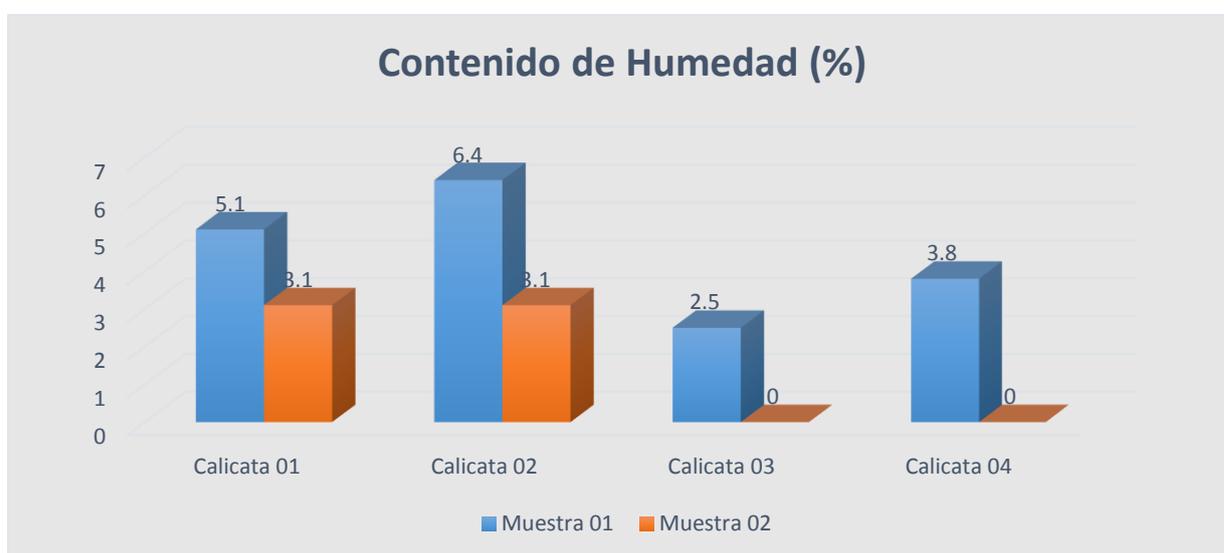


FIGURA 04: Contenido de Humedad.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la muestra 01 de las 4 calicatas se contempla un alto porcentaje de contenido de humedad de 6,4% en las calicatas 01 y 02 ubicándose en las progresivas 0+215 y 0+465, por otra parte, en la muestra 02 se contempla un mayor porcentaje de humedad de 3,1% en las calicatas 01 y 02 localizada en la progresiva 0+215 y 0+465.

Por último, el menos porcentaje contenido de humedad se contempla en la muestra 02 por otra parte que la muestra 01 contempla se observa lo contrario, se debe que el material del afirmado ejerce una base que soportara el flujo vehicular, la cual

trabaja en función de compresión a los diferentes tipos de cargas vehicular, por lo tanto, tiene un contenido de humedad mucho menor que las otras capas.

Límites de Consistencia:

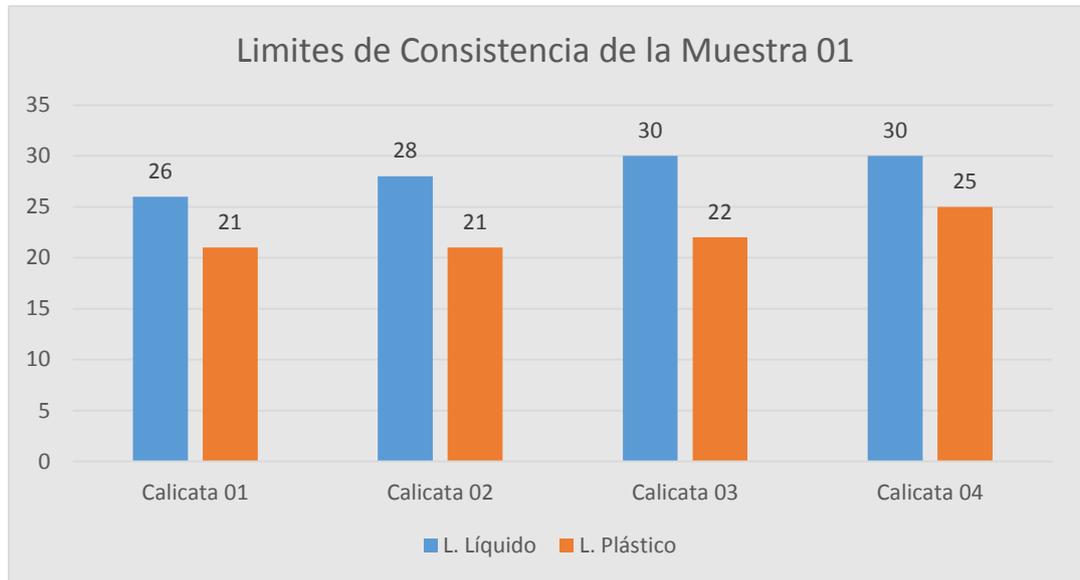


FIGURA 05: Límites de consistencia de la Muestra 01.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En esta figura, la muestra 01 de las 4 calicatas se tiene dos tipos de límites de consistencia: el límite líquido y límite plástico dichos porcentajes mayores son 30 y 25 hallados en la calicata 04 de la progresiva 1+040 Km.

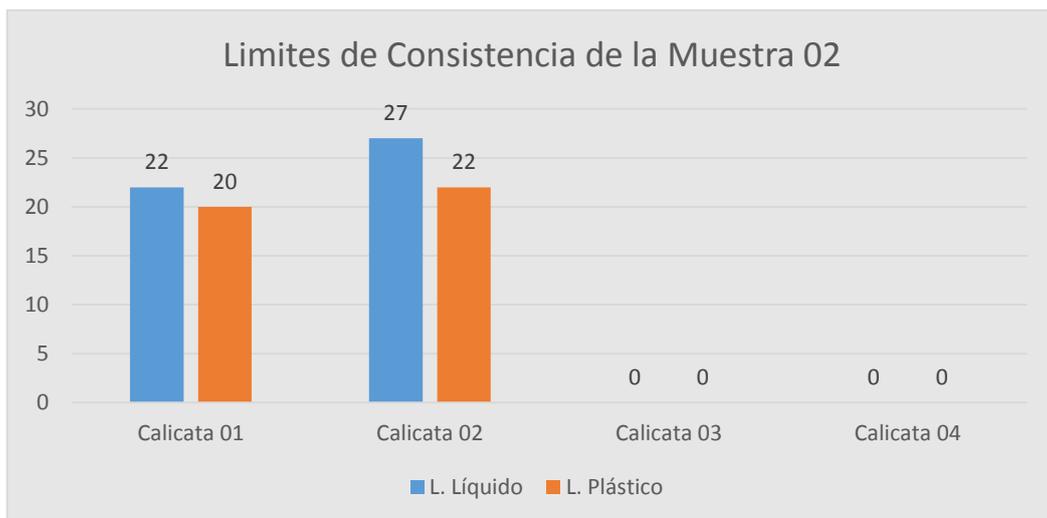


FIGURA 06: Límites de consistencia de la Muestra 02.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En esta figura, la muestra 02 de las 4 calicatas se tiene dos tipos de límites de consistencia: el límite líquido y límite plástico, dichos porcentajes mayores son 27 y 22 hallados en la calicata 02 de la progresiva 0+465 Km.

Compactación del Proctor Modificado:

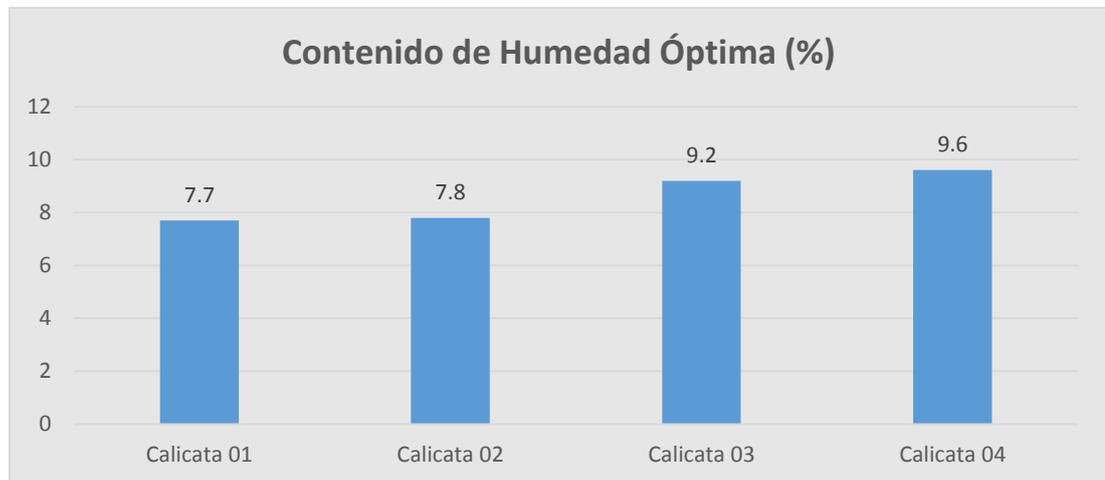


FIGURA 07: Contenido de humedad óptima (%).

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: De todas las calicatas se observa en la muestra 01 donde se obtuvo que en la calicata 04 tiene un contenido de humedad óptimo de 9.6 %, siendo el máximo del total de humedad que de las demás calicatas.

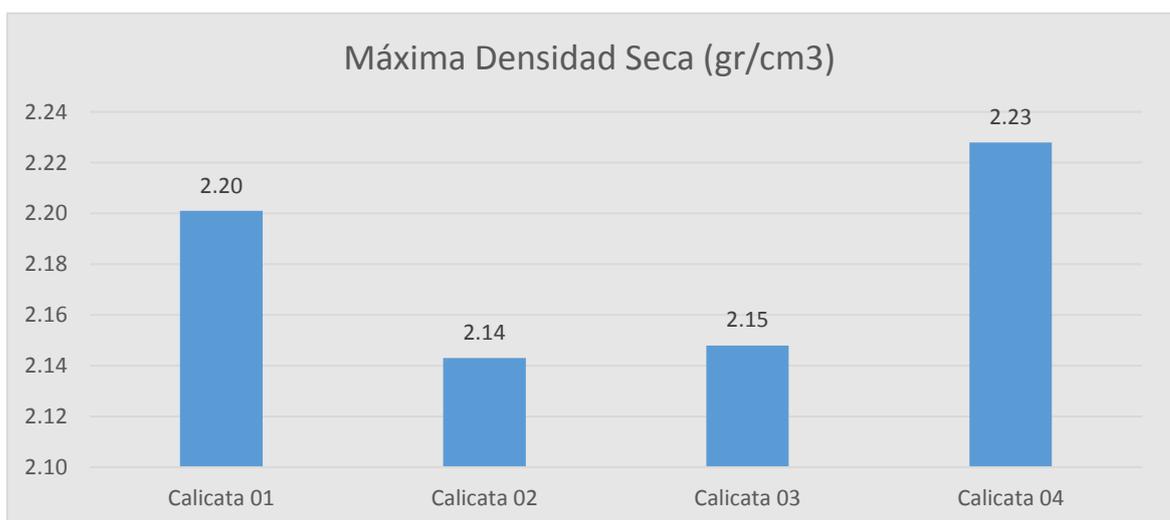


FIGURA 08 : Máxima densidad seca (gr/cm³)

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En esta figura, la máxima densidad seca se visualiza en la calicata 04, con 2.23 (gr/cm³), localizadas en las progresivas 1+040 km respectivamente, la cual representa la cantidad alta de densidad a diferencia de las otras muestra de menor densidad.

Relación de Capacidad de Soporte de CBR:

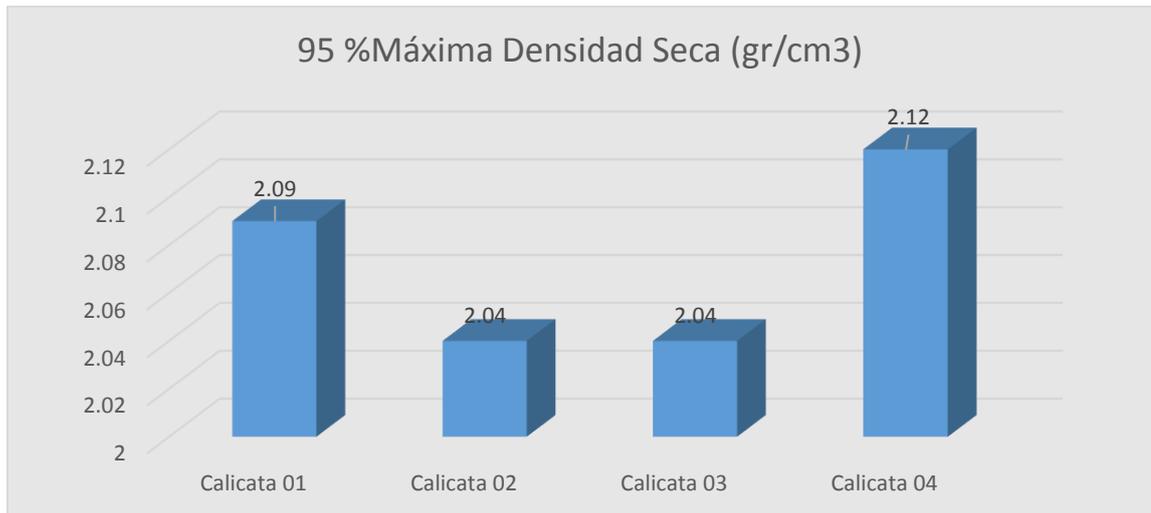


FIGURA 09: Máximas densidades secas al 95%

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

Interpretación: En esta figura, la máxima densidad seca se contempla en la calicata 04, con 2.12 gr/cm³, localizadas en las progresivas 1+040 km respectivamente, la cual representa la mayor densidad a diferencia de las demás muestras halladas de menor densidad.

Por último, para un diseño de pavimento, es necesario hallar el porcentaje mayor de California Bearing Ratio (CBR) del suelo, la que se contemplará en la siguiente figura, que se utilizará en los módulos de resiliencia para cálculo de diseño.

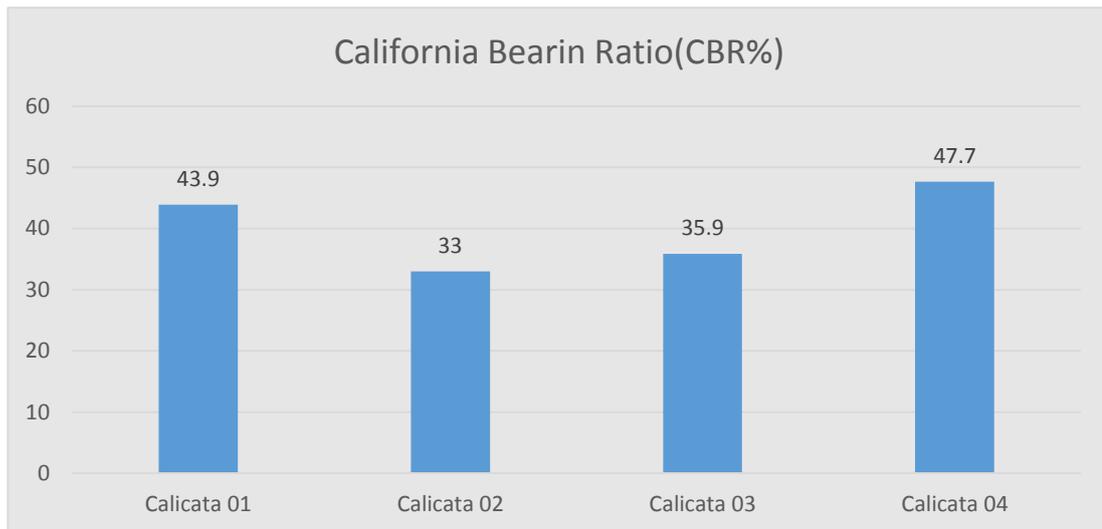


FIGURA 10: California Bearing Ratio (CBR) obtenidos.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: De la muestra 01 de las cuatro calicatas se determinó un CBR en la calicata 02 con la progresiva 0+465 km, se logró 33.02% esto siendo el más bajo y en la calicata 04 se logró un 47.67%, localizada en la progresiva 1+040 km, esto siendo el mayor CBR obtenidos en los ensayos.

$$CBR (PROMEDIO) = \frac{43.93\% + 33.02\% + 35.93\% + 47.67}{4}$$

$$CBR (PROMEDIO) = 40.14\%$$

Por último, se escogió como dato de CBR el promedio de los resultados de las 4 calicatas halladas en el lugar de estudio del terreno, dando como resultado el 40.14 % este dato se tomará en la elaboración del diseño estructural del pavimento con el uso del Sistema Bitufor.

Se visualiza en la Figura 11, el resumen de todos los resultados del laboratorio de suelos de las cuatro calicatas, localizadas en las progresivas 0+215, 0+465, 0+715, 1+040. De las que se han evaluado las granulometrías (SUCS), gravas (%), contenidos de humedades (%), finos (%), california bearing ratio (CBR%), arenas (%), limite líquido y plástico (%) y máxima densidad seca (%).

CALICATAS	C - 01		C - 02		C - 03		C - 04	
	M - 01	M - 02	M - 01	M - 02	M - 01	M - 02	M - 01	M - 02
GRANULOMETRIA (SUCS)	GP-GC	SM	GP-GC	SM	GC	-	GC	-
GRAVA (%)	61.5	29.7	75.4	24.4	45.9	-	55.9	-
ARENA (%)	30.1	42.3	16.2	60.2	38.4	-	14.9	-
FINOS (%)	8.4	28	8.4	15.5	29.2	-	14.9	-
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (%)	5.1	3.1	6.4	3.1	2.5	-	3.8	-
LIMITE LIQUIDO (%)	26	22	28	27	30	-	30	-
LIMITE PLASTICO (%)	21	20	21	22	22	-	25	-
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)	7.7	9.2	7.8	8.2	9.2		9.6	-
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	2.2	1.96	2.14	1.97	2.15	-	2.23	-
MAXIMA DENSIDAD SECA 95% (g/cm3)	2.09	1.86	2.04	1.87	2.04	-	2.12	-
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR%)	43.9	15.5	33	11.6	35.9	-	47.7	-
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a (0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	-	A-2-4(0)	-

FIGURA 11: Resumen de resultados de laboratorio de suelos.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Para el diseño del uso del Sistema Bitufor se tomó la gran parte del estudio de las cuatros calicatas, donde en la primera y segunda calicata se encontraron dos muestras, conforme el indicador de granulometría prevalece: Donde predomina la muestra 02 Máxima en la calicata 01 y 02, como propiedades físicas se hallaron, según SUCS : SM (Arenas limosas, mezclas de arena y limo) y según AASHTO A-1-b (0) y como propiedades mecánicas se hallaron: un límite liquido es 27% y el límite plástico es 22%, con un índice de plasticidad de 5%.

Por lo tanto se ha considerado el resultado máximo de las cuatro calicatas tomadas de la muestra 01, como propiedades física se hallaron: según SUCS: GP-GC (Grava angular con arena limosa y arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compactado) y conforme AASHTO A-1-a (0), con una densidad máxima seca de 2.2gr/cm³ y como propiedades mecánicas se hallaron: un límite liquido es 30% y el límite plástico es 25%, con un porcentaje de humedad optima de 9.6%, por último el indicador del CBR se obtuvo 40.14%.

4.3. Estudio de tráfico

Conforme al tercer objetivo de la presente investigación el cual fue: Determinar las cargas de transitabilidad vehicular en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura. 2020. Conforme al MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES EN EL MANUAL DE CARRETERAS (2013), en el cual se realizó un conteo vehicular de veinticuatro horas, durante los siete días de la semana, se inició el día lunes 24 de febrero hasta día domingo 01 de marzo del 2020 entre las avenidas

Junín y Miguel Grau.

Tabla 10: Estudio de Tráfico.

Tipo de vehículos	Ejes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
LIGERO	AP	5707	5467	5892	5669	5865	5745	5715
	AC	565	529	532	555	543	540	550
BUS	B2	110	107	109	61	84	97	101
	B3-1	138	136	134	118	121	140	137
CAMION	C2	10	8	6	10	15	12	5
	C3	12	8	5	21	9	11	2
	C4	5	3	2	6	11	7	6
SEMI-TRAYLER	T2S1	4	2	5	1	3	4	4
	T2S2							
	T2S3	4	2	2	2	2	3	4
	T3S1	4	3	1	1	1	3	2
	T3S2							
	T3S3	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		6559	6265	6688	6444	6654	6562	6526

Fuente: Elaboración propia, 2020

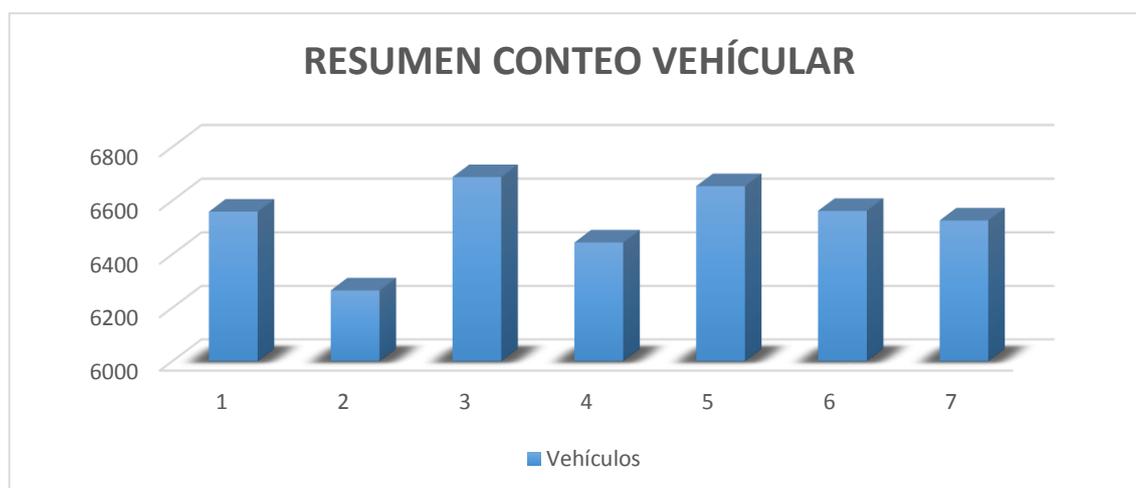


FIGURA 12: Número de Vehículos por día (v/d).

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Como se visualiza en la posterior Tabla 10 y Figura 12 estos dan a conocer los resultados de tráfico realizados en la semana en la que tuvo dos estaciones: la cual el primero se tomó el punto de inicio en la progresiva 0+100 y asimismo el segundo en la progresiva 0+550, esto nos indicó que el mayor flujo de

los vehículos se produjo en el día miércoles 26 de febrero del 2020, donde los resultados previos nos ayudaran para determinar el IMD.

Por otra parte, se necesitará saber los factores de corrección promedio de una estación de peaje más cerca de la zona de estudio, por lo tanto, se tomó como relación el peaje Piura-Sullana. (Ver figura 27 y 28 – Anexo 03.3)

Tabla 11: Factor de corrección de vehículos.

F.C.E Vehículos ligeros:	0.817576
F.C.E Vehículos pesados:	0.845585

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

De la misma manera para calcular el índice medio anual (IDMa) se deberá primero conocer el índice medio semanal (IMDs), en el cual se utilizará la presente ecuación para un conteo de 7 días.

$$\text{IMD (s)} = \sum Vi / 7 \quad (1)$$

$$\text{IMD (a)} = \text{IMDs} * \text{FC} \quad (2)$$

Dónde:

IMD (s) = Índice Medio Diario Semanal.

IMD (a) = Índice Medio Anual.

$\sum Vi$ = Volumen Vehicular de cada uno de los días de conteo. (Total de semana).

FC = Factores de Corrección Estacional.

Tabla 12: Índice medio anual del tráfico vehicular actual.

Tipo de vehículos	Ejes	Total Semana	IMDS	FC	IMDa
LIGERO	AP	40060.00	5722.86	0.817576	4679
	AC	3814.00	544.86	0.817576	445
BUS	B2	669.00	95.57	0.817576	78
	B3-1	924.00	132.00	0.817576	108
CAMION	C2	66.00	9.43	0.845585	8
	C3	68.00	9.71	0.845585	8
	C4	40.00	5.71	0.845585	5
SEMI-TRAYLER	T2S1	23.00	3.29	0.845585	3
	T2S2				
	T2S3	19.00	2.71	0.845585	2
	T3S1	15.00	2.14	0.845585	2
	T3S2				
	T3S3				
TOTAL		45698.00	6528.29		5338

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Se puede contemplar en la Tabla 12 los resultados calculados por medio de la ecuación 1 y 2 para calcular el índice medio semana (IMDs) y anual (IMDa) correspondiente a cada tipo de vehículo como para pesado y liviano, la cual dio 5,338.00 EE actual.

Análisis de la demanda vehicular: En este caso se evalúa el número de vehículos que transitan por el lugar de estudio para así realizar una repartición de porcentajes de vehículos ligeros y pesados.

- a. Demanda Actual: se muestran la cantidad de vehículos distribuida en porcentajes según la Tabla 13.

Tabla 13: Distribución del Tráfico Vehicular Actual.

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo			
Tipo de vehículos	Ejes	IMDa	Distribución %
LIGERO	AP	4679.00	87.65
	AC	445.00	8.34
BUS	B2	78.00	1.46
	B3-1	108.00	2.02
CAMION	C2	8.00	0.15
	C3	8.00	0.15
	C4	5.00	0.09
SEMI-TRAYLER	T2S1	3.00	0.06
	T2S2		
	T2S3	2.00	0.04
	T3S1	2.00	0.04
	T3S2		
	T3S3	0.00	0.00
IMD		5338.00	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2020

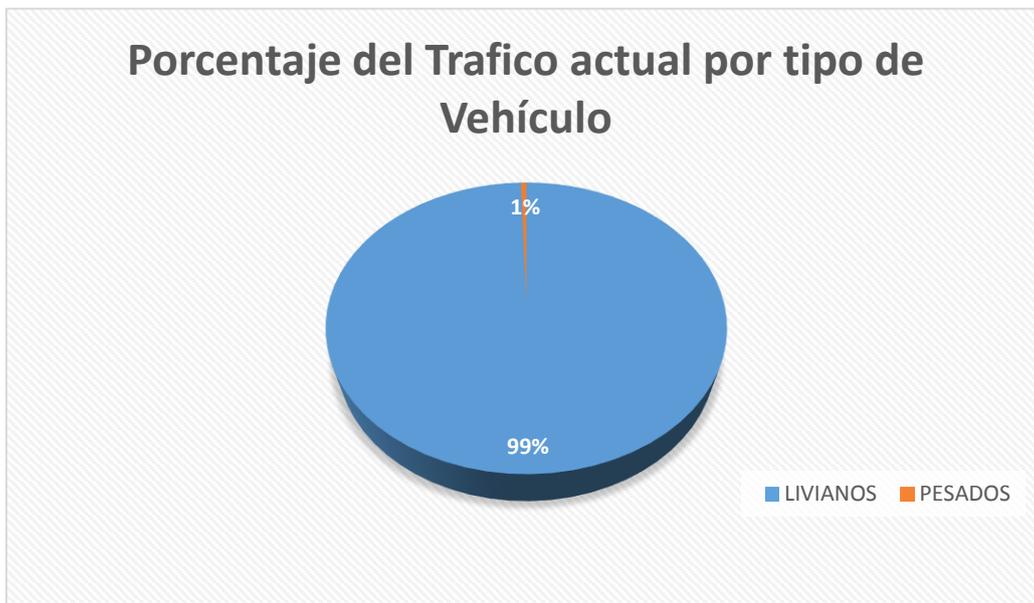


FIGURA 13: Porcentaje del Tráfico actual por tipo de vehículo.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 14: Porcentaje del tráfico vehicular al año por tipo de vehículo.

LIVIANOS	99.48 %
PESADOS	0.52 %
TOTAL	100.00 %

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la siguiente Tabla 13 se muestra de cada tipo de vehículo sus porcentajes que transitan en la zona de estudio, en el que el menor porcentaje es 0.04% esto corresponde a los semi-trayler (T2S3; T3S1/T3S2); y el porcentaje mayor es de 87.65% esto corresponde a los autos; de igual manera se puede decir que conforme a la Figura 13 y la Tabla 14 el 99,48% corresponden al tránsito liviano y el 0,52% al tránsito pesado.

ESAL

Demanda Proyectada: Se refiere a la proyección del número de vehículos en un futuro de 20 años, conforme al Manual de Carreteras EG-2013.

Ejes Equivalentes: Para calcular EE, se aplicará las posteriores relaciones sintetizadas por cada tipo de eje (Ver figura 29 y 30 – Anexo 03.3); para calcular las toneladas producidas por cada eje de vehículos livianos y pesados, de igual forma, esto se utilizará para el diseño estructural del pavimento flexible.

Transito proyectado: Es el número por cada tipo de vehículos determinadas para un futuro de diseño de 20 años por medio de datos estadísticos como la tasa de crecimiento anual de la población para vehículos ligeros y el producto bruto interno para vehículos pesados.

$$T_n = T_o (1 + r)^{(n-1)} \quad (3)$$

Dónde:

- T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.
- T_o = Tránsito actual (año base) en vehículo por día.
- N = Año futuro de proyección.
- r = Tasa anual de crecimiento de tránsito.

Tasa de Crecimiento por Región en % (PIURA)

Respecto a la tasa de crecimiento poblacional se expresa “r”, donde su valor en el año 2017 fue 1.0% en el cual se observa en la Figura 31 – Anexo 03.3. De igual forma, la tasa de crecimiento anual del producto bruto interno se expresa (PBI), donde su valor en el año 2018 fue 4.2% como se observa en la Figura 32 – Anexo 03.3. Y finalmente, la proyección de diseño constituido en la Norma EG-2014 es de 20 años.

Tabla 15: Demanda Proyectada (20 años) – Índice Medio Diario.

Tipo de vehículos	Ejes	IMDa	Tn (Proyectado)	Distribución %
LIGERO	AP	4679.00	5652.74	87.28
	AC	445.00	537.61	8.30
BUS	B2	78.00	94.23	1.46
	B3-1	108.00	130.48	2.01
CAMION	C2	8.00	17.48	0.27
	C3	8.00	17.48	0.27
	C4	5.00	10.93	0.17
SEMI-TRAYLER	T2S1	3.00	6.56	0.10
	T2S2			
	T2S3	2.00	4.37	0.07
	T3S1	2.00	4.37	0.07
	T3S2			
	T3S3	0.00	0.00	0.00
TOTAL		5338.00	6476.24	100.00
VEHICULOS LIGEROS				99.06
VEHICULOS PESADOS				0.94

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Como se puede mostrar en la siguiente Tabla 15, la demanda proyectada en 20 años (conforme al manual de carreteras) en el que el total de vehículos ascendió en 1138, teniendo un IMD proyectado de 6,476.24 vehículos por día, en el cual el porcentaje de vehículos pesados es 0.94% y el porcentaje de los vehículos livianos es 99.06% en 20 años de proyección.

Factor de crecimiento acumulado

Esto se refiere al incremento de porcentaje de vehículos pesados y livianos conforme a la clasificación del Manual de Carreteras 2014.

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (4)$$

Tabla 16: Factor de crecimiento acumulado.

CLASIFICACIÓN DE VEHICULOS	FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO
Fca LIVIANOS =	22.02
Fca PESADOS =	30.40

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Se puede observar en la siguiente Tabla 16 los factores aglomerados conforme a la clasificación de vehículos utilizando la ecuación 4. De tal forma contiene así un factor de aumento para vehículos livianos de 22.02 y 30.40 para vehículos pesados.

ESAL o Número de Ejes Equivalentes:

$$EE_{dia-carril} = IMD_{pi} * Fd * Fc * Fv_{pi} * F_{pi} \quad (5)$$

Dónde:

- IMD_{pi} = Índice Medio Diario Proyectado Según el tipo de Vehículo.
- $Fd = 0.50$ Factor Direccional para dos sentidos con un carril por sentido (Ver Figura 33 - Anexo 03.3).
- $Fc = 1.00$ Factor Carril de Diseño para dos sentidos con un carril por sentido (Ver Figura 33 – Anexo 03.3).
- Fv_{pi} = Factor de Vehículo según sus ejes equivalentes (Ver Figura 29 y 30 - Anexo 03.3).
- $F_{pi} = 1$ Factor de presión de neumaticos (Ver Figura 34 - Anexo 03.3).

Tabla 17: Ejes Equivalentes día – carril.

Tipo de vehículos	Ejes	Ee día - carril	Distribución %
LIGERO	AP	1.64	0.40
	AC	6.74	1.64
BUS	B2	174.14	42.23
	B3-1	118.19	28.66
CAMION	C2	32.31	7.83
	C3	22.38	5.43
	C4	10.00	2.43
SEMI-TRAYLER	T2S1	22.46	5.45
	T2S2		
	T2S3	12.00	2.91
	T3S1	12.49	3.03
	T3S2		
	T3S3	0.00	0.00
TOTAL		412.35	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Como se visualiza en la Tabla 17, el número de ejes equivalentes por cada vehículo liviano y pesado, utilizando la ecuación 5, en el cual se calculó un total de 412 Ejes Equivalentes por día.

Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8,2 tn:

Por medio de la siguiente fórmula se logró el ESAL o el número de repeticiones de ejes equivalentes a lo largo de un año.

$$N_{rep\ de\ EE_{8,2\ tn}} = \sum [EE_{dia-carril} * Fca * 365] \quad (6)$$

Dónde:

- $N_{rep\ de\ EE_{8,2\ tn}}$ = Número de Repeticiones de ejes equivalentes o ESAL.
- $EE_{dia-carril}$ = Ejes equivalentes día Carril.
- Fca: Factor de crecimiento acumulado de vehículos livianos y pesados (Ver Tabla 16).

$$N_{rep\ de\ EE_{8,2\ tn}} = 3'655,696.63\ EE. \quad (\text{Ver Tabla 02}) \quad (7)$$

Interpretación: Por otra parte, para el uso del sistema Bitufor en la reducción de las patologías del pavimento flexible se determinó las cargas de transitabilidad donde se halló la cantidad de vehículos que transitan por zona de estudio de 6,476 vehículos por día, esto indica que el 99.06% son los vehículos livianos y el 0.94% son los vehículos pesados; es decir, mayormente está compuesta por vehículos livianos que por vehículos pesados. De esta manera, se tiene un ESAL de 3'655,696.63 EE para un tiempo de diseño de 20 años. Por esta razón, conforme la Norma EG-2014 clasifica conforme a las repeticiones acumuladas de los ejes equivalentes como una vía de tráfico pesado tipo TP7 ($>3'000,000$ EE $\leq 5'000,000$ EE), la Figura 35 – Anexo 03.3.

4.4. Diseño del Pavimento Flexible (Tradicional y usando el Sistema Bitufor)

Conforme al cuarto objetivo de esta investigación la cual es: Determinar los espesores del pavimento flexible con el uso del sistema bitufor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura. 2020”, conforme al (MTC) MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES EN EL MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA Y PAVIMENTO (2014); se ha tenido que realizar los siguientes cálculos:

Cálculo de los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado

Para obtener los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado (EE día - carril), se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$EE_{dia-carril} = IMD_{pi} * Fd * Fc * Fv_{pi} * F_{pi}$$

Dónde:

- IMD_{pi} = Índice Medio Diario Proyectado Según el tipo de Vehículo.
- Fd = 0.50 Factor Direccional para dos sentidos con un carril por sentido (Ver Figura 33 – Anexo 03.3).
- Fc = 1.00 Factor Carril de Diseño para dos sentidos con un carril por sentido (Ver Figura 33 – Anexo 03.3).

- F_{vpi} = Factor de Vehículo según sus ejes equivalentes (Ver Figura 29 y 30 – Anexo 03.3).
- $F_{pi} = 1$ Factor de presión de neumaticos (Ver Figura 34 – Anexo 03.3).

Para una carretera, con una calzada y dos sentidos (un carril por sentido), se logran los siguientes resultados, la cual será para los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado (EE día-carril):

Tabla 18: Cálculo de los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado.

Tipo de vehículos	Ejes	Imd - Proyectoado	Fd	Fc	Fvp	Fp	Ee día - carril
LIGERO	AP	5652.74	0.50	1.0	0.001	1.0	1.64
	AC	537.61	0.50	1.0	0.025	1.0	6.74
BUS	B2	94.23	0.50	1.0	3.696	1.0	174.14
	B3-1	130.48	0.50	1.0	1.812	1.0	118.19
CAMION	C2	17.48	0.50	1.0	3.696	1.0	32.31
	C3	17.48	0.50	1.0	2.560	1.0	22.38
	C4	10.93	0.50	1.0	1.831	1.0	10.00
SEMI-TRAYLER	T2S1	6.56	0.50	1.0	6.851	1.0	22.46
	T2S2						
	T2S3	4.37	0.50	1.0	5.491	1.0	12.00
	T3S1	4.37	0.50	1.0	5.716	1.0	12.49
	T3S2						
	T3S3	0.00	0.50	1.0	0.000	1.0	0.00
Σ EE día - carril							412.35

Fuente: Elaboración propia, 2020

Cálculo del Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8,2 tn:

Por medio de la fórmula establecida se consiguió el ESAL o el número de repeticiones de ejes equivalentes (EE), durante un año.

$$N_{rep\ de\ EE_{8,2\ tn}} = \sum [EE_{dia-carril} * Fca * 365]$$

Dónde:

- Nrep de EE_{8.2 tn} = Número de Repeticiones de ejes equivalentes o ESAL.
- EE_{día – carril} = Ejes equivalentes día Carril.
- Fca: Factor de crecimiento acumulado de vehículos livianos y pesados (Ver Tabla 16) .

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = 3'655,696.63 \text{ EE.} \quad (\text{Ver Tabla 02})$$

Cálculo del Número Estructural Propuesto

Por otro lado, el número estructural propuesto, determinará el espesor total del pavimento a instalar, se utilizó la metodología AASHTO 93, siendo la expresión matemática la siguiente:

$$\log_{10} W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \left[\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right]} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Las variables necesarias para su cálculo, están directamente asociadas con la carga vehicular, rigidez del suelo de la sub rasante y comportamiento esperado de la estructura, bajo parámetros estadísticos.

Tabla 19: Variables y cálculo del número estructural propuesto (SN).

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	FUENTE
Número de repeticiones de ejes equivalentes 8.2 Tn	W18	3655696.63	Cálculo de repeticiones de ejes equivalentes 8.2 Tn.
Módulo de resiliencia	Mr	16214 PSI	Mr = 4326 * ln (CBR) + 241 (Para materiales con CBR mayor al 20%).
Confiabilidad	%R	85.00%	Valores recomendados de nivel de confiabilidad según rango de tráfico (Ver Figura 37 – Anexo 3.4).
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal	Zr	-1.036	Coefficientes estadísticos de desviación estándar normal (Ver Figura 38 – Anexo 3.4).
Coefficiente estadístico de desviación estándar combinada	So	0.45	La Guía AASHTO recomienda utilizar para pavimentos flexibles valores entre 0.40 y 0.50; el MTC adopta para diseños el valor de 0.45.
Variación del índice de serviciabilidad presente inicial y final	Δ PSI	1.50	Diferencia de serviciabilidad (Ver Figura 38 – Anexo 3.4).
Número estructural propuesto	SN	3.14	Cálculo del SN con la ecuación AASTHO 93 (Ver Figura 39 – Anexo 3.4).

Fuente: Elaboración propia, 2020

Cálculo de los Espesores del Pavimento Flexible

El número estructural propuesto calculado, debe ser convertido al espesor de cada una de las capas que conformarán el pavimento (sub base, base y capa asfáltica), por medio del uso de coeficientes estructurales y de drenaje, para ello la guía AASHTO 93, establece la siguiente expresión matemática:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

En dónde:

- a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de las capas: capa de rodadura, base y sub-base, respectivamente.
- d1, d2, d3: Espesores (en centímetros) de las capas: capa de rodadura, base y sub-base, respectivamente.
- m2, m3: Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub-base, respectivamente.

Tabla 20: Variables y cálculo de los espesores del pavimento flexible.

ESTRUCTURA	COEFICIENTE	SÍMBOLO	VALOR	FUENTE
CAPA DE RODADURA	Estructural (cm)	a1	0.170	Coefficientes estructurales de capa (Ver Figura 40 – Anexo 3.4).
	ESPESOR (cm)	d1	10.00	Calculo de espesores de capas de la estructura del pavimento flexible.
BASE	Estructural (cm)	a2	0.052	Coefficientes estructurales de capa (Ver Figura 40 – Anexo 3.4).
	ESPESOR (cm)	d2	20.00	Calculo de espesores de capas de la estructura del pavimento flexible.
	DRENAJE	m2	0.80	Calidad del drenaje: mediano. Valores recomendados del coeficiente de drenaje: mayor que 25% de tiempo, el pavimento está expuesto a condiciones de humedad (Ver Figura 42 y 43 – Anexo 3.4).
SUB-BASE	Estructural (cm)	a3	0.47	Coefficientes estructurales de capa (Ver Figura 41 – Anexo 3.4).
	ESPESOR (cm)	d3	15.00	Calculo de espesores de capas de la estructura del pavimento flexible.
	DRENAJE	m3	0.80	Calidad del drenaje: mediano. Valores recomendados del coeficiente de drenaje: mayor que 25% de tiempo, el pavimento está expuesto a condiciones de humedad (Ver Figura 42 y 43 – Anexo 3.4).
NÚMERO ESTRUCTURAL	NÚMERO ESTRUCTURAL	SN	3.22	Número estructural determinado de los espesores considerados para el diseño del pavimento flexible.
	NÚMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO	SNR	3.14	Variables y cálculo del número estructural propuesto (Ver Figura 39 – Anexo 3.4).

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 21: Diseño del pavimento flexible mediante guía AASHTO 93.

ESTRUCTURA	CAPA	ESPESOR	UNIDAD
CAPA DE RODADURA		10.00	cm
BASE		20.00	cm
SUB-BASE		15.00	cm

Fuente: Elaboración propia, 2020

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR

Definidos los espesores del pavimento flexible, utilizando la guía AASHTO 93, recomendado por el ministerio de transportes y comunicaciones, se diseñó el mismo pavimento flexible utilizando el sistema bitufor, disminuyendo el espesor de la capa asfáltica en 2cm (beneficio característico del sistema); para la evaluación y comprobación de su comportamiento se realizaron un solo análisis: reflexión de grietas (modelo matemático).

Para la realización de estas evaluaciones, se determinaron tres modelos de pavimento flexible, con los siguientes parámetros:

Tabla 22: Modelos de pavimento flexible para evaluación y comprobación.

CAPA ESTRUCTURAL	ESPESOR (cm)		
	MODELO 1: PFT	MODELO 2: PFT+SB	MODELO 3: PFT+SB-20%
CAPA ESTRUCTURAL	10.00	10.00	8.00
BASE	20.00	20.00	20.00
SUB-BASE	15.00	15.00	15.00

En dónde:

- PFT: Pavimento flexible tradicional, determinado mediante guía AASHTO 93.
- PFT+SB: Pavimento flexible tradicional, agregado el sistema bitufor, manteniendo los espesores.
- PFT+SB-20%: Pavimento flexible, agregado el sistema bitufor, disminuyendo el espesor de la capa asfáltica en 2cm (20%).

Reflexión de Grietas

El centro de investigación vial de Bélgica (Belgian road research centre, BRRC) se ha realizado diversos ensayos y criterios para evaluar la efectividad de la intercapa en estudio, denominado sistema bitufor.

En este estudio, se realizaron técnicas de elementos finitos tridimensionales, con el objetivo de analizar la efectividad del refuerzo de acero para retardar la reflexión de grietas. Este análisis tuvo como premisa dos fases en la estructura: fase de inicio de grieta y fase de propagación de grieta.

$$N_{total} = N_{inicio} + N_{propagación}$$

En dónde:

- N_{total} : Número total de ciclos antes de que la grieta alcance 12.7mm desde la superficie de la capa de recubrimiento.
- N_{inicio} : Número de ciclos para el inicio de una grieta en la parte inferior de la capa de recubrimiento.
- $N_{propagación}$: Número de ciclos para que la grieta se propague desde la parte inferior de la capa de recubrimiento hasta alcanzar 12.7mm.

De esta forma, se desarrolló la formulación de los modelos tridimensionales, las estructuras simuladas están constituidas por una capa base sobre una explanada, una capa de HMA existente agrietada, y una capa de HMA de recubrimiento. El refuerzo del acero fue simulado como una capa de carácter no homogéneo con aberturas de geometría exacta. Los resultados analíticos obtenidos, permitieron determinar 2 modelos de ecuación para predominar el número de ciclos como una función de las variables fundamentales para los casos de pavimentos reforzados y no reforzados (LORIA, y otros, 2009).

a) Modelo para un pavimento no reforzado:

$$\log W_{T80} = \frac{1}{10^4} [255H_{recub} + 2.08E_{recub} + 45.3H_{HMA} + 8.73E_{HMA} + 1.34H_{base} + 6.93E_{base} + 1.49E_{explanada}]$$

b) Modelo para un pavimento reforzado:

$$\log W_{T80} = \frac{1}{10^4} [250H_{recub} + 1.88E_{recub} + 50.6H_{HMA} + 9.86E_{HMA} + 1.64H_{base} + 7.46E_{base} + 2.85E_{explanada}]$$

En dónde:

- W_{T80} : Número total de aplicaciones de carga de eje simple de 80KN
- H_{recub} : Espesor de la capa de recubrimiento HMA (mm)
- E_{recub} : Módulo de resiliencia de la capa de recubrimiento HMA (MPa)
- H_{HMA} : Espesor de la capa existente HMA (mm)
- E_{HMA} : Módulo de resiliencia de la capa existente HMA (MPa)
- H_{base} : Espesor de la capa base (mm)
- E_{base} : Módulo de resiliencia de la base (MPa)
- $E_{explanada}$: Módulo de resiliencia de la explanada.

Estas ecuaciones, se utilizaron para medir los resultados de los indicadores de diseño de la capa de recubrimiento (espesor y módulo) en la perfección del porcentaje debido al refuerzo de acero.

Tabla 23: Modelo matemático del pavimento flexible utilizando el sistema bitufor.

PARÁMETRO	PAVIMENTO FLEXIBLE	
	SIN REFORZAR	REFORZADO
W_{T80}	3655696.63	3655696.63
E_{recub} (MPa)	2964.75	2964.75
H_{HMA} (mm)	150.00	200.00
E_{HMA} (MPa)	111.79	111.79
H_{base} (mm)	200.00	200.00
E_{base} (MPa)	223.58	223.58
$E_{explanada}$ (MPa)	111.79	111.79
H_{recub} (cm)	10.00	8.00
Reducción (cm)	2.00	20.00%

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Respecto al uso del sistema Bitufor en la reducción de las patologías del pavimento flexible la cual se determina los espesores del pavimento flexible donde se visualizan en la siguiente Tabla 23, donde los cálculos respectivos se muestra que los espesores del pavimento flexible reforzado tendrá el mismo comportamiento estructural disminuyendo a un 20% el espesor de la carpeta

asfáltica, al mismo tiempo ayuda economizar y también alarga la vida útil de dicho pavimento reduciendo las patologías que surgen al tiempo.

5.5. COMPARACIÓN DE COSTOS

Asimismo, como cuarto objetivo se tiene: Analizar el costo beneficio entre el costo total de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con el uso del sistema bitufor en las avenidas Junín y miguel Grau. Castilla – Piura. 2020; en base a los diseños de pavimento flexible definidos, y al análisis de precios unitarios, se realizó la comparación de costos para la pavimentación de un tramo de 1.040km de carretera con una anchura de 5.00m de calzada, obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 24: Comparación de costos.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	PAVIMENTO FLEXIBLE (ASFALTO)				524,940.00
01.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.15 m	m2	5,200.00	18.96	98,592.00
01.02	BASE GRANULAR e= 0.20 m	m2	5,200.00	19.54	101,608.00
01.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	5,200.00	5.79	30,108.00
01.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 10 CM	m2	5,200.00	56.66	294,632.00
02	PAVIMENTO FLEXIBLE (ASFALTO + SISTEMA BITUFOR)				630,136.00
02.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.15 m	m2	5,200.00	18.96	98,592.00
02.02	BASE GRANULAR e= 0.20 m	m2	5,200.00	19.54	101,608.00
02.03	SLURRY SEAL e= 0.01 m	m2	5,200.00	2.03	10,556.00
02.04	COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO	m2	5,200.00	18.20	94,640.00
02.05	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	5,200.00	5.79	30,108.00
02.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 10 cm	m2	5,200.00	56.66	294,632.00
03	PAVIMENTO FLEXIBLE (ASFALTO + SISTEMA BITUFOR -20%)				492,544.00
03.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.15 m	m2	5,200.00	18.96	98,592.00
03.02	BASE GRANULAR e= 0.20 m	m2	5,200.00	19.54	101,608.00
03.03	SLURRY SEAL e= 0.01 m	m2	5,200.00	2.03	10,556.00
03.04	COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO	m2	5,200.00	18.20	94,640.00
03.05	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	5,200.00	5.79	30,108.00
03.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 8 CM	m2	5,200.00	30.20	157,040.00

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Por otro lado, al uso del sistema Bitufor en la reducción de las patologías del pavimento flexible donde se realizó el análisis de costo y beneficio entre un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con el uso del sistema Bitufor donde se puede observar el costo de cada tipo de pavimento flexible con sus partidas típicas, respecto a la subbase y la base, estas se mantienen igual debido a que sus dimensiones en espesor no fueron variadas, lo que resalta que costo de un pavimento flexible S/. 524,940.00, y un pavimento flexible + sistema bitufor S/. 630,136.00 la cual tiene un aumento del 20.04%, y un pavimento flexible + sistema Bitufor – 2cm en la carpeta asfáltica S/. 492,544.00 ahorrando 6.17%, en el material asfáltico, y teniendo mejor comportamiento estructural, menores deformaciones y prolongación de vida útil que un pavimento flexible tradicional.

V. DISCUSIÓN.

Mostrado los análisis de los resultados obtenidos en la siguiente investigación, se origina a la discusión o triangulación de los resultados del presente proyecto investigación, asimismo con los resultados de los trabajos preliminares que han sido realizados en relación a las variables de estudio de la investigación en curso y también se compara con lo que explica la teoría que respaldan este estudio.

Con respecto al primer objetivo que consistió en evaluar el estado del pavimento existente de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2019. El trabajo de investigación de BALAREZO, J. (2017) se propuso determinar el estado existente del pavimento flexible de la Universidad de Piura con el propósito de conocer si el mencionado pavimento se encontraba en excelentes condiciones y asimismo saber si demandara ciertas intervenciones para que así pueda garantizar una mejor serviciabilidad. Esta investigación la realizo haciendo una evaluación mediante viga Benkelman, logrando obtener como resultado que la deflexión característica fue menor que la admisible, por lo tanto, detecto que el pavimento existente presentaba fallas superficiales y necesitaba cierto grado de intervención como lo era el de realizarle mantenimiento.

Respecto a la presente investigación realizada con el mismo procedimiento y la misma técnica se obtuvo como resultado que la deflexión de las avenidas Junín y Miguel Grau en Castilla – Piura, era demasiado menor que la admisible, lo que cumple con los parámetros de las deflexiones que establece la norma, en el cual se concluye que el pavimento actual se encuentra en regulares condiciones esto se debe a que solo se encontraron fallas superficiales y conforme al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – R.D.N° 10-2014-MTC/14 se considera que el pavimento flexible requería una rehabilitación menor como también una intervención superficial esto se debe a los diferentes tipos de fallas encontradas como grietas, desprendimiento de asfalto, baches, piel de cocodrilo y hundimientos.

De esta comparación de resultados se interpreta que el pavimento flexible de las Avenidas Junín y Miguel Grau de Castilla, si presenta patologías, pero éstas son leves, como lo son la piel de cocodrilo, hundimientos y agrietamientos, tal cual, se

presentan en otras vías de otros lugares según muestran los antecedentes y que son reconocidos por la Norma del Manual de Carreteras como patologías de 3er nivel y que en todo caso necesitan de mantenimiento correctivo es decir una rehabilitación menor o intervención superficial.

Por otra parte, en el segundo objetivo que fue determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura. 2019. La investigación de RENGIFO, K. (2014) determinó por medio del estudio de mecánica suelos que el material de la sub rasante era una arcilla de baja plasticidad CL conforme SUCS o A-6(9) conforme AASHTO, asimismo un índice de plasticidad de 12, a la misma vez un porcentaje pasante de la malla 200 de casi 84% y un valor de CBR DE 7% esto indicó que la subrasante es de mala calidad conforme lo que indica el (MTC) manual de carreteras.

Por consiguiente, el estudio de mecánica de suelos de esta investigación obtuvo por un lado que conforme al SUCS la sub rasante se clasifica en un tipo de suelo GP - GC (Grava Angular con arena limosa y arcillosa de color marrón oscuro, húmedo, compactada) y conforme al método AASHTO A-1-a (0), de los límites de Atterbeng se logró determinar que en cuanto al límite líquido fue de 30%, sobre el límite plástico fue de 25% y sobre el índice de plasticidad fue de 8% y un valor de CBR promedio de 40.14%, la cual señala que el suelo de la subrasante es excelente, conforme lo indica el “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – R.D. N° 10-2014MTC/14”.

De esta triangulación de resultados se obtiene que una de las propiedades físicas del terreno de las Av. Junín y Miguel Grau de Castilla – Piura, es ser un tipo de suelo SM, o sea arena limosa y que en cuanto a sus propiedades mecánicas establecidas por un CBR excelente, determinó que la resistencia de este suelo está en óptimas condiciones para un diseño de pavimento flexible, habiendo sometido con los mismos métodos de ensayo que el antecedente y estando dentro de los parámetros de las propiedades físicas y mecánicas que indica el (MTC) manual de carreteras.

Asimismo, con relación al tercer objetivo que fue determinar las cargas de transitabilidad vehicular para el uso del sistema bitufor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2019. El trabajo de investigación MANAYAY, L. y MUDARRA, R. (2018) determinan que el flujo vehicular expresa un IMDA de 381 vehículos con un ESAL de 1.77 millones de ejes equivalentes proyectado a 20 años.

Mientras, que en este trabajo investigativo el estudio del ESAL determinó 3.656 millones de ejes, proyectado para un periodo de diseño de 20 años, calificado por MTC como un tipo de tránsito TP7 (>3.0 y ≤ 5.0 millones de ejes repetitivos).

De acuerdo a la discusión de este tercer objetivo, se establece que el ESAL establecido para el diseño de las calles de Junín y Miguel Grau de Castilla-Piura está dentro del rango de tráfico constituida en el (MTC) manual de carreteras, por lo que se adecua para la elaboración de un diseño de pavimento flexible con mayor tiempo de duración o servicio de transporte.

Con respecto al cuarto objetivo que fue determinar los espesores del pavimento flexible con el uso del sistema bitufor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2019, el antecedente de REYES, B. y ZAMORA, J. (2018) logro determinar los espesores del pavimento flexible fueron de 0.10, 0.25 y 0.30m de capa asfáltica, base y subbase respectivamente, obteniendo un total de 0.65m como espesor del pavimento, proyectado para un periodo de diseño de 20 años.

Así también, en la investigación actual se determinó que los espesores del pavimento flexible de las calles Junín y Miguel Grau de Castilla – Piura fueron de 0.10, 0.20 y 0.15 m, esto se logró tomando en cuenta los criterios de ensayos realizados en Bélgica utilizando modelos matemáticos manuales que apoyaron la aplicación del sistema Bitufor, el cual es usado para diseñar o proponer la rehabilitación o construcción de un pavimento nuevo que permite disminuir a un 20% del espesor de la capa asfáltica, lo que genera como resultado que los espesores del pavimento flexible, agregando la maya metálica (propia del sistema Bitufor) tenga como resultado un espesor de 0.08, 0.20 y 0.15 m; obteniendo como total el 0.43 m de espesor del pavimento, proyectado para un diseño de 20 años.

Por lo tanto, el según el trabajo realizado por los investigadores de este estudio establecen que la aplicación del sistema Bitufor en la construcción de pistas,

avenidas, vías, carreteras no incrementa el espesor la base, sub base ni de la carpeta asfáltica, ya que al utilizar la maya metálica ayuda a reforzar la estructura, pero no incrementa el espesor y además alarga la vida útil del pavimento, permitiendo la reducción y la aparición de las patologías de un pavimento flexible.

Sobre el quinto objetivo que fue analizar el costo beneficio entre el costo total de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con el uso del sistema bitufor en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2019. REYES, B. y ZAMORA, J. (2018) logro determinar la comparación de costos entre el pavimento flexible tradicional S/. 281,115.45 y el pavimento flexible utilizando el sistema bitufor S/. 254,850.75, para una carretera de 1Km y 3.30m de ancho de carril, obteniendo un ahorro económico de 9.34% en mezcla asfáltica en caliente.

Respecto a la presente investigación realizada se logró analizar la comparación de costos del pavimento flexible tradicional S/. 524,940.00 y el pavimento flexible empleando el sistema bitufor disminuyendo en 2cm la carpeta S/. 492,544.00, para las avenidas Junín y Miguel Grau de Castilla – Piura, de un 1.04 km de longitud y una anchura de carril de 5.00 m, resultando un ahorro económico de 6.17% en mezcla asfáltica en caliente; sin embargo, al incrementar la vida útil del pavimento por el refuerzo, este porcentaje de ahorro aumentará a largo plazo en los gastos de intervención y mantenimiento.

En la comparación de los costos beneficios de ambas investigaciones, el antecedente y el trabajo actual, resulta que el costo beneficio es mayor en la elaboración de un diseño para las avenidas Junín y Miguel Grau de castilla-Piura, haciendo uso del sistema bitufor, ya que se ahorra 2 cm en el costo de elaboración dela carpeta asfáltica, ahorrándose 6.17% en el costo de la mezcla caliente, a lo que se agrega el beneficio de que al incrementar la vida útil del pavimento de estas avenidas, por el refuerzo del sistema Bitufor, el ahorro se será mayor, porque se evitará la ejecución de mantenimientos periódicos.

VI. CONCLUSIONES.

1. Respecto a la evaluación del pavimento existente mediante el método: Medida de la deflexión de un pavimento flexible utilizando la viga Benkelman, se determinó que al poseer valores de deflexión admisible superiores a la característica, no se encontraron fallas de origen estructural, asimismo la mayor presencia de deflexiones se tuvo en las progresivas Km 0+260, Km 0+455 y en el Km 0+715, en donde se encontró fallas superficiales como desprendimiento de asfalto, baches, hundimientos, grietas y piel de cocodrilo; estableciéndose que se necesitan de una intervención superficial o rehabilitación menor.
2. Se determinó el estudio de mecánica de suelos de las Av. Junín y Miguel Grau de Castilla- Piura, donde se obtuvo que la subrasante según SUCS: GP - GC (Grava Angular con arena limosa y arcillosa de color marrón oscuro, húmedo, compactada) y conforme AASHTO A-1-a (0). Con un contenido de humedad natural de 6.4% y un CBR promedio de 40.14% de las 4 calicatas que se realizaron en situ, lo cual indica un suelo con sub rasante excelente.
3. Se determinó el estudio de tráfico en donde se realizó en dos estaciones vehicular una para cada dirección, las cuales estaban ubicadas en la progresiva 0+000 km de la avenida Junín y la otra en 1+040km en la avenida Miguel Grau respectivamente donde se obtuvo un ESAL de 3'655,696.63 EE o 3.656×10^6 EE, proyectado para un periodo de diseño de 20 años.
4. Asimismo, se determinó los espesores del pavimento flexible con el uso del sistema bitufo, en la cual reducimos la carpeta asfáltica en 20%, donde los espesores quedaron en 0.08, 0.20 y 0.15m, el desplazamiento y los esfuerzos del pavimento se ven reducidos con la utilización del Sistema Bitufo, la cual colabora con el reforzamiento de la estructura y además alarga la vida útil del pavimento, permitiendo la reducción y aparición de las patologías de un pavimento flexible.
5. El resultado del análisis del costo beneficio entre pavimento flexible tradicional S/. 524,940.00 y el pavimento flexible utilizando el sistema bitufo disminuyendo en 2cm la carpeta asfáltica S/. 492,544.00, resultando un ahorro de 6.17% en mezcla de asfáltica en caliente y teniendo mejor comportamiento estructural, menores deformaciones y prolongación de vida útil que un pavimento flexible tradicional.

VII. RECOMENDACIONES.

1. Hacer análisis del estado actual para toda investigación que se suponga realizar o aplicar un método nuevo para pavimentos flexibles.
2. En base al conocimiento generado sobre la utilización del sistema Bitufor en pavimentos flexibles, se recomienda a los futuros tesisistas llevar a cabo trabajos de investigación experimentales a través de ensayos de laboratorios o de aplicaciones en el campo de acción, ya que es el único indicador real para obtener datos y parámetros exactos y precisos.
3. Al momento de la ejecución de un proyecto de una infraestructura vial en las avenidas Junín y Miguel Grau, se realice de acuerdo al expediente técnico desarrollado según todos los estudios necesarios, teniendo como factor principal el proceso constructivo, para obtener la vida útil del pavimento diseñado, donde los pasos básicos e importantes son la correcta preparación y compactación de la base y la sub-rasante, en la instalación de la de la malla mesh track (malla de acero) es de vital importancia fijarla correctamente, a través de grapas y el slurry seal teniendo presente los traslapes adecuados evitando pliegues o arrugas, estirando la malla o someterla previamente a tensión y finalmente colocar la mezcla de asfalto en caliente en la superficie del paquete estructural, con el espesor diseñado y dejando la superficie con las condiciones óptimas de rugosidad para el correcto tránsito de los vehículos.
4. Se recomienda este tema en la rama del diseño de infraestructura vial ya que en el Perú este sistema no es muy común, pero en otros países más desarrollados se están realizando este refuerzo en los pavimentos asfálticos con el sistema Bitufor, esto otorgara una mayor vida útil al pavimento.

REFERENCIAS

AGUILERA CHINCHAY, Andres. "Evaluación de las Patologías Existentes en el Pavimento Flexible de la Avenida Don Bosco, Cuadras 28, 29,30 y 31 del AA - HH. Santa Rosa, Distrito Veintiséis de Octubre, Departamento de Piura, Octubre – 2017" (Piura, Perú), Tesis de Pregrado, Universidad Católica los Ángeles. Disponible:http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/3342/estudio_visual_patologias_av_don_bosco_aguilera_chinchay_andres.pdf?sequence=1&isallowed=y

ALMEIDA SOLANO, A.I. y SANTUR MANUEL G.Y. "Aplicación de la técnica whitetopping en la evaluación del pavimento flexible en el C. P Mallares C. P Saman-Sullana- Piura, 2018". (Piura, Perú), Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. Piura. Disponible:<https://hdl.handle.net/20.500.12692/32036>

FIDIAS G. Arias . "El proyecto de investigación". Caracas: Editorial episteme,c.a. 2012:Vol.Sexta.edición.980-07-8529-9. Disponibilidad y acceso: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>

ARREDONDO, C. "El sistema Mesh Track y su aplicación en refuerzo de parcheos asfálticos en la carretera Fredonia-Puente Iglesias". Fredonia, Antioquia, 2010 (Colombia). Universidad Pontificia Bolivariana, Disponible: <https://trid.trb.org/view/950573>

ASFALTO KYC. "Aplicacion de slurry seal. Lima, Peru" : KYC s.a, 2018. Slurry seal. Disponible:<http://www.asfalto-peru.com.pe/aplicacion-de-slurry-seal-en-lima-peru.html>

BALAREZO ZAPATA J. "Evaluacion estructural usando viga benkelman aplicada a un pavimento.Piura".(Piura, Perú), Tesis de pregrado. Universidad nacional de Piura. Disponibilidad:https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3135/ICI_241.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BAVARESCO DE PRIETO, A. "Proceso metodológico en la investigación". Maracaibo : EdiLUZ, 2013.. Vol. Sexta edición. 978-980-12-6758-4. Disponible: <https://gsosa61.files.wordpress.com/2015/11/proceso-metodologico-en-la-investigacion-bavaresco-reduc.pdf>

BEKAERT, Leon. "Malla para base de pavimentación", Italia : archiproducts, 2015. Disponible: https://www.archiproducts.com/es/productos/leonbekaert/malla-para-base-de-pavimentacion-mesh-track_1479

CHIROQUE, Jorge. Defensoría critica retrasos en rehabilitación de vías en Piura. La República.2017. Disponible: <https://larepublica.pe/sociedad/1155891-defensoria-critica-retrasos-en-rehabilitacion-de-vias-en-piura/>.

