



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Evaluación estructural del pavimento del óvalo intersección
autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria,
Juliaca, Puno, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTORA:

Aliaga Humpiri, Shiomara Celeste (ORCID: 0000-0002-4367-0413)

ASESOR:

Mg. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan (ORCID: 0000-0002-2026-0411)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial
LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios, por ser mi fortaleza e iluminar mi mente en los momentos de confusión. A mis queridos padres, Hermenegilda y Jorge; que siempre confiaron en mi capacidad y nunca dudaron de mis habilidades mostrando su apoyo incondicional.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi Asesor de tesis Mgtr. Luis Alfonso Juan Barrantes Mann, por su tiempo y gran conocimiento en la elaboración de esta tesis.

También, agradecer a Denis y Joel por todo el apoyo brindado en este largo camino; y un agradecimiento muy especial a la persona que jamás me dejó sola, me dio los mejores consejos, siendo un ejemplo de persona y gran fortaleza, mi gran amiga, Mimi.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	ix
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Tipo y diseño de la investigación	18
3.2 Variables y operacionalización	18
3.3 Población y muestra	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.4.1 Técnicas.....	19
3.4.2 Instrumentos	19
3.5 Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7 Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	23

4.1 DEFLECTOMETRÍA DEL PAVIMENTO EN EL ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MÁRTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA.....	23
4.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA SUB BASE DEL ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MÁRTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA	34
4.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	34
4.2.2 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.....	38
4.2.3 LÍMITES DE CONSISTENCIA	40
4.2.4 ENSAYO DE CBR.....	41
4.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA BASE DEL ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MÁRTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA.....	46
4.3.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	46
4.3.2 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.....	50
4.3.3 LÍMITES DE CONSISTENCIA	52
4.3.4 ENSAYO DE CBR.....	54
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES	65
VII. RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	73

Índice de tablas

TABLA 1: Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura	11
TABLA 2: Características del pavimento de acuerdo al cuenco de deflexiones	11
TABLA 3: Valor relativo del CBR	13
TABLA 4: Requerimientos de ensayos especiales para sub base granular	13
TABLA 5: Requerimientos granulométricos para base y sub base granular	15
TABLA 6: Características del índice de plasticidad	17
TABLA 7: Requerimientos agregado fino	17
TABLA 8: Matriz de operacionalización de variable	18
TABLA 9: Análisis de la deflexión máxima y el radio de curvatura en el eje de la vía de la entrada a la ciudad universitaria	25
TABLA 10: Resumen de deflexión máxima y radio de curvatura del eje de la vía de la entrada a la ciudad universitaria	26
TABLA 11: Análisis deflectométrico del lado izquierdo de la vía de la entrada a la ciudad universitaria	28
TABLA 12: Resumen de deflexión máxima y radio de curvatura del lado izquierdo de la vía de la entrada a la ciudad universitaria	29
TABLA 13: Análisis deflectométrico del lado derecho de la vía de la entrada a la ciudad universitaria	31
TABLA 14: Resumen de deflexión máxima y radio de curvatura del lado izquierdo de la vía de la entrada a la ciudad universitaria	32

TABLA 15. Comparación de parámetros.....	34
TABLA 16: Análisis granulométrico por tamizado - sub base - muestra 01	35
TABLA 17: Análisis granulométrico por tamizado - sub base - muestra 02	36
TABLA 18: Análisis granulométrico por tamizado - sub base - muestra 03	37
TABLA 19: Ensayo de proctor modificado: sub base - muestra 01	38
TABLA 20: Ensayo de Próctor modificado: sub base - muestra 02.....	39
TABLA 21: Sub base del pavimento - ensayo de contenido de humedad, índice plástico, limite plástico y límite líquido	40
TABLA 22: Requerimientos del índice plástico de la sub base del pavimento .	40
TABLA 23: Ensayo de CBR: sub base - muestra 01	41
TABLA 24. Ensayo de CBR: sub base - muestra 02	44
TABLA 25. Análisis granulométrico por tamizado - base - muestra 01	47
TABLA 26. Análisis granulométrico por tamizado - base - muestra 02	48
TABLA 27. Análisis granulométrico por tamizado - base - muestra 03	49
TABLA 28. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 01	50
TABLA 29. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 02	51
TABLA 30. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 03	52
TABLA 31. Base del pavimento - ensayo de contenido de humedad, índice plástico, limite plástico y límite líquido	53
TABLA 32: Requerimientos del índice plástico de la base del pavimento	53
TABLA 33. Ensayo de CBR: base - muestra 01	54

TABLA 34. Ensayo de CBR: base - muestra 02	56
TABLA 35. Ensayo de CBR: base - muestra 03	59
TABLA 36: Interpretación de los resultados de la deflectometría del tramo en estudio - Sub rasante	62
TABLA 37: Interpretación de los resultados del radio de curvatura del tramo en estudio - Pavimento	62

Índice de figuras

Figura 1. Estructura Típica de un Pavimento Flexible	5
Figura 2. Estructura Típica de un Pavimento Rígido	6
Figura 3. Partes de la Viga Benkelman	8
Figura 4. Diagrama de flujo de la evaluación estructural del pavimento flexible	20
Figura 5. Ensayos para la evaluación estructural del pavimento rígido	21
Figura 6. Proceso del análisis de datos.....	21
Figura 7. Ubicación de la zona de Estudio.....	23
Figura 8: Análisis deflectométrico del eje de la vía de la entrada a la ciudad universitaria.....	26
Figura 9: Porcentaje de la deflexión máxima que nos da la condición de la sub rasante del eje de la vía	27
Figura 10: Porcentaje del radio de curvatura que nos da la condición del pavimento del eje de la vía.....	27
Figura 11. Análisis deflectométrico del lado izquierdo de la vía de la entrada a la ciudad universitaria	29
Figura 12: Porcentaje de la deflexión máxima que nos da la condición de la sub rasante del lado izquierdo de la via	30
Figura 13 Porcentaje del radio de curvatura que nos da la condición del pavimento del lado izquierdo de la via	30
Figura 14. Análisis deflectométrico del eje de lado derecho de la entrada a la ciudad universitaria	32

Figura 15 Porcentaje de la deflexión máxima que nos da la condición de la sub rasante del lado derecho de la vía.....	33
Figura 16: porcentaje del radio de curvatura que nos da la condición del pavimento del lado derecho de la vía	33
Figura 17. Análisis granulométrico por tamizado – sub base - muestra 01	35
Figura 18. Análisis granulométrico por tamizado – sub base - muestra 02	36
Figura 19. Análisis granulométrico por tamizado – sub base - muestra 03	37
Figura 20. Ensayo de proctor modificado: sub base - muestra 01	38
Figura 21. Ensayo de proctor modificado: sub base - muestra 02	39
Figura 22. Comparación de los resultados de los índices plásticos	41
Figura 23. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la sub base muestra 01	42
Figura 24. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la sub base muestra 01	42
Figura 25. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la sub base muestra 01	43
Figura 26. Curva de compactación de la sub base muestra 01	43
Figura 27. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la sub base muestra 02	44
Figura 28. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la sub base muestra 02	45
Figura 29. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la sub base muestra 02	45
Figura 30. Curva de compactación de la sub base muestra 02	46

Figura 31. Análisis granulométrico por tamizado –base - muestra 01	47
Figura 32. Análisis granulométrico por tamizado –base - muestra 02	48
Figura 33. Análisis granulométrico por tamizado –base - muestra 03	49
Figura 34. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 01	50
Figura 35. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 02	51
Figura 36. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 03	52
Figura 37. Comparación de los resultados de los índices plásticos	53
Figura 38. Relación esfuerzo -penetración con 12 golpes de la base muestra 01	54
Figura 39. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la base muestra 01	55
Figura 40. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la base muestra 01	55
Figura 41. Curva de compactación de la base muestra 01	56
Figura 42. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la base muestra 02	57
FIGURA 43: Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la base muestra 02	57
Figura 44. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la base muestra 02	58
Figura 45. Curva de compactación de la base muestra 02	58
Figura 46. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la base muestra 03	59

Figura 47. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la base muestra	03
.....	60
Figura 48. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la base muestra	03
.....	60
Figura 49. Curva de compactación de la base muestra	03.....
	61
Figura 50. Estructura del pavimento Flexible
	66

RESUMEN

En esta tesis, se planteó un estudio sobre el pavimento que se encuentra a lo largo del Óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria.

El objetivo general de la tesis fue evaluar la estructura del pavimento del Óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria, para lo cual, se determinó estructuralmente el estado del pavimento flexible y el pavimento rígido que conforman el tramo de estudio. Por lo tanto, se realizaron ensayos de deflectometría del pavimento, análisis granulométrico, proctor modificado, límites de consistencia y CBR.

Los resultados de la investigación, en cuanto a la deflectometría, señalan que, la deflectometría del pavimento es de TIPO II. Este tipo de deflexión indica que se tiene un comportamiento estructural malo de la subrasante y un comportamiento estructural bueno del pavimento. En cuanto a las propiedades de la sub base, la granulometría se sale mínimamente de los estándares de la ASTM D422 para sub base, la máxima densidad seca de 2.05 gr/cm^3 , un índice plástico promedio de 3.31% y un CBR al 100% promedio de 65.3%. Y, en cuanto a las propiedades de la base, la granulometría se sale mínimamente de los estándares de la ASTM D422 para base, la máxima densidad seca de 2.089 gr/cm^3 , un índice plástico promedio de 1.92% y un CBR al 100% promedio de 91.9%.

Las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes: por un lado, el pavimento flexible se encuentra en un estado de bajo deterioro, mientras que, el pavimento rígido tiene un mayor deterioro, ya que su base no cumple con los requerimientos que exige la norma y la sub base si cumple, en la mayor parte de las propiedades analizadas, con lo que exige la norma.

Palabras clave: propiedades físico-mecánicas de suelos, deflectometría, evaluación estructural de pavimentos.

ABSTRACT

In this thesis, a study was carried out on the pavement that is found along the Oval intersection of the Mártires 4 de Noviembre highway, entrance to the university city.

The general objective of the thesis was to evaluate the structure of the pavement of the Oval intersection Mártires 4 de Noviembre highway, entrance to the university city, for which, the state of the flexible pavement and the rigid pavement that make up the study section was structurally determined. Therefore, pavement deflectionometry, particle size analysis, modified proctor, consistency limits and CBR tests were performed.

The results of the investigation, in terms of deflectionometry, indicate that, in the axis of the road, the left side and the right side there are unacceptable deflections of 25%, 10% and 25% respectively. Regarding the properties of the sub-base, the granulometry is minimally outside the ASTM D422 standards for sub-base, the maximum dry density of 2.05 gr / cm^3 , an average plastic index of 3.31% and an average 100% CBR. of 65.3%. And, regarding the properties of the base, the granulometry is slightly outside the ASTM D422 standards for base, the maximum dry density of 2.089 gr / cm^3 , an average plastic index of 1.92% and an average 100% CBR. of 91.9%.

The conclusions reached were the following: on the one hand, the flexible pavement is in a state of low deterioration, while the rigid pavement has a greater deterioration, since its base does not meet the requirements demanded by the Norm and the sub-base if it complies, in most of the properties analyzed, with what the norm requires.

Keywords: *physical-mechanical properties of soils, deflectionometry, structural evaluation of pavements.*

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, la ciudad de Juliaca ha tenido un crecimiento poblacional acelerado, no solo por las altas tasas de natalidad, sino por la recepción demográfica local y regional (inmigración) que genera su ubicación geográfica crucial, que, a su vez, la convierte en uno de los más importantes ejes comerciales en la zona sur del país. A la par de este crecimiento demográfico, se han generado necesidades de diversa índole, una de las más importantes es la de contar con vías que puedan permitir que el tránsito de vehículos de carga pesada sea fluido. Sin embargo, la ciudad de Juliaca no cuenta con muchas vías pavimentadas y las que si cuentan con un pavimento flexible o rígido son las más concurridas por los vehículos, ya que aseguran una mejor transitabilidad. Si bien, las vías que se han encontrado ubicadas en las salidas de la ciudad son las más transitadas, no siempre se han encontrado en un estado óptimo. Un claro ejemplo es la vía de la salida hacia la ciudad de Puno, donde se encuentra ubicado el “Óvalo de la autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria”, que fue seleccionado como el tramo de estudio.

Debido a esta situación, se planteó lo siguiente ¿En qué estado se encuentra el pavimento del Óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria?, como problema general. Además de, ¿Cómo es la deflectometría de la capa de rodadura del tramo de estudio? Y ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la sub base y base del tramo de estudio?, como problemas específicos.

En la presente trabajo de investigación, se analizaron diferentes aspectos relacionados al pavimento del tramo de estudio, considerando el beneficio ambiental, técnico y económico para la sociedad, a través de un diagnóstico de la situación estructural del pavimento en cuestión, ya que un mantenimiento y/o reparación en el momento adecuado, genera el uso de un menor presupuesto, evita congestionamiento por nuevos trabajos y finalmente, reduce la cantidad de desechos que se generarían con una renovación total del pavimento.

El objetivo general corresponde a evaluar la estructura del tramo de estudio. Además, los objetivos específicos fueron; determinar la deflectometría de la capa

de rodadura del tramo de estudio y estimar las propiedades físicas y mecánicas de la sub base y base del tramo de estudio.

Para la evaluación estructural requerida para esta tesis, fue necesario dividir los tramos a evaluar según el tipo de pavimento. De esta manera, se consideró el tramo del óvalo (pavimento rígido) y el tramo de la entrada a la universidad (pavimento flexible): Para el análisis estructural del pavimento flexible, se hizo el ensayo de viga Benkelman, mientras que para el pavimento rígido se realizaron diferentes ensayos, respetando sus respectivas normas, para caracterizar los materiales de las capas del pavimento.

Siguiendo tal planteamiento, se definió la siguiente hipótesis general; El estado estructural del pavimento del tramo de estudio, según la evaluación el pavimento se clasifica como bueno. Asimismo, se plantearon las siguientes hipótesis específicas; la deflectometría de la capa de rodadura del pavimento del tramo de estudio no son adecuadas para un pavimento y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la sub base y base del pavimento del tramo de estudio no son idóneas para este pavimento.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes internacionales

Díaz (2017) aduce que se hizo una medición de las deflexiones que experimenta el pavimento con la Viga Benkelman con el objetivo de saber el estado de la carretera y la necesidad reforzar la misma. El valor promedio de CBR para las bases es de un 35 % y no cumple con el mínimo de 70 % especificado por la Dirección General de Caminos para una base granular. Esto señala que las bases que fueron estudiadas mediante los ensayos no tienen una capacidad de soporte lo suficientemente alta para que integren las capas de un pavimento.

Hurtado (2016) realizó una evaluación del pavimento de la avenida Abdón Calderón de 4.718 km, en Quito. Para realizar la evaluación funcional y estructural del pavimento se hicieron diferentes ensayos o mediciones in situ, para obtener parámetros tales como deflexiones, IRI, TPDA y PCI. Finalmente, se determinó que la estructura del pavimento de la avenida Abdón Calderón se encontraba en condiciones regular y pobre.

2.2. Antecedentes nacionales

Borja (2014) realizó un estudio, a partir del cual señala lo siguiente: De los resultados encontrados se puede concluir que; los agregados utilizados tanto para base como para la carpeta asfáltica cuentan con características mecánicas y físicas que cumplen con lo requerido en la norma para pavimentos con un volumen de tránsito bajo. Dichas características aportan un dato confiable a la hora de calcular, a largo plazo, la serviciabilidad del pavimento.

Asimismo, Santos (2019) evaluó el uso de la escoria de cobre como reemplazo del agregado fino para dar un mejoramiento a las propiedades físico-mecánicas de una base granular en un pavimento flexible. Para este trabajo se llevó a cabo la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas propias del material junto a un análisis de las mismas en donde sobresale la gravedad específica por ser un valor más alto que en arenas y gravas, el porcentaje de absorción bajo que posee lo cual le da una resistencia al congelamiento – descongelamiento y

el CBR de la escoria de cobre que es de 51.6% mayor al de arcillas y arenas bien compactadas.

Además, Carahuatay (2015) señala que con el objetivo determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel - San Pablo, tramo San Miguel - Sunuden, hizo uso del análisis deflectométrico. Indicando que actualmente, en dicha carretera se tiene una deflectometría de TIPO IV, es decir, un mal comportamiento estructural. Debido a que la deflexión promedio (137.12×10^{-2} mm) es mayor a la deflexión admisible (108×10^{-2} mm). Por lo que se concluye que no hay garantía de una estructura de comportamiento satisfactorio.

También, Fernández (2020) refiere que el objetivo principal de su trabajo ha sido la determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca – Celendín –Balsas, tramo Chaquilpampa - Santa Rosa de Chaquil, mediante el análisis deflectométrico en un tramo de 5 km de dicha carretera. Con la viga Benkelman se tuvieron los datos de campo para la evaluación del pavimento utilizando el método CONREVIAl obteniéndose la deflexión característica de 67×10^{-2} mm menor a la deflexión admisible (71×10^{-2} mm) y un radio de curvatura promedio de 333.28 m, mayor al mínimo establecido por el método (100 m), llegando a la conclusión que dicho pavimento actualmente tiene un comportamiento estructural bueno.

2.3. Bases teóricas

2.3.1 Pavimento flexible

Una estructura de pavimento flexible está compuesta por una capa que consiste en una mezcla asfáltica, la misma que es ubicada encima de capas de materiales granulares que sean menos rígidos como son las bases y sub bases de diferentes clasificaciones, dichas capas deben sostenerse sobre una cpaa de suelo natural o también llamada subrasante (Rondon y Reyes, 2009, p.112).

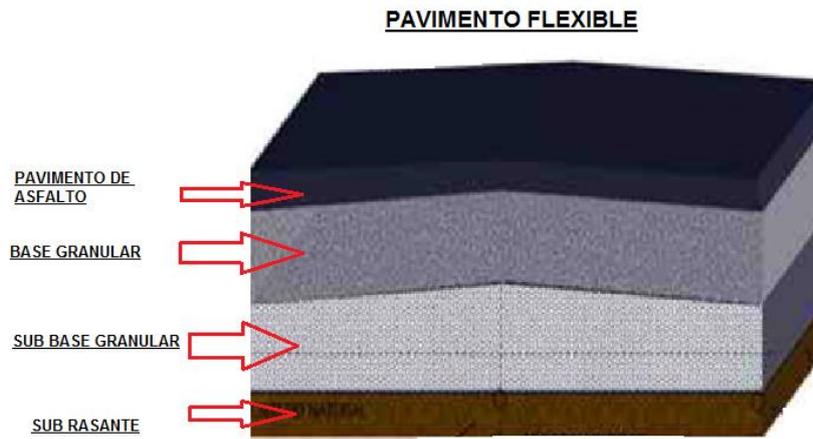


Figura 1. Estructura Típica de un Pavimento Flexible

Se hace hincapié en el hecho de que, la base y la sub base de los pavimentos flexibles son capas no rígidas. Es decir, la estructura básica de un pavimento flexible es una estructura compuesta por diferentes capas no tan sólidas como lo serían para un pavimento rígido (Aparicio, 2016, p.81).

Ebrahim (2012, p.12) afirma que un pavimento flexible está diseñado basado en un límite de la carga que recibe, además de las condiciones climáticas de cada lugar en el que se encuentre dicho pavimento.

Además, Abdel- Motaleb (2009, p.23) señala que las razones, por las que las principales carreteras presentan daños, se pueden observar; como los cambios en las cargas de los vehículos, las altas temperaturas climatológicas, el diseño deficiente, etc.

2.3.2 Pavimento rígido

El pavimento rígido es aquel que tiene al concreto como elemento principal en su ejecución. Este tipo de pavimentos, a su vez, se clasifica de acuerdo al tipo de concreto que se utilice (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p.84).

Das (2019, pp.101-103) refiere que la diferencia principal entre los pavimentos denominados como rígidos y flexibles, está sujeta a la manera en que se distribuyen las cargas en la sub - base o subrasante. Para el pavimento rígido, la mayor parte de la carga la absorbe la losa de concreto, esto se produce a partir

de las condiciones propias del material utilizado: rigidez y alto módulo de elasticidad.

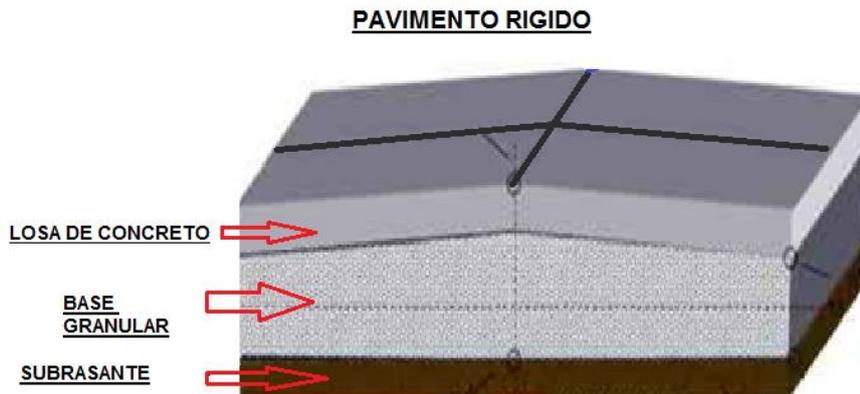


Figura 2. Estructura Típica de un Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos varían de acuerdo al material empleado, y por tanto, también varían las técnicas constructivas según el caso, encontrándose: Base estabilizada con cemento (suelo-cemento), base de concreto pobre, base de concreto simple normal, base de concreto armado y base de concreto postensado (Hass, Hudson, y Zaniewski, 2017, p.33).