CONDORI, Ruth. Carreteras en provincias carecen de mantenimiento y pueden causar accidentes. La Republica. 2018, pág. Disponible:

<https://larepublica.pe/sociedad/1230895-carreteras-en-provincias-carecen-de-mantenimiento-y-pueden-causar-accidentes/>

CORROS, M. , URBÁEZ, E. y CORREDOR, G. “Diseño de pavimentos I: Evaluación de Pavimentos. Managua, Caracas, Venezuela”. Programa de capacitación Académica. 2009. Universidad Nacional de ingeniería. Disponible: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-evaluacion1.pdf>

ESQUIVEL GÓMEZ, N. N. “Evaluación y Mantenimiento de Pavimentos y Carreteras”. Instituto Tecnológico de Chetumal. Chetumal Quintana Roo : s.n., 2012. Disponible: <https://es.slideshare.net/FERESCUDERON/tcnias-de-evaluacion-de-pavimentos>

ESTEBAN JAVIER, A. “Rehabilitación de pavimentos asfálticos con la aplicación de capas de concreto “WHITETOPPING” – calle Moquegua, Omate– Moquegua, 2017. Lima, Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo. Disponible y Acceso: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/22742>

HUMPIRI PINEDA, K. “Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno” (Puno, Perú), Tesis Grado de Maestría, Universidad Andina "Nestor Cáceres Velásquez". Juliaca : s.n., 2015. Disponible: <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/426/P31003.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN. “Introducción y descripción de hojas de cálculo”. (Málaga, España) : Grupo Antakira, 2013. Tecnologías de la información y comunicación y ofimática . Disponible y Acceso: http://www.juntadeandalucia.es/empleo/recursos/material_didactico/especialidades/materialdidactico_admon_y_gestion/empleado_oficina/PDF/MOD7/EXCEL/UD1A.PDF

Lopez Parra. M. “ Determinación del costo Unitario, una Herramienta Financiera Eficiente en las Empresas”. s.l. : 2014 Revista del Departamento de Contaduría y Finanzas publicadas por el instituto tecnologico de sonora. Edit Itson Disponible: <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no87/Pacioli-87-eBook.pdf>

JAVIER, MIRANDA, R. R. “DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS”. 2010 (VALDIVIA - CHILE). Tesis de Pregrado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Disponible y Acceso: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>

JUAREZ BADILLO E. y RODRIGUEZ RICO A. “Mecánica de Suelos”. Edit. Noriega Editores. s.l. : Limusa - 968-18-0069-9. (México). 2005 .Vol I. Disponible: https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf

LIZÁRRAGA LÓPEZ, J. M. “Diseño y Construcción de Pavimentos Flexibles Aplicando Geomallas de Polipropileno como Sistema de Reforzamiento Estructural”. 2013. (México), Tesis Grado de Maestría. Universidad Nacional

Autónoma. Disponible: [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6195/1/Tesis.%20Jos%C3%A9%20Manuel%20Liz%C3%A1rraga%20L%C3%B3pez%20\(Versi%C3%B3n%20Final\).pdf](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6195/1/Tesis.%20Jos%C3%A9%20Manuel%20Liz%C3%A1rraga%20L%C3%B3pez%20(Versi%C3%B3n%20Final).pdf)

LORIA, L. , Elie Y. y Navas A. "Evaluación de Métodos de diseño de sobrecapas Asfálticas contra reflejo de Grietas". 2009 (Estados Unidos), Universidad de Nevada. Reno : Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), Disponible: https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/499/CIL_A-03-09.%20EVALUACION%20DE%20M%C3%89TODOS%20DE%20DISE%C3%91O%20DE%20SOBRECAPAS%20ASF%C3%81LTICAS%20CONTRA%20REFLEJO%20DE%20GRIETAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MBA LOZANO, E. y TABARES GONZALES, R. "Diagnostico de via existente y diseño del pavimento flexible de la via nueva mediante parametros obtenidos del estudio en fase I de la via acceso al barrio ciudadela del Cafe - Via la Badea". 2005 (Colombia), Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Disponible: <http://www.bdigital.unal.edu.co/743/1/ricardotabaresgonzales.2005.pdf>

MANAYAY RIVAS, L. y MUDARRA VILCA, R. "Estudio de Transitabilidad vial en la Avenida Aeropuerto distrito de Huanchaco, Trujillo - La Libertad, aplicando la metodología AASHTO 93". 2018. Tesis Pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego. Disponible: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4173/1/RE_ING.CIVIL_LENIN.MANAYAY_ROBERT.MUDARRA_TRANSITABILIDAD.VIAL_DATOS.PDF

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES. "Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación". (República Dominicana). Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. Public: 21 de Junio de 2016. Disponible y Acceso: <http://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identificaci%C3%B3n-fallas.pdf>

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. "Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento". (Lima, Perú) : Resolución Directorial, El Peruano, 18 de Febrero de 2013. Disponible y Acceso : http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. "Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura via". [ed.] Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (Lima, Perú) : Resolución Directoral, 12 de Enero del 2018. Disponible: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf

MOLINA COLOCHO, M. P. y FRANCO GUTIÉRREZ, G. "Validez y Confiabilidad y Marco referencial para la evaluación de Proyectos". 2016 (Guatemala), Tesis de Maestría. Universidad Mariano Gálvez, Disponible y Acceso : <https://es.slideshare.net/griseldalishethfrancogutierrez/validez-y-confiabilidad-evaluacin-de-proyectos>

PRODAC. Mesh Track. Callao, (Lima, Perú): BEKAERT, 18 de Mayo de 2016. Disponible y acceso: <file:///C:/Users/USSE/Downloads/Mesh-track.pdf>

RENGIFO, Kimiko. 2014. "Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189) ". 2014 (Lima,Perú). Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. .Disponible:http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5826/RENGIFO_KIMIKO_PAVIMENTOS_CARRETERA_HUACHO_PATIVILCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

REYES POZO, B. M. y ZAMORA ZAVALA, J. R. "Diseño del pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera costanera Huanchaco – Santiago De Cao, La Libertad, 2018". (Libertad, Perú) Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Trujillo. .Disponible: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12367>

ROAD MAINTENANCE SERVICES LTD.Acero bitufor meshtrack. Maynooth,2017, Leinster, Irlanda : Engineers ireland, Meshtrack/Geogrids, Vol. I. <http://www.rms.ie/services/meshtrack/index.html>

RODRÍGUEZ VELÁSQUEZ, E. D. "Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla". 2009 (Piura,Perú), Tesis de pregrado. Universidad de Piura. Disponible: <https://es.slideshare.net/JorgeRamos366/calculo-pci-piura>

SULLCARAY BIZARRO, S. C."Metodología de la investigación". 2012.Universidad Continental S.A.C.Vol. Primera edición.978-612-4196-10-2.Disponible:https://issuu.com/ucvirtual/docs/manual_metodologia_de_la_investigacion

YARANGO SERRANO, E. M. "Rehabilitación de la carretera de acceso a la Sociedad Minera Cerro Verde (S.M.C.V) desde la Prog. Km 0+000 hasta el km 1+900, empleando el Sistema Bitufor para reducir la reflexión de grietas y prolongar la vida útil del pavimento". 2014 (Arequipa, Perú), Tesis de pregrado , Universidad Ricardo Palma. Disponible y Acceso: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/421>

ZARATE GARCIA, D. "Bases Teóricas para el Uso del Sistema Butifor para incrementar la vida útil en el pavimento en tramos de fuerte pendiente del acceso al centro turístico rio bar – simbal", 2018. (Trujillo, Perú). Tesis de pregrado. Universidad Privada de Trujillo. Disponible y Acceso: <http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/91/Zarate%20Garcia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ZIELINSKI, P. "Effectiveness of the steel mesh track in repairing asphalt pavements in Malopolska region. Malopolska, Polonia". EBSCOhost, 22 de Mayo de 2018. Disponible y Acceso: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=b956754d-1fde-453a-b553-17972057a058%40sdc-v-sessmgr01&bdata=Jmxhbmc9ZXMMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=45650693&db=eoah>

ANEXO 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 25: Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE SISTEMA BITUFOR	La malla de refuerzo de acero para la rehabilitación de pavimentos flexibles y rígidos, en combinación con una capa de lechada asfáltica o Slurry seal, antes de la colocación de un revestimiento bituminoso o carpeta asfáltica. Se utiliza como refuerzo para rehabilitación de pavimentos en mal estado	Estudio de tráfico	Son valores resultantes de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo las cuales nos permitirán medir la variable, haciendo uso del instrumento ficha técnica de observación.	Índice medio diario anual (IMDA). Ejes equivalentes de cargas (ESAL).	Razón
		Presupuesto	Es el cálculo estimado el cual nos permitirá medir la variable a través de una hoja de cálculo.	-Costo del pavimento flexible tradicional. -Costo del pavimento flexible con el sistema bitufor	Razón
		Diseño de un pavimento	Es la superficie de rodamiento para los distintos vehículos y está constituida por una mezcla asfáltica y se diseñara con el método AASHTO 93 obteniendo las diferentes dimensiones del pavimento.	-Dimensiones de las capas que conforman la estructura. -Modelos matemáticos tridimensionales.	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE PATOLOGIAS DEL PAVIMENTO	Es una deficiencia del pavimento que ocasiona, de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de este, la falla estructural se manifiesta en la obstrucción generalizada del pavimento. Objetivo de un pavimento es preservar, reparar o restaurar cualquier daño que produzca, a fin de conservarla en adecuadas condiciones de transitabilidad	Estado del pavimento existente	Son valores que nos ayudarán a determinar las diferentes condiciones de tipos de deterioro que se presenta un pavimento evaluado los cuales nos permitirán conocer la variable a través del instrumento ficha de registro.	Medida de la deflexión de un pavimento flexible empleando la Viga Benkelman.	Intervalo
				Índice medio diario anual (IMDA).	Intervalo
				Ejes equivalentes de cargas (ESAL).	Intervalo
		Propiedades físicas y mecánicas	Son estudios que nos ayudarán a estimar las características y comportamiento del suelo, además también nos permite obtener resultados para un diseño de obra en etapa de estudio las cuales nos permitirán conocer la variable a través del instrumento ficha de registro.	Calicata	Nominal
				Análisis Granulométrico	Nominal
				Límites de Atterberg	Intervalo
				Clasificación SUCS	Nominal
				Proctor Modificado	Intervalo
				California Bearing Ratio-CBR	Intervalo

Fuente: Elaboración propia, 2020

ANEXO 02: TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Tabla 26: Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	POBLACIÓN	MUESTRA	TÉCNICA	INSTRUMENTO	LOGRO
Evaluar el estado del pavimento existente para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020.	Avenidas Junín y Miguel Grau en el distrito de Castilla.	la Avenida Junín (Cuadra 1 - Cuadra 9) y la Avenida Miguel Grau (Cuadra 2 - Cuadra 5)	Observación en campo, Análisis documental y Ensayo	Fichas de registro de acuerdo a los ensayos de laboratorio.	Se realizó el estado del pavimento existente para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020.
Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura. 2020	Avenidas Junín y Miguel Grau en el distrito de Castilla.	la Avenida Junín (Cuadra 1 - Cuadra 9) y la Avenida Miguel Grau (Cuadra 2 - Cuadra 5)	Observación en campo, Análisis documental y Ensayo	Fichas de registro de acuerdo a los ensayos de laboratorio.	Se realizó el Contenido de Humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, clasificación por SUCS, Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR).
Determinar las cargas de transitabilidad vehicular en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020	Avenidas Junín y Miguel Grau en el distrito de Castilla.	la Avenida Junín (Cuadra 1 - Cuadra 9) y la Avenida Miguel Grau (Cuadra 2 - Cuadra 5)	Observación en campo	Fichas Técnica de Observación del MTC	Se realizó la cantidad de vehículos que circulan por la muestra de estudio.
Determinar los espesores del pavimento flexible con el uso del sistema bitufo en las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura. 2020.	Avenidas Junín y Miguel Grau en el distrito de Castilla.	la Avenida Junín (Cuadra 1 - Cuadra 9) y la Avenida Miguel Grau (Cuadra 2 - Cuadra 5)	Análisis documental	Fichas de registro de acuerdo al Manual de Carreteras	Se realizó las dimensiones de los espesores del pavimento flexible para la muestra de estudio.
Analizar el costo beneficio entre el costo total de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con el uso del sistema bitufo en las avenidas Junín y Mallaes Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020.	Avenidas Junín y Miguel Grau en el distrito de Castilla.	la Avenida Junín (Cuadra 1 - Cuadra 9) y la Avenida Miguel Grau (Cuadra 2 - Cuadra 5)	Análisis Documental de los Presupuestos	Fichas Técnica de Observación de acuerdo al S10	Se realizó el análisis de precios unitarios correspondientes para el Presupuesto establecido.

Fuente: Elaboración propia, 2020

ANEXO 03: INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

ANEXO 03.1 Estado del Pavimento Existente.

Informe 01. Evaluación Estructural por Deflectometría.



USO DEL SISTEMA BITUFOR EN LA REDUCCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS JUNÍN Y MIGUEL GRAU. CASTILLA –PIURA. 2020

EVALUACION DE DEFLECTOMERIA


Manuel Castro Gaito
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

INDICE

1.0 MEMORIA DESRIPTIVA

1.1 GENERALIDADES

1.2 OBJETIVOS

2.- METODOLOGÍA

2.1 PERSONAL Y EQUIPOS EMPLEADOS

2.2 TRABAJOS DE CAMPO

3. PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE DEFLECTOMETRÍA

3.1- Corrección Por Temperatura

3.2- Corrección Por Carga

3.3- RADIO DE CURVATURA

4. DETERMINACIÓN DE SECTORES HOMOGÉNEOS Y CÁLCULO DE PARÁMETROS PROMEDIO POR SECTOR

5. Valor característico de las deflexiones

6.- Valor DE LA DEFLEXION ADMISIBLE

7.- Índice Medio Diario Anual (IMDa)

8. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL TRAMO I

9. ANALISIS COMBINADO DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACION



Miguel Castro Gallo
TECNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08



Rodrigo Castro Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 GENERALIDADES

El Proyecto: **“USO DEL SISTEMA BITUFOR EN LA REDUCCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS JUNÍN Y MIGUEL GRAU. CASTILLA –PIURA. 2020”**, es una vía de gran importancia para el desarrollo de actividades económico - sociales. La situación actual en que se encuentran esta vía urbana; en ambos sentidos presentan tránsito vehicular, existiendo un tramo asfaltado de 1km, que se encuentra en buenas condiciones de confort y estado de la condición superficial del pavimento de regular a buena sin presencia de daños en la capa asfáltica de rodadura. El presente estudio de evaluación de deflectometría comprende el tramo de Avenidas Junín – Miguel Grau de una longitud 1+040 km, pertenecientes a los Distritos de Castilla - Provincias de Piura - Departamento de Piura.

Imagen N °1 - Mapa Ubicación: Tramo: Junín – Miguel Grau (Castilla)



Fuente: Google Earth.

1.2 OBJETIVOS

Realizar la Evaluación de deflectometría del pavimento del Sub Tramo **“Junín – Miguel Grau”** del proyecto: **“Uso del Sistema Bitufor en la Reducción de las Patologías del Pavimento flexible de las Avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura. 2020”**, mediante la medición de Deflexiones con el equipo **“Viga Benkelman”**, Recolectando de datos en campo, para el posterior procesamiento y presentación de resultados.

Miguel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

Rodrigo Luis Castro Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

2.- METODOLOGÍA

La evaluación en el pavimento con equipo de Viga Benkelman, que determina la deflexión recuperable y la curva de recuperación elasto-retardada de un pavimento flexible, producida por una carga estática. A tal fin se utiliza un camión donde la carga, tamaño de las cubiertas, espaciado entre ruedas duales y presión de inflado están normalizadas. Una regla Benkelman con su correspondiente flexímetro (al 0,01 mm y recorrido 12 mm).

Un camión para ensayo con las siguientes características:

El eje trasero pesará en balanza 8,175 kg igualmente distribuidos en sus ruedas duales y estará equipado con cámaras neumáticas, y las cubiertas deberán ser 10,00" x 20"; 12 telas e infladas a 5,6 kg/cm (80 libras por pulgada cuadrada). La distancia entre los puntos medios de la banda de rodamiento de ambos neumáticos de cada rueda dual debe ser 32 cm.

La determinación de la Curva de Recuperación Elasto-Retardada, se pone en marcha el cronómetro exactamente en el instante en que comienza a avanzar el camión y se lee el fluxómetro a intervalos de 5 s registrándose todas las lecturas hasta que dos lecturas separadas por un lapso de 60 s no difieran en más de 0,01 mm. Cuando se cumple esta condición, se da por finalizada la recuperación correspondiendo la última lectura de la Deflexión Recuperable.

La deflexión producto de la aplicación de una carga estática que produce deflexiones imperceptibles para el ojo humano, pero que son registradas por los relojes de dial medidor (flexímetro de 0.01m) debidamente colocados a una distancia especificada,


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

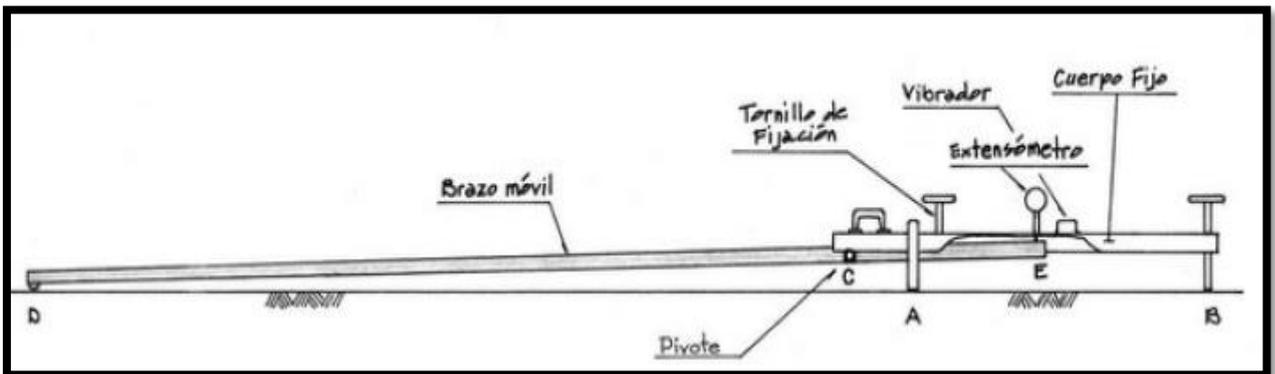

ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 88077

Figura N° 01



Fuente: Autor

Figura N°02: Equipo Viga Benkelman



Fuente: Autor

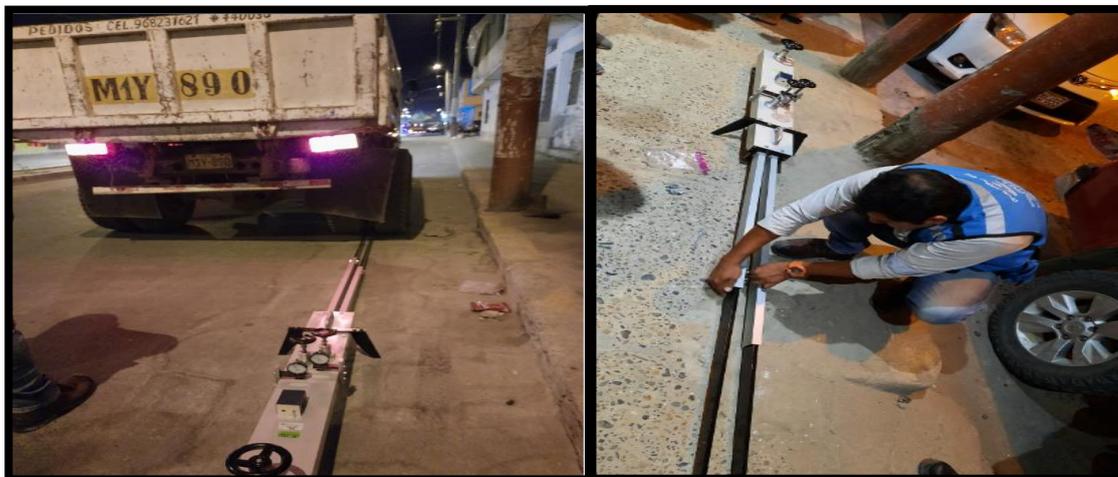
2.1 PERSONAL Y EQUIPOS EMPLEADOS.

La evaluación de la deflectometría estuvo conformada por un técnico especializado y 01 ayudante y 02 Vigías seguridad y el conductor con experiencia en manejar el Camión. El técnico es el encargado de todos los aspectos relacionados con las mediciones.


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Figura 03: Equipo Viga Benkelman en proceso de Evaluación del Pavimento



Fuente: Fotografías Propias

2.1 TRABAJOS DE CAMPO

Los Trabajos de Campo se han realizado por el método No Destructivo mediante la determinación de las Deflexiones usando el equipo denominado Viga Benkelman; tal como se establece en el **“Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos”, Capítulo XII-Pavimentos Flexibles, Ítem 12.4.6 Evaluación Estructural por Deflectometría** que indica que la medición de la deflexión se efectuara según lo especificado en el Manual de Materiales del MTC –EM-2016 y según lo descrito en el ASSTHO T-256-01.

La evaluación se efectuó haciendo paradas para realizar mediciones cada 25 metros por calzada, el proceso de evaluación se inicia luego de la instalación de equipo; y el punto de pavimento a ser ensayado deberá ser marcado convenientemente con una línea transversal al camino. Dicho punto será localizado a una distancia prefijada del borde del pavimento, y la rueda dual externa deberá ser colocada sobre el punto seleccionado quedando éste ubicado entre ambas llantas. Se coloca la regla sobre el pavimento, detrás del camión perpendicularmente al eje de carga de modo que la punta de prueba coincida con el punto de ensayo y la regla no roce con las cubiertas de la rueda dual y el *flexímetro* se ajusta de modo tal que el vástago tenga un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm, establecida la lectura inicial en cero, se

TECNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

RODOLFO ELIOT CASANO AGUIRRE
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 88077

hace avanzar suave y lentamente el camión hasta una distancia de 4 m aproximadamente. Y se realiza la determinación de la Deflexión Recuperable, se lee el flexímetro cada 60 segundos, golpeándolo suavemente con un lápiz y cuando dos lecturas sucesivas no difieren en más de 0,01 mm se da por finalizada la recuperación del pavimento, registrándose la última lectura observada (L). Se apaga el vibrador y traba la regla, dando por finalizada la determinación de la Deflexión Recuperable.

Figura N°04 Medición de Deflexiones en los diferentes sectores del tramo



Fuente: Fotografías Propias


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

3. PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE DEFLECTOMETRÍA

3.1- Corrección Por Temperatura

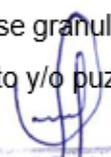
Los factores principales que influyen en las deflexiones son la temperatura, la condición estructural de las capas de pavimento, la magnitud de la carga aplicada sobre el pavimento, etc.

En el caso de la temperatura la corrección se hace multiplicando las mediciones efectuadas en campo por un factor denominado "*Factor de corrección por temperatura*", se han hecho diferentes estudios con respecto a este parámetro con diversos resultados pero que en común nos indican la tendencia de que a menor temperatura en campo se debe de corregir con un factor mayor que 1.00 y por el contrario cuando en la medición en campo la temperatura es alta se debe de corregir por un factor con valor menor que 1.00.

El concepto de la corrección por temperatura se debe a que las mediciones se pueden realizar en un mismo lugar a diferentes temperaturas de pavimento, es decir en un mismo punto se pueden tener diferentes medidas de deflexión en función a la temperatura, a menor temperatura el pavimento se comportará más rígido por lo cual tendremos deflexiones menores, mientras que a mayor temperatura el comportamiento del pavimento será más blando; por así decirlo, por lo cual las deflexiones serán mayores.

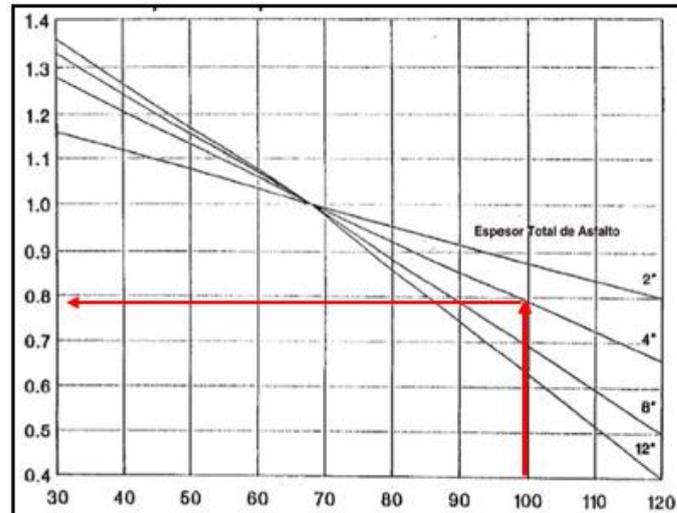
La guía AASHTO contempla este comportamiento físico por lo cual realizó diversas pruebas y ensayos; dando como resultado ecuaciones y tablas de ajuste. Para el análisis que se realiza utilizaremos las fórmulas de la *Guía AASHTO (Guide for Design of Pavement Structures 1993)*.

Las deflexiones en el centro de la placa de carga (d0) se corrigen a una temperatura de 20 °C (aprox. 68° F), la guía indica dos situaciones para esta corrección, una es cuando existe una base granular o base tratada con asfalto y la otra si tiene una base granular tratada con cemento y/o puzolana.


Manuel Castro Gaito
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodrigo Castro Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Figura N°05 Gráfica para Corrección de Temperatura



3.2- Corrección Por Carga

En cuanto a la corrección por carga, este término se entiende como un factor para llevar las mediciones (deflexiones) a uno estándar, se tiene la siguiente ecuación como factor de corrección recomendada por **Guía AASHTO (Guide for Design of Pavement Structures 1993)**:

$$\Delta_{ir} = \Delta_i * \left(\frac{P_r}{P}\right)$$

Donde:

Δ_{ir} = Deflexión corregida a la carga de referencia de 40 KN

Δ_i = Deflexión medida en el campo si la carga es mayor o menor a la especificada.

P_r = Carga de referencia. (40 KN)

P = Carga actuante en el ensayo.


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


RODRIGO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

3.3- RADIO DE CURVATURA

El radio de curvatura de la línea elástica de Deflexión es una característica de fundamental importancia, que determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas elásticas al flexionar bajo las cargas; el mismo tiene en cuenta las unidades y la distancia entre el punto central y el segundo punto de medida (0.25 m).

$$R_c = \frac{3125}{(D_0 - D_{25})}$$

Donde:

Rc: Radio de curvatura, en metros, sin decimales.

D₀: Deflexión en el centro de impacto, en 1/100 mm y sin decimales.

D₂₀: Deflexión a 0,20 m aproximadamente, en 1/100 mm y sin decimales.

4. DETERMINACIÓN DE SECTORES HOMOGÉNEOS Y CÁLCULO DE PARÁMETROS PROMEDIO POR SECTOR

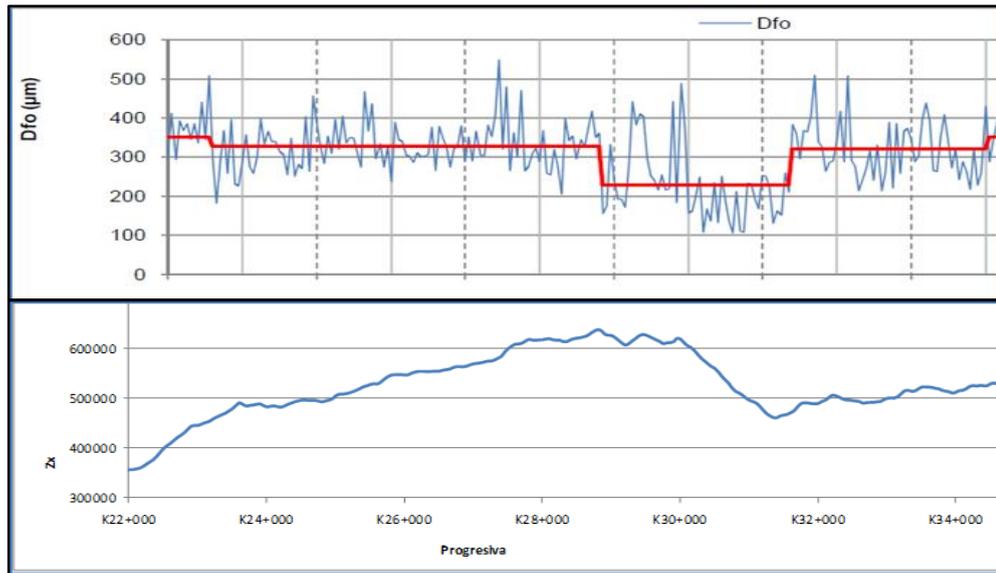
El método de Diferencias Finitas Acumuladas presentado en la **Guía AASHTO (Guide for Design of Pavement Structures 1993)** permite delimitar unidades homogéneas de un tramo vial, a partir de la superposición de variables medidas en campo, tales como tipo de pavimento, IRI, deflexión central, número estructural, Ahuellamiento, índice de fallas, suelo de fundación, entre otros.

La Trasmificación del corredor se realizó mediante el procedimiento de diferencias finitas acumuladas, cuyo principio básico parte del hecho matemático que cuando la variable Zx (Diferencia entre el área bajo la curva de respuesta a cualquier distancia y el área total desarrollada por la respuesta promedio de todo el proyecto hasta la misma distancia), se grafica como función de la distancia a lo largo del proyecto, los límites de los tramos homogéneos ocurren en los puntos donde cambia la pendiente de la línea que representa la variación de Zx con la longitud.


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Figura N°06 Ejemplo de Sectorización



Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico de Zx correspondiente a la variable D_{fo} . Las líneas azules representan el límite de los sectores homogéneos. Con base en la superposición de las variables se determinó la sectorización respectiva y se realizó un procesamiento estadístico de la información, obteniéndose los valores promedio de los resultados para cada uno de los sectores homogéneos determinados. El resumen de estos sectores y valores se mostrarán en cada tramo.

En los anexos se detallan los resultados de las deflexiones, y la sectorización de los mismos.

5. Valor característico de las deflexiones

Para cada sección homogénea se estima un valor representativo de las deflexiones, llamada deflexión característica que bajo la premisa de que la variación normal de las deflexiones toma como valor D_c , que se define de la siguiente manera.

$$D_c = X + Z * S$$

Donde:

D_c = Deflexión característica (micrones)

X = promedio de la deflexión característica (micrones)

Z = Variable en función a la importancia de la carretera.

S = Desviación Estándar (micrones).

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

RODOLFO ELIÉ CASIRO AGUIRRE
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Nota: Se está considerado como fórmula el **valor Característico** descrito en el **"Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos - R.D. N° 10-2014-MTC/14, Ítem 12.4.6. Evaluación Estructural por Deflexiones**

$$D_c = X + 1.0645 * S$$

Donde:

D_c = Deflexión característica

X = promedio de la deflexión característica

Z = 1.0645 (según manual de Carreteras: Suelos y Pavimentos, R.D. N°10-2014-MTC/14)

S = Desviación Estándar

6.- VALOR DE LA DEFLEXION ADMISIBLE

La estructura típica del pavimento en nuestro medio está formada por carpeta asfáltica y capas de material seleccionado colocadas sobre subrasante compactadas y subrasante natural, el objetivo es distribuir las cargas provenientes del tránsito, de manera que las presiones verticales a nivel de fundación sean menores a las admisibles por la estructura del pavimento.

La deflexión es un patrón utilizado para verificar la capacidad estructural de un pavimento. La deflexión admisible, la fórmula más usada es la de **CONRREVIAL**:

$$D_{\text{Admisible}} = (1.15/N)^{0.25}$$

Como:

D_{Admisible} = Deflexión Admisibles del Pavimento

N = Numero de Ejes equivalentes

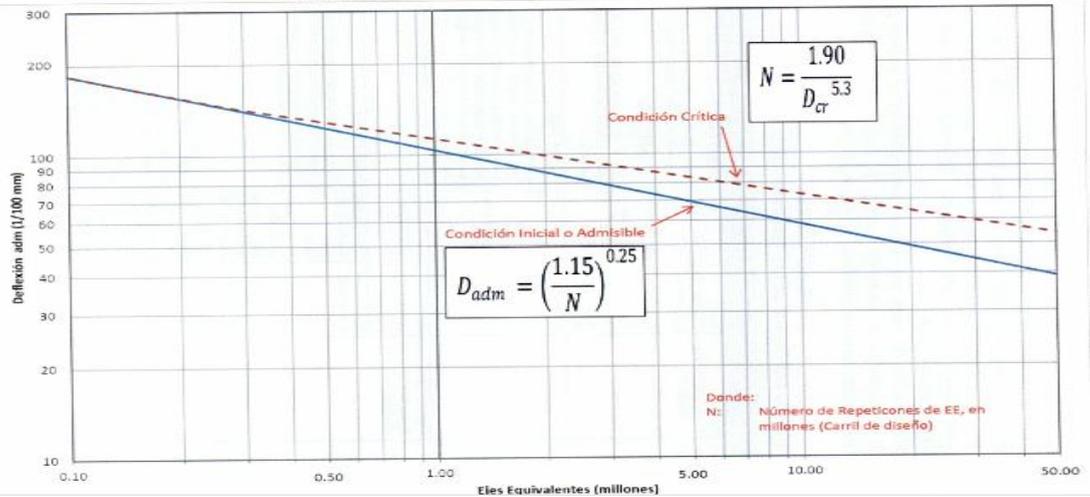

Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Roberto Elías Casiro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077



Figura 12.13

GRAFICO DE DEFLEXIONES ADMISIBLES



7.- Índice Medio Diario Anual (IMDa)

7.1.- Resultados en Tramo: Junín y Miguel Grau

a. Resultados en Estación de Control - E1:

El Índice Medio Diario Anual en la Estación de Control es de 184 vehículos.

En el Cuadro N° 04 "Tasas de Crecimiento Promedio Anual", se han determinado las tasas de crecimiento en base a la información oficial del Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI.

CUADRO N° 01:

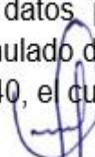
TASAS DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL

Periodo	Ligeros (%)	Pesados (%)
2020 - 2040	99.48 %	0.52 %

Fuente: Elaboración Propias

7.2.- Calculo del Tráfico de Diseño

Con datos proporcionados en el Estudio de Tráfico se determinó el número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el periodo 2020 – 2040, el cual se obtiene por las fórmulas:


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Casiro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2Tn} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times Fca \times 365]$$

$$EE_{\text{día-carril}} = IMDp_i \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp_i$$

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

En el Cuadro N° 05 “Numero de Ejes Equivalentes”, se muestra el trafico obtenido de la aplicación de la fórmula del Nrep de EE 8.2Tn para el período de diseño de 20 años.

Tipo de vehículos	Ejes	Imd - Proyectoado	FC	Fvp	Fp	Ee día - carril	Fca	Comprobación
LIGERO	AP	5652.74	0.50	0.001	1.0	1.64	22.02	13196.90
	AC	537.61	0.50	0.025	1.0	6.74	22.02	54198.38
BUS	B2	94.23	0.50	3.696	1.0	174.14	22.02	1399553.69
	B3-1	130.48	0.50	1.812	1.0	118.19	22.02	949902.08
CAMION	C2	17.48	0.50	3.696	1.0	32.31	30.40	358504.01
	C3	17.48	0.50	2.560	1.0	22.38	30.40	248355.44
	C4	10.93	0.50	1.831	1.0	10.00	30.40	111017.93
SEMI-TRAYLER	T2S1	6.56	0.50	6.851	1.0	22.46	30.40	249211.45
	T2S2							
	T2S3	4.37	0.50	5.491	1.0	12.00	30.40	133152.93
	T3S1	4.37	0.50	5.716	1.0	12.49	30.40	138603.82
	T3S2							
T3S3	0.00	0.00	0.000	1.0	0.00	30.40	0.00	
TOTAL						412.35		3655696.63

Fuente: Elaboración Propia

NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE CARGA

TRAMO	TRAFICO TOTAL (ESAL 20 AÑOS)
JUNIN – MIGUEL GRAU	3'655,696.63

$$D_{\text{Admisible}} = (1.15/N)^{0.25}$$

Como:

$D_{\text{Admisible}}$ = Deflexión Admisibles del Pavimento **CONRREVIAL**:

N = Numero de Ejes equivalentes


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodrigo Castro Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

$$D_{\text{Admisible}} = (1.15/0.36)^{0.25}$$

$$D_{\text{Admisible}} = 133 \text{ (1/100mm)} = 1330 \mu\text{m}$$

8. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL TRAMO I

Dentro del tramo I están consignadas desde Junín – Miguel Grau, el punto de inicio corresponde a la intersección entre la ruta Ruta PI-105 Emp.PE-1N. El tramo va desde el Km 00+000 hasta el Km 1+040.

Los resultados de la evaluación estructural del presente tramo, se obtuvo con el procesamiento de los datos recolectados en campo y la información proporcionada por el consultor, los equipos y metodología usadas para el análisis se describen en los párrafos anteriores del ítem 2.0.

Para el análisis de los parámetros se describen en el ítem 3.2 de los cuales se obtuvieron los datos de las deflexiones corregidas a una temperatura corregida de 20°C.

Tabla N°01. Valor de la Deflexión Admisible, desde el “00+000 Km – 1+040 Km- Carril derecho

Sector	Progr. Inicial (km)	Progr. Final (km)	Deflexión (Do) Promedio (um)	Desviación Estándar	Valor deflexión característico (95% de Confiabilidad) $X+1.036*S$		Deflexión Admisible (1/100mm) D adm = $(1.15/N)^{0.25}$	Comparación (Dcaract < Dadm)
					(um)	(1/100 mm)		
1	0+000	0+260	56.8	9.1	66.23	6.62	133	CUMPLE
2	0+260	0+520	57.6	13.4	71.48	7.15	133	CUMPLE
3	0+520	0+780	55.2	5.2	60.59	6.06	133	CUMPLE
4	0+780	1+040	50.4	4.6	55.17	5.52	133	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 01, se aprecian los parámetros estadísticos como resultado de la sectorización por diferencias acumuladas (sectores Homogéneos), en las que se puede visualizar, para el cálculo del valor característico, presenta que los valores de la deflexión características versus la deflexión admisible presenta siempre esta condición ($D_{\text{Característica}} < D_{\text{Admisible}}$), por tanto, el tramo cumple. Además, se observa que nuestra zona de estudio ha sido dividida, tomado una distancia cada 260 metros.

Manuel Caballero
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

RODOLFO CÉSAR CASIRO AGUIAR
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Tabla N°02. Valor de la Deflexión Admisible, desde el “1+040 Km – 0+000 Km- Carril izquierdo

Sector	Progr. Inicial (km)	Progr. Final (km)	Deflexión (Do) Promedio (um)	Desviación Estándar	Valor deflexión característico (95% de Confiabilidad) $X+1.036*S$		Deflexión Admisible (1/100mm) D adm = $(1.15/N)^{0.25}$	Comparación (Dcaract<Dadm)
					(um)	(1/100 mm)		
1	1+040	0+780	47.2	14.8	62.53	6.25	133	CUMPLE
2	0+780	0+520	54.4	8.8	63.52	6.35	133	CUMPLE
3	0+520	0+260	51.2	8.7	60.21	6.02	133	CUMPLE
4	0+260	0+000	51.2	24.9	77.00	7.70	133	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 02, se aprecian los parámetros estadísticos como resultado de la sectorización por diferencias acumuladas (sectores Homogéneos), en las que se puede visualizar, para el cálculo del valor característico, presenta que los valores de la deflexión características versus la deflexión admisible presenta siempre esta condición (D Característica < D Admisible), por tanto, el tramo cumple. Además, se observa que nuestra zona de estudio ha sido dividida, tomado una distancia cada 260 metros.

9. ANALISIS COMBINADO DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACION.

Se ha realizado el análisis de acuerdo al cuadro 12.23 descrito en el “Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – R.D.N° 10-2014-MTC/14, obteniéndose valores Deflexión características, Inferior al Admisible, no hay fallas de origen estructural, pero si se encuentran fallas superficiales de la carpeta asfáltica, por lo que se recomienda corregir las fallas de Origen Superficiales, a través del trabajo de renovación superficial o rehabilitación menor, debido a que en nuestra zona de estudio existe sectores críticos puntales donde encontramos fallas superficiales como hundimientos, piel de cocodrilo, baches, grietas , desprendimiento de asfalto.


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Ensayo a través de la Viga Benkelman.

 CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos Telf: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279611 Claro Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com consu@geopav@gmail.com														
PROYECTO "Uso del Sistema Bitufor en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau, Castilla -Piura, 2020"														
TRAMO Km 0+000 - Km 1+040														
CONTRATIST. Jenner Alfredo Vallejos sanchez - Jose Gabriel Vasquez Araujo														
EVALUACION DEFLECTOMETRICA ASTM D 4695														
Carril: DERECHO Camión: Eje simple, llantas 10 x 20 Ubicación: Av. Junin y Av. Grau Resp. Program. Ing. R.C.A. Capa Pav. Carpeta Asfáltica Presión de Neum.: 80 psi Viga Doble: Relación de Brazos 1/4 Fecha: 24/02/2020														
N°	Progr. (km)	HUELLA	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					RC	Observaciones
				Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)	Lectura Dial	D _{1,000}	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D _{1,000}		
1	0+000	Ext.	15.00	33.0	14	13	56	40	9000	20.00	1.000	56.0	1562.5	CUMPLE
2	0+065	Int.	15.00	33.0	14	13	56	40	9000	20.00	1.000	56.0	1562.5	CUMPLE
3	0+130	Ext.	15.00	33.0	12	8	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	390.6	CUMPLE
4	0+195	Int.	15.00	33.0	13	12	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	1562.5	CUMPLE
5	0+260	Ext.	15.00	33.0	18	10	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	195.3	NO CUMPLE
6	0+325	Int.	15.00	33.0	11	9	44	40	9000	20.00	1.000	44.0	781.3	CUMPLE
7	0+390	Ext.	15.00	33.0	12	8	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	390.6	CUMPLE
8	0+455	Int.	15.00	33.0	18	8	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	156.3	NO CUMPLE
9	0+520	Ext.	15.00	33.0	13	11	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	781.3	CUMPLE
10	0+585	Int.	15.00	35.0	14	10	56	40	9000	20.00	1.000	56.0	390.6	CUMPLE
11	0+650	Ext.	15.00	35.0	13	7	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	260.4	CUMPLE
12	0+715	Int.	15.00	35.0	16	7	64	40	9000	20.00	1.000	64.0	173.6	NO CUMPLE
13	0+780	Ext.	15.00	35.0	13	10	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	520.8	CUMPLE
14	0+845	Int.	15.00	35.0	14	6	56	40	9000	20.00	1.000	56.0	195.3	CUMPLE
15	0+910	Ext.	15.00	35.0	12	10	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	781.3	CUMPLE
16	0+975	Int.	15.00	35.0	13	5	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	195.3	CUMPLE
17	1+040	Ext.	15.00	35.0	11	5	44	40	9000	20.00	1.000	44.0	260.4	CUMPLE

FIGURA 14: Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento empleando la viga de Benkelman – Carril Derecho – 0+000 km – 1+040 km.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos, concreto y pavimentos de CONSULTGEOPAV SAC.

Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

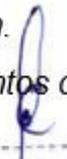
Rodrigo César Castro Aguilar
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

 CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com consultgeopav@gmail.com														
CARRETERA : "Uso del Sistema Bitufor en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla -Piura. 2020"														
TRAMO Km 0+000 - Km 1+040														
CONTRATISTA : Jenner Alfredo Vallejos Sanchez - Jose Gabriel Vasquez Araujo														
EVALUACION DEFLECTOMETRICA														
ASTMD 4695														
Carril: IZQUIERDO			Comión: Eje simple, llantas 10 x 20			Ubicación: Av. Junin y Av. Grau			Resp. Progr. Ing. R.C.A.					
Capa Pav. Carpeta Asfáltica			Presión de Neum.: 80 psi			Viga Doble: Relación de Brazos 1/4			Fecha: 24/02/2020					
N°	Progr. (km)	HUELLA	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (YB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					RC	Observaciones
				Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)	Lectura Dial	D _{1,11,11,11}	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D _{1,11,11,11}		
1	1+040	Ext.	15.00	33.0	12	3	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	173.6	CUMPLE
2	0+975	Int.	15.00	33.0	13	6	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	223.2	CUMPLE
3	0+910	Ext.	15.00	33.0	7	3	28	40	9000	20.00	1.000	28.0	390.6	CUMPLE
4	0+845	Int.	15.00	33.0	10	8	40	40	9000	20.00	1.000	40.0	781.3	CUMPLE
5	0+780	Ext.	15.00	33.0	17	6	68	40	9000	20.00	1.000	68.0	142.0	NO CUMPLE
6	0+715	Int.	15.00	33.0	13	5	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	195.3	CUMPLE
7	0+650	Ext.	15.00	33.0	11	5	44	40	9000	20.00	1.000	44.0	260.4	CUMPLE
8	0+585	Int.	15.00	33.0	13	6	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	223.2	CUMPLE
9	0+520	Ext.	15.00	33.0	14	8	56	40	9000	20.00	1.000	56.0	260.4	CUMPLE
10	0+455	Int.	15.00	35.0	11	4	44	40	9000	20.00	1.000	44.0	223.2	CUMPLE
11	0+390	Ext.	15.00	35.0	16	10	64	40	9000	20.00	1.000	64.0	260.4	NO CUMPLE
12	0+325	Int.	15.00	35.0	12	8	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	390.6	CUMPLE
13	0+260	Ext.	15.00	35.0	11	7	44	40	9000	20.00	1.000	44.0	390.6	CUMPLE
14	0+195	Int.	15.00	35.0	12	5	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	223.2	CUMPLE
15	0+130	Ext.	15.00	35.0	23	15	92	40	9000	20.00	1.000	92.0	195.3	NO CUMPLE
16	0+065	Int.	15.00	35.0	6	2	24	40	9000	20.00	1.000	24.0	390.6	CUMPLE
17	0+000	Ext.	15.00	35.0	12	7	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	312.5	CUMPLE

Figura 15: Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento empleando la viga de Benkelman
 - Carril Izquierdo - 0+000 km - 1+040 km.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos, concreto y pavimentos de CONSULTGEOPAV SAC.


 Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


 Rodrigo Castro Aguilar
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

PRIMER PASO	SEGUNDO PASO	TERCER PASO	CUARTO PASO	CASOS
1° La deflexión característica resulta:	SUPERIOR 2° Hay fallas de origen estructural?	NO: Estructura infradiseñada para el tráfico previsto		PRIMER CASO Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto
		SÍ: 3° Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas?	NO: Las fallas se deben a otra causas	SEGUNDO CASO Este es el paso avanzado del primer caso, cuando no se han tomado a tiempo las medidas necesarias
			SÍ: Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80m)	TERCER CASO Está caracterizado por la presencia de una capa débil subyacente a la asfáltica, que determina que la deformación de esta última bajo cargas no encuentra apoyo suficiente y sea mayor a la que le correspondería en ausencia del espesor débil.
	IGUAL O INFERIOR 2° Hay fallas de origen estructural?	NO: Corregir fallas de origen superficial		
		SÍ: 3° De qué tipo?	Fallas por fatiga (piel de cocodrilo) Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80 m) Capa débil inmediatamente debajo de las asfálticas	TERCER CASO En este caso los radios de curvatura de la línea de deflexión son reducidos y el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo es posible aún con deflexiones admisibles
			Fallas por deformación permanente de la fundación que se traducen en depresiones, ahuellamiento marcado (mayor a 12 mm), ondulaciones, etc	CUARTO CASO Se caracteriza por el desarrollo de deformaciones permanentes, en particular ahuellamiento en la zona de canalización del tráfico, no atribuibles a desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por deficiente estabilidad o compactación, es decir que afectan a toda la estructura. Se trata por lo general de pavimentos antiguos que han sido reforzados con capas asfálticas de espesor suficiente para evitar las fallas por fatiga pero insuficientes para compensar la debilidad de la fundación original. En estos casos las medidas de deflexión pueden no ser significativas, aquí lo más importantes es apreciar el valor portante de la fundación y el aporte estructural que aún puede prestar el pavimento original y las capas asfálticas de refuerzo existentes.

FIGURA 16: Análisis Combinado de los Resultados de la Evaluación.

Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – CONREVIAL.


Mantel Castro
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodolfo Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

ANEXO 03.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICA DE SUELOS

Informe 0.2. Estudio de Mecánica de Suelos



ESTUDIO GEOTECNICO Y DE MECANICA DE SUELOS PARA EL PROYECTO: "USO DEL SISTEMA BITUFOR EN LA REDUCCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS JUNÍN Y MIGUEL GRAU. CASTILLA –PIURA. 2020"



- 1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO
2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO
3. GEOLOGIA Y GEODINAMICA DEL PROYECTO
 - 3.1. GEOLOGIA REGIONAL
 - 3.2. GEODINAMICA EXTERNA
 - 3.2.1. Sismicidad
4. METODOLOGIA DEL ESTUDIO
 - 4.1. TRABAJOS DE CAMPO
 - 4.1.1. Excavación de Calicatas
 - 4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS
5. DETERMINACION DE LOS PERFILES ESTRATIGRAFICOS
6. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS "INSITU" Y DE LABORATORIO
7. ANALISIS GRANULOMETRICO
 - 7.1. CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA
 - 7.2. COMPACTACION DEL PROCTOR MODIFICADO
 - 7.3. RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE CBR


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


RODRIGO CASTRO AGUIRRE
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

- **GENERALIDADES**

El presente estudio de Geotécnico y de Mecánica de suelos para el proyecto denominado **“USO DEL SISTEMA BITUFOR EN LA REDUCCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS JUNÍN Y MIGUEL GRAU. CASTILLA –PIURA. 2020”** ha sido realizada a solicitud de los alumnos de la escuela de Ingeniería Civil del décimo ciclo de la Universidad Cesar Vallejo – Filial Piura; VALLEJOS SANCHEZ, JENNER ALFREDO Y VASQUEZ ARAUJO, JOSE GABRIEL, para que forme parte de sus estudios y así puedan determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo como gran aporte de la culminación de su proyecto de investigación para obtención de su título profesional. Como se podrá apreciar el proyecto es integral en las Avenidas **Junín – Miguel Grau**.

Los resultados planteados en el presente informe en donde además se adjuntan los reportes de laboratorio, perfiles estratigráficos, panel fotográfico, etc., que servirán de base para realizar los diseños pertinentes y de esta manera se garanticen la vida útil del proyecto.

- **.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO**

El presente informe técnico tiene por objetivo realizar un estudio de suelos para el Proyecto: **“USO DEL SISTEMA BITUFOR EN LA REDUCCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS JUNÍN Y MIGUEL GRAU. CASTILLA –PIURA. 2020”**; estudio que se ha efectuado por medio de trabajos de exploración de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir el perfil estratigráfico del área de estudio; así como sus propiedades de esfuerzo y deformación, proporcionándose las condiciones mínimas, capacidad de soporte del suelo y las recomendaciones necesarias.

- **UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

La zona de Influencia de dicho estudio se ubica en las Avenidas Junín – Miguel Grau, del Distrito de Castilla, Provincia de Piura, Departamento de Piura. Siendo su accesibilidad por una vía asfaltada.



ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO C-PIURA
P1-0530-08



Roberto Elias Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 80077

LUGAR : JUNÍN – MIGUEL GRAU
DISTRITO : CASTILLA
PROVINCIA : PIURA
DEPARTAMENTO : PIURA

Fig. N° 01 UBICACIÓN




Roberto Elías Castro Agui
INGENIERO CIVIL
CIP N° 8801


Roberto Elías Castro Agui
INGENIERO CIVIL
CIP N° 8801

Fig. N° 02: UBICACIÓN VISTA GOOGLE EARTH

FUENTE: Google Earth



• GEOLOGIA Y GEODINAMICA DEL PROYECTO

.1. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

El Distrito de Castilla se asienta sobre una superficie suavemente ondulada, en parte corresponde al valle del Río Piura. El suelo está conformado por arenas de color gris, de grano fino, en algunos sectores ferruginosos, poco densos y poco compactos, en otros sectores se observan pequeñas lentes de suelos limo-arenosos a limo-arcillosos más compactos.

.2. GEODINAMICA EXTERNA

De los procesos Físico - Geológicos Contemporáneos de Geodinámica externa, la mayor actividad corresponde a los procesos de inundación de las zonas depresivas durante los periodos extraordinarios de lluvias, relacionadas con el fenómeno "El Niño", así como la deposición de arenas eólicas transportadas de Sur a Norte, con ciertas variaciones en el vector dirección y en algunos sectores colindantes con la zona de estudio.

Los factores que influyen en los fenómenos geológicos mencionados son: las precipitaciones pluviales, filtraciones y el transporte eólico.

Los fenómenos de geodinámica externa afectan en general al área de estudio y zonas adyacentes en épocas de intensas precipitaciones pluviales; siendo el principal de ellos las inundaciones, y afectan eventualmente las instalaciones y

viviendas durante los periodos de ocurrencia de los mismos, caso del fenómeno "El Niño" que es de carácter cíclico y de periodo de recurrencia de 11 a 12 años

Manuel...
TÉCNICO DE SUELOS
SENERO...
P1-33066

RODOLFO...
CIP N° 88077

de promedio; aunque no siempre de la misma intensidad (en los últimos años el período de recurrencia se redujo considerablemente a menos de 6 años), por lo que en los diseños respectivos deberán considerarse drenajes adecuados.

Un segundo fenómeno, es el de la formación de cárcavas (cangrejeras) en los ejes de diferentes calles y avenidas en períodos de intensas precipitaciones pluviales, principalmente en los sectores del A.H. El Indio y de los Asentamientos Humanos emplazados en el sector Norte del área de estudio fundamentalmente debidos a la pendiente, al tipo de suelos predominantes y al grado de compactación de los mismos; un tercer fenómeno, pero de carácter subordinado, es el de migración de arenas eólicas que afectan a sectores marginales de los A.H. El Indio (parte posterior al C.E. Fe y Alegría) y Ciudad El Niño, Los Médanos, Nuevo Castilla II etapa, etc. Los fenómenos de licuefacción de arenas y de amplificación de ondas sísmicas, se pueden presentar en casi la totalidad de la zona de estudio debido a que el suelo predominante está constituido por arenas limosas (SM) y arenas de grano fino poco compactas y la existencia de innumerables pequeñas depresiones donde se acumulan aguas provenientes de las precipitaciones pluviales

3.2.1. SISMICIDAD:

La Región del Noroeste de los Andes Peruanos y la Costa en particular, se caracteriza por la existencia de la Fosa Peruano-Chilena que constituye una zona de mayor actividad sísmica y tectónica del Planeta separando el continente sudamericano de una profunda cuenca oceánica (Placa Pacífica). En cuanto a sismicidad, el borde continental del Perú, libera el 14% de la energía sísmica del planeta y el Distrito de Castilla, se encuentra en la Región de mayor sismicidad, según las normas peruanas de diseño sísmico. Estudios realizados por Grange *et al* (1978), revelaron que el buzamiento de la zona de Benioff para el Norte del Perú es por debajo de los 15°, lo que da lugar a que la actividad tectónica, como consecuencia directa de fenómeno de subducción de la Placa Oceánica debajo de la Placa Continental, sea menor con relación a la parte Central y Sur del Perú y



Miguel Castro
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO C-1150-
P1-0530-08



Roberto Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 8077

por lo tanto la actividad sísmica y el riesgo sísmico también disminuyen considerablemente.

Desde el punto de vista Neotectónico, la zona donde se encuentra emplazada el Distrito de Castilla no presenta diaclasas, ni fracturas ni fallas de distensión por lo que no hay evidencias de deformación Neotectónica tal como se pudo apreciar en las observaciones de campo que se realizaron para el presente estudio.

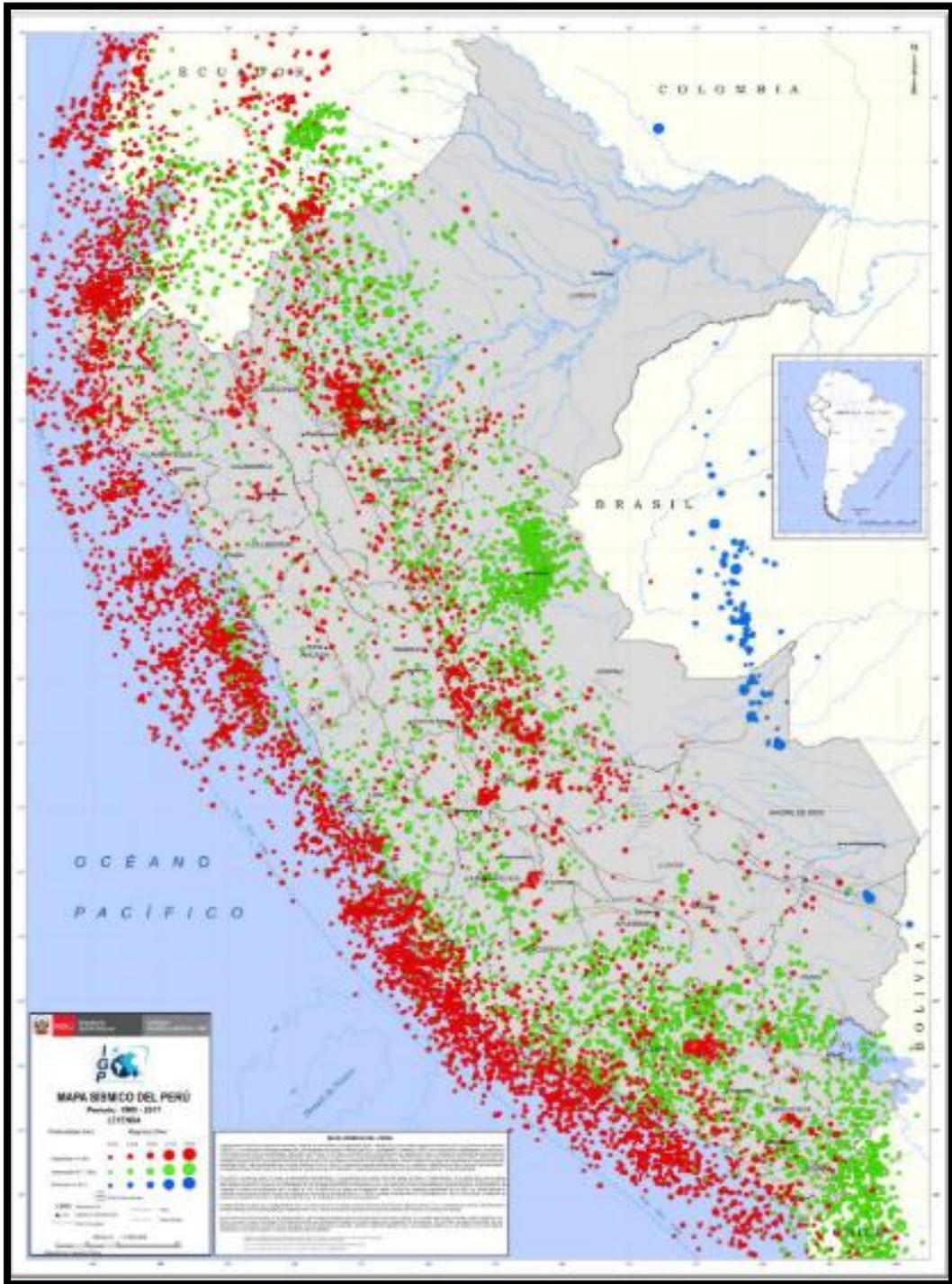


Roberto Elias Castro Aguirre
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO C-7100-1
P1-0530-08



Roberto Elias Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 80077

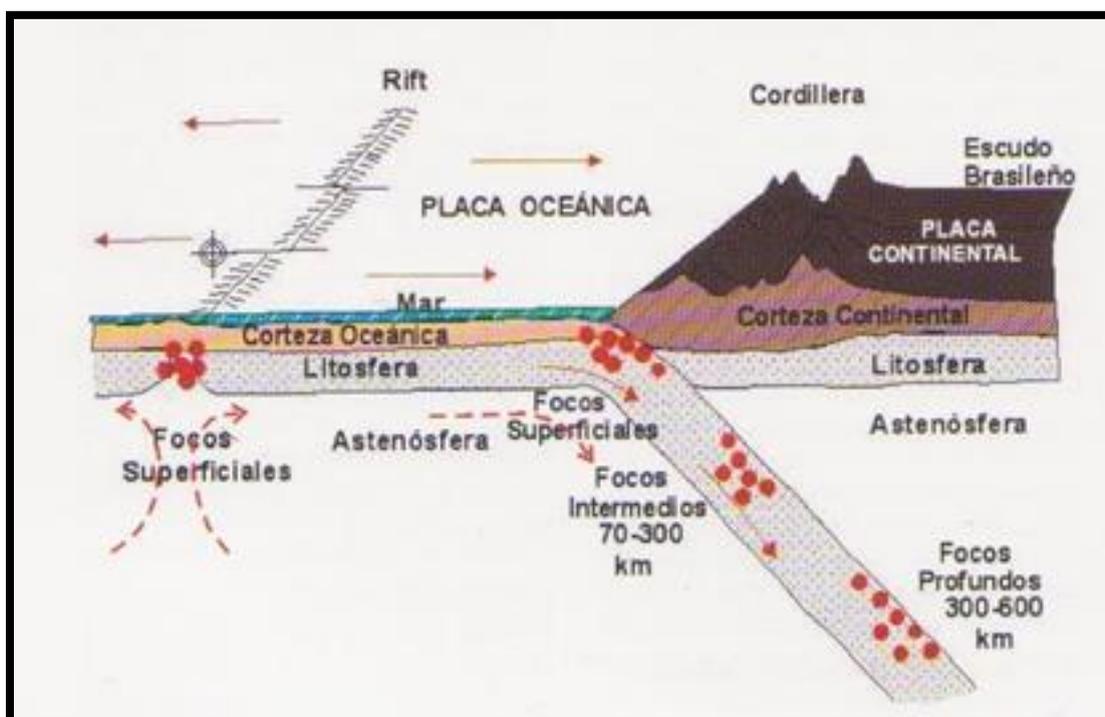
Fig. N° 03: MAPA SISMICO DEL PERÚ




Manuel Castro
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CARGO:
P1-0530-08


Roberto Elias Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 80377

FIG. N° 04: DIAGRAMA DE LA TECTONICA DE PLACAS



La actividad sísmica correspondiente al área, ocurrida entre los años de 1995 a 2006, con magnitud > 3.5 se presenta en el anexo de "Actividad Sísmica Actual" los cuales contienen parámetros focales de los sismos, para el periodo mencionados, así como el mapa de sismicidad del área delimitada El cuadro que sigue resume la actividad sísmica del área de estudio ocurrida entre los años de 1995 a 2006, con magnitud > 3.5.

FIG. N° 05: ULTIMA ACTIVIDAD SÍSMICA

Fecha Local	Hora Local	latitud°	Longitud°	Profundidad	Magnitud	Referencia
05/05/2020	02:41:38	-5.0429	-79.9116	89	4.1	28 km al Este-NE de Chulucanas, Morropon - Piura

Fuente: Instituto Geofísico del Perú


Manuel Castro Gallardo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 01.0000.00


Roberto Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 66077

Análisis de Riesgo Sísmico para el proyecto.

Teniendo en cuenta que el presente Estudio Definitivo los resultados se consideran razonablemente suficientes. En tal sentido, a continuación, se definen los parámetros sísmicos ajustables a la zona.

Probabilidad de Excedencia o de Ocurrencia

Es la probabilidad que al menos un sismo de ciertas características tendrá lugar en un periodo de tiempo (de retorno) dado. Se consideran dos probabilidades de excedencia de interés.

Una asociada con la ocurrencia de sismos de magnitud moderada, pero con probabilidades de ocurrencia de 50% a 64%, llamados sismo de operación; ante cuya ocurrencia la estructura debe resistir su acción sin sufrir daños importantes que la pongan fuera de uso.

La otra está asociada a eventos de gran magnitud, pero de ocurrencia esporádica; el terremoto más fuerte que se espera se produzca una sola vez durante la vida de una estructura, denominado sismo accidental. Se tiene la justificación económica de aceptar que un terremoto con estas características produzca daños estructurales importantes, siempre que, al mismo tiempo, se evite el colapso de la construcción, las pérdidas de vidas y de bienes materiales.

Según el Manual de Diseño de Puentes 2003 del MTC y la Norma E.030 de Diseño Sismo Resistente, para el caso de sismo accidental se recomienda una probabilidad de excedencia del 10% para una vida útil de la estructura de 50 años, equivalente a un período de recurrencia de 475 años.

Zonificación Sísmica

Según la Norma E.030 de Diseño Sismo Resistente, en base a la distribución espacial de la sismicidad documentada en el país, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información Neotectónica; el país se encuentra dividido en 4 zonas sísmicas, cada una de las cuales presenta parámetros de aceleraciones máximas definidas en un rango de probabilidad.



Manuel Castro Gall
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO S.A.S.
BOGOTÁ



Roberto Elías Castro Aguirre
INGENIERO C^{IV}
CIP N° 8807

Figura N°06: Mapa de Zonas Sísmicas



Tabla N°1

FACTORES DE ZONA

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nueva Zona 4,
mayor valor

Manuel Castro Gall
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO C/01000

Roberto Elías Castro Aguirre
INGENIERO CTM
CIP N° 8807

4. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

Para la ejecución del presente estudio se siguió la siguiente metodología:

4.1. TRABAJOS DE CAMPO

El trabajo de campo es la determinación de las características físico – mecánicas de los materiales que existen en el suelo existente, para ello se lleva a cabo prospecciones de Estudio (calicatas) a nivel de sub rasante con profundidad variable.

De los materiales encontrados de los diversos estratos (capas) se toman muestras selectivas en forma alterada, se describen e identifican adecuadamente una tarjeta, en ella se consignan la ubicación, numero de muestra (según correlación), profundidad y espesor de la capa, después es colocado en bolsas de polietileno y trasladadas adecuadamente a laboratorio , de igual forma se registran los mismos datos en la libreta de campo adicionando características de gradación , predominio de material y el estado de compacticidad de cada uno de los materiales

4.1.1. Excavación de Calicatas

La ejecución de calicatas es una de las técnicas de prospección empleada en nuestro estudio para facilitar el reconocimiento geotécnico del subsuelo, estas excavaciones fueron manuales hasta una profundidad de 1.50 metros, de un ancho de 1m x 1m



Manuel Castro Gall
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO S. R. L.
2011



Roberto Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 8807

Figura N°07: Método de Exploración



FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

CALICATA	PROGRESIVA (KM)	CENTRO POBLADO	PROFUNDIDAD	N° MUESTRA
C - 1	0+215	Junín - Miguel Grau	1.50	2
C - 2	0+465	Junín - Miguel Grau	1.50	2
C - 3	0+715	Junín - Miguel Grau	1.50	1
C - 4	1+040	Junín - Miguel Grau	1.50	1

FUENTE: AUTOR

Paralelamente a esta partida se hizo el reconocimiento de terreno y descripción de las áreas; luego de las calicatas ejecutadas se realizó la lectura de los perfiles estratigráficos y los muestreos para remitirlos al Laboratorio de Mecánica de Suelos del Ingeniero especialista


Manuel Castro Gall
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CIP N° 8807


Roberto Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CRTM
 CIP N° 8807

Figura N°07: UBICACIÓN DE CALICATAS EN LAS AVENIDAS JUNIN – MIGUEL GRAU



Fuente: Google Earth

5. Ensayo de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Los ensayos de mecánica de suelos lo realizamos en laboratorio, con los siguientes análisis:

- Análisis Granulométrico por Tamizado : ASTM D-422.
- Límites de consistencia : ASTM D-4318.
- Contenido de Humedad Natural : ASTM D-2216.
- Compactación Proctor Modificado : ASTM D-1557.
- Relación de Capacidad de Soporte, CBR : ASTM D-1883.
- Clasificación de SUCS : ASTM D-2487.
- Clasificación AASHTO : ASTM D-3282


Manuel Castro Galli
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 12050008


Roberto Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Figura N°10: Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos

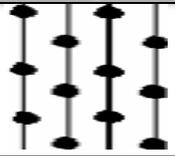


FUENTE: Fotografía Propia

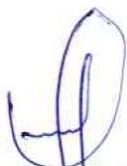
6. DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRAFICOS

Perfil del suelo

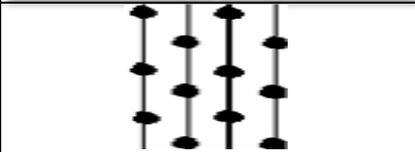
Luego de compatibilizadas las descripciones visuales – manuales con los resultados de los ensayos de laboratorio, se elaboraron las columnas estratigráficas de las 5 calicatas que se realizaron, donde se hacen las descripciones del suelo.

JUNÍN - MIGUEL GRAU - CALICATA C-01				
Progresiva : 0+215 km				
De (m)	A (m)	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	ESTRATIGRAFICA
0.05	0.40	GP-GC		Grava angular con arena limosa y arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compacta T Max 2"
0.40	1.50	SM		Arena limosa de plasticidad baja, húmeda compacto, color marrón oscuro. Contiene regular porcentaje de fragmentos de resistencia fuerte.

Fuente: Elaboración propia 2020


Manuel Castro Gallardo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 1112520178


Roberto Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

JUNÍN - MIGUEL GRAU - CALICATA C-02				
Progresiva : 0+465 km				
De	A	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
(m)	(m)	SUCS	GRÁFICO	ESTRATIGRAFICA
0.05	0.40	GP-GC		Grava angular con arena limosa y arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compacta T Max 2".
0.40	1.50	SM		Arena limosa de plasticidad baja, húmeda compacto, color marrón oscuro. Contiene regular porcentaje de fragmentos de resistencia fuerte.