Harrington y Fick (2018) refieren que los pavimentos flexibles son los más utilizados en los últimos años, debido a que son más baratos y existe una mayor garantía en la calidad y velocidad de ejecución (p.92).

Cuando el concreto simple, y el concreto armado son empleados, se tienen resultados buenos, en cuanto a comportamiento y durabilidad, siempre y cuando se empleen juntas de expansión requeridas, con un espacio adecuado y con un diseño que no permita que se filtre el agua a través de las mismas hacia la subrasante. Mientras que, si se usa concreto pos tensado, el costo aumenta, por lo que su uso está recomendado solamente para casos de pavimentos que se someterán a grandes cargas de impacto, como en aeropuertos, helipuertos, entre otros (Calo, 2010; Carrazana Gómez y Rubio Casanovas, 2017).

2.3.3 Evaluación estructural de pavimentos

Para carreteras de bajo volumen varios investigadores sugirieron la estimación de la deformación módulo con una ecuación constitutiva y programas de

elementos finitos. Ya que el método de los elementos finitos (MEF) ofrece la mayor flexibilidad para el análisis y diseño de pavimentos rígidos. Pero su aplicabilidad es muy limitada (Huang, 2015; Fleming, 2000; Rajagopal y Justo, 1989; Zhou, Wu, y Ling, 2010).

De acuerdo con las pautas de AASHTO, la evaluación del pavimento, las mediciones y el análisis tienen un gran impacto utilizando dispositivos estáticos y dinámicos en el contexto del enfoque mecánico- empírico (Bertulienė y Laurinavicius, 2008). En estos enfoques mecanicista-empíricos, la estructura integral de las capas de pavimento se rige principalmente por el parámetro principal denominado módulo resiliente (Senseney, Krahenbuhl, y Mooney, 2010; Solanki, Zaman, y Muraleetharan, 2011).

El comportamiento de los materiales de la capa de pavimento ha sido evaluado a nivel mundial y en las carreteras nacionales utilizando herramientas de investigación de campo no destructivas. (Fleming, Frost, y Lambert, 2007, p.2). Para realizar una evaluación de la condición estructural de un pavimento asfáltico se necesita hacer un análisis de sus parámetros estructurales y funcionales; siendo los más importantes, la capacidad portante de la estructura, que se determina mediante los valores de deflexiones y deformaciones que se presentan frente a la aplicación de alguna determinada carga. Para lo cual, generalmente se miden las deflexiones en la superficie (Moll y Tejeda, 2014; Montejo Fonseca, 2018).

Para Picado (2016, p.52), la deflexión significa una respuesta total del sistema que se constituye por la estructura y la subrasante, en contraste a la acción de cargas externas. Además, otros autores sostienen que, para evaluar estructuralmente un pavimento, también es necesario una serie de ensayos correctamente normados a las capas que lo componen (Betram, 2017; Morilla, 2020; Solminihac, 2018).

a. VIGA BENKELMAN

Según Guzzarlapudi, Adigopula, y Kumar (2016, p.5), la viga Benkelman se puede utilizar como herramienta de evaluación estructural del pavimento para fases de construcción y mantenimiento del pavimento.

El principio que posee este dispositivo ha producido varios descendientes, es decir, varios prototipos con el mismo objetivo. Sin embargo, en países en vías de desarrollo, la viga Benkelman continúa ocupando un lugar primordial a la hora de evaluar pavimentos (Visser y Koesrindartono, 2000, p.28)

La deflexión, es la deformación elástica que sufre un pavimento bajo la acción de una carga rodante normalizada. Mediante ella es posible evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura debido a las sollicitaciones del tránsito que lo utiliza (Zhou, Wu, y Ling, 2010, p.33).

Este tipo de mediciónn tiene un área de aplicación bastante grande, generalmente para la determinación del periodo en que un pavimento tendrá su vida útil, la evaluación del tipo estructural del pavimento con el fin de establecer cuándo hacer su mantenimiento correspondiente, la evaluación del método de diseño utilizado y el control de calidad que se hizo durante su ejecución, la evaluación del deterioro que presente por las cargas de transito que soporta y la identificación de la condición de fatiga que pueda presentar en su estructura para mejorarla o rehabilitarla. (Rajagopal y Justo , 1989, pp.62-63).

EQUIPO

Se utilizó una viga simple que contaba con un brazo, además de su deformímetro correspondiente (al 0,01 mm y recorrido de 12 mm) tal como se muestra en la Figura 3, la viga consta esencialmente de dos partes:

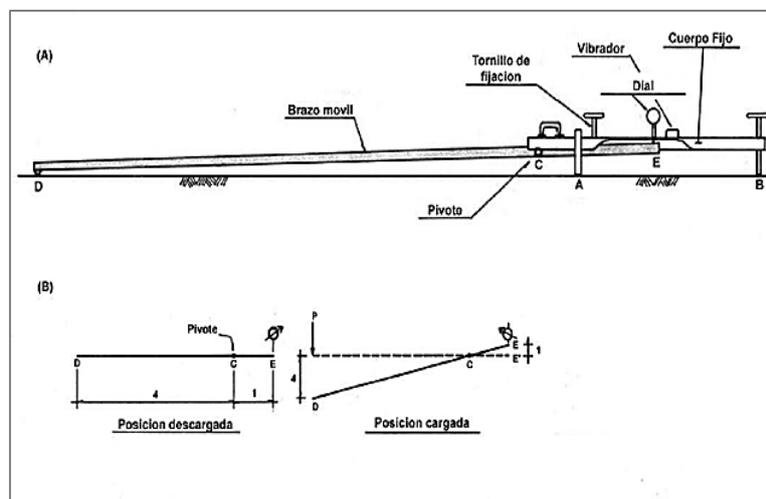


Figura 3. Partes de la Viga Benkelman

Además, debe tener las siguientes características:

a) Un brazo móvil que debe acoplarse al cuerpo de la viga con una clase de dispositivo articular que permita el giro C, para lo cual, uno de sus lados se debe apoyar en el terreno a estudiar D, mientras que el otro lado tiene que tocar de manera sensible el vástago del deformímetro para leer el movimiento vertical que se presente E . Por lo que la distancia entre los puntos D y C es de 2,44m, y la distancia entre los puntos C y E es 0,61 m.

b) . Un cuerpo que sostenga el brazo móvil, se debe situar en directo encima del terreno con la ayuda de 3 patas delanteras que estén fijas A y una pata trasera que se pueda regular B.

De manera adicional, este equito tiene un vibrador que viene de forma incorporada al cuerpo, cuando se le acciona, dentro de la duración del ensayo debe evitar que las gujas indicadoras del deformímetro se traben o que haya alguna interferencia exterior a la hora de leer los datos arrojados por el equipo.

Para obtener los resultados de este ensayo, se hace un cálculo que consiste en la resta del dato inicial y el dato final. En cuanto a la deflexión a 25 cm, se calcula la resta entre el dato a 25 cm y el dato final, la misma operación es realizada para los datos de deflexiones tomados en otras distancias.

$$D = (LF - LR) * RB$$

Donde:

D : Deflexión en un punto que se encuentra a distancia R, en 0.01 mm.

LF : Lectura máxima

LR : Lectura a la distancia R

RB : Relación de brazos de la viga Benkelman (normalmente es 1:2 ó 1:4)

También es necesario el uso de la siguiente formula:

$$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n}$$

Donde:

\bar{D} : Deflexión promedio

D_i : Deflexión corregida inicial

n : número de deflexiones

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$

Donde:

D_c : Deflexión característica

t : Coeficiente que representa al porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica.

σ : Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}}$$

Donde:

D_i : Deflexión corregida inicial

\bar{D} : Deflexión promedio

n : número de deflexiones

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N18}\right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

D_a : Deflexión admisible

$N18$: Numero de total de ejes equivalentes de 8.2 tn.

$$R_c = \frac{10 \times (25)^2}{2 \times (D_0 - D_{25})}$$

Donde:

R_c : Radio de curvatura (m)

D_0 : Deflexión recuperable en el eje vertical de las cargas, en centésimas de milímetros

D_{25} : Deflexión recuperable en el eje vertical en centésimas de milímetros, A 25 del eje de carga.

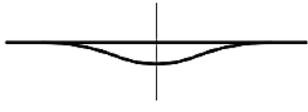
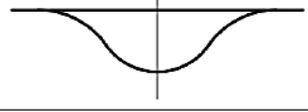
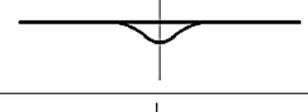
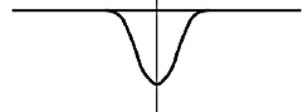
Para un mejor análisis e interpretación de los datos ya obtenidos se tiene las siguientes tablas:

Tabla 1: Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura

TIPO DE DEFLEXIÓN	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO
Tipo I	Bueno $DC < Da$	Bueno $RC > 100$
Tipo II	Malo $DC > Da$	Bueno $RC > 100$
Tipo III	Bueno $DC < Da$	Malo $RC < 100$
Tipo IV	Malo $DC > Da$	Malo $RC < 100$

Fuente: MTC (2013).

Tabla 2: Características del pavimento de acuerdo al cuenco de deflexiones

TIPO	CUENCO DE DEFLEXIONES	CURVA MEDIDA	PAVIMENTO EVALUADO
I		Curva extensa poco pronunciada	Buen Pavimento Buena subrasante
II		Curva extensa profunda	Buen Pavimento Mala subrasante
III		Curva corta poco Profunda	Mal Pavimento Buena subrasante
IV		Curva corta profunda	Mal Pavimento Mala subrasante

Fuente: MTC (2013)

b. CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

El valor de California Bearing Ratio (CBR) es un parámetro de suelo importante para el diseño de pavimentos flexibles y pistas de aterrizaje de campos de aire.

También se puede utilizar para la determinación de la reacción del suelo por debajo de la línea subrasante mediante el uso de correlación. (Talukdar, 2014, p.26)

Este ensayo sirve para la obtención de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio), se realiza bajo la norma ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils. Este ensayo de laboratorio es realizado generalmente en un suelo preparado bajo ciertas condiciones específicas de humedad y densidad; no obstante, también puede realizarse en muestras inalteradas de manera análoga (Das, 2019, pp15-18).