Fuente: Elaboración propia 2020

JUNÍN - MIGUEL GRAU - CALICATA C-03				
Progresiva : 0+715 km				
De	A	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
(m)	(m)	SUCS	GRÁFICO	ESTRATIGRAFICA
0.05	1.50	GC		Grava angular con arena arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compactada T max 21/2.

Fuente: Elaboración propia 2020

JUNÍN - MIGUEL GRAU - CALICATA C-04				
Progresiva : 1+015 km				
De	A	SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
(m)	(m)	SUCS	GRÁFICO	ESTRATIGRAFICA
0.05	1.50	GC		Grava angular con arena arcillosa de color marrón oscuro, húmedo compactada T max 21/2.

Fuente: Elaboración propia 2020


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Roberto Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

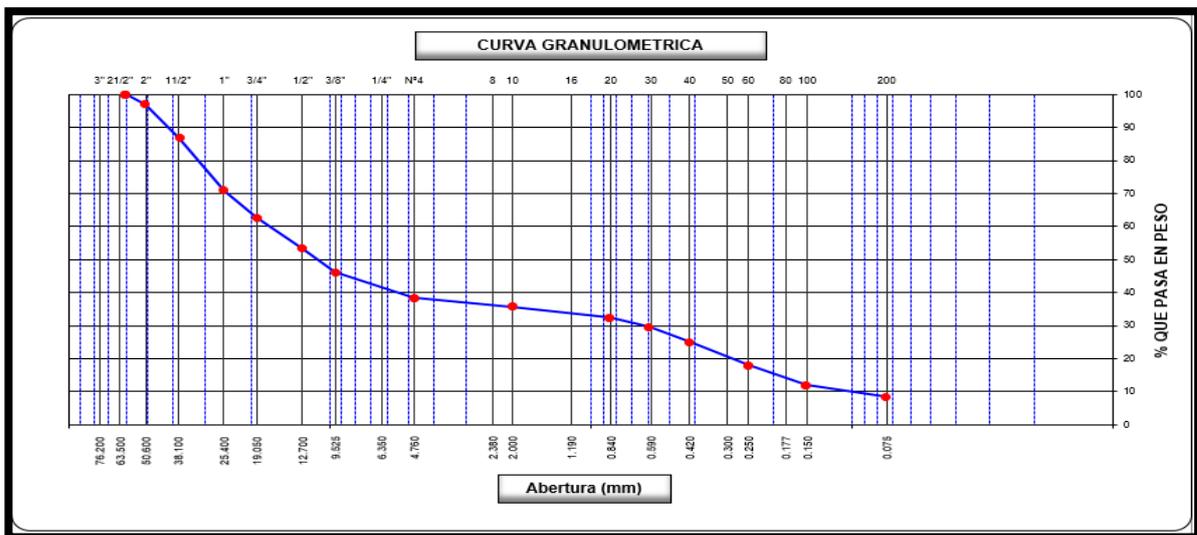
7. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS “In situ” Y DE LABORATORIO

Análisis Granulométrico.

Tabla N° 01: Análisis Granulométrico
CALICATA 01 - Primer Estrato

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 24,278.0
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 515.0
2 1/2"	60.300				100.0		
2"	50.800	738.0	3.0	3.0	97.0		2. Características
1 1/2"	37.500	2,450.0	10.1	13.1	86.9		Tamaño Maximo 2 1/2"
1"	25.400	3,865.0	15.9	29.1	71.0		Tamaño Maximo Nominal 2"
3/4"	19.000	1,985.0	8.2	37.2	62.8		Grava (%) 61.5
1/2"	12.700	2,280.0	9.4	46.6	53.4		Arena (%) 30.1
3/8"	9.520	1,773.0	7.3	53.9	46.1		Finos (%) 8.4
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	1,843.0	7.6	61.5	38.5		3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.
N° 8	2.360						Limite Liquido (%) 26
N° 10	2.000	35.7	2.7	64.2	35.8		Limite Plastico (%) 21
N° 16	1.190						Indice de Plasticidad (%) 5
N° 20	0.850	45.6	3.4	67.6	32.4		Clasificación según Indice de plasticidad: Baja
N° 30	0.600	36.6	2.7	70.3	29.7		Suelos poco arcillosos plasticidad
N° 40	0.420	61.4	4.6	74.9	25.1		Clasificación SUCS GP-GC
N° 50	0.300						Clasificación AASHTO A-1-a (0)
N° 60	0.250	95.7	7.2	82.1	17.9		Clasificación por Indice de Grupo: Muy bueno
N° 80	0.180						Categoría Subrasante Subrasante Excelente
N° 100	0.150	78.5	5.9	87.9	12.1		
N° 200	0.075	48.7	3.6	91.6	8.4		
Pasante		112.8	8.4	100.0			

FUENTE: Autor



FUENTE: Autor

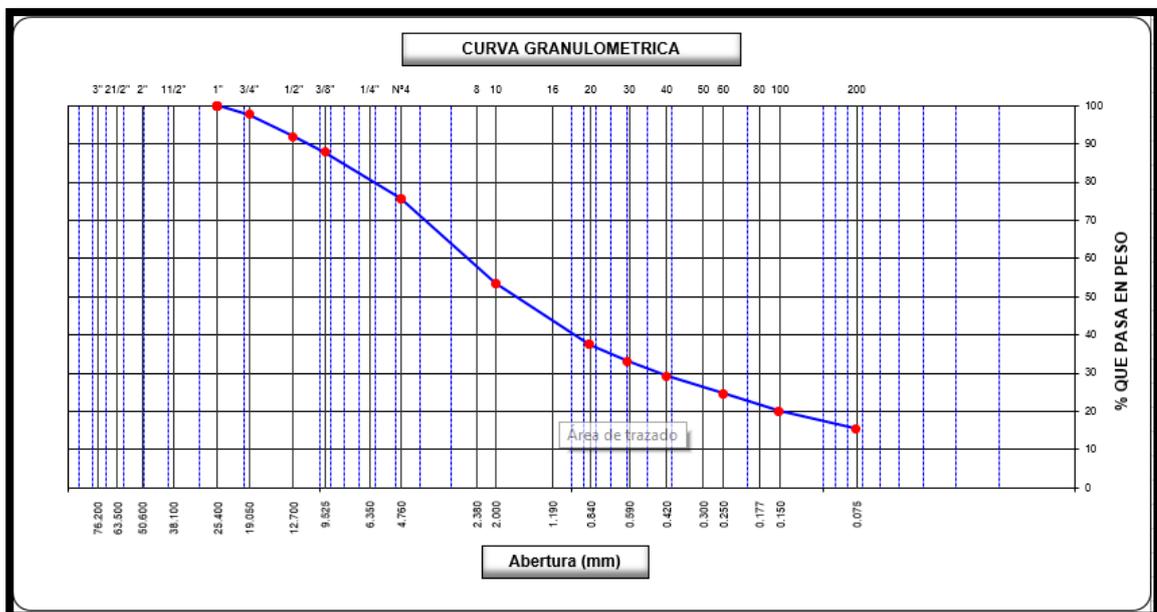

Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Tabla N° 02: Análisis Granulométrico
CALICATA 01 - Segundo Estrato

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 22,106.0
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 200.0
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						2. Características
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo 1"
1"	25.400				100.0		Tamaño Maximo Nominal 3/4"
3/4"	19.000	503.0	2.3	2.3	97.7		Grava (%) 24.4
1/2"	12.700	1,282.0	5.8	8.1	91.9		Arena (%) 60.2
3/8"	9.520	890.0	4.0	12.1	87.9		Finos (%) 15.5
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	2,708.0	12.3	24.4	75.6		3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.
N° 8	2.360						Limite Liquido (%) 27
N° 10	2.000	58.3	22.1	46.4	53.6		Limite Plastico (%) 22
N° 16	1.190						Indice de Plasticidad (%) 5
N° 20	0.850	42.3	16.0	62.4	37.6		Clasificación según Indice de plasticidad: Baja
N° 30	0.600	11.8	4.5	66.9	33.1		Suelos poco arcillosos plasticidad
N° 40	0.420	10.2	3.9	70.7	29.3		Clasificación SUCS SM
N° 50	0.300						Clasificación AASHTO A-1-b (0)
N° 60	0.250	12.0	4.5	75.3	24.7		Clasificación por Indice de Grupo: Muy bueno
N° 80	0.180						Categoría Subrasante Subrasante Buena
N° 100	0.150	12.2	4.6	79.9	20.1		
N° 200	0.075	12.3	4.7	84.5	15.5		
Pasante		40.9	15.5	100.0			

FUENTE: Autor



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

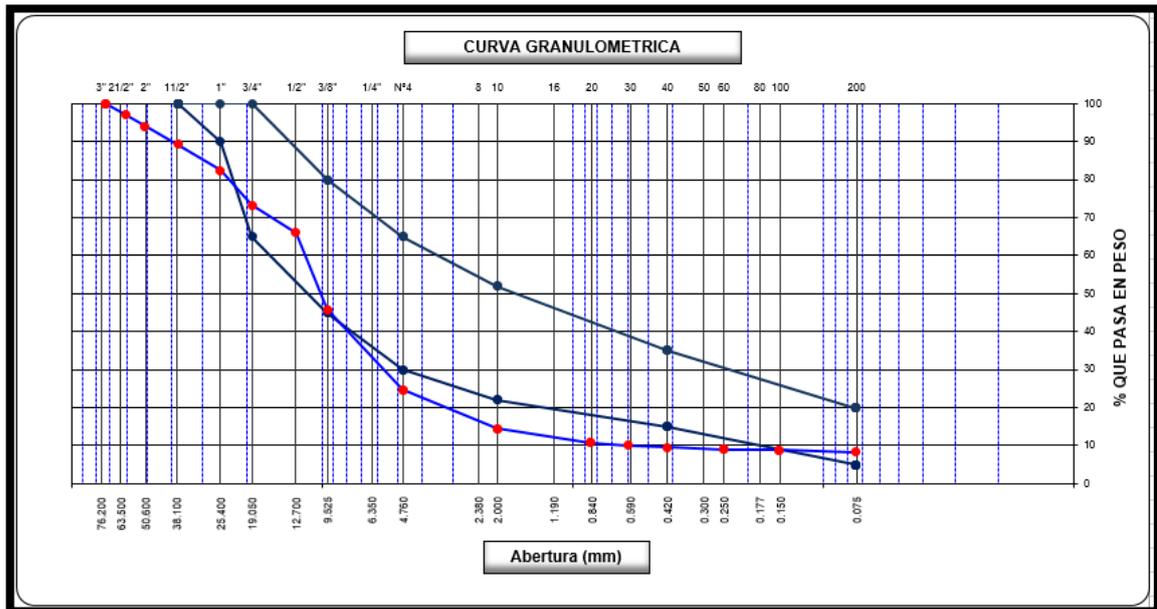

Rodrigo Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Tabla N° 03: Análisis Granulométrico

CALICATA 02 - Primer Estrato

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Afirmado A-1			
5"	127.000							1. Peso de Material	
4"	101.600								Peso Inicial Total (kg) 13,080.0
3"	73.000				100.0			Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 100.0	
2 1/2"	60.300	400.0	3.1	3.1	96.9			2. Características	
2"	50.800	380.0	2.9	6.0	94.0				Tamaño Maximo 3"
1 1/2"	37.500	625.0	4.8	10.8	89.3	100	100	Tamaño Maximo Nominal 2 1/2"	
1"	25.400	895.0	6.8	17.6	82.4	90	100	Grava (%) 75.4	
3/4"	19.000	1,195.0	9.1	26.7	73.3	65	100	Arena (%) 16.2	
1/2"	12.700	945.0	7.2	34.0	66.1			Finos (%) 8.4	
3/8"	9.520	2,655.0	20.3	54.3	45.8	45	80	Modulo de Fineza (%)	
1/4"	6.350							3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.	
N° 4	4.750	2,765.0	21.1	75.4	24.6	30	65		Limite Liquido (%) 28
N° 8	2.360								Limite Plastico (%) 21
N° 10	2.000	41.0	10.1	85.5	14.5	22	52		Indice de Plasticidad (%) 7
N° 16	1.190								Clasificación según Indice de plasticidad: Media
N° 20	0.850	15.0	3.7	89.2	10.8				Suelos arcillosos
N° 30	0.600	3.0	0.7	89.9	10.1				Clasificación SUCS GP-GC
N° 40	0.420	2.0	0.5	90.4	9.6	15	35		Clasificación AASHTO A-2.4 (0)
N° 50	0.300								Clasificación por Indice de Grupo: Muy bueno
N° 60	0.250	2.0	0.5	90.9	9.1				Categoría Subrasante
N° 80	0.180								
N° 100	0.150	1.0	0.3	91.1	8.9				
N° 200	0.075	2.0	0.5	91.6	8.4	5	20		
Pasante		34.0	8.4	100.0					

FUENTE: Autor



FUENTE: Autor

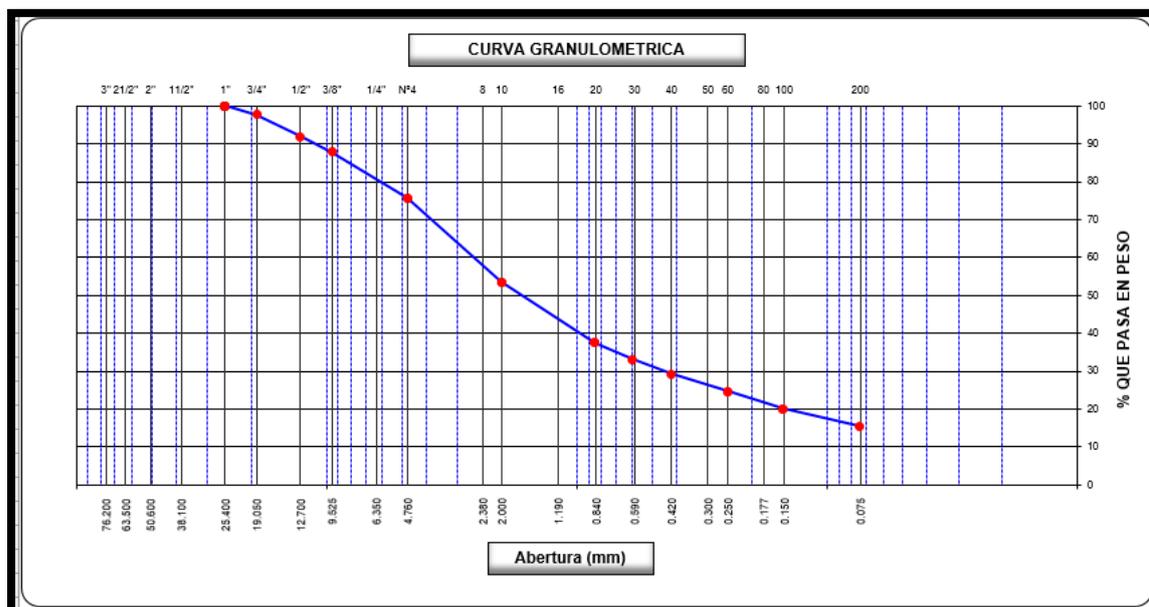
Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P-1-0530-08

RODOLFO ELIOP CASTRO AGUIRRE
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Tabla N° 04: Análisis Granulométrico
CALICATA 02 - Segundo Estrato

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 22,106.0
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 200.0
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Maximo 1"
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo Nominal 3/4"
1"	25.400				100.0		Grava (%) 24.4
3/4"	19.000	503.0	2.3	2.3	97.7		Arena (%) 60.2
1/2"	12.700	1,282.0	5.8	8.1	91.9		Finos (%) 15.5
3/8"	9.520	890.0	4.0	12.1	87.9		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.
N° 4	4.750	2,708.0	12.3	24.4	75.6		Limite Liquido (%) 27
N° 8	2.360						Limite Plastico (%) 22
N° 10	2.000	58.3	22.1	46.4	53.6		Indice de Plasticidad (%) 5
N° 16	1.190						Clasificación según Indice de plasticidad: Baja
N° 20	0.850	42.3	16.0	62.4	37.6		<i>Suelos poco arcillosos plasticidad</i>
N° 30	0.600	11.8	4.5	66.9	33.1		Clasificación SUCS SM
N° 40	0.420	10.2	3.9	70.7	29.3		Clasificación AASHTO A-1-b (0)
N° 50	0.300						Clasificación por Indice de Grupo: Muy bueno
N° 60	0.250	12.0	4.5	75.3	24.7		Categoría Subrasante Subrasante Buena
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	12.2	4.6	79.9	20.1		
N° 200	0.075	12.3	4.7	84.5	15.5		
Pasante		40.9	15.5	100.0			

FUENTE: Autor



FUENTE: Autor

Manuel Castro Gallo
Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

Roberto Elías Castro Aguirre
Roberto Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

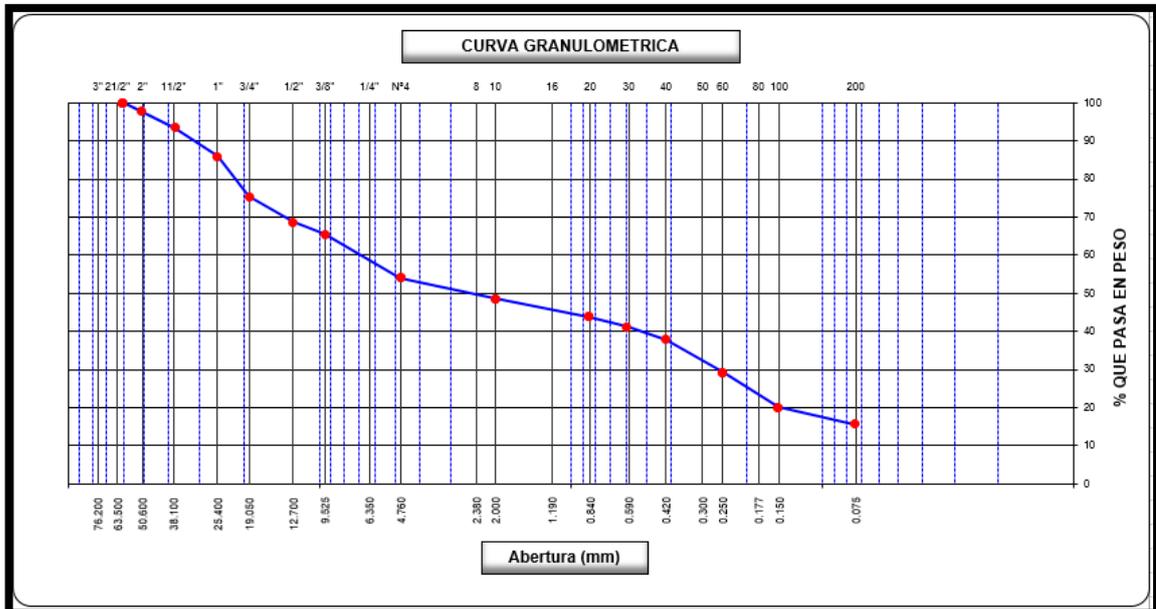
Tabla N° 05: Análisis Granulométrico

CALICATA 03 – Primer Estrato

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación
5"	127.000					
4"	101.600					
3"	73.000					
2 1/2"	60.300				100.0	
2"	50.800	628.0	2.3	2.3	97.8	
1 1/2"	37.500	1,170.0	4.2	6.5	93.6	
1"	25.400	2,104.0	7.6	14.0	86.0	
3/4"	19.000	2,976.0	10.7	24.7	75.3	
1/2"	12.700	1,850.0	6.6	31.3	68.7	
3/8"	9.520	898.0	3.2	34.5	65.5	
1/4"	6.350					
N° 4	4.750	3,156.0	11.3	45.9	54.1	
N° 8	2.360					
N° 10	2.000	10.1	5.5	51.3	48.7	
N° 16	1.190					
N° 20	0.850	8.9	4.8	56.2	43.8	
N° 30	0.600	4.8	2.6	58.8	41.2	
N° 40	0.420	6.1	3.3	62.1	37.9	
N° 50	0.300					
N° 60	0.250	16.0	8.7	70.7	29.3	
N° 80	0.180					
N° 100	0.150	16.8	9.1	79.8	20.2	
N° 200	0.075	8.3	4.5	84.3	15.7	
Pasante		29.0	15.7	100.0		

1. Peso de Material	
Peso Inicial Total (kg)	27,859.0
Peso Fracción Fina Para Lavar (gr)	100.0
2. Características	
Tamaño Máximo	2 1/2"
Tamaño Máximo Nominal	2"
Grava (%)	45.9
Arena (%)	38.4
Finos (%)	15.7
Modulo de Fineza (%)	
3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.	
Límite Líquido (%)	30
Límite Plástico (%)	22
Índice de Plasticidad (%)	8
Clasificación según Índice de plasticidad:	Media
	Suelos arcillosos
Clasificación SUCS	GC
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)
Clasificación por Índice de Grupo:	Muy bueno
Categoría Subrasante	Subrasante Excelente

FUENTE: Autor



FUENTE: Autor

Manuel Castro Gallo
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

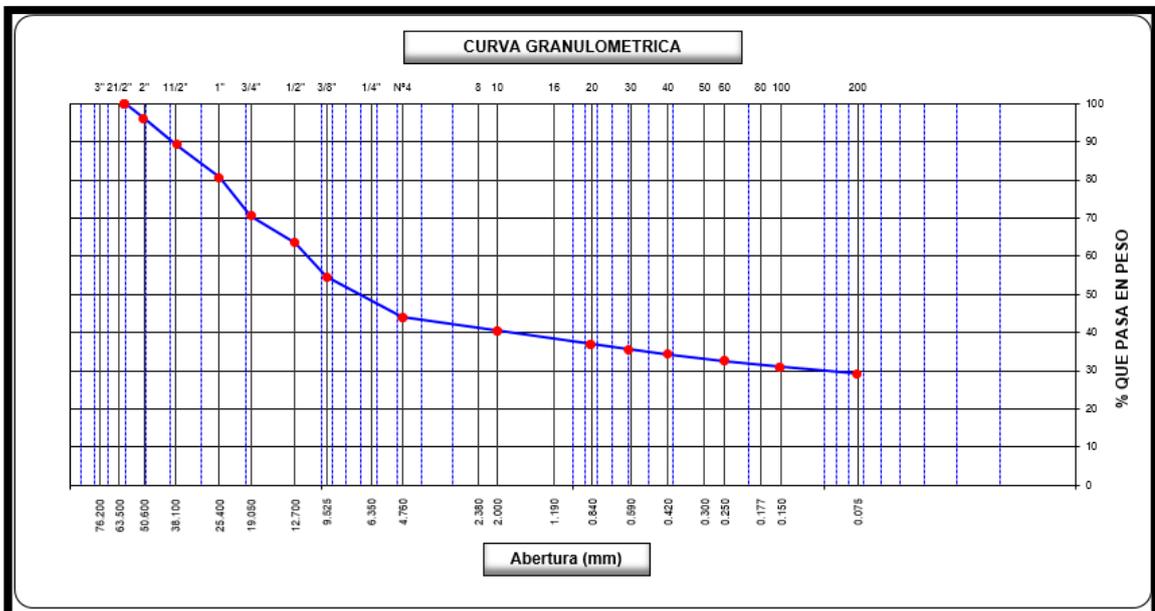
Rodrigo Elías Castro Aguilar
Rodrigo Elías Castro Aguilar
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 06: Análisis Granulométrico

CALICATA 04 – Primer Estrato

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 27,360.0
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 245.0
2 1/2"	60.300				100.0		
2"	50.800	1,036.0	3.8	3.8	96.2		2. Características
1 1/2"	37.500	1,892.0	6.9	10.7	89.3		Tamaño Maximo 2 1/2"
1"	25.400	2,365.0	8.6	19.4	80.7		Tamaño Maximo Nominal 2"
3/4"	19.000	2,756.0	10.1	29.4	70.6		Grava (%) 55.9
1/2"	12.700	1,936.0	7.1	36.5	63.5		Arena (%) 14.9
3/8"	9.520	2,456.0	9.0	45.5	54.5		Finos (%) 29.2
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%) 29.2
N° 4	4.750	2,863.0	10.5	55.9	44.1		3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.
N° 8	2.360						Limite Liquido (%) 30
N° 10	2.000	20.1	3.6	59.6	40.5		Limite Plastico (%) 25
N° 16	1.190						Indice de Plasticidad (%) 5
N° 20	0.850	19.3	3.5	63.0	37.0		Clasificación según Indice de plasticidad: Baja
N° 30	0.600	7.8	1.4	64.4	35.6		Suelos arcillosos
N° 40	0.420	6.3	1.1	65.6	34.5		Clasificación SUCS GM
N° 50	0.300						Clasificación AASHTO A-2-4 (0)
N° 60	0.250	10.0	1.8	67.4	32.7		Clasificación por Indice de Grupo: Muy bueno
N° 80	0.180						Categoría Subrasante SUBRASANTE MUY BUENA
N° 100	0.150	9.3	1.7	69.0	31.0		
N° 200	0.075	10.0	1.8	70.8	29.2		
Pasante		162.2	29.2	100.0			

FUENTE: Autor



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P-1-0530-08


RODRIGO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

6.2. CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA

Tabla N° 07: Contenido de Humedad.

CALICATA 01- Primer Estrato

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	317.6	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	302.3	
Peso del agua contenida (gr)	15.4	
Peso de la muestra seca (gr)	302.3	
Contenido de Humedad (%)	5.1	
Contenido de Humedad Promedio (%)	5.1	

FUENTE: Autor

Tabla N° 08: Determinación del Límite Líquido y Límite Plástico

CALICATA 01– Primer Estrato

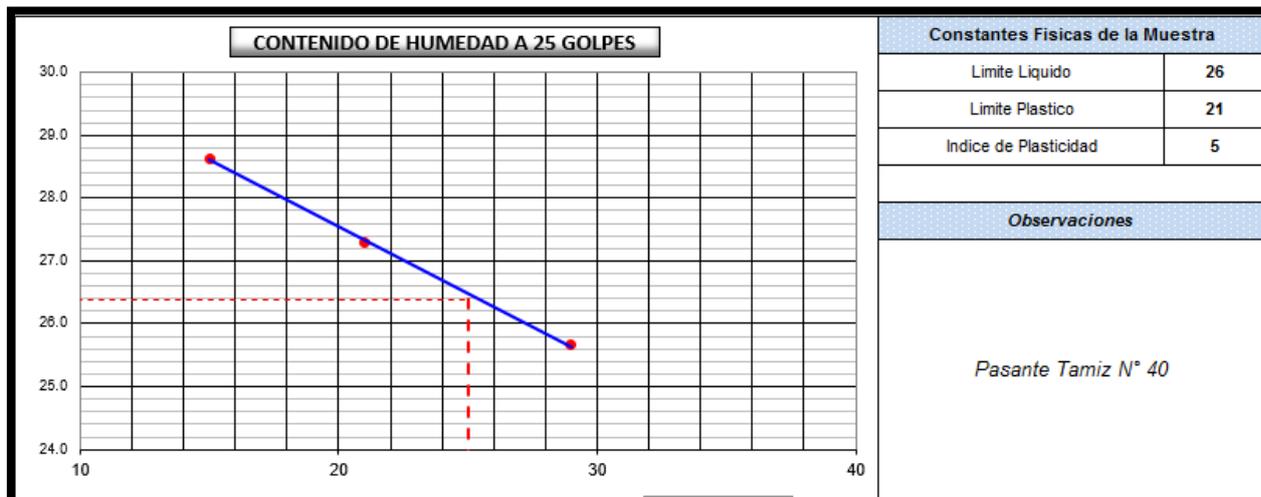
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro		47	49	46	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	32.78	30.66	32.85	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	29.78	28.25	30.11	
Peso de Tarro	gr.	19.30	19.42	19.43	
Peso de Agua	gr.	3.00	2.41	2.74	
Peso del Suelo Seco	gr.	10.48	8.83	10.68	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	28.63	27.29	25.66	26
Numero de Golpes		15	21	29	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro		50	48		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	21.07	21.29		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	20.78	20.98		
Peso de Tarro	gr.	19.43	19.43		
Peso de Agua	gr.	0.29	0.31		
Peso de Suelo seco	gr.	1.35	1.55		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	21.48	20.00		21

FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Grafico N° 01: Contenido de Humedad
CALICATA 01– Primer Estrato



FUENTE: Autor

Tabla N° 09: Contenido de Humedad.
CALICATA 01- Segundo Estrato

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	485.2	
Peso del agua contenida (gr)	14.8	
Peso de la muestra seca (gr)	485.2	
Contenido de Humedad (%)	3.1	
Contenido de Humedad Promedio (%)	3.1	

FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 10: Determinación del Límite Líquido y Límite Plástico

CALICATA 01– Segundo Estrato

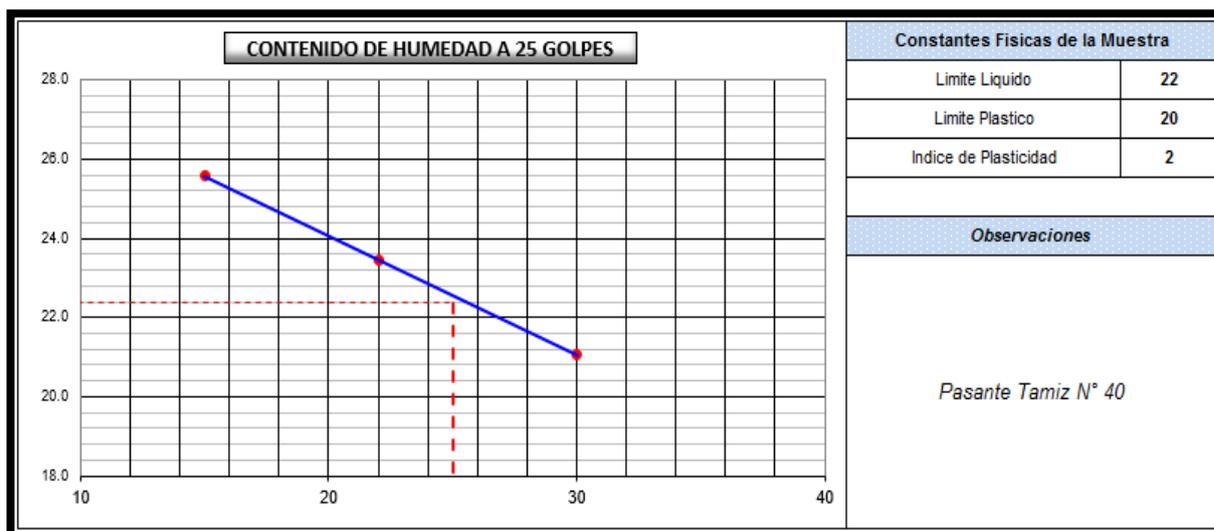
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro		3	13	1	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	26.32	25.73	27.48	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	23.85	23.48	25.15	
Peso de Tarro	gr.	14.20	13.88	14.08	
Peso de Agua	gr.	2.47	2.25	2.33	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.65	9.60	11.07	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	25.60	23.44	21.05	22
Numero de Golpes		15	22	30	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro		10	15		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	20.18	19.11		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	19.33	18.25		
Peso de Tarro	gr.	14.99	13.85		
Peso de Agua	gr.	0.85	0.86		
Peso de Suelo seco	gr.	4.34	4.40		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	19.59	19.55		20

FUENTE: Autor

Grafico N° 02: Contenido de Humedad

CALICATA 01– Segundo Estrato



FUENTE: Autor

Manuel Castro Gallo
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

Rodrigo Elías Castro Aguirre
Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 11: Contenido de Humedad.

CALICATA 02- Primer Estrato

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	470.0	
Peso del agua contenida (gr)	30.0	
Peso de la muestra seca (gr)	470.0	
Contenido de Humedad (%)	6.4	
Contenido de Humedad Promedio (%)	6.4	

FUENTE: Autor

Tabla N° 12: Determinación del Límite Líquido y Límite Plástico

CALICATA 02– Primer Estrato

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro		55	53	57	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	36.25	37.75	38.12	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	32.38	33.60	34.05	
Peso de Tarro	gr.	19.51	19.36	19.27	
Peso de Agua	gr.	3.87	4.15	4.07	
Peso del Suelo Seco	gr.	12.87	14.24	14.78	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	30.07	29.14	27.54	28
Numero de Golpes		16	21	30	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro		51	54		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	21.02	21.36		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	20.71	21.00		
Peso de Tarro	gr.	19.23	19.33		
Peso de Agua	gr.	0.31	0.36		
Peso de Suelo seco	gr.	1.48	1.67		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	20.95	21.56		21

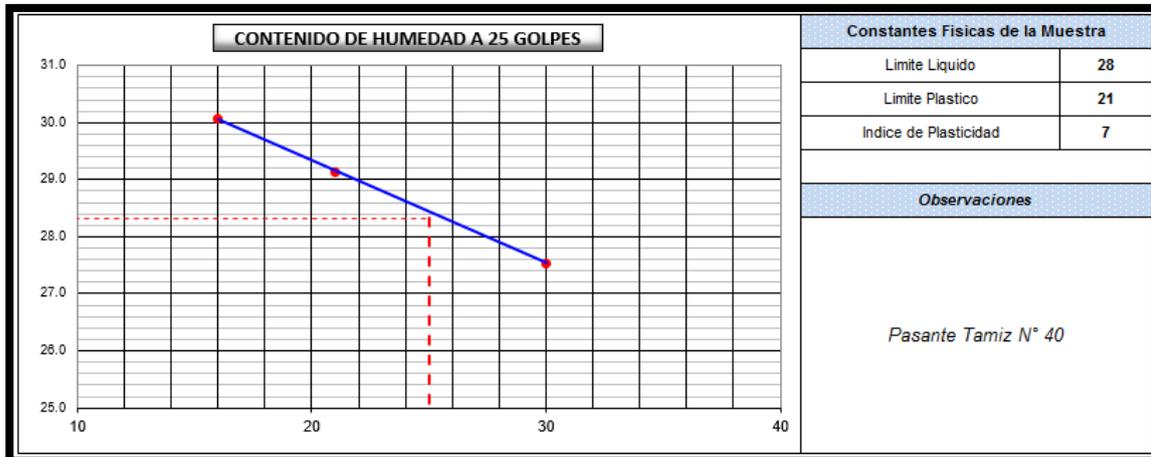
FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Ingeniero Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Grafico N° 03: Contenido de Humedad

CALICATA 02– Primer Estrato



FUENTE: Autor

Tabla N° 13: Contenido de Humedad.

CALICATA 02- Segundo Estrato

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	600.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	582.0	
Peso del agua contenida (gr)	18.0	
Peso de la muestra seca (gr)	582.0	
Contenido de Humedad (%)	3.1	
Contenido de Humedad Promedio (%)	3.1	

FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 14: Determinación del Límite Líquido y Límite Plástico

CALICATA 02– Segundo Estrato

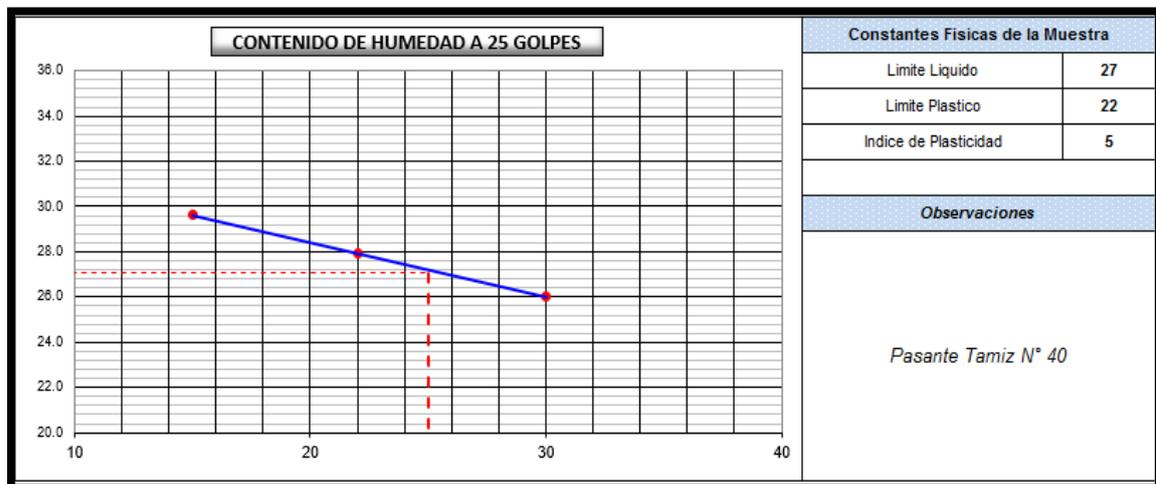
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro		6	29	2	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	25.11	25.37	26.39	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	22.74	23.18	24.02	
Peso de Tarro	gr.	14.74	15.33	14.91	
Peso de Agua	gr.	2.37	2.19	2.37	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.00	7.85	9.11	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	29.63	27.90	26.02	27
Numero de Golpes		15	22	30	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro		35	17		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	21.58	18.56		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	20.55	17.93		
Peso de Tarro	gr.	15.94	15.10		
Peso de Agua	gr.	1.03	0.63		
Peso de Suelo seco	gr.	4.61	2.83		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	22.34	22.26		22

FUENTE: Autor

Grafico N° 04: Contenido de Humedad

CALICATA 02– Segundo Estrato



FUENTE: Autor

Manuel Castro Gallo
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

Rodrigo Elías Castro Aguirre
Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 15: Contenido de Humedad.

CALICATA 03- Primer Estrato

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	488.0	
Peso del agua contenida (gr)	12.0	
Peso de la muestra seca (gr)	488.0	
Contenido de Humedad (%)	2.5	
Contenido de Humedad Promedio (%)		2.5

FUENTE: Autor

Tabla N° 16: Determinación del Límite Líquido y Límite Plástico

CALICATA 03- Primer Estrato

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro		62	65	64	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	33.48	34.29	35.25	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	29.12	29.45	31.00	
Peso de Tarro	gr.	15.20	13.25	16.20	
Peso de Agua	gr.	4.36	4.84	4.25	
Peso del Suelo Seco	gr.	13.92	16.20	14.80	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	31.32	29.88	28.72	30
Numero de Golpes		15	22	31	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro		63	61		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	20.36	20.62		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	19.45	19.40		
Peso de Tarro	gr.	15.30	14.00		
Peso de Agua	gr.	0.91	1.22		
Peso de Suelo seco	gr.	4.15	5.40		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	21.93	22.59		22

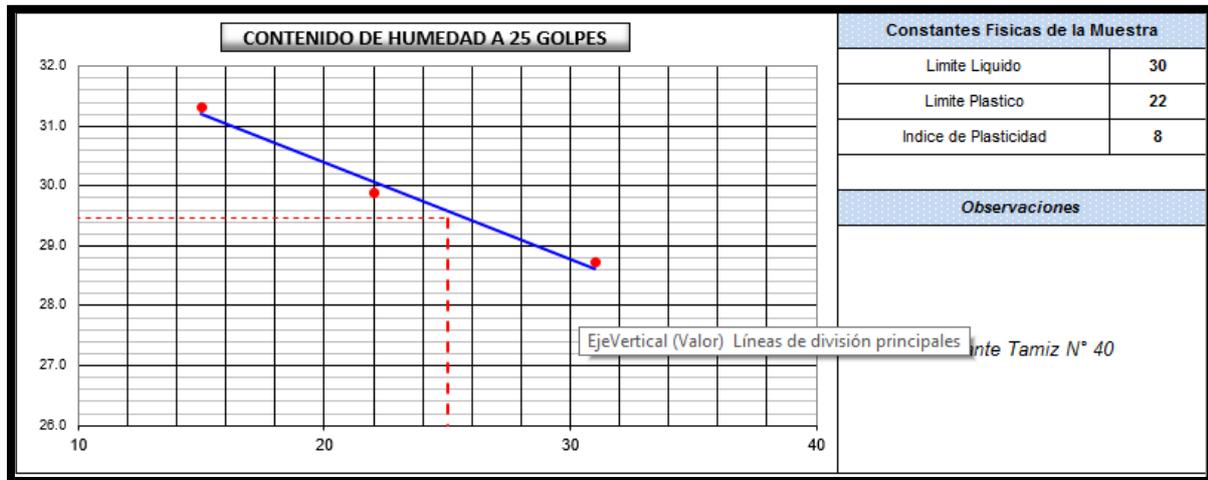
FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Grafico N° 05: Contenido de Humedad

CALICATA 03– Primer Estrato



FUENTE: Autor

Tabla N° 17: Contenido de Humedad.

CALICATA 04- Primer Estrato

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	300.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	289.0	
Peso del agua contenida (gr)	11.0	
Peso de la muestra seca (gr)	289.0	
Contenido de Humedad (%)	3.8	
Contenido de Humedad Promedio (%)	3.8	

FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Roberto Eliz Casiro Aguilar
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 17: Determinación del Límite Líquido y Límite Plástico

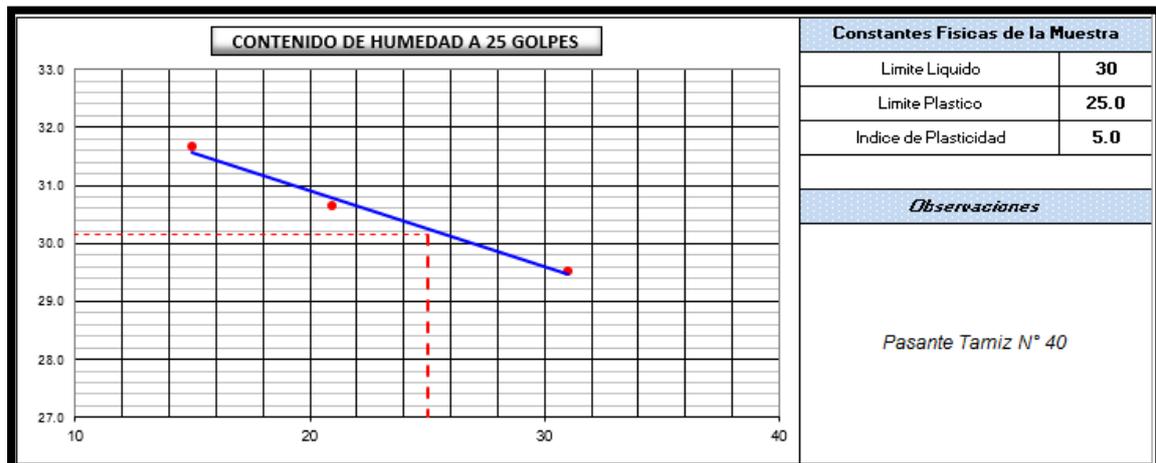
CALICATA 04– Primer Estrato

<i>DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO</i>					
N° de Tarro		31	35	32	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	36.33	37.08	36.06	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	30.90	32.90	31.00	
Peso de Tarro	gr.	13.75	19.26	13.86	
Peso de Agua	gr.	5.43	4.18	5.06	
Peso del Suelo Seco	gr.	17.15	13.64	17.14	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	31.66	30.65	29.52	30
Numero de Golpes		15	21	31	
<i>DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD</i>					
N° de Tarro		34	33		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	21.40	22.52		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	20.98	21.90		
Peso de Tarro	gr.	19.27	19.45		
Peso de Agua	gr.	0.42	0.62		
Peso de Suelo seco	gr.	1.71	2.45		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	24.56	25.31		25

FUENTE: Autor

Grafico N° 06 Contenido de Humedad

CALICATA 04– Primer Estrato



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

6.3. COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO.

Tabla N° 18: Relación densidad/humedad (PROCTOR)

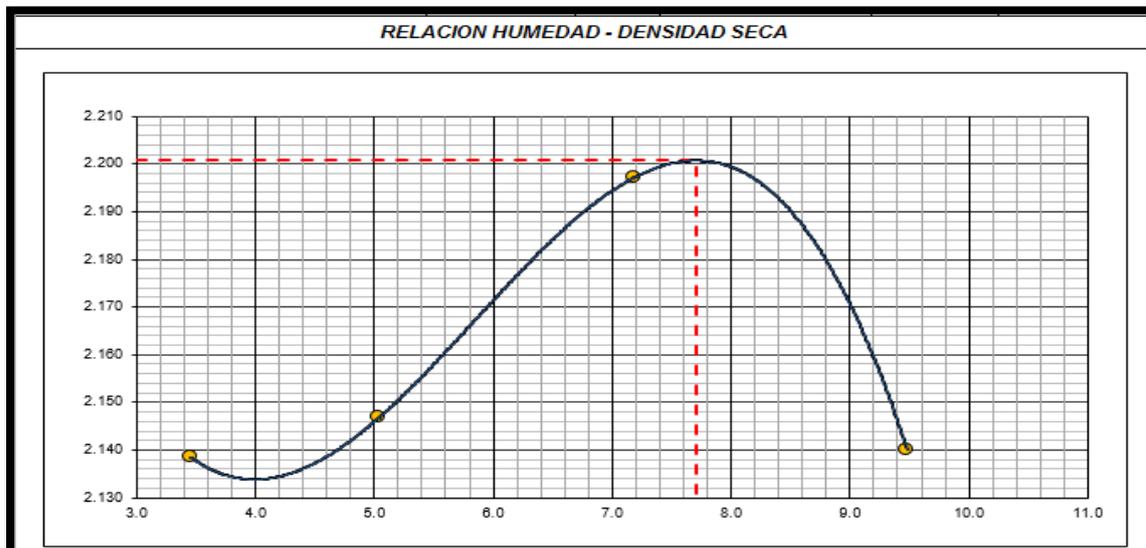
CALICATA 01- M 01

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde	2105	m3.	N° de capas	5	
	Metodo	A	B		C	Peso Molde	6218	gr.	N° de golpes
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	10,875	10,965	11,175	11,150			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	4,657	4,747	4,957	4,932			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	2.212	2.255	2.355	2.343			
Recipiente Numero			-	-	-	-			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	500.0	500.0	500.0	500.0			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	483.3	476.0	466.5	456.7			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	16.7	24.0	33.5	43.3			
Peso del suelo seco		gr.	483	476	467	457			
Contenido de agua		%	3.5	5.0	7.2	9.5			
Densidad Seca		gr/cc	2.138	2.147	2.197	2.140			
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca			2.201	(gr/cm3)	Humedad óptima	7.7	%		
Densidad Máxima Seca Corregida				(gr/cm3)	Humedad óptima		%		

FUENTE: Autor

Grafico N° 07 Relación densidad/ humedad (Proctor)

CALICATA 01- M 01



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Roberto Elías Castro Aguilar
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 19: Relación densidad/humedad (PROCTOR)

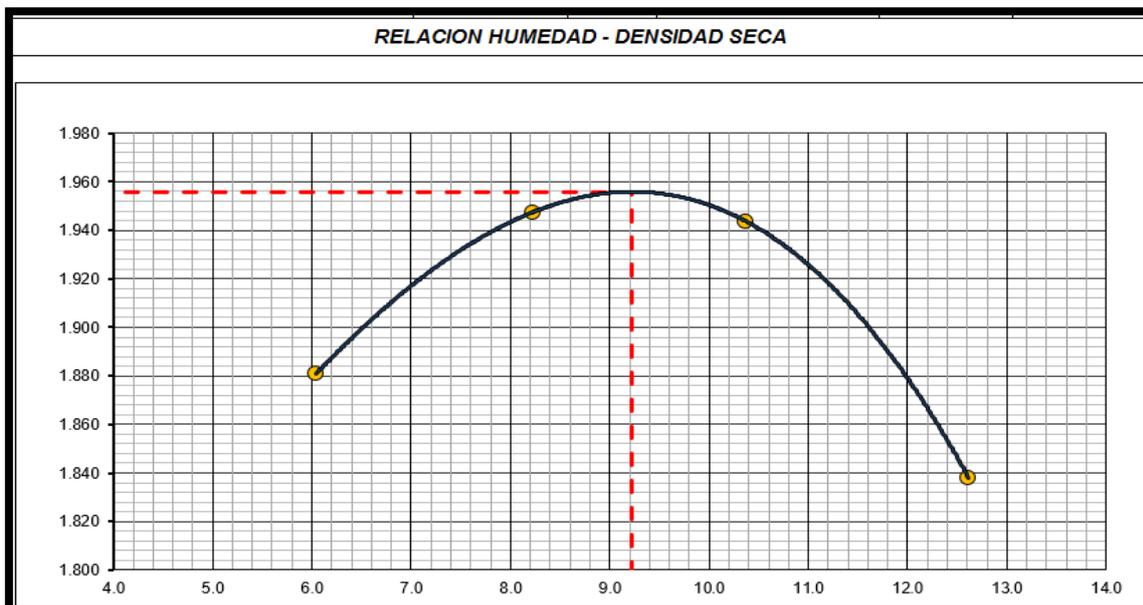
CALICATA 01- M 02

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 Glp
NUMERO DE ENSAYOS						1	2	3	4
Peso Suelo + Molde		gr.	5,245	5,350	5,385	5,315			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	1,853	1,958	1,993	1,923			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	1,995	2,108	2,145	2,070			
Recipiente Numero			-	-	-	-			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	500.0	500.0	500.0	500.0			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	471.5	462.0	453.0	444.0			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	28.5	38.0	47.0	56.0			
Peso del suelo seco		gr.	472	462	453	444			
Contenido de agua		%	6.0	8.2	10.4	12.6			
Densidad Seca		gr/cc	1.881	1.947	1.944	1.838			
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca		1.956	(gr/cm3)	Humedad óptima		9.2	%		
Densidad Máxima Seca Corregida			(gr/cm3)	Humedad óptima			%		

FUENTE: Autor

Grafico N° 08 Relación densidad/ humedad (Proctor)

CALICATA 01- M 02



FUENTE: Autor

Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

Rodrigo Elías Castro Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Tabla N° 20: Relación densidad/humedad (PROCTOR)

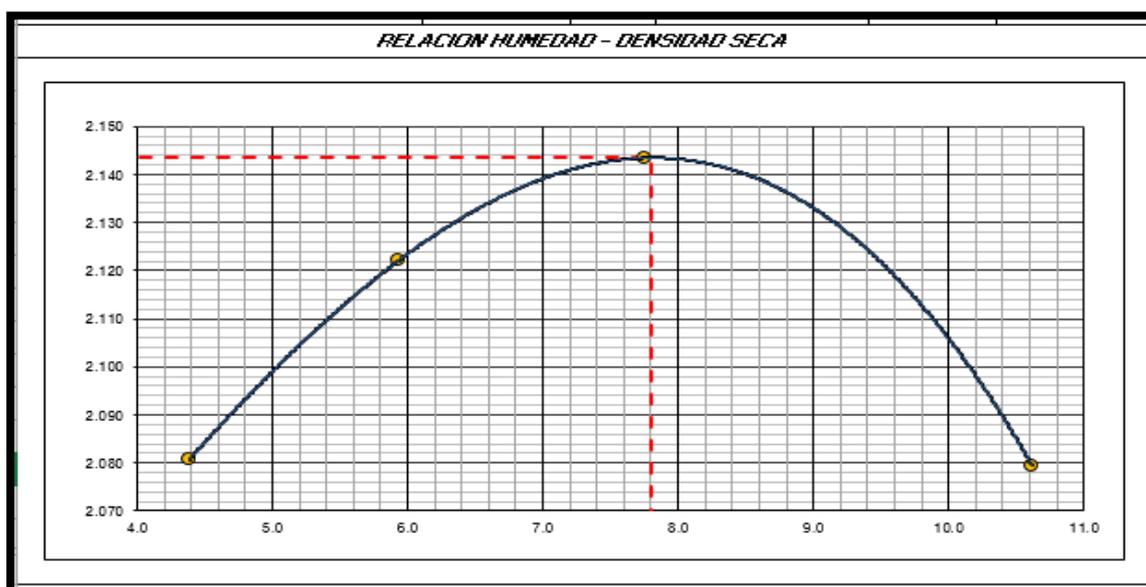
CALICATA 02- M 01

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde	2105	m3.	N° de capas	5	
	Metodo	A	B		C	Peso Molde	6218	gr.	N° de golpes
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	10,790	10,950	11,080	11,060			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	4,572	4,732	4,862	4,842			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	2,172	2,248	2,310	2,300			
Recipiente Numero			-	-	-	-			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	500.0	500.0	500.0	500.0			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	479.0	472.0	464.0	452.0			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	21.0	28.0	36.0	48.0			
Peso del suelo seco		gr.	479	472	464	452			
Contenido de agua		%	4.4	5.9	7.8	10.6			
Densidad Seca		gr/cc	2.081	2.122	2.143	2.079			
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca			2.143	(gr/cm3)	Humedad óptima	7.8	%		
Densidad Máxima Seca Corregida				(gr/cm3)	Humedad óptima		%		

FUENTE: Autor

Grafico N° 09 Relación densidad/ humedad (Proctor)

CALICATA 02- M 01



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodolfo Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 21: Relación densidad/humedad (PROCTOR)

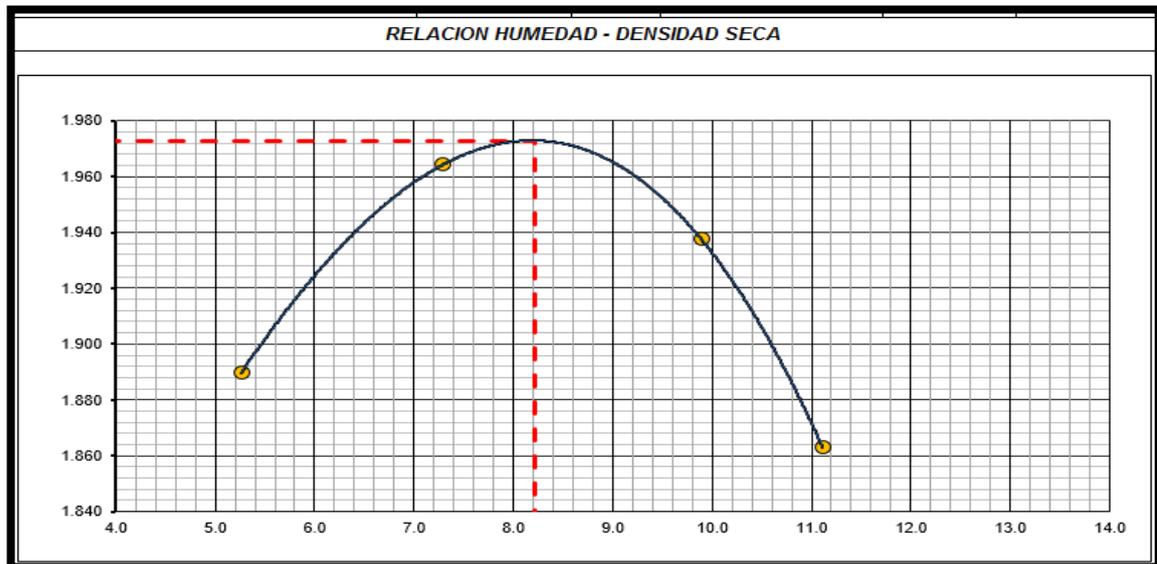
CALICATA 02- M 02

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 GIp
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	5,240	5,350	5,370	5,315			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	1,848	1,958	1,978	1,923			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	1,989	2,108	2,129	2,070			
Recipiente Numero			-	-	-	-			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	500.0	500.0	500.0	500.0			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	475.0	466.0	455.0	450.0			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	25.0	34.0	45.0	50.0			
Peso del suelo seco		gr.	475	466	455	450			
Contenido de agua		%	5.3	7.3	9.9	11.1			
Densidad Seca		gr/cc	1.890	1.964	1.938	1.863			
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca			1.973	(gr/cm3)	Humedad óptima	8.2	%		
Densidad Máxima Seca Corregida				(gr/cm3)	Humedad óptima		%		

FUENTE: Autor

Gráfico N° 10 Relación densidad/ humedad (Proctor)

CALICATA 02- M 02



FUENTE: Autor

Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

Roberto Castro Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Tabla N° 22: Relación densidad/humedad (PROCTOR)

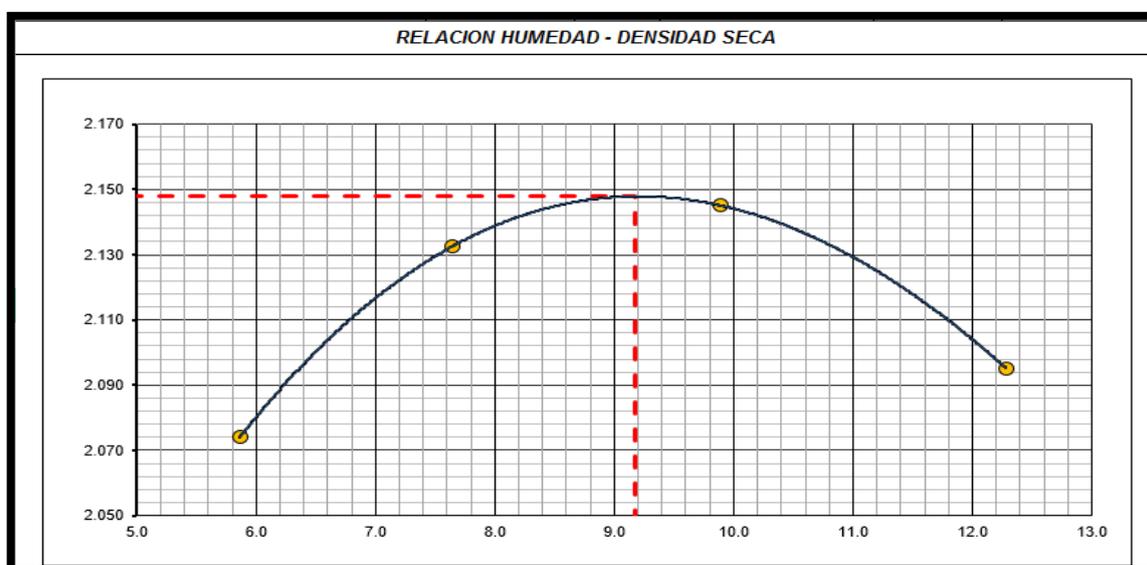
CALICATA 03- M 01

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde	2105	m3.	N° de capas	5	
	Metodo	A	B		C	Peso Molde	6218	gr.	N° de golpes
NUMERO DE ENSAYOS									
					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde			gr.		10,840	11,050	11,180	11,170	
Peso Suelo Humedo Compactado			gr.		4,622	4,832	4,962	4,952	
Peso Volumetrico Humedo			gr.		2.196	2.295	2.357	2.352	
Recipiente Numero					-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara			gr.		500.0	500.0	500.0	500.0	
Peso Suelo Seco + Tara			gr.		472.3	464.5	455.0	445.3	
Peso de la Tara			gr.						
Peso del agua			gr.		27.7	35.5	45.0	54.7	
Peso del suelo seco			gr.		472	465	455	445	
Contenido de agua			%		5.9	7.6	9.9	12.3	
Densidad Seca			gr/cc		2.074	2.133	2.145	2.095	
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca					2.148	(gr/cm3)	Humedad óptima	9.2	%
Densidad Máxima Seca Corregida						(gr/cm3)	Humedad óptima		%

FUENTE: Autor

Grafico N° 11 Relación densidad/ humedad (Proctor)

CALICATA 03- M 01



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Tabla N° 23: Relación densidad/humedad (PROCTOR)

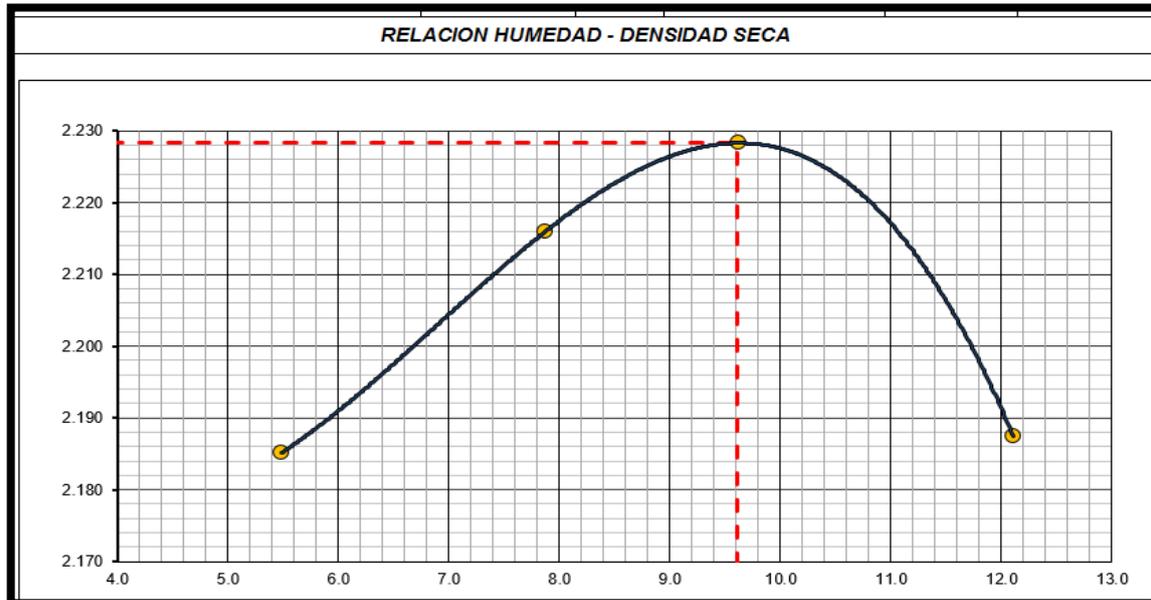
CALICATA 04- M 01

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	2105	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	6218	gr.	N° de golpes	56 GIp
NUMERO DE ENSAYOS						1	2	3	4
Peso Suelo + Molde		gr.	11,070	11,250	11,360	11,380			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	4,852	5,032	5,142	5,162			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	2,305	2,390	2,443	2,452			
Recipiente Numero			-	-	-	-			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	500.0	500.0	500.0	500.0			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	474.0	463.5	456.1	446.0			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	26.0	36.5	43.9	54.0			
Peso del suelo seco		gr.	474	464	456	446			
Contenido de agua		%	5.5	7.9	9.6	12.1			
Densidad Seca		gr/cc	2.185	2.216	2.228	2.187			
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca			2.228	(gr/cm3)	Humedad óptima	9.6	%		
Densidad Máxima Seca Corregida				(gr/cm3)	Humedad óptima		%		

FUENTE: Autor

Grafico N° 12 Relación densidad/ humedad (Proctor)

CALICATA 04- M 01



FUENTE: Autor

Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

Rodrigo Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

6.4. RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE CBR.

Tabla N° 24: Calculo de CBR y Penetración

CALICATA 01- M 01

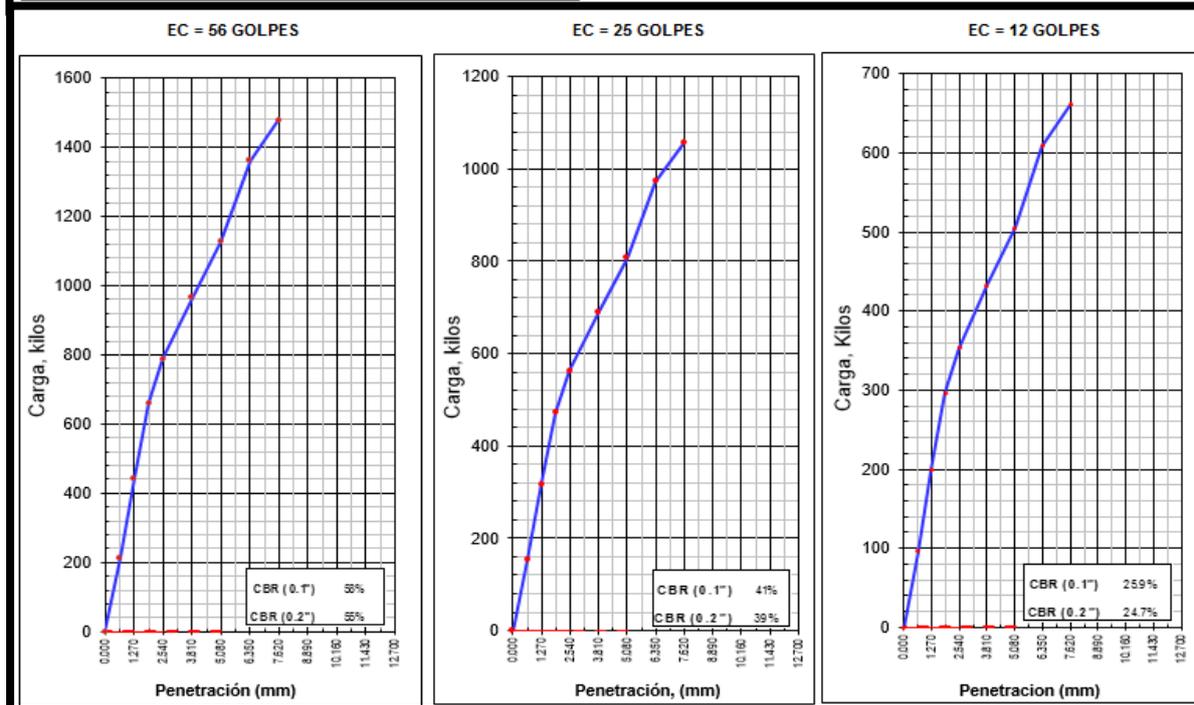
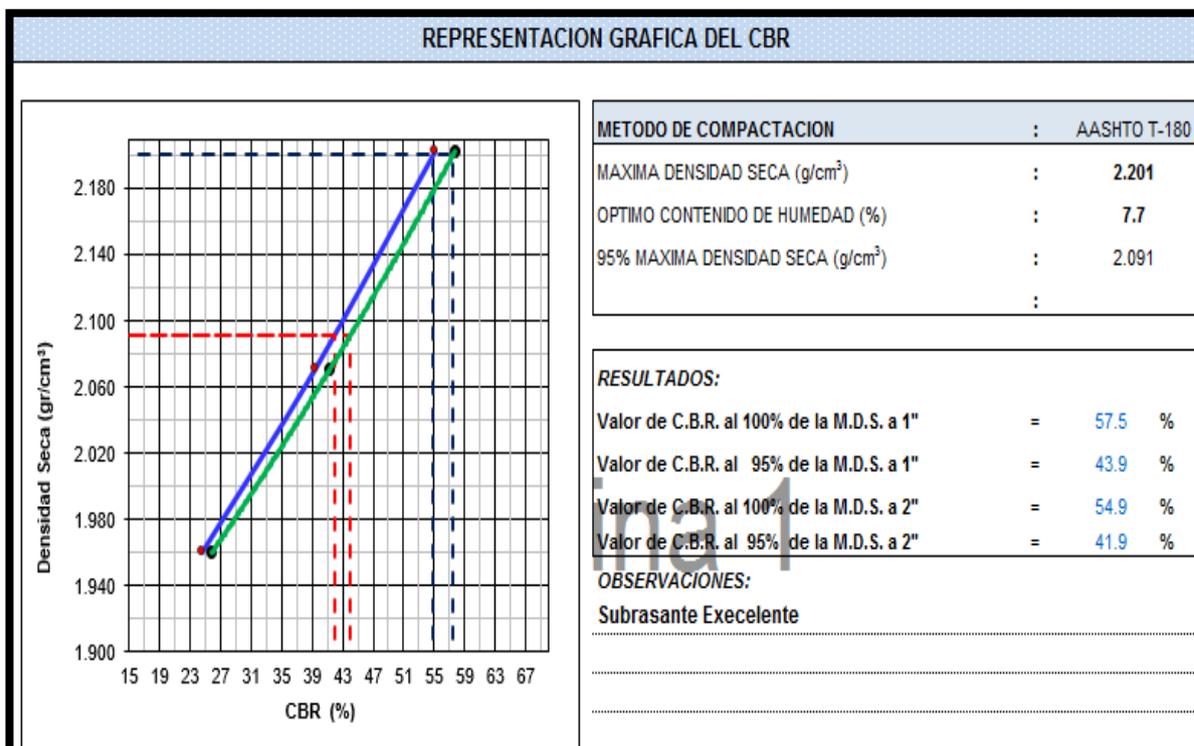
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	6				7				8						
Capas N°	5				5				5						
Golpes por capa N°	56				25				12						
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12890.0				12358.0				11895.0						
Peso de molde (g)	7846.0				7628.0				7407.0						
Peso del suelo húmedo (g)	5044.0				4730.0				4488.0						
Volumen del molde (cm ³)	2125.0				2122.0				2126.0						
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.374				2.229				2.111						
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0				500.0				500.0						
Peso suelo seco + tara (g)	464.0				464.5				464.3						
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	36.0				35.5				35.7						
Peso de suelo seco (g)	464.0				464.5				464.3						
Contenido de humedad (%)	7.8				7.6				7.7						
Densidad seca (g/cm ³)	2.203				2.071				1.960						
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA	MOLDE N°		M-06		MOLDE N°		M-07		MOLDE N°		M-08		
		STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		210	213			150	153			94	96			
1.270	0.050		440	443			314	317			196	199			
1.905	0.075		658	661			470	473			294	296			
2.540	0.100	70.29	785	788	-	57.8	561	563	-	41.3	350	353	-	25.9	
3.810	0.150		963	966			688	690			430	432			
5.080	0.200	105.43	1125	1128	-	55.1	804	806	-	39.4	502	505	-	24.7	
6.350	0.250		1358	1361			970	973			606	609			
7.620	0.300		1475	1478			1054	1056			658	661			
10.160	0.400														
12.700	0.500														
OBSERVACIONES :		Anillo: 50 KN													

FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


 Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Grafico N° 13 Representación gráfica del CBR



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 25: Calculo de CBR y Penetración

CALICATA 01- M 02

CALCULO DEL CBR														
Molde N°	21				20				19					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12285.0				11985.0				11750.0					
Peso de molde (g)	7740.0				7725.0				7735.0					
Peso del suelo húmedo (g)	4545.0				4260.0				4015.0					
Volumen del molde (cm³)	2132.0				2125.0				2117.0					
Densidad húmeda (g/cm³)	2.132				2.005				1.897					
Tara (N°)														
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0				500.0				500.0					
Peso suelo seco + tara (g)	458.0				457.0				458.8					
Peso de tara (g)														
Peso de agua (g)	42.0				43.0				41.2					
Peso de suelo seco (g)	458.0				457.0				458.8					
Contenido de humedad (%)	9.2				9.4				9.0					
Densidad seca (g/cm³)	1.953				1.832				1.740					
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
24/02/20	10:10:00 a.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
25/02/20	10:10:00 a.m.	24	2	0.051	0.044	3	0.076	0.066	5	0.127	0.110			
26/02/20	10:10:00 a.m.	48	3	0.076	0.066	4	0.102	0.088	6	0.152	0.133			
27/02/20	10:10:00 a.m.	72	3	0.076	0.066	4	0.102	0.088	7	0.178	0.155			
PENETRACION														
PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-21		MOLDE N°		M-20		MOLDE N°		M-19		
				STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		36	39			29	32			23	26		
1.270	0.050		60	63			45	48			36	39		
1.905	0.075		99	102			77	80			59	62		
2.540	0.100	70.29	165	168	240	17.6	128	131	202	14.8	98	101	168.0	12.3
3.810	0.150		285	288			229	232			174	177		
5.080	0.200	105.43	405	408	466	22.8	330	333	405	19.8	266	269	330.8	16.2
6.350	0.250		515	518			451	454			344	347		
7.620	0.300		600	603			536	539			421	424		
10.160	0.400													
12.700	0.500													
OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN														

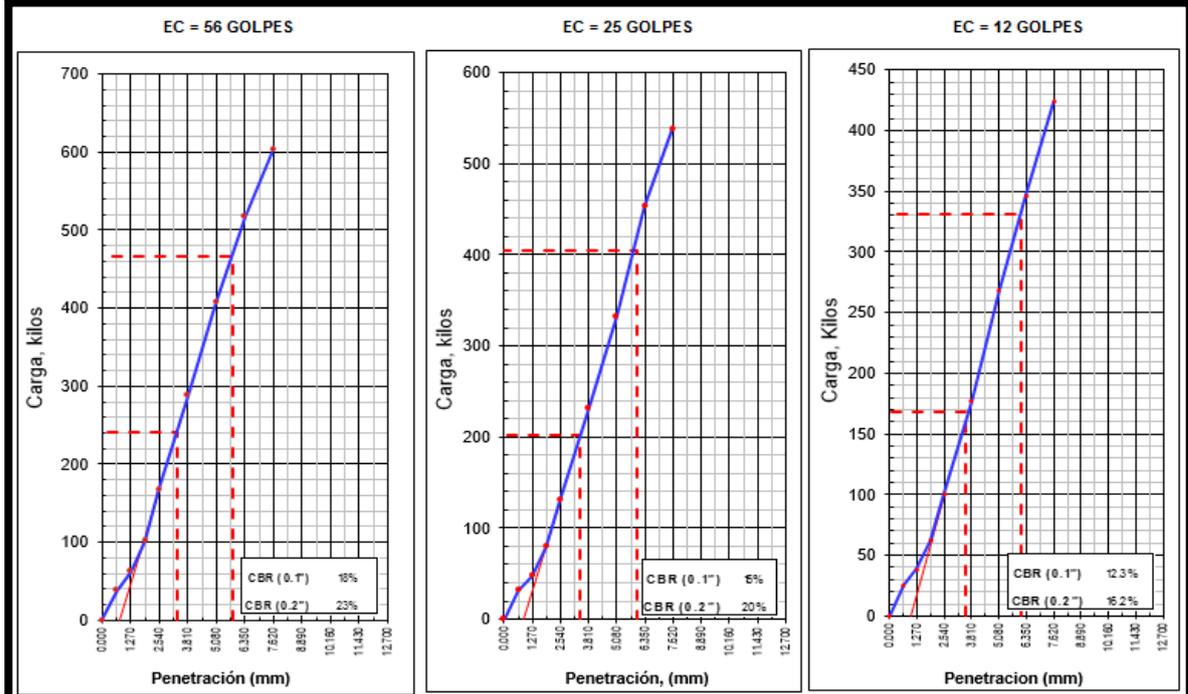
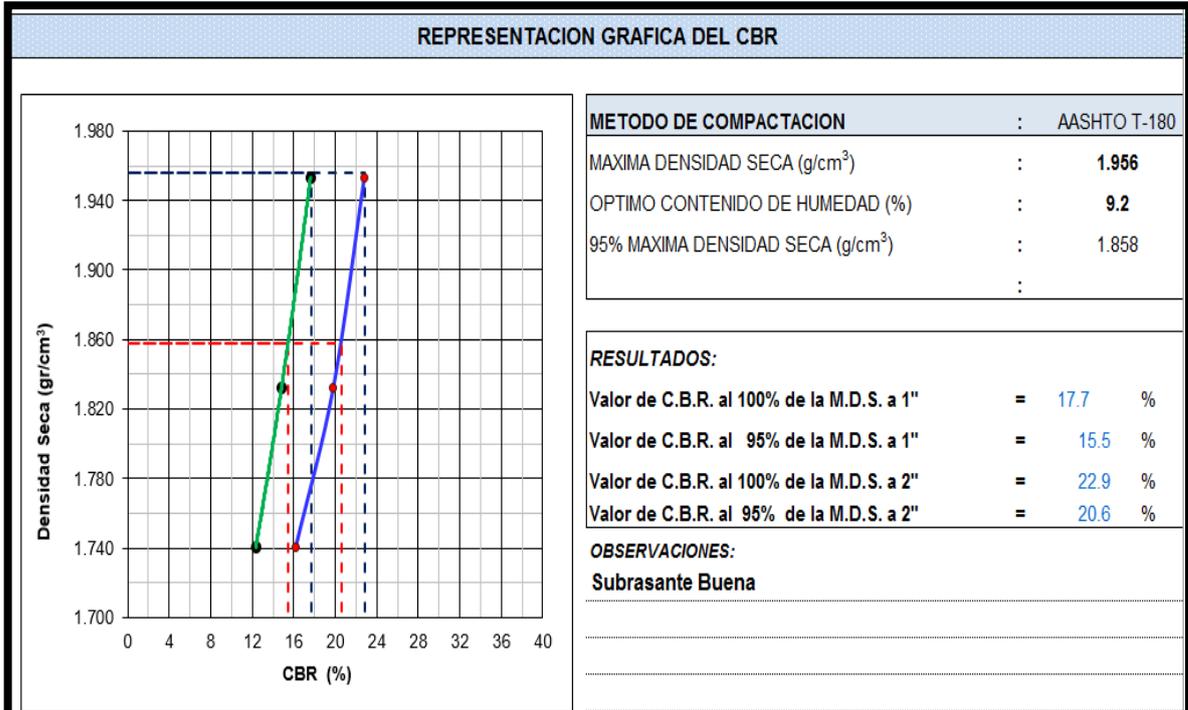
FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Gráfico N° 14 Representación gráfica del CBR

CALICATA 02- M 01



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaillo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguilar
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 26: Calculo de CBR y Penetración

CALCULO DEL CBR														
Molde N°		1				2				3				
Capas N°		5				5				5				
Golpes por capa N°		56				25				12				
Condición de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)		12658.0				12332.0				12083.0				
Peso de molde (g)		7760.0				7741.0				7762.0				
Peso del suelo húmedo (g)		4898.0				4591.0				4321.0				
Volumen del molde (cm ³)		2121.0				2114.0				2102.0				
Densidad húmeda (g/cm ³)		2.309				2.172				2.056				
Tara (N°)														
Peso suelo húmedo + tara (g)		500.0				500.0				500.0				
Peso suelo seco + tara (g)		464.0				464.0				464.0				
Peso de tara (g)														
Peso de agua (g)		36.0				36.0				36.0				
Peso de suelo seco (g)		464.0				464.0				464.0				
Contenido de humedad (%)		7.8				7.8				7.8				
Densidad seca (g/cm ³)		2.143				2.015				1.908				

PENETRACION														
PENETRACION		CARGA	MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION				
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		45	48			35	37			27	29		
1.270	0.050		90	93			69	72			53	56		
1.905	0.075		189	192			145	148			112	114		
2.540	0.100	70.29	300	303	559	41.0	231	233	430	31.5	178	180	330.8	24.3
3.810	0.150		505	508			388	391			299	301		
5.080	0.200	105.43	859	862	1,151	56.3	661	663	885	43.3	508	511	680.7	33.3
6.350	0.250		1078	1081			829	832			638	640		
7.620	0.300		1489	1492			1145	1148			881	884		
10.160	0.400													
12.700	0.500													

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN

FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Grafico N° 15 Representación gráfica del CBR

CALICATA 02- M 01

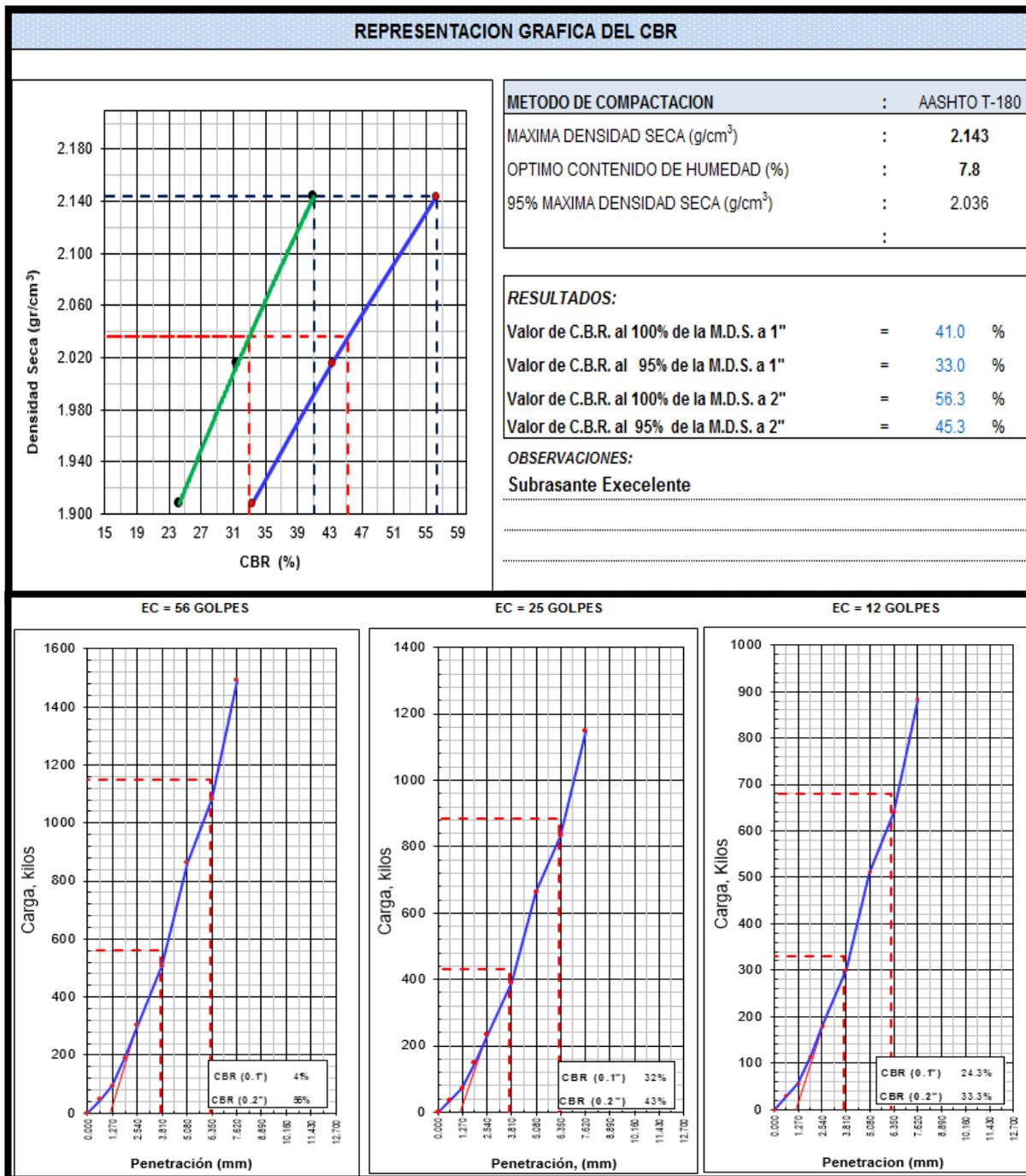


Tabla N° 27: Calculo de CBR y Penetración

CALICATA 02- M 02

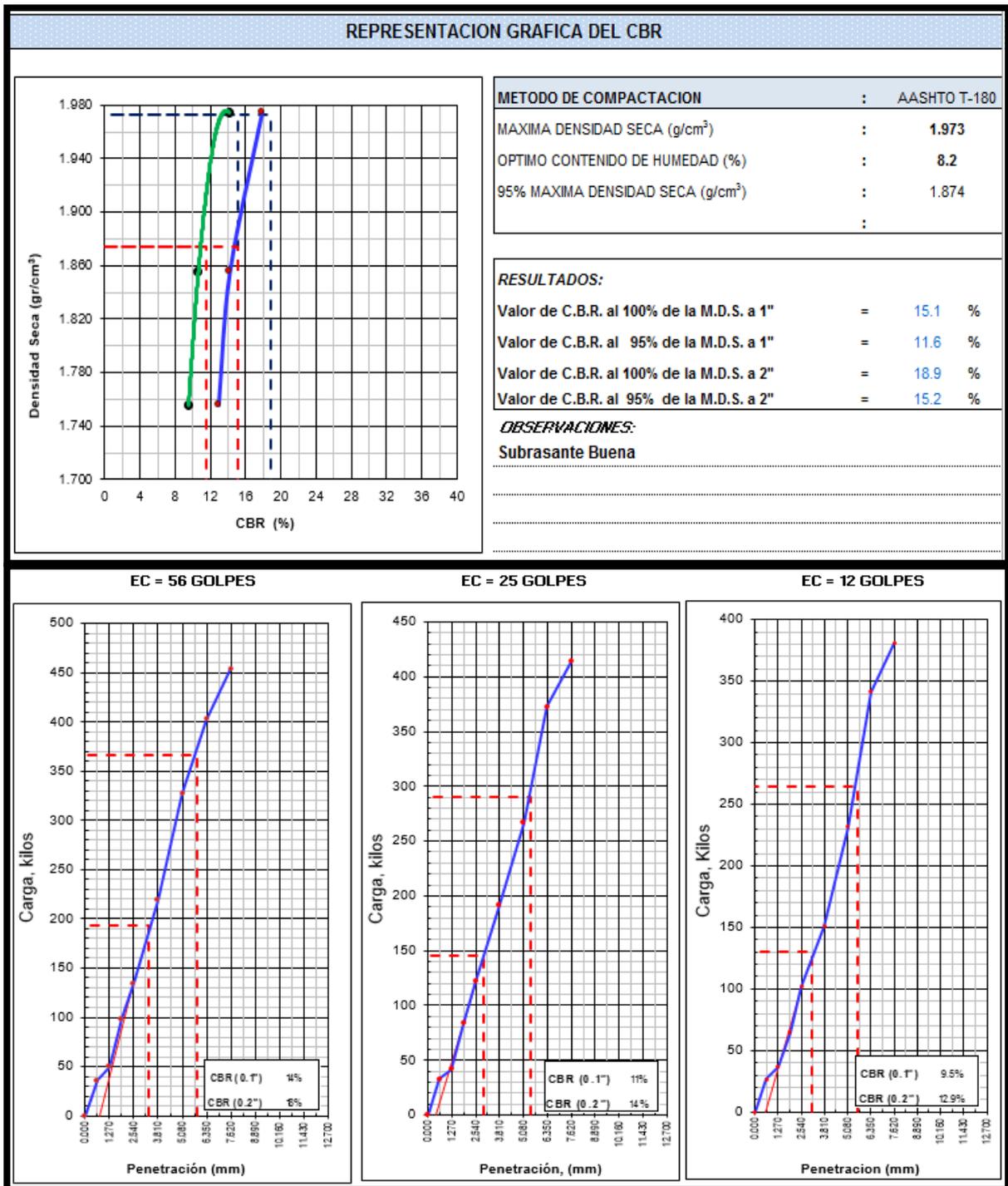
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	10				11				12						
Capas N°	5				5				5						
Golpes por capa N°	56				25				12						
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12445.0				12075.0				12100.0						
Peso de molde (g)	7910.0				7795.0				8045.0						
Peso del suelo húmedo (g)	4535.0				4280.0				4055.0						
Volumen del molde (cm³)	2123.0				2132.0				2134.0						
Densidad húmeda (g/cm³)	2.136				2.008				1.900						
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0				500.0				500.0						
Peso suelo seco + tara (g)	462.1				462.0				462.0						
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	37.9				38.0				38.0						
Peso de suelo seco (g)	462.1				462.0				462.0						
Contenido de humedad (%)	8.2				8.2				8.2						
Densidad seca (g/cm³)	1.974				1.855				1.756						
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
27/02/20	11:00:00 a.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
28/02/20	11:00:00 a.m.	24	3	0.076	0.066	3	0.076	0.066	3	0.076	0.066				
29/02/20	11:00:00 a.m.	48	3	0.076	0.066	4	0.102	0.088	4	0.102	0.088				
01/03/20	11:00:00 a.m.	72	3	0.076	0.066	4	0.102	0.088	4	0.102	0.088				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION			
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		33	36			30	33			24	27			
1.270	0.050		47	50			39	42			34	37			
1.905	0.075		96	99			81	84			62	65			
2.540	0.100	70.29	132	135	193	14.2	119	122	145	10.6	99	102	130.0	9.5	
3.810	0.150		216	219			189	192			148	151			
5.080	0.200	105.43	325	328	366	17.9	264	267	290	14.2	229	232	264.2	12.9	
6.350	0.250		400	403			370	373			339	342			
7.620	0.300		451	454			411	414			378	381			
10.160	0.400														
12.700	0.500														
OBSERVACIONES :		Anillo: 50 KN													

FUENTE: Autor


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Grafico N° 16 Representación gráfica del CBR



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 28: Calculo de CBR y Penetración

CALICATA 03- M 01

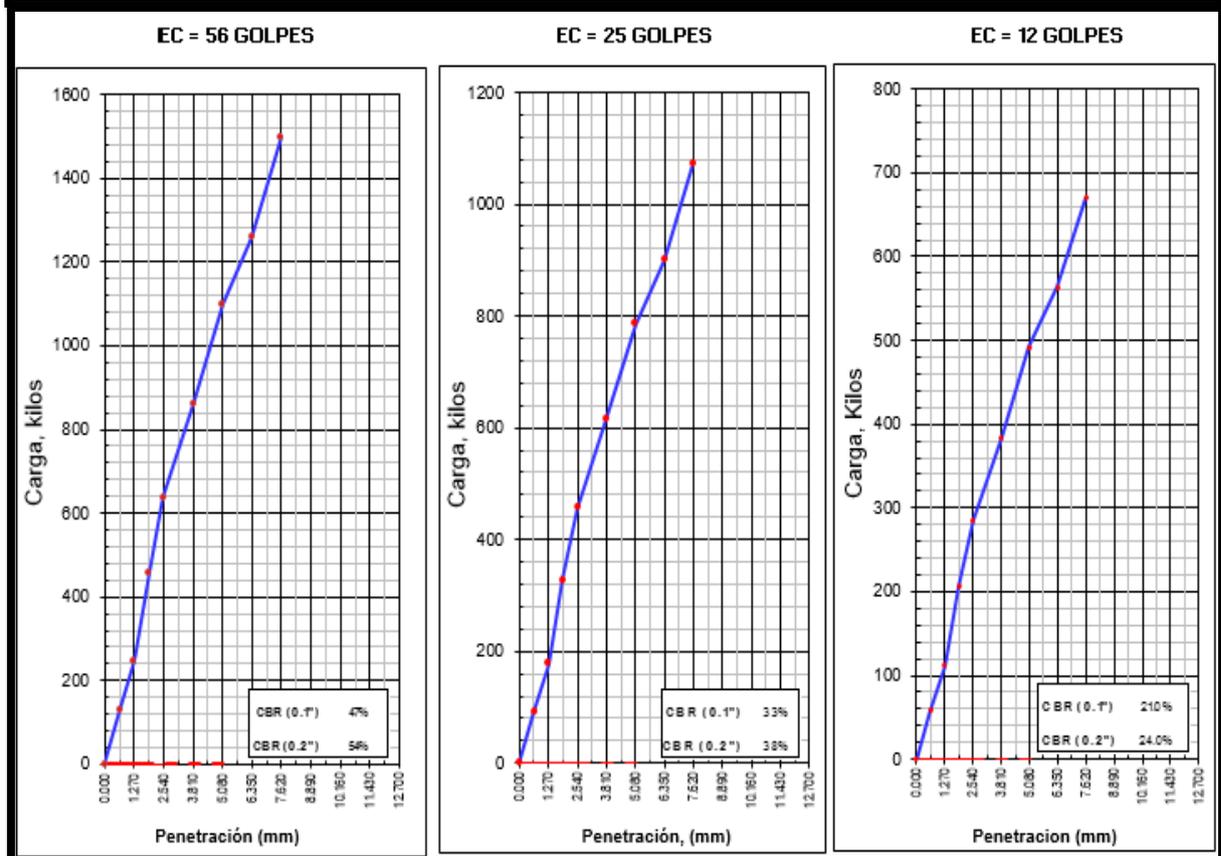
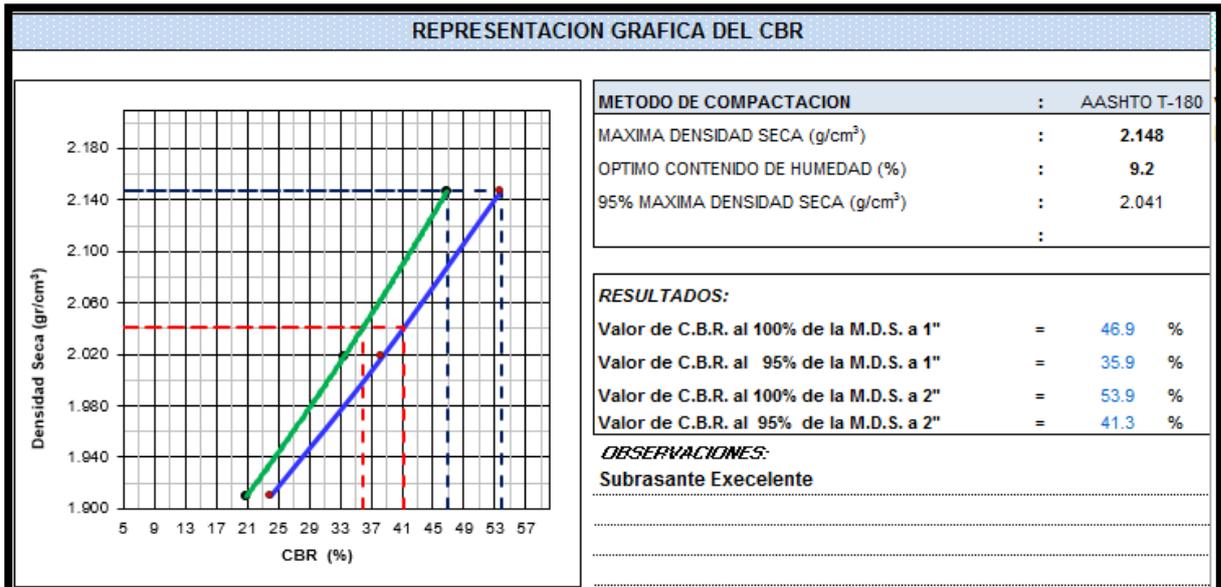
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	10				11				12					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12429.0				12448.0				12935.0					
Peso de molde (g)	7463.0				7776.0				8493.0					
Peso del suelo húmedo (g)	4966.0				4672.0				4442.0					
Volumen del molde (cm ³)	2118.0				2120.0				2130.0					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.345				2.204				2.085					
Tara (N°)														
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0				500.0				500.0					
Peso suelo seco + tara (g)	457.7				457.8				458.0					
Peso de tara (g)														
Peso de agua (g)	42.3				42.2				42.0					
Peso de suelo seco (g)	457.7				457.8				458.0					
Contenido de humedad (%)	9.2				9.2				9.2					
Densidad seca (g/cm ³)	2.146				2.018				1.910					
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
28/02/20	17:10:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
29/02/20	17:10:00 p.m.	24	6	0.152	0.133	6	0.152	0.133	7	0.178	0.155			
01/03/20	17:10:00 p.m.	48	7	0.178	0.155	8	0.203	0.177	8	0.203	0.177			
02/03/20	17:10:00 p.m.	72	8	0.203	0.177	9	0.229	0.199	10	0.254	0.221			
PENETRACION														
PENETRACION		CARGA	MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		125	128			89	92			56	58		
1.270	0.050		245	248			175	178			109	112		
1.905	0.075		456	459			326	328			204	206		
2.540	0.100	70.29	635	638	-	46.8	454	456	-	33.5	283	286	-	21.0
3.810	0.150		856	859			611	614			382	385		
5.080	0.200	105.43	1096	1099	-	53.7	783	785	-	38.4	489	492	-	24.0
6.350	0.250		1256	1259			897	900			561	563		
7.620	0.300		1496	1499			1069	1071			668	670		
10.160	0.400													
12.700	0.500													
OBSERVACIONES :		Anillo: 50 KN												

FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Gráfico N° 17 Representación gráfica del CBR



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


RODRIGO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Grafico N° 18 Representación gráfica del CBR

CALCULO DEL CBR														
Molde N°	16				17				18					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13020.0		13382.0		13095.0									
Peso de molde (g)	7850.0		8490.0		8475.0									
Peso del suelo húmedo (g)	5170.0		4892.0		4620.0									
Volumen del molde (cm³)	2117.0		2130.0		2125.0									
Densidad húmeda (g/cm³)	2.442		2.297		2.174									
Tara (N°)														
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0									
Peso suelo seco + tara (g)	456.0		456.0		456.0									
Peso de tara (g)														
Peso de agua (g)	44.0		44.0		44.0									
Peso de suelo seco (g)	456.0		456.0		456.0									
Contenido de humedad (%)	9.6		9.6		9.6									
Densidad seca (g/cm³)	2.227		2.095		1.983									
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
29/02/20	17:10:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
01/03/20	17:10:00 p.m.	24	5	0.127	0.110	6	0.152	0.133	7	0.178	0.155			
02/03/20	17:10:00 p.m.	48	6	0.152	0.133	8	0.203	0.177	8	0.203	0.177			
03/03/20	17:10:00 p.m.	72	7	0.178	0.155	9	0.229	0.199	10	0.254	0.221			
PENETRACION														
PENETRACION		CARGA STAND.	MOLDE N°		M-16		MOLDE N°		M-17		MOLDE N°		M-18	
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		125	128			96	99			57	59		
1.270	0.050		356	359			274	276			161	164		
1.905	0.075		563	566			433	436			255	257		
2.540	0.100	70.29	789	792	-	58.0	607	609	-	44.7	357	360	-	26.4
3.810	0.150		956	959			735	738			433	435		
5.080	0.200	105.43	1089	1092	-	53.4	838	840	-	41.1	493	495	-	24.2
6.350	0.250		1286	1289			989	992			582	584		
7.620	0.300		1563	1566			1202	1205			707	710		
10.160	0.400													
12.700	0.500													
OBSERVACIONES :		Anillo: 50 KN												

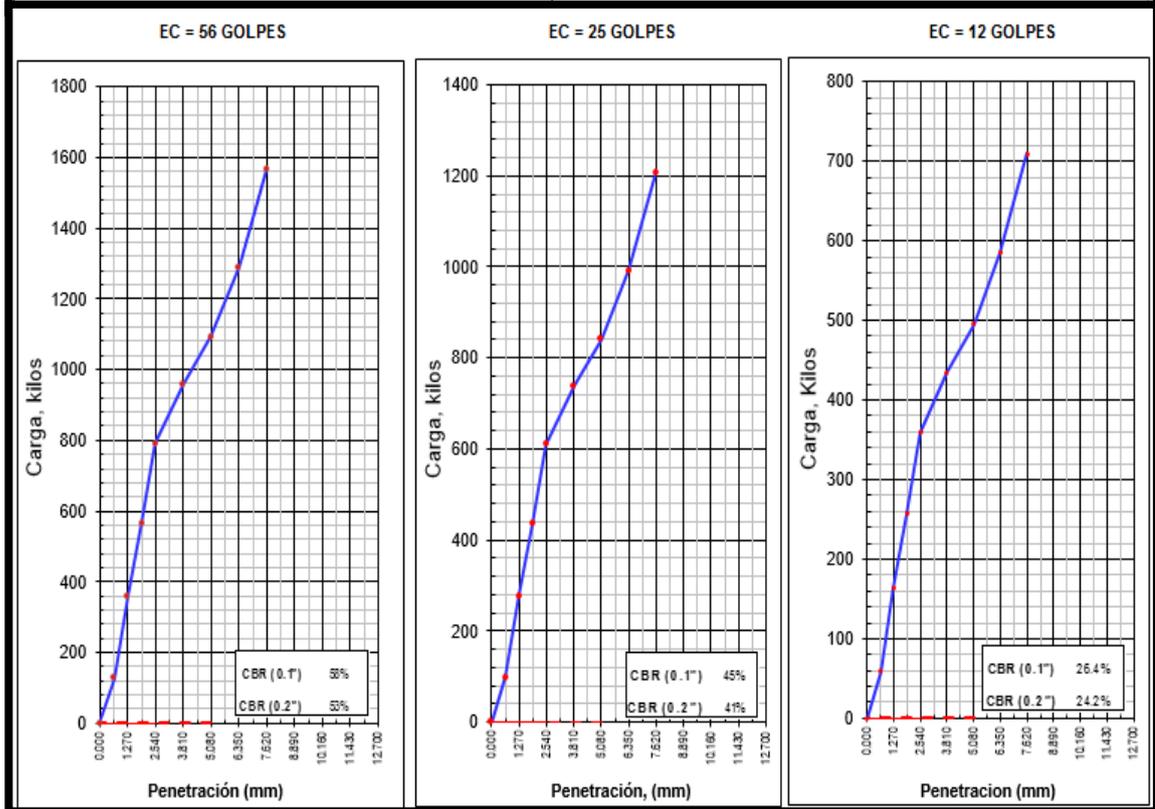
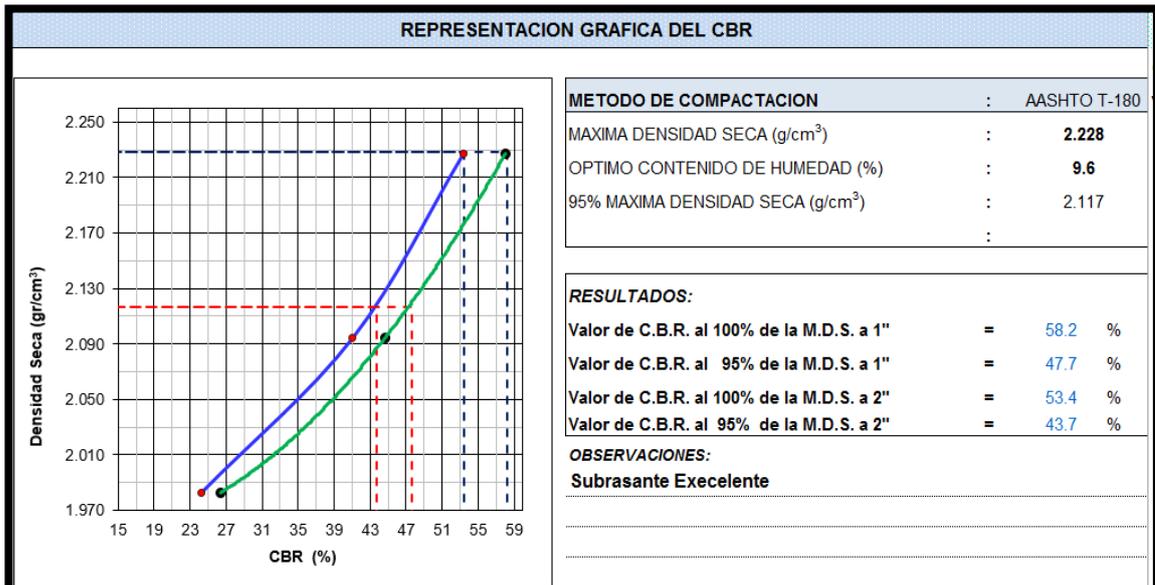
FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Tabla N° 29: Calculo de CBR y Penetración

CALICATA 04- M 01



FUENTE: Autor


Manuel Castro Gaito
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


RODRIGO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

CALICATAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Figura 1. Calicata C - 01



FUENTE: Fotografía Propia, 2020

Figura 2. Calicata C - 02



FUENTE: Fotografía Propia, 2020


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguilar
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Figura 3. Calicata C - 03



FUENTE: Fotografía Propia, 2020

Figura 4. Calicata C - 04



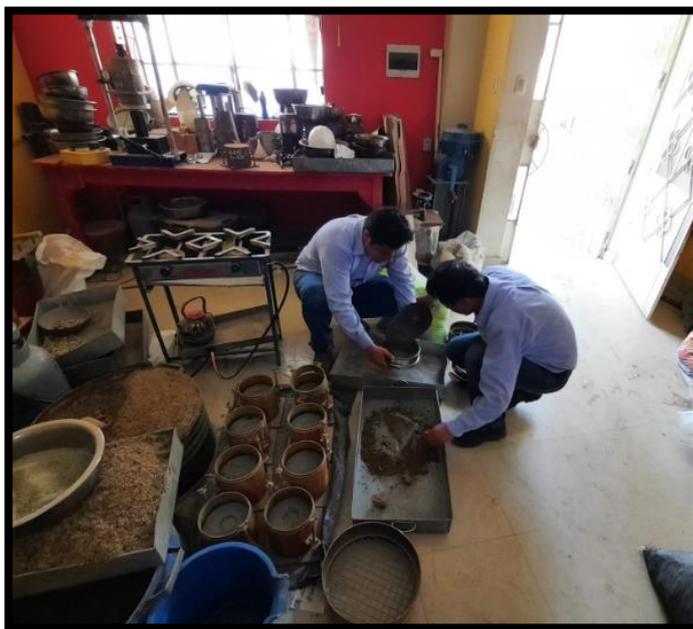
FUENTE: Fotografía Propia, 2020

Manuel Castro Gallo
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

Rodrigo Efraim Castro Aguirre
RODRIGO Efraim Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

ENSAYOS EN LABORATORIO

Figura 5. Ensayo del Análisis Granulométrico



FUENTE: Fotografía Propia, 2020

Figura 6. Ensayo del Análisis Granulométrico



FUENTE: Fotografía Propia, 2020


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodolfo Efraim Castro Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO

Figura 7. Ensayo de Proctor modificado



FUENTE: Fotografía Propia, 2020

Figura 8. Ensayo de Proctor modificado



FUENTE: Fotografía Propia, 2020


Manuel Castro Gaito
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Rodrigo Elías Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

Figura 9. **Ensayo de Proctor modificado**



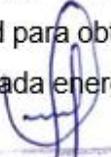
FUENTE: Fotografía Propia, 2020

Figura 10. **Ensayo de Proctor modificado**



FUENTE: Fotografía Propia, 2020

Descripción: Se realizó el ensayo de Proctor modificado que consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada energía de compactación.