El ensayo de CBR es utilizado para hacer una evaluación confiable de las condiciones de resistencia de los suelos de las capas de base, sub base, subrasante, además de todo tipo de material reciclado que se pretenda usar en las vías. Dicho tipo de material debe ser sumergido bajo el agua, procedimiento comúnmente llamado curado, hasta que sea el momento de medir la relación de soporte que pueda representar la serviciabilidad en un plazo largo.(Talukdar, 2014, p.62).

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

Para realizar este ensayo se utilizaron las siguientes fórmulas:

Humedad de compactación: El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H = Humedad prefijada

h = Humedad natural

Expansión: La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5"). Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

Donde

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

Además, se usa las siguientes tablas:

Tabla 3: Valor relativo del CBR

valor relativo de soporte, BCR (1)	Tráfico en ejes equivalentes (<10^6)	Min. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes (>10^6)	Min. 100%

Fuente: MTC (2013)

Tabla 4: Requerimientos de ensayos especiales para sub base granular

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000msnm	> 3000msnm
Abrasión los ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50% max	50% max
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40% min	40% min
Limite liquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% max	25% max
Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% max	4% max
Equivalente de arce	MTC E 114	D 2419	T 176	25% min	35% min
Sales solubles	MTC E 219	.-	.-	1% max	1% max
Partículas chatas y alargadas	.-	D 4791	.-	20% max	20% max

Fuente: MTC (2013).

c. ANALISIS GRANULOMÉTRICO

Montejo Fonseca (2018, pp.69-71) señala que el fin del análisis granulométrico es determinar a través de una cantidad de tamices, con abertura de forma de

cuadrilátero, en que las diversas partículas de los agregados gruesos y finos, que pertenecen a una muestra seca de peso que ya se conozca, se distribuyen. Este análisis es aplicado para averiguar la gradación de los materiales que serían usados como agregados. Por lo tanto, de este ensayo se sacan los datos que permitan verificar si se cumple con la distribución de tamaño de partículas requerida por las exigencias técnicas de la obra a construir. Dichos datos son indispensables para un adecuado control de calidad

Para realizar este ensayo se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0.074 = \frac{\text{Peso total} - \text{peso retenido en el Tamiz de } 0.074}{\text{Peso total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el Tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Porcentaje de humedad higroscópica: La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire

W₁ = Peso de suelo secado en el horno

También se hace necesario el uso de la tabla siguiente:

Tabla 5: *Requerimientos granulométricos para base y sub base granular*

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	–	–
25 mm (1")	–	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N° 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 μ m (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 μ m (N° 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: MTC (2013)

d. PROCTOR MODIFICADO (COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA)

En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada (Betram, 2017; Das, 2019; Morilla, 2020).

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Standard", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos se encuentra en la energía utilizada, la cual se modifica según el caso variando el número de golpes, el pisón (cambia altura y peso), el molde y el número de capas. (Das, 2019; Morilla, 2020).

Para realizar este ensayo se utilizaron las siguientes fórmulas:

Peso Unitario Seco: Se calcula la densidad húmeda (1), la densidad seca (2) y después el Peso Unitario Seco (3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \dots\dots (1)$$

Donde:

ρ_m = Densidad Húmeda de la muestra compactada (Mg/m^3)

M_t = Masa de la muestra húmeda y molde (kg)

M_{md} = Masa del molde (kg)

V = Volumen del molde (m^3)

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{W}{100}} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m^3)

W = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ en lbf/pie}^3 \dots\dots\dots(3)$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ en KN/m}^3$$

Donde:

γ_d = peso unitario seco del espécimen compactado.

En el cálculo de los puntos de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$

Donde:

W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).

γ_w = Peso unitario del agua $9,807kN/m^3$ ó $(62,43 \text{ lbf/ pie}^3)$.

γ_d = Peso unitario seco del suelo.

G_s = Gravedad específica del suelo.

e. LIMITES DE CONSISTENCIA

Para la interpretación de los resultados de los límites de consistencia, se usarán las siguientes tablas:

Tabla 6: *Características del índice de plasticidad*

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
IP > 20	suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	suelos arcillosos
10 > IP > 4	suelo poco arcillosos
IP = 0	suelos exentos de arcilla

Fuente: MTC (2000)

Tabla 7: *Requerimientos agregado fino*

Ensayo	Norma	Requerimiento Altitud	
		< 3000 msnm	> 3000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% max	2% min
Equivalente de arena	MTC E 114	35% min	45% min
Sales solubles	MTC E 219	0,5% max	0,5% max
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	15%

Fuente: MTC (2013).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación:

El estudio corresponde a la investigación descriptiva explicativa porque tiene relación causal; no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo. El desarrollo de este trabajo tiene como propósito explicar el estado estructural del pavimento en el óvalo de la autopista Mártires 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca.

Diseño de investigación:

El diseño de esta investigación es el de diseño no experimental, porque no hay manipulación de las variables, pero se necesitan de ensayos para llegar a los resultados y transversal debido a que las variables son identificadas en un punto del tiempo y las relaciones entre las mismas son identificadas.

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Variable

Esta tesis, al ser planteada con un diseño no experimental, se centra en una sola variable " deterioro del pavimento ", que fue analizada y medida. Debido a ello se presenta la siguiente operacionalización.

3.2.2 Operacionalización

Tabla 8: Matriz de operacionalización de variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Deterioro del pavimento	El deterioro del pavimento no se da de la noche a la mañana, sino es el resultado de varios aspectos que se pueden dar a corto o largo tiempo	Para el pavimento flexible se usó la viga Benkelman, y para el rígido se usó el análisis granulométrico, ensayo de proctor modificado, límites de consistencia y el ensayo de CBR.	Pavimento flexible <ul style="list-style-type: none"> • Nivel de deflectometría Pavimento rígido <ul style="list-style-type: none"> • Granulometría • Máxima densidad seca • Índice de plasticidad • CBR 	Ordinal

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Población y muestra

El universo poblacional fue constituido por los pavimentos de la ciudad de Juliaca.

La muestra fue conformada por el pavimento del Óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria. En dicha muestra, se consideran dos tramos de pavimentos, como se detalla a continuación:

- Tramo del óvalo (Pavimento rígido)
- Tramo de la entrada a la universidad (Pavimento flexible)

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas

Inspección ocular, fichaje, análisis de contenidos, cuadros estadísticos y ensayos de laboratorio.

3.4.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- Fichas check list
- Formatos de hojas de calculo
- Cuadernillos para apuntes
- Equipo para ensayo de Viga Benkelman.
- Cinta métrica
- Instrumentos de laboratorio (tamices, bandejas, cucharones, etc).

3.5 Procedimientos

Para la evaluación estructural requerida para esta tesis, es necesario dividir los tramos a evaluar según el tipo de pavimento. De esta manera, se considera el tramo del óvalo (pavimento rígido) y el tramo de la entrada a la universidad (pavimento flexible):

PAVIMENTO FLEXIBLE

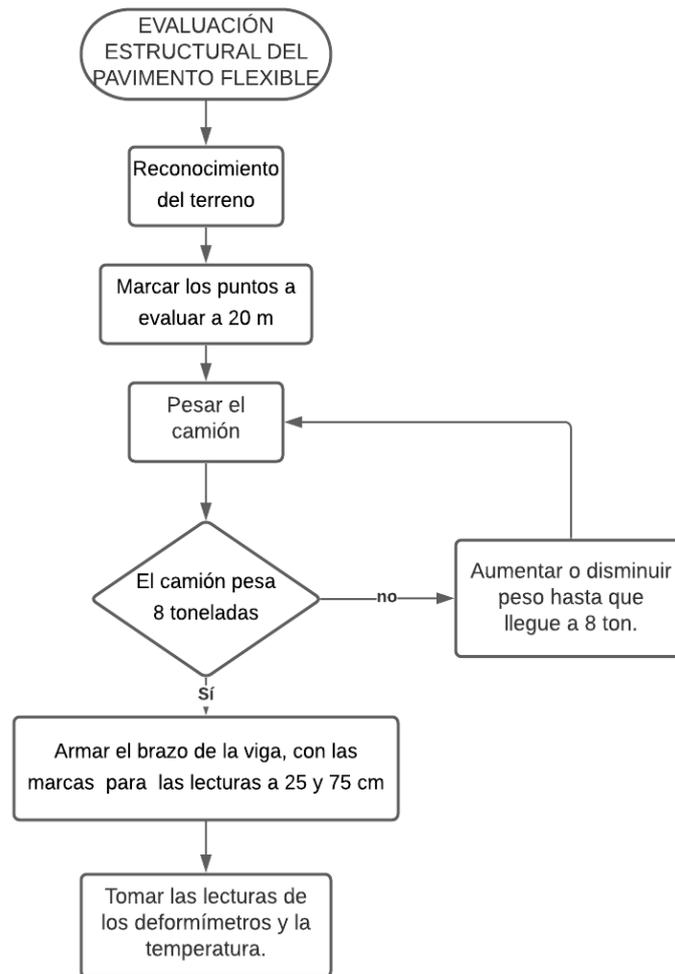


Figura 4. Diagrama de flujo de la evaluación estructural del pavimento flexible

Cabe aclarar que la lectura de datos de los diales de deformación se realiza mientras el camión avanza lentamente, dichas lecturas se toman en las marcas ya establecidas (a 25 y 75 cm) cuando pase por la varilla de acero y una lectura cuando el camión se aleja a la longitud máxima. Este procedimiento se repite tanto en los lados derecho e izquierdo, como en el eje de la vía.

PAVIMENTO RÍGIDO

Para el análisis estructural del pavimento rígido, se realizaron diferentes ensayos, respetando sus respectivas normas, para caracterizar los materiales de las capas del pavimento. Dichos ensayos fueron los siguientes:



Figura 5. Ensayos para la evaluación estructural del pavimento rígido

3.6. Método de análisis de datos

Para analizar los datos obtenidos se utilizaron diferentes tablas de recolección de datos que fueron resultado de cada ensayo efectuado, además se utilizó software (Excel) como apoyo para facilitar el proceso. A continuación, se menciona el proceso a seguir:

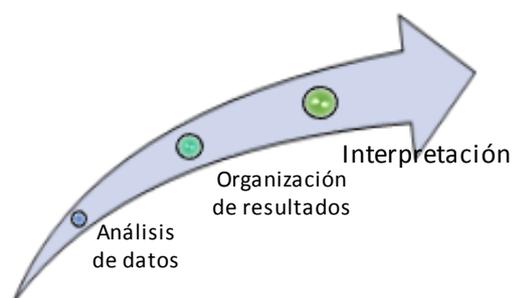


Figura 6. Proceso del análisis de datos

3.7 Aspectos éticos

Esta tesis representa un trabajo de investigación que, al ser de autoría propia de la tesista, tuvo la motivación de alcanzar un conocimiento más profundo sobre

tema de evaluación de pavimentos. Entonces, al ser inédito, no es copia de ningún otro trabajo similar o referido al mismo tema. Dicha afirmación se hace sobre la base de verificación por medio del software anti-plagio TURNITIN que verifica el porcentaje de similitud con otros trabajos. Además, se declara conocer y cumplir con lo señalado en la RCUN 0262-2020/UCV del 28 de agosto del 2020 en la que se aprueba el “Código de Ética en Investigación de la UCV”.