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08


Roberto Castro Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

“Uso del Sistema Bitufor en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junin y Miguel Grau. Castilla –Piura. 2020”

RESUMEN SEMANAL

Formato de resumen semanal

FORMATO DE CONTEO VEHICULAR DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

TRAMO DE LAS AVENIDAS JUNIN Y MIGUEL GRAU
SENTIDO 
UBICACIÓN UTM

ESTACION
CODIGO DE ESTA E-1
TOTAL DIAS 1 SEMANA

TIPO DE VEHICULO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	Veh/día
			PICK UP	PANEL	COMBI RURAL		B2	> = B3	C2	C3	C4	T2S1/S2	T2S3	3S1/S2	> = 3S3	2T2	2T3	3T2	> = 3T3		
DÍA																					
LUNES	5707	10	126	0	9	420	110	138	10	12	5	4	4	4	0	0	0	0	0	6559	Veh/día
MARTES	5467	8	93	0	11	417	107	136	8	8	3	2	2	3	0	0	0	0	0	6265	Veh/día
MIÉRCOLES	5892	6	97	0	11	418	109	134	6	5	2	5	2	1	0	0	0	0	0	6688	Veh/día
JUEVES	5669	12	119	0	9	415	61	118	10	21	6	1	2	1	0	0	0	0	0	6444	Veh/día
VIERNES	5865	11	108	0	10	414	84	121	15	9	11	3	2	1	0	0	0	0	0	6654	Veh/día
SÁBADO	5745	13	98	0	13	416	97	140	12	11	7	4	3	3	0	0	0	0	0	6562	Veh/día
DOMINGO	5715	10	114	0	7	419	101	137	5	2	6	4	4	2	0	0	0	0	0	6526	Veh/día
PROMEDIO TOTAL	5723	10	108	0	10	417	96	132	9	10	6	3	3	2	0	0	0	0	0	6528	Veh/día

FIGURA 24: Resumen Semanal de estudio del Tráfico

Fuente: Elaboración propia, 2020

FIGURA 25: Estudio de Tráfico



FUENTE: Fotografía Propia, 2020

FIGURA 26: Estudio de Tráfico



FUENTE: Fotografía Propia, 2020

Factores de corrección promedio para vehículos ligeros													
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros								
P044	Pacangulla	0.851242	0.862755	1.057221	1.033148	1.056467	1.937523	0.780755	0.848857	1.131036	1.130123	1.125136	0.738515
P045	Pacra	1.195387	1.105333	1.032086	0.764510	1.125900	1.055528	0.815323	0.888586	1.055156	1.025252	1.005752	0.855726
P045	Paita	0.777519	0.745215	0.855538	1.035847	1.152548	1.145220	1.350630	1.055174	1.025745	1.951447	1.078153	0.681582
P046	Pampa Cuéllar	1.048866	0.841550	1.121316	1.130821	1.155473	1.203319	0.856152	0.640557	1.051413	1.022862	1.038533	0.814574
P047	Pampa Galera	1.048448	1.105322	1.178205	1.141797	0.853546	1.044146	0.857577	0.720551	1.028686	1.005844	1.030803	0.826153
P048	Patahuasi	1.154510	0.845456	1.157517	1.081543	1.127266	1.125604	0.824764	0.656332	0.878005	0.852423	1.005250	0.852557
P050	Pedro Ruiz	0.883233	1.028586	1.070255	1.208500	1.914534	1.036855	0.824736	0.813535	0.872338	1.027572	1.004962	0.886258
P051	Piura Sullana	0.820507	0.817576	1.012711	1.056426	1.068267	1.051401	0.885521	0.884501	1.034053	1.072869	1.055454	0.838176
P052	Pomalca	0.658321	0.648243	0.672782	0.731371	0.675013	1.014456	1.683675	0.864846	0.881257	1.016339	1.051815	0.887736
P053	Pomahuanca	0.805347	1.043075	1.070240									
P054	Pozo Redondo	0.817517	0.773502	0.878650	1.056257	1.050675	1.181263	1.045154	1.000633	1.934157	1.047354	1.035105	0.747553
P055	Pucará	0.828553	0.857812	1.071864	1.957848	1.107225	1.050792	0.823353	0.808773	1.035513	1.061226	1.030331	0.836510
P055	Punta Perdida	1.015504	0.641868	1.141725	1.231280	1.205355	1.180718	0.775867	0.586166	1.157515	1.961261	1.273563	1.123780
P056	Quiulla	1.054713	1.075522	1.084766	0.822155	1.006061	1.050703	0.756848	0.857452	1.045762	1.057367	1.023753	0.830233
P057	Ramiro Prialé	0.883352	0.887255	1.018428	1.027051	1.032355	1.018511	0.855688	0.841860	1.024389	0.885088	1.015826	0.855203
P058	Rumichaca	1.313436	1.023645	0.885051	0.725656	1.187625	1.173165	0.754557	0.851511	1.214331	1.027514	1.075988	1.046317
P050	Santa Lucía	1.255373	0.848882	1.283140	1.238850	1.301653	1.047458	1.083056	0.740058	1.155748	1.130061	1.155656	0.748805
P051	Saylla	1.012254	0.852562	1.054325	1.282215	1.168576	1.161794	1.045055	0.868367	0.831469	1.055568	1.056439	0.876858
P052	Serpentín de Pasamayo	1.085453	1.006769	1.022544	1.013534	0.887524	0.883743	0.874705	1.036533	1.070016	0.785229	0.775667	0.752553
P053	Sicuyani	0.861416	0.657586	1.057523	1.101386	1.228668	1.310309	1.031480	0.573272	1.374181	1.018704	1.108819	0.867556
P054	Simbila												
P055	Socos	1.207646	1.058142	0.888458	0.766132	1.065258	1.054171	0.862343	0.855072	1.033339	0.885456	1.007089	0.886556
P055	Tambo Grande	0.773855	0.838727	1.044582	1.108462	1.137507	1.072709	1.083551	1.052226	1.064463	0.853255	0.851313	0.728541
P056	Tomasiri	1.040521	1.044315	1.074451	1.063645	1.054562	1.061234	1.333245	0.856205	0.755523	1.033458	1.027557	0.744004
P057	Tunan	1.097563	1.050771	1.970808	0.855025	1.075856	1.036544	0.716606	0.767405	0.858555	0.826643	1.001506	0.770657

FIGURA 27: Factores de Corrección Promedio para Vehículos Ligeros (2015-2018).

Fuente: Unidad de Peaje PVN

Factores de corrección promedio para vehículos pesados													
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados								
P043	Nazca	0.855152	1.073261	1.955873	1.087632	1.134758	1.145323	1.075818	1.031862	1.084247	1.057272	1.052412	0.869318
P044	Pacangulla	0.848187	0.853264	1.017621	1.337846	1.163085	1.018705	0.883534	0.853581	1.026555	1.055321	1.032558	0.824684
P045	Pacra	1.107314	1.058630	1.055326	0.847125	0.880653	0.858126	0.857425	0.870277	1.021856	1.005330	1.031313	0.865277
P045	Paita	1.017851	0.852373	0.842829	1.041041	1.032165	1.027716	1.368025	1.026757	0.885470	1.017655	0.880450	0.804739
P046	Pampa Cuéllar	1.102566	1.065218	1.070276	1.062255	1.017125	1.102320	0.855436	0.814355	1.024142	0.888108	0.853105	0.775157
P047	Pampa Galera	1.946270	1.104355	1.130416	1.067063	0.845783	1.034642	1.056503	0.815682	0.853532	0.843777	0.835527	0.841809
P048	Patahuasi	1.078206	1.044618	1.058185	1.025286	1.052159	1.075017	1.025630	0.815006	0.861306	0.825516	0.841858	0.845831
P050	Pedro Ruiz	1.003520	0.854425	1.013587	3.560367	1.043144	1.104885	0.855515	0.844312	0.877368	1.016231	0.876061	1.135802
P051	Piura Sullana	0.861807	0.845586	1.016566	1.050155	1.041476	0.887585	0.881556	1.005043	1.028625	1.065476	1.046779	0.851201
P052	Pomalca	1.027577	0.874581	0.815422	0.810452	0.765066	0.753532	1.121234	1.164516	1.012305	0.888711	1.058287	1.055831
P053	Pomahuanca	0.888518	1.010102	1.012354									
P054	Pozo Redondo	0.855083	0.858271	1.000801	1.016454	0.883528	1.123367	1.025023	0.878456	1.048855	1.021358	1.014444	0.835075
P055	Pucará	1.056441	1.056853	1.105125	1.051318	1.055737	1.004506	0.851359	0.845104	0.862557	1.003379	0.860047	0.858373
P055	Punta Perdida	1.123165	0.864032	1.104966	1.902407	1.054506	1.150030	0.812521	0.724555	0.888357	0.885327	1.035552	1.008684
P056	Quiulla	1.084519	1.027658	0.884627	0.787357	0.832131	0.870759	0.858639	1.090225	1.032485	1.041646	1.037144	1.035301
P057	Ramiro Prialé	1.282422	0.838355	0.806584	1.075815	1.034056	0.863858	1.025606	0.835233	0.861644	0.806857	0.886529	1.054581
P058	Rumichaca	1.152653	1.022616	1.033286	0.841086	0.873542	0.834385	0.817474	0.846620	1.154656	0.880122	1.044164	1.052339
P050	Santa Lucía	1.078247	1.031526	1.081316	1.086822	1.937554	0.876468	1.048059	0.823007	0.877300	0.868585	0.851237	0.787761
P051	Saylla	1.033154	1.002257	1.047226	1.186008	1.076123	1.075805	1.025809	0.856958	0.858564	0.885549	0.858322	0.813588
P052	Serpentín de Pasamayo	0.874558	1.000578	1.044362	1.053522	1.045067	1.025585	1.012132	1.010359	1.030665	0.874864	0.865315	0.810731
P053	Sicuyani	1.052571	0.860622	1.035538	1.034057	1.038174	1.268371	1.025515	0.784571	1.453515	0.870154	0.845167	0.805258
P054	Simbila												
P055	Socos	1.145400	1.016058	1.018556	0.837151	0.870488	0.850568	0.871600	0.865786	1.035106	1.019555	1.053364	1.020165
P055	Tambo Grande	0.588276	0.683819	1.016165	1.335657	1.247751	1.958554	1.185284	1.225045	1.254409	1.058326	1.005575	0.628273
P056	Tomasiri	1.027448	0.884736	1.007505	1.026826	1.032552	1.081464	1.367336	0.871479	0.827531	1.005655	1.004334	0.767160

FIGURA 28: Factores de Corrección Promedio para Vehículos Pesados (2015-2018).

Fuente: Unidad de Peaje PVN

Fig. Vehic	Gráfica	PESO POR EJES (T _a)	SO EJE (CT. CAMIÓN)	CT. CAMIÓN TOT.		
P (AUTOS)		Eje Delantero	1	2204.6	0.0002905	0.000580968
		2°	1	2204.6	0.0002905	
AC (CAMI ONETA)		Eje Delantero	1.6	3527.4	0.0014425	0.025087629
		2°	3.3	7275.2	0.0236451	
C2		Eje Delantero	7	15432	0.540669	3.6959690
		2°	11	24251	3.1553	
C3		Eje Delantero	7	15432	0.540669	2.5604010
		2°	18	39683	2.019732	
C4		Eje Delantero	7	15432	0.540669	1.8312490
		2°	23	50706	1.29058	
8x4		Eje Delantero	14	30864	0.740118	2.7598500
		2°	18	39683	2.019732	
T2S1		Eje Delantero	7	15432	0.540669	6.8512690
		2°	11	24251	3.1553	
		3°	11	24251	3.1553	
T2S2		Eje Delantero	7	15432	0.540669	5.715701
		2°	11	24251	3.1553	
		3°	18	39683	2.019732	
T2Se2		Eje Delantero	7	15432	0.540669	10.006569
		2°	11	24251	3.1553	
		3°	11	24251	3.1553	
		4°	11	24251	3.1553	
T2S3		Eje Delantero	7	15432	0.540669	5.490919
		2°	11	24251	3.1553	
		3°	25	55115	1.79495	
T2Se3		Eje Delantero	7	15432	0.540669	8.871001
		2°	11	24251	3.1553	
		3°	11	24251	3.1553	
		4°	18	39683	2.019732	

FIGURA 29: Ejes Equivalentes, Pesos y Medidas Máximas Permitidas de Vehículos.

Fuente: Elaboración propia, 2020

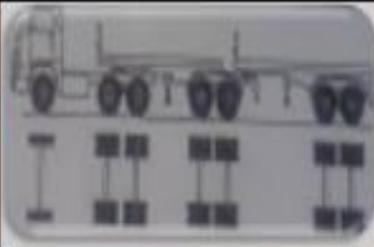
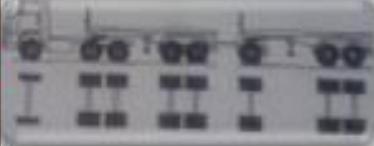
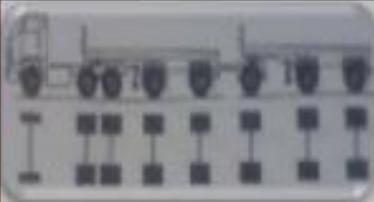
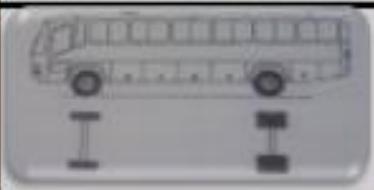
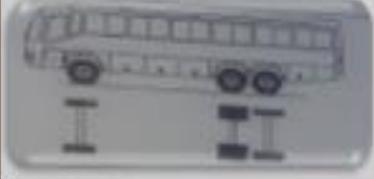
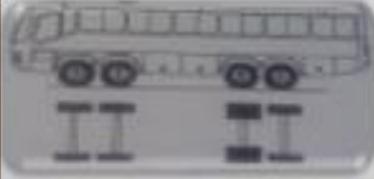
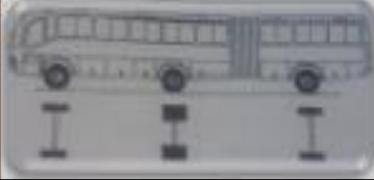
T3S2 S2		Eje Delantero	7	15432	0.540669	6.599865
		2°	18	39643	2.019732	
		3°	18	39643	2.019732	
		4°	18	39643	2.019732	
3Se2 Se		Eje Delantero	7	15432	0.540669	15.181601
		2°	18	39643	2.019732	
		3°	11	24251	3.1553	
		4°	11	24251	3.1553	
		5°	11	24251	3.1553	
3S2 S1S		Eje Delantero	7	15432	0.540669	9.755165
		2°	18	39643	2.019732	
		3°	18	39643	2.019732	
		4°	11	24251	3.1553	
Se2 S1S		Eje Delantero	7	15432	0.540669	18.336901
		2°	18	39643	2.019732	
		3°	11	24251	3.1553	
		4°	11	24251	3.1553	
		5°	11	24251	3.1553	
		6°	11	24251	3.1553	
		7°	11	24251	3.1553	
B2		Eje Delantero	7	15432	0.540669	3.695969
		2°	11	24251	3.1553	
B3-1		Eje Delantero	7	15432	0.540669	1.811709
		2°	16	35274	1.27104	
B4-1		Eje Delantero	14	30864	0.740118	2.011158
		2°	16	35274	1.27104	
BA-1		Eje Delantero	7	15432	0.540669	4.236638
		2°	11	24251	3.1553	
		3°	7	15432	0.540669	

FIGURA 30: Ejes Equivalentes, Pesos y Medidas Máximas Permitidas de Vehículos.

Fuente: Elaboración propia, 2020

TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA POBLACION CENSADA, SEGUN DEPARTAMENTO, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 Y 2017						
Departamento	Tasa de Crecimiento Promedio Anual (%)					
	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Total	2.2	2.9	2.5	2.2	1.5	0.7
Amazonas	2.9	4.6	3.0	2.4	0.8	0.1
Ancash I/	1.5	2.0	1.4	1.2	0.8	0.2
Apurímac	0.5	0.6	0.5	1.4	0.4	0.0
Arequipa	1.9	2.9	3.2	2.2	1.6	1.8
Ayacucho	0.6	1.0	1.1	-0.2	1.5	0.1
Cajamarca I/	2.0	1.9	1.2	1.7	0.7	-0.3
Cusco	1.1	1.4	1.7	1.8	0.9	0.3
Huancavelica	1.0	0.8	0.5	0.9	1.2	-2.7
Huánuco I/	1.6	2.1	1.6	2.7	1.1	-0.6
La Libertad I/	2.0	2.8	2.5	2.2	1.7	1.0
Lambayeque	2.8	3.8	3.0	2.6	1.3	0.7
Lima	4.4	5.0	3.5	2.5	2.0	1.2
Loreto I/	2.8	2.9	2.8	3.0	1.8	-0.1
Madre de Dios	5.4	3.3	4.9	6.1	3.5	2.6
Moquegua	2.0	3.4	3.5	2.0	1.6	0.8
Pasco I/	2.0	2.3	2.0	0.5	1.5	-1.0
Piura	2.4	2.3	3.1	1.8	1.3	1.0
Puno	1.1	1.1	1.5	1.6	1.1	-0.8
San Martín	2.6	3.0	4.0	4.7	2.0	1.1

FIGURA 31: Tasa de Crecimiento Anual de la Población por Departamento del Perú.
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática - INEI

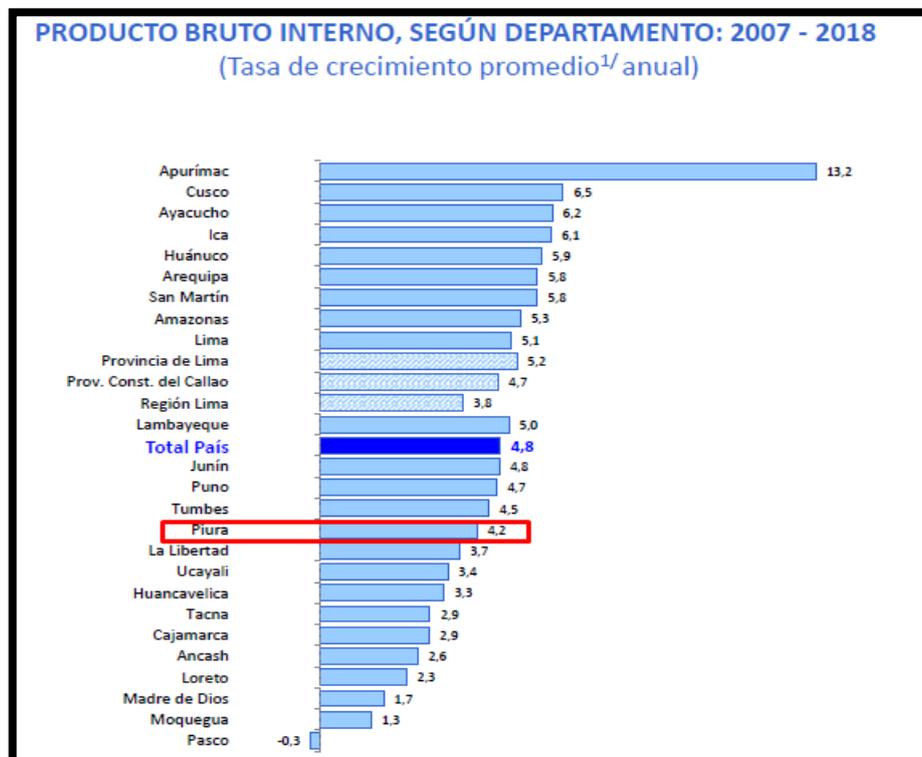


FIGURA 32: Tasa de Crecimiento Anual del Producto Bruto Interno por Región del Perú.
Fuente: Producto Bruto Interno (PBI).

Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño					
Número de calzadas	Número 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 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

FIGURA 33: Factores de Distribución y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

Espeso de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psc PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (pai)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.30	1.80	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota:

- EE = Ejes Equivalentes
- Presión de inflado del neumático (Pin): esta referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Presión de Contacto del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículos pesado.
- Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el factor de ajuste igual al espesor de 50 mm.

Fuente: Elaboración propia, en base a correlaciones con la figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manual MS-1 del Instituto de Asfalto

FIGURA 34: Factor de ajuste por presión de neumático.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño Para Pavimentos Flexibles, Semi-rígidos y Rígidos

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T _{P0}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
T _{P15}	> 30'000,000 EE

FIGURA 35: Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 T, en el carril del diseño.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

ANEXO 03.4. DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	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	12'500,000	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%

FIGURA 36: Valores recomendados de nivel de confiabilidad según rango de tráfico.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
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	12,500,000	-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

FIGURA 37: Coeficientes estadísticos de la desviación estándar normal.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	1.80
	TP2	300,001	500,000	1.80
	TP3	500,001	750,000	1.80
	TP4	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001	10,000,000	1.50
	TP10	10,000,001	12,500,000	1.50
	TP11	12,500,001	15,000,000	1.50
	TP12	15,000,001	20,000,000	1.20
	TP13	20,000,001	25,000,000	1.20
	TP14	25,000,001	30,000,000	1.20
	TP15		> 30,000,000	1.20

FIGURA 38: Diferencial de Serviabilidad (Δ PSI).

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

FIGURA 39: Cálculo del SN con la ecuación AASHTO 93.

Fuente: Elaboración propia, 2020

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 10'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico

FIGURA 40: Coeficientes estructurales de las capas del Pavimento.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

COMPONENTE DE LA SUB-BASE	COEFICIENTE ESTRUCTURA $L(a_3)$	OBSERVACIÓN
Sub-Base granular 40% CBR compactada al 100% de la MDS	0.470	Capa de base recomendada para tráfico menor a 15'000,000 EE
Sub-Base granular 60% CBR compactada al 100% de la MDS	0.050	Capa de base recomendada para tráfico mayor a 15'000,000 EE

FIGURA 41: Coeficiente estructural la sub base.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

FIGURA 42: Calidad del Drenaje.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 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 pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

FIGURA 43: Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje.

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, geología, geotécnica y pavimentos" – RD N°10 2014-MTC/14.

**DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE
METODO AASHTO 1993**

PROYECTO : "Uso del Sistema Bitufor en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín Miguel Grau, Castilla –Plura, 2020"

DISEÑO : Pavimento Flexible **FECHA :** martes, 9 de Junio de 2020

1. REQUISITOS DEL DISEÑO

- a) Período de diseño en años (t): 20
- b) Numero de Ejes Equivalentes: (W18) 3,655,696.63
- c) Índice de confiabilidad (R%): 85%
- d) Desviación estándar normal (ZR): -1.036
- e) Desviación estandar combinado (So): 0.45
- f) Índice de servicialidad inicial (PI): 4.0
- g) Índice de servicialidad final (Pt): 2.5
- h) Variación de servicialidad (ΔPSI): 1.5

2. PROPIEDADES DE MATERIALES

- a) CBR de la Sub Rasante (%): 40.14 %
- b) Modulo de Resiliencia (Mr = (4326 * ln(CBR)+241.1)): 16,213.87 psi
- c) Modulo de Resiliencia de la Sub Base Granular (Mr): 16,213.87 psi 40% (AASHTO: II-20, H-5)
- d) Modulo de Resiliencia de la Base Granular (Mr): 32,427.73 psi 80% (AASHTO: II-20, H-5)
- e) Modulo de Resiliencia de la capa recubrimiento (Mr): 430000 psi MTC

3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Varlar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.6} \right) + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

$$0.40 = 1.036 \times (SN+1)^{5.19}$$



SN Requerido	G ₁	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
3.14	-0.25527	6.563	6.571

4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

- Concreto Asfáltico Convencional (a1): 0.17
- Base Granular (Datos establecido por NORMA DEL MTC) = (a2) : 0.052
- Sub-Base (Datos establecido por NORMA DEL MTC) = (a3): 0.47

b COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA: (>25%)

- Base granular (m2) 0.80
- Subbase (m3) 0.80

5. ESPESORES (D1, D2 Y D3)

	CM	PULGADAS
D1 =	10	4
D2 =	20	8

DESPEJANDO D₃

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

$$D_3 = \frac{SN - a_1 D_1 - a_2 m_2 D_2}{a_3 m_3} = \frac{3.14 - 0.17(10) - 0.052(8)}{0.47(0.80)} = 14 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

6. CALCULO DE ESPESORES DE CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO: (AASHTO: II-35)

El Número Estructural se calculará con la ecuación de diseño presentada por la AASHTO-93 se interrelacionan con los espesores de capa y drenaje según la expresión:

ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	CARPETA D1(cm)	BASE D2(cm)	SUB BASE D3(cm)	SN resul > SN req
1	3.14	3.22	10	20	15	OK



FIGURA 44: Diseño del Pavimento Flexible.

Fuente: Elaboración propia, 2020

ANEXO 03.5. COMPARACIÓN DE COSTOS.

Análisis de precios unitarios								
Presupuesto	0202009	"AVENIDAS JUNIN Y MIGUEL GRAU - TESIS"					Fecha presupuesto	07/05/2020
Subpresupuesto	001	"AVENIDAS JUNIN Y MIGUEL GRAU - TESIS"						
Partida	01.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.15 m						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2			18.96	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0200	16.62	0.33		
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0200	14.91	0.30		
						0.63		
Materiales								
0207080001	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE	m3		0.1600	63.00	10.08		
						10.08		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.63	0.02		
0301100009	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 TON	hm	1.0000	0.0200	160.00	3.20		
0301200002	MOTONIVELADORA DE 130-135 HP	hm	1.0000	0.0200	180.00	3.60		
03012200050004	CAMION CISTERNA (2500 GLNS)	hm	0.7500	0.0150	95.00	1.43		
						8.25		

FIGURA 45: Análisis de precios unitarios de la Sub Base.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Partida	01.02	BASE GRANULAR e= 0.20 m					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 600.0000	EQ. 600.0000	Costo unitario directo por : m2			19.54
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0133	16.62	0.22	
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0400	14.91	0.60	
						0.82	
Materiales							
0207080002	MATERIAL GRANULAR PARA BASE	m3		0.2100	63.00	13.23	
						13.23	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.82	0.02	
0301100009	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 TON	hm	1.0000	0.0133	160.00	2.13	
0301200002	MOTONIVELADORA DE 130-135 HP	hm	1.0000	0.0133	180.00	2.39	
03012200050004	CAMION CISTERNA (2500 GLNS)	hm	0.7500	0.0100	95.00	0.95	
						5.49	

FIGURA 46: Análisis de precios unitarios de la Base.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Partida	01.03		IMPRIMACION ASFALTICA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 3,000.0000	EQ. 3,000.0000	Costo unitario directo por : m2			5.79
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0027	22.50	0.06
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0080	14.91	0.12
							0.18
	Materiales						
02010500010002	LIQUIDO ASFALTICO MC-30		gal		0.3300	14.83	4.89
							4.89
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.18	0.01
0301100010	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP		hm	1.0000	0.0027	80.00	0.22
0301220012	CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2178 - 210 HP 1800 GAL		hm	1.0000	0.0027	180.00	0.49
							0.72

FIGURA 47: Análisis de precios unitarios de Imprimación Asfáltica.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Partida	01.04		CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 10 CM				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por : m2			56.66
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0067	22.50	0.15
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0133	16.62	0.22
0101010005	PEON		hh	8.0000	0.0533	14.91	0.79
							1.16
	Materiales						
0201050003	MEZCLA ASFALTICA.		m3		0.1250	420.00	52.50
							52.50
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.16	0.06
0301100011	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127 HP 8-23 TON		hm	0.8000	0.0053	150.00	0.80
0301100012	RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70 HP 8-10 TON		hm	0.8000	0.0053	150.00	0.80
0301290005	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'		hm	1.0000	0.0067	200.00	1.34
							3.00

FIGURA 48: Análisis de precios unitarios de la Carpeta Asfáltica en Caliente de 10 cm.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Partida	02.03		SLURRY SEAL e= 0.01 m			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2		2.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0032	22.50	0.07
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0064	16.62	0.11
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0096	14.91	0.14
						0.32
Materiales						
02010500010003	EMUSION ASFALTICA	gal		0.0065	14.83	0.10
						0.10
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.32	0.01
0301100010	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	1.0000	0.0032	80.00	0.26
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0032	282.00	0.90
03012200040002	CAMION PAVIMENTADOR DE MICRO-PAVIMENTOS	hm	1.0000	0.0032	136.00	0.44
						1.61

FIGURA 49: Análisis de precios unitarios de Slurry Seal.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Partida	02.04		COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 110.0000	EQ. 110.0000	Costo unitario directo por : m2		18.20
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0727	22.50	1.64
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0727	16.62	1.21
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1455	14.91	2.17
						5.02
Materiales						
0218030001	GRAPAS METALICAS	kg		0.0050	5.00	0.03
0218030002	MALLA DE REFUERZO MESH TRACK	m2		1.0000	13.00	13.00
						13.03
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.02	0.15
						0.15

FIGURA 50: Análisis de precios unitarios de Colocación de Malla de Acero de Refuerzo.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Partida	03.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 8 CM					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000		Costo unitario directo por : m2		30.20
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0067	22.50	0.15
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0133	16.62	0.22
0101010005	PEON		hh	8.0000	0.0533	14.91	0.79
							1.16
	Materiales						
0201050003	MEZCLA ASFALTICA.		m3		0.0620	420.00	26.04
							26.04
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.16	0.06
0301100011	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127 HP 8-23 TON		hm	0.8000	0.0053	150.00	0.80
0301100012	RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70 HP 8-10 TON		hm	0.8000	0.0053	150.00	0.80
0301290005	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'		hm	1.0000	0.0067	200.00	1.34
							3.00

FIGURA 51: Análisis de precios unitarios de la Carpeta Asfáltica en Caliente de 8 cm.

Fuente: Elaboración propia, 2020