IV. RESULTADOS

La ubicación de la zona elegida para la evaluación del pavimento en estudio, se muestra en la siguiente figura:



- PAVIMENTO PLEXIBLE
- PAVIMENTO RIGIDO
- LUGAR DE EXTRACCION DE MUESTRA

Figura 7. Ubicación de la zona de Estudio

4.1 DEFLECTOMETRÍA DEL PAVIMENTO EN EL ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MÁRTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA

Para obtener los datos de la deflectometría de los pavimentos en los tramos del óvalo intersección autopista mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria; se realizó el ensayo de viga Benkelman, por lo que, lo primero que se realizó fue el cálculo de la deflexión admisible, como se ve a continuación:

- Deflexión promedio

$$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n}$$

$$\bar{D} = \frac{4569}{63}$$

$$\bar{D} = 72.52 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

- Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{5571.71}{62}}$$

$$\sigma = 9.48 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

- Deflexión característica

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$

$$D_c = 72.52 \times 10^{-2} + 1.645 * 9.48 \times 10^{-2}$$

$$D_c = 88.11 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

- **Deflexión admisible**

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N18} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$D_a = 0.80 \text{ mm}$$

$$D_a = 80 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

A partir de dichos cálculos, se compararon los siguientes resultados:

EJE DE LA VÍA

Tabla 9: Análisis de la deflexión máxima y el radio de curvatura en el eje de la vía de la entrada a la ciudad universitaria

PROGRESIVA EJE (Km)	DEFLEXIONES CORREGIDAS (Do)	DEFLEXIONES ADMISIBLE (0.01 mm)	CONDICIÓN SUB RASANTE	RADIO DE CURVATURA (m)	RADIO DE COVERTURA MÍNIMO	CONDICIÓN DE PAVIMENTO
0+000	59	80	BUENO	258	100	BUENO
0+020	83	80	MALO	164	100	BUENO
0+040	75	80	BUENO	167	100	BUENO
0+060	69	80	BUENO	167	100	BUENO
0+080	69	80	BUENO	150	100	BUENO
0+100	89	80	MALO	145	100	BUENO
0+120	72	80	BUENO	250	100	BUENO
0+140	92	80	MALO	109	100	BUENO
0+160	79	80	BUENO	89	100	MALO
0+180	81	80	MALO	88	100	MALO
0+200	72	80	BUENO	87	100	MALO
0+220	68	80	BUENO	97	100	MALO
0+240	55	80	BUENO	169	100	BUENO
0+260	72	80	BUENO	125	100	BUENO
0+280	83	80	MALO	102	100	BUENO
0+300	71	80	BUENO	102	100	BUENO
0+320	70	80	BUENO	109	100	BUENO
0+340	68	80	BUENO	97	100	MALO
0+360	66	80	BUENO	106	100	BUENO
0+380	63	80	BUENO	134	100	BUENO
0+400	76	80	BUENO	109	100	BUENO

Fuente: Elaboración Propia

Y de forma gráfica:

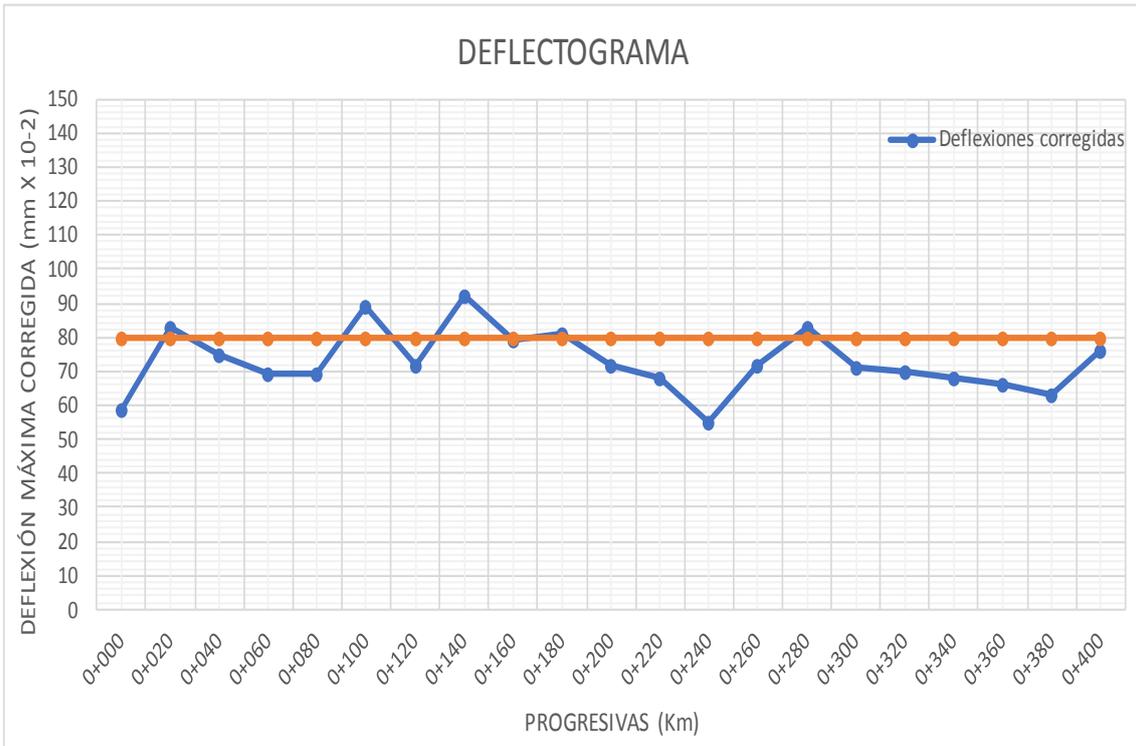


Figura 8: Análisis deflectométrico del eje de la vía de la entrada a la ciudad universitaria

De la tabla 09, se pudo obtener el siguiente resumen:

Tabla 10: Resumen de deflexión máxima y radio de curvatura del eje de la vía de la entrada a la ciudad universitaria

	RADIO DE CURVATURA		DEFLEXIÓN MÁXIMA	
	Puntos de ensayo que SI CUMPLEN con el radio de curvatura > 100 m (bueno)	Puntos de ensayo que NO CUMPLEN con el radio de curvatura > 100 m (malo)	Puntos de ensayo que cumplen con la deflexión admisible 80×10^{-2} mm (bueno)	Puntos de ensayo que sobrepasan la deflexión admisible 80×10^{-2} mm (malo)
CANTIDAD	16	5	16	5
PORCENTAJE	76%	24%	76%	24%

Fuente: Elaboración Propia

Y de forma gráfica:



Figura 9: Porcentaje de la deflexión máxima que nos da la condición de la sub rasante del eje de la vía



Figura 10: Porcentaje del radio de curvatura que nos da la condición del pavimento del eje de la vía

Según la norma MTC E 1002, la deflexión máxima del pavimento no debe sobrepasar la deflexión admisible de $80 \text{ mm} \times 10^{-2}$ para considerarse bueno. Sin embargo, los resultados indican que un 24% de los puntos de deflexión máxima corregida no cumple con dicho requerimiento, evidentemente el 76% si cumple considerándose como bueno; el radio de curvatura debe ser $>100\text{m}$ para considerarse bueno , cumpliendo con este requerimiento en 76% de los puntos , por lo tanto, el 24% de puntos no cumple con este requerimiento, lo que implica

que, al tener la mayor parte de puntos que si cumplen dicho requerimiento, el eje de la vía no sufre de mucho debilitamiento.

LADO IZQUIERDO

Tabla 11: *Análisis deflectométrico del lado izquierdo de la vía de la entrada a la ciudad universitaria*

PROGRESIVA LADO IZQUIERDO (Km)	DEFLEXIONES CORREGIDAS (Do)	DEFLEXIONES ADMISIBLES (0.01 mm)	CONDICIÓN SUB RASANTE	RADIO DE CURVATURA (m)	RADIO DE COVERTURA MÍNIMO	CONDICIÓN DE PAVIMENTO
0+000	69	80	BUENO	135	100	BUENO
0+020	68	80	BUENO	108	100	BUENO
0+040	67	80	BUENO	172	100	BUENO
0+060	65	80	BUENO	152	100	BUENO
0+080	44	80	BUENO	177	100	BUENO
0+100	48	80	BUENO	115	100	BUENO
0+120	79	80	BUENO	109	100	BUENO
0+140	74	80	BUENO	145	100	BUENO
0+160	79	80	BUENO	147	100	BUENO
0+180	69	80	BUENO	167	100	BUENO
0+200	74	80	BUENO	127	100	BUENO
0+220	79	80	BUENO	147	100	BUENO
0+240	69	80	BUENO	167	100	BUENO
0+260	84	80	MALO	138	100	BUENO
0+280	73	80	BUENO	197	100	BUENO
0+300	86	80	MALO	169	100	BUENO
0+320	69	80	BUENO	167	100	BUENO
0+340	65	80	BUENO	169	100	BUENO
0+360	64	80	BUENO	147	100	BUENO
0+380	74	80	BUENO	203	100	BUENO
0+400	79	80	BUENO	328	100	BUENO

Fuente: Elaboración Propia

Y de forma gráfica:

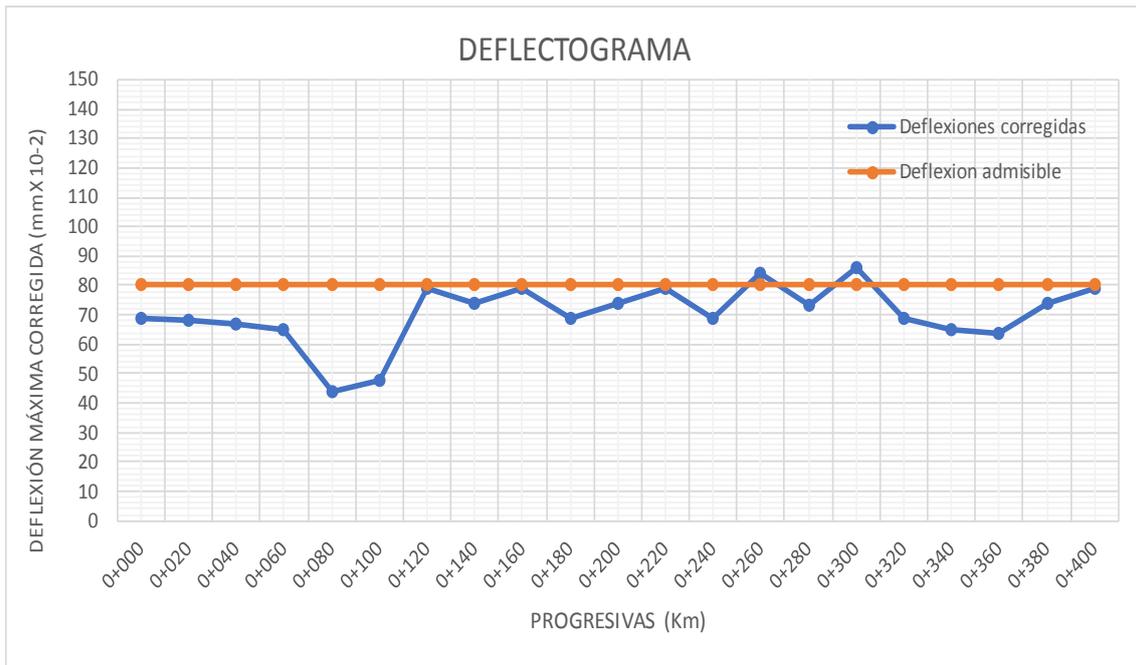


Figura 11. Análisis deflectométrico del lado izquierdo de la vía de la entrada a la ciudad universitaria

A partir de los datos de la tabla 11, se tiene el siguiente resumen:

Tabla 12: Resumen de deflexión máxima y radio de curvatura del lado izquierdo de la vía de la entrada a la ciudad universitaria

	RADIO DE CURVATURA		DEFLEXIÓN MÁXIMA	
	Puntos de ensayo que SI CUMPLEN con el radio de curvatura > 100 m (bueno)	Puntos de ensayo que NO CUMPLEN con el radio de curvatura > 100 m (malo)	Puntos de ensayo que cumplen con la deflexión admisible 80×10^{-2} mm (bueno)	Puntos de ensayo que sobrepasan la deflexión admisible 80×10^{-2} mm (malo)
CANTIDAD	19	2	21	0
PORCENTAJE	90%	10%	100%	0%

Fuente: Elaboración Propia

Y de forma gráfica:



Figura 12: Porcentaje de la deflexión máxima que nos da la condición de la sub rasante del lado izquierdo de la vía



Figura 13. Porcentaje del radio de curvatura que nos da la condición del pavimento del lado izquierdo de la vía

Según la norma MTC E 1002, la deflexión máxima del pavimento no debe sobrepasar la deflexión admisible de $80 \text{ mm} \times 10^{-2}$ para considerarse bueno. Sin embargo, los resultados indican que un 10% de los puntos de deflexión máxima corregida no cumple con dicho requerimiento, evidentemente el 90% si cumple considerándose como bueno. El radio de curvatura debe ser $>100\text{m}$ para considerarse bueno, cumpliendo con este requerimiento un 100% de los puntos, evidentemente el 0% de puntos no cumple con este requerimiento, lo que implica que, al tener la mayor parte de puntos que si cumplen el eje de la vía no sufre de mucho debilitamiento.

LADO DERECHO

Tabla 13: *Análisis deflectométrico del lado derecho de la vía de la entrada a la ciudad universitaria*

PROGRESIVA LADO DERECHO (Km)	DEFLEXIONES CORREGIDAS (Do)	DEFLEXIONES ADMISIBLE (0.01 mm)	CONDICIÓN SUB RASANTE	RADIO DE CURVATURA (m)	RADIO DE COVERTURA MÍNIMO	CONDICIÓN DE PAVIMENTO
0+000	69	80	BUENO	104.7	100	BUENO
0+020	68	80	BUENO	78.1	100	MALO
0+040	65	80	BUENO	203.1	100	BUENO
0+060	58	80	BUENO	203.1	100	BUENO
0+080	62	80	BUENO	169.3	100	BUENO
0+100	66	80	BUENO	166.7	100	BUENO
0+120	77	80	BUENO	112.8	100	BUENO
0+140	71	80	BUENO	169.3	100	BUENO
0+160	76	80	BUENO	206.3	100	BUENO
0+180	81	80	MALO	111.1	100	BUENO
0+200	67	80	BUENO	196.9	100	BUENO
0+220	84	80	MALO	107.6	100	BUENO
0+240	92	80	MALO	89.5	100	MALO
0+260	74	80	BUENO	92.3	100	MALO
0+280	75	80	BUENO	142.9	100	BUENO
0+300	83	80	MALO	164.1	100	BUENO
0+320	77	80	BUENO	101.6	100	BUENO
0+340	68	80	BUENO	169.3	100	BUENO
0+360	76	80	BUENO	103.1	100	BUENO
0+380	92	80	MALO	84.6	100	MALO
0+400	78	80	BUENO	83.3	100	MALO

Fuente: Elaboración Propia

Y de forma gráfica:

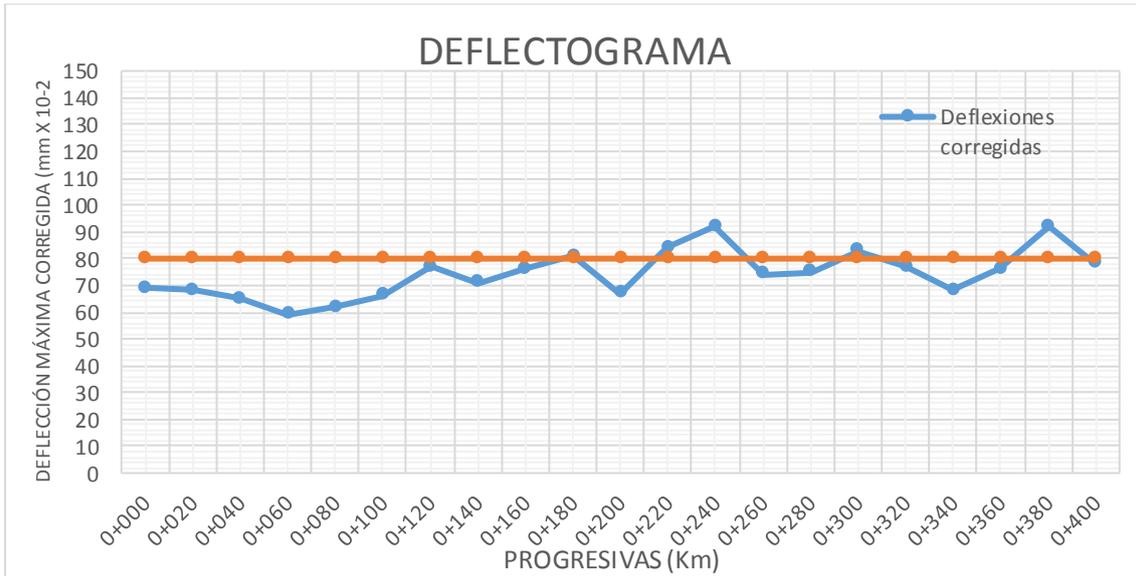


Figura 14. Análisis deflectométrico del eje de lado derecho de la entrada a la ciudad universitaria

De la tabla 13, se tiene el siguiente resumen:

Tabla 14: Resumen de deflexión máxima y radio de curvatura del lado izquierdo de la vía de la entrada a la ciudad universitaria

	RADIO DE CURVATURA		DEFLEXIÓN MÁXIMA	
	Puntos de ensayo que SI CUMPLEN con el radio de curvatura > 100 m (bueno)	Puntos de ensayo que NO CUMPLEN con el radio de curvatura > 100 m (malo)	Puntos de ensayo que cumplen con la deflexión admisible 80×10^{-2} mm (bueno)	Puntos de ensayo que sobrepasan la deflexión admisible 80×10^{-2} mm (malo)
CANTIDAD	16	5	16	5
PORCENTAJE	76%	24%	76%	24%

Fuente: Elaboración Propia

Y de forma gráfica:

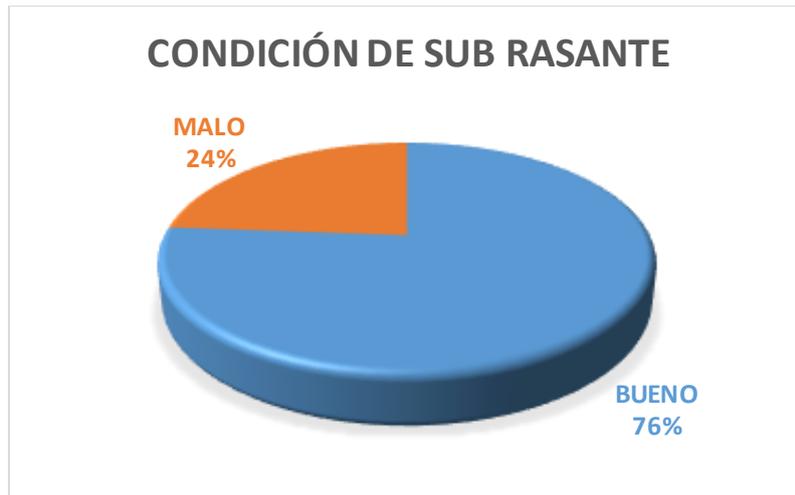


Figura 15. Porcentaje de la deflexión máxima que nos da la condición de la sub rasante del lado derecho de la vía



Figura 16. porcentaje del radio de curvatura que nos da la condición del pavimento del lado derecho de la vía

Según la norma MTC E 1002, la deflexión máxima del pavimento no debe sobrepasar la deflexión admisible de $80 \text{ mm} \times 10^{-2}$ para considerarse bueno. Sin embargo, los resultados indican que un 24% de los puntos de deflexión máxima corregida no cumple con dicho requerimiento, evidentemente el 76% si cumple considerándose como bueno. El radio de curvatura debe ser $>100\text{m}$ para considerarse bueno, cumpliendo con este requerimiento un 76% de los puntos, por lo que el 24% de puntos no cumple con este requerimiento, lo que implica que, al tener la mayor parte de puntos que si cumplen el eje de la vía no sufre de mucho debilitamiento.

Finalmente, se realizó una comparación de los parámetros, como se muestra a continuación:

Tabla 15: Comparación de parámetros

PARÁMETROS A EVALUAR			
DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA (mm)	RADIO DE CURVATURA PROMEDIO (m)	DEFLEXIÓN ADMISIBLE (mm)	RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (m)
88.11×10^{-2}	143.96	80×10^{-2}	100

Fuente: Elaboración Propia

Cotejando los resultados obtenidos en la tabla número 15 con lo que se establece en la tabla 1, se tiene que la deflexión del pavimento es de tipo II. Este tipo de deflexión indica que se tiene en la subrasante un comportamiento malo y en el pavimento un comportamiento bueno, estructuralmente hablando, por lo que se puede deducir que este pavimento presenta un deterioro regular en sus capas, mientras que, los materiales de la subrasante no cumplen con la calidad solicitada. Esto también se puede corroborar con la tabla 2 en la que se indica que la deflexión tipo II cuenta con un buen pavimento y una mala subrasante.

4.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA SUB BASE DEL ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MÁRTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA

Después de realizar los diferentes ensayos de laboratorio para la caracterización estructural de los suelos que componen la capa de sub base, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Para este análisis se consideraron 3 muestras de suelos, de las cuales se pudieron obtener las siguientes curvas granulométricas:

Tabla 16: Análisis granulométrico por tamizado - sub base - muestra 01

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	% QUE PASA	REQUERIMIENTO GRANULOMÉTRICOS DE LA SUB BASE (ASTM D 1241)
2 1/2"	63.500	100.00	
2"	50.600	97.95	100
1 1/2"	38.100	94.64	
1"	25.400	86.10	75 - 95
3/4"	19.050	78.50	
1/2"	12.700	63.80	
3/8"	9.525	57.02	40 - 75
No 4	4.760	49.18	30 - 60
No 10	2.000	39.09	20 - 45
No 20	0.840	33.12	
No 40	0.420	29.81	15 - 30
No 50	0.300	27.70	
No 100	0.149	21.68	
No 200	0.074	16.31	5 - 15

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

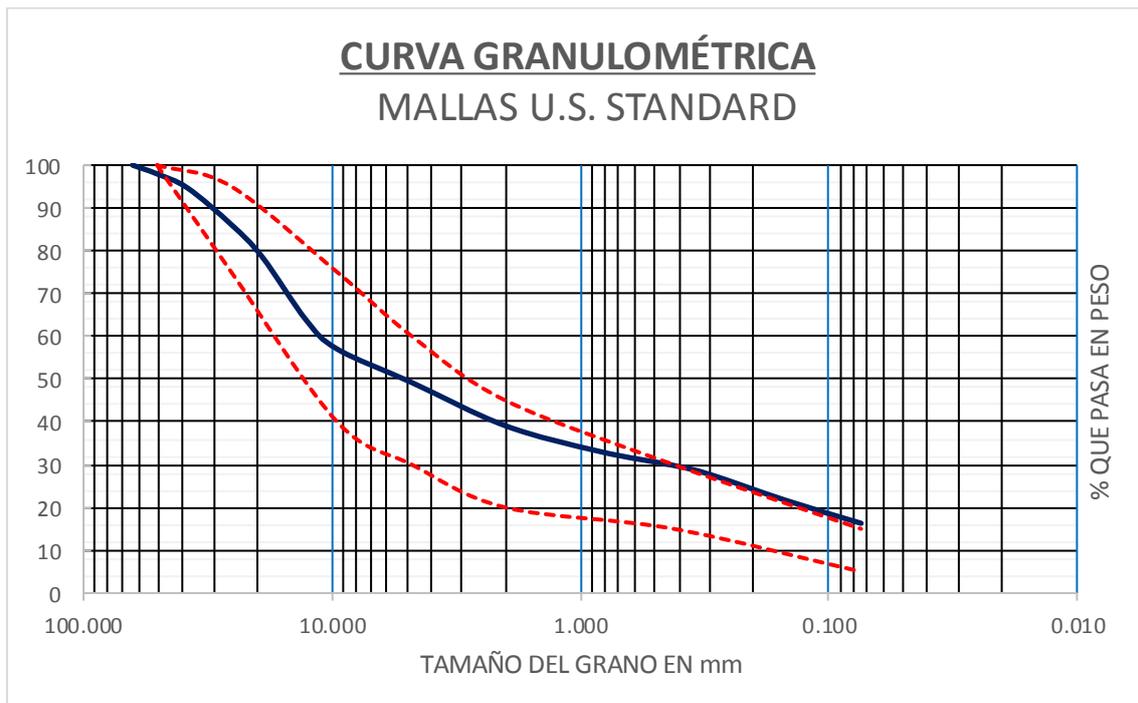


Figura 17. Análisis granulométrico por tamizado – sub base - muestra 01

Es posible observar que la granulometría de la sub base - muestra 01 se sale mínimamente de los estándares establecidos por el MTC 2013 para la sub base de un pavimento.

Tabla 17: Análisis granulométrico por tamizado - sub base - muestra 02

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	% QUE PASA	REQUERIMIENTO GRANULOMÉTRICOS DE LA SUB BASE (ASTM D 1241)
2 1/2"	63.500	100	
2"	50.600	97.95	100
1 1/2"	38.100	93.86	
1"	25.400	87.28	75 - 95
3/4"	19.050	77.07	
1/2"	12.700	62.16	
3/8"	9.525	58.07	40 - 75
No 4	4.760	47.3	30 - 60
No 10	2.000	36.41	20 - 45
No 20	0.840	27.13	
No 40	0.420	22.86	15 - 30
No 50	0.300	20.45	
No 100	0.149	13.81	
No 200	0.074	7.22	5 - 15

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

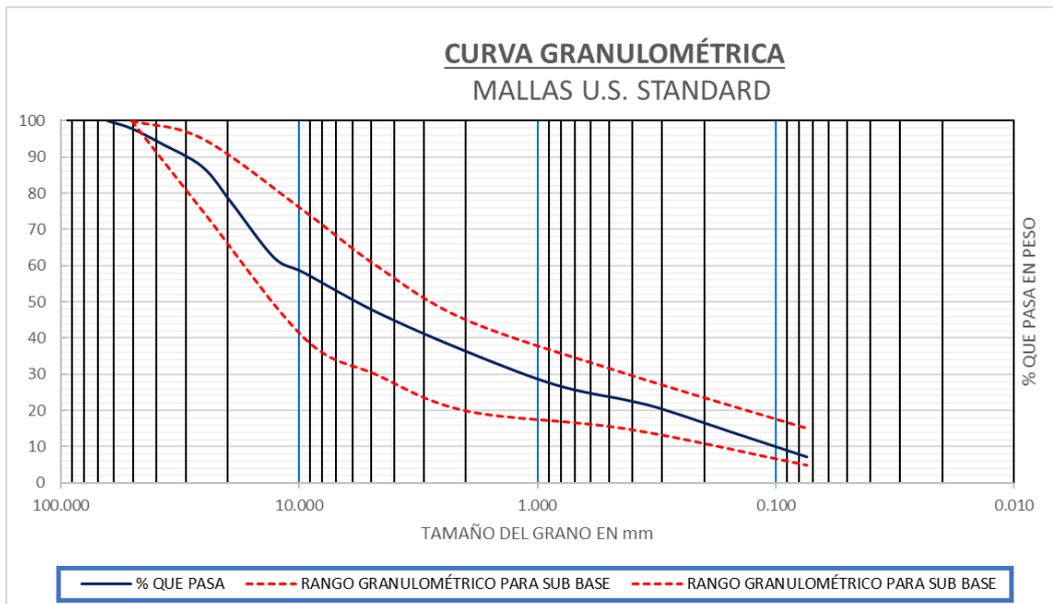


Figura 18. Análisis granulométrico por tamizado – sub base - muestra 02

Es posible observar que la granulometría de la sub base - muestra 02 se sale solo en un tamiz de los estándares establecidos ASTM D422 para la sub base de un pavimento.

Tabla 18: *Análisis granulométrico por tamizado - sub base - muestra 03*

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	% QUE PASA	REQUERIMIENTO GRANULOMÉTRICOS DE LA SUB BASE (ASTM D 1241)
2 1/2"	63.500	100	
2"	50.600	97.95	100
1 1/2"	38.100	93.86	
1"	25.400	87.28	75 - 95
3/4"	19.050	77.07	
1/2"	12.700	62.16	
3/8"	9.525	58.07	40 - 75
No 4	4.760	49.26	30 - 60
No 10	2.000	40.38	20 - 45
No 20	0.840	35.32	
No 40	0.420	32.41	15 - 30
No 50	0.300	29.9	
No 100	0.149	22.99	
No 200	0.074	16.13	5 - 15

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

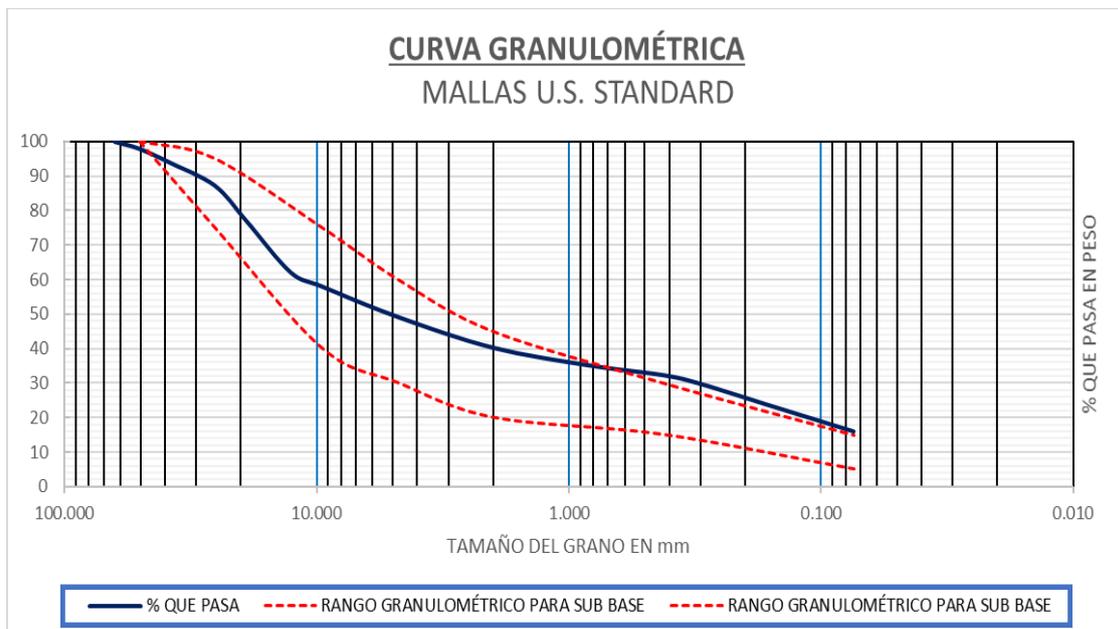


Figura 19. Análisis granulométrico por tamizado – sub base - muestra 03

Es posible observar que la granulometría de la sub base - muestra 03 se sale en una pequeña proporción de los estándares establecidos por el MTC 2013 para la sub base de un pavimento.

4.2.2 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Para este análisis se consideraron 2 muestras de suelos, de las cuales se pudieron obtener las siguientes curvas de compactación.

Tabla 19: *Ensayo de proctor modificado: sub base - muestra 01*

DENSIDAD DEL SUELO SECO	PROMEDIO DE HUMEDAD
1.954	5.09%
2.003	7.36%
1.997	9.38%
1.913	11.19%

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

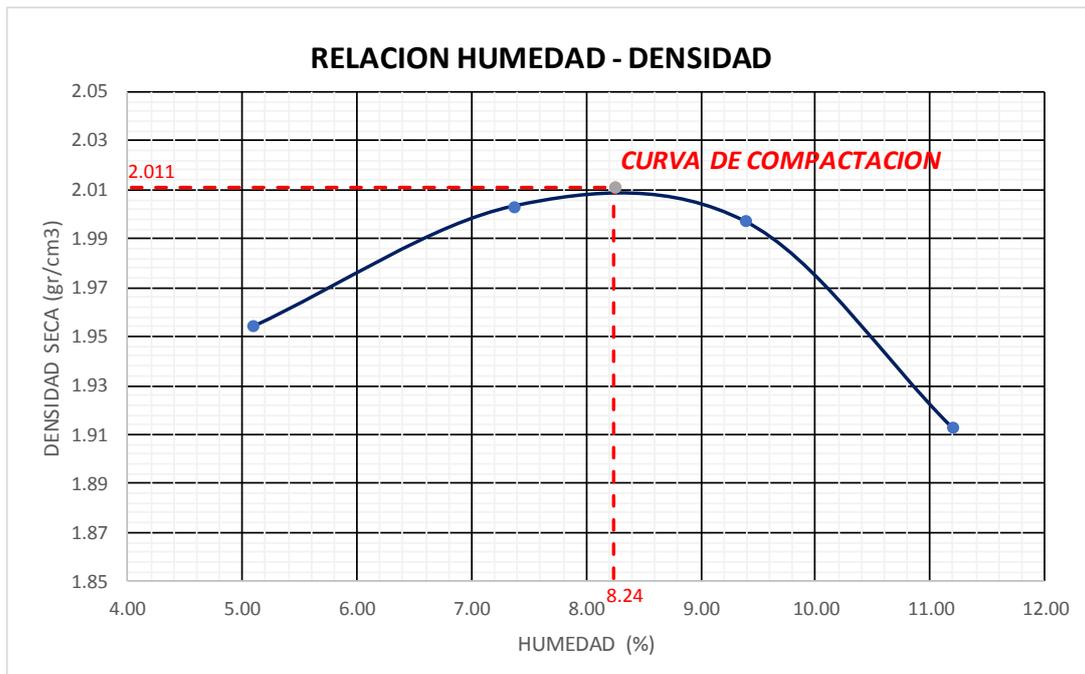


Figura 20. *Ensayo de proctor modificado: sub base - muestra 01*

En cuanto a la sub base - muestra 1 se obtuvo que la humedad óptima es de 8.24 %, para una máxima densidad seca de 2.011 gr/cm³, esto según el ensayo Proctor Modificado Método "C", según Norma ASTM D 1557.

Tabla 20: Ensayo de Próctor modificado: sub base - muestra 02

DENSIDAD DEL SUELO SECO	PROMEDIO DE HUMEDAD
2.062	3.73%
2.103	5.63%
2.097	8.03%
1.999	10.45%

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

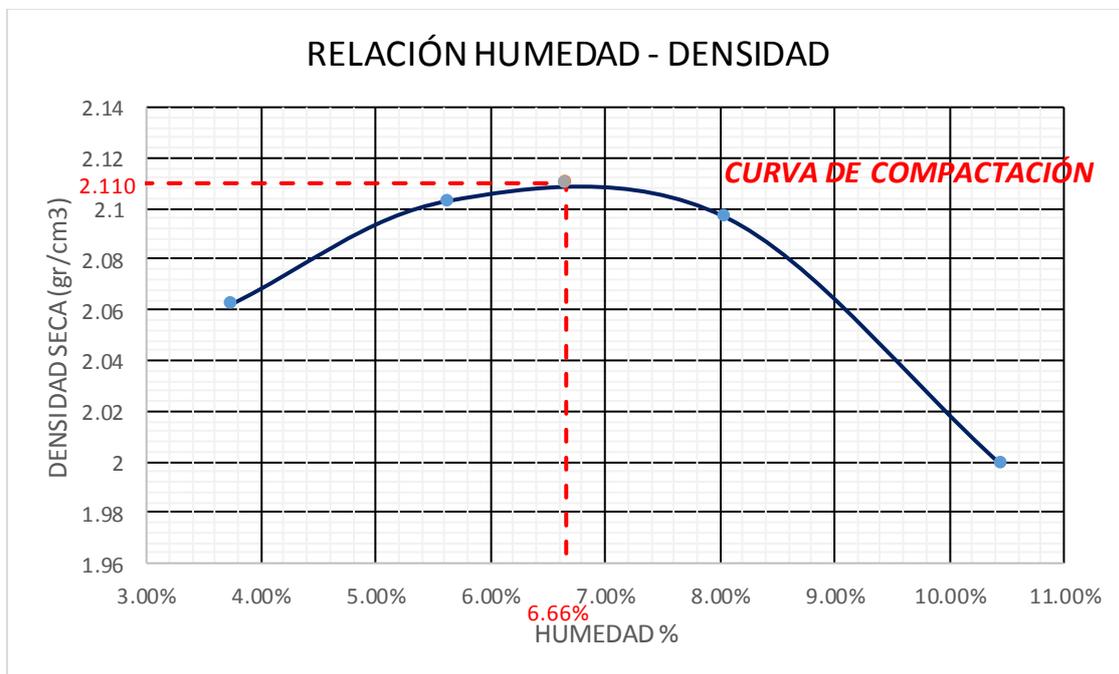


Figura 21. Ensayo de proctor modificado: sub base - muestra 02

En cuanto a la sub base - muestra 1 se obtuvo que la humedad óptima es de 6.66 % para una máxima densidad seca de 2.110 gr/cm³, esto según el ensayo Proctor Modificado Método "C", según Norma ASTM D 1557

4.2.3 LÍMITES DE CONSISTENCIA

Para este análisis se consideraron 3 muestras de suelos, de las cuales se pudieron obtener los siguientes resultados de porcentaje de humedad, índice plástico, límite plástico y límite líquido.

Tabla 21: *Sub base del pavimento - ensayo de contenido de humedad, índice plástico, límite plástico y límite líquido*

	M - 01	M - 02	M - 03
HUMEDAD %	4.25	4.25	4.25
ÍNDICE PLÁSTICO	3.85	2.15	3.92
LÍMITE PLÁSTICO	15.91	15.91	15.43
LÍMITE LÍQUIDO	19.76	18.07	19.35

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, los índices plásticos serían

Tabla 22: *Requerimientos del índice plástico de la sub base del pavimento*

	ÍNDICE PLÁSTICO %	REQUERIMIENTO >= 3000 msnm (% max.)	
MUESTRA 1	3.85%	4.00%	SI CUMPLE
MUESTRA 2	2.15%	4.00%	SI CUMPLE
MUESTRA 3	3.92%	4.00%	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Según la figura 22, se observa que las muestras 1, 2 y 3 de la base de pavimento se encuentran entre el rango de suelo poco arcilloso y suelo exentos de arcilla de acuerdo a la norma MTC 2000.

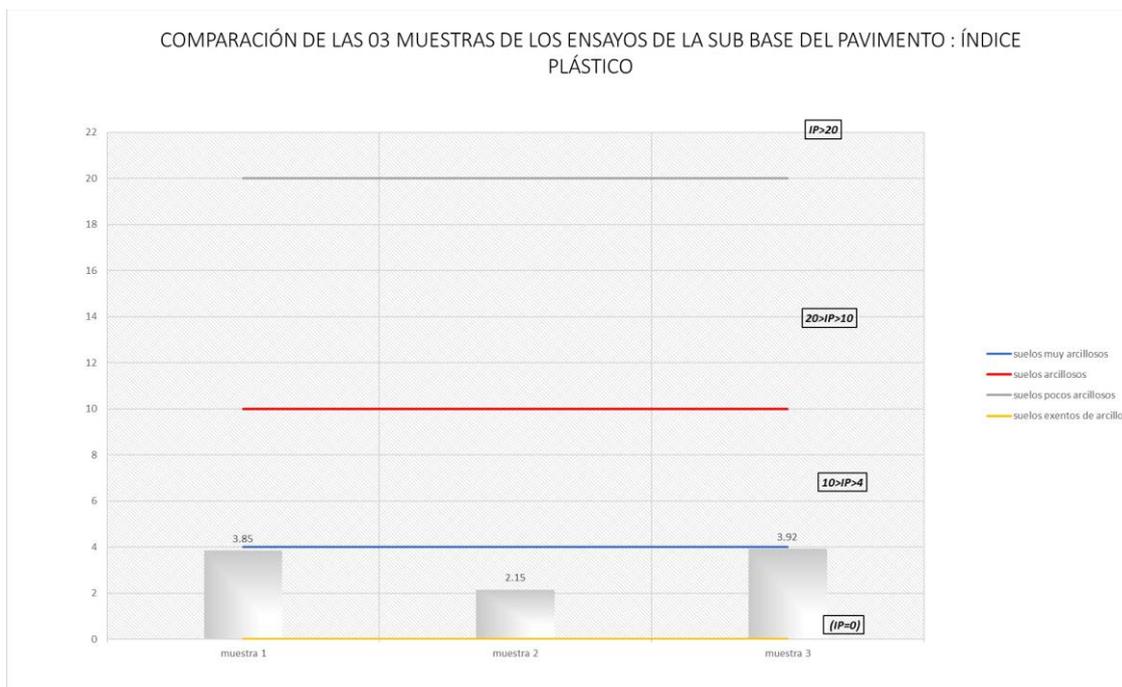


Figura 22. Comparación de los resultados de los índices plásticos

4.2.4 ENSAYO DE CBR

Para este análisis se consideraron 2 muestras de suelos, de las cuales se pudieron obtener los siguientes datos.

MUESTRA 01

Tabla 23: Ensayo de CBR: sub base – muestra 01

Penetración (mm)	12 GOLPES	Penetración (mm)	25 GOLPES	Penetración (mm)	56 GOLPES
	Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	3.00	0.63	4.90	0.63	8.80
1.27	6.00	1.27	9.90	1.27	17.40
1.91	10.90	1.91	17.40	1.91	28.70
2.54	17.40	2.54	28.10	2.54	46.30
3.81	27.00	3.81	50.60	3.81	77.40
5.09	37.50	5.09	75.30	5.09	94.40
6.35	44.20	6.35	90.30	6.35	115.00
7.62	48.90	7.62	100.00	7.62	128.90
8.84	53.00	8.84	106.60	8.84	138.40
10.16	56.00	10.16	112.20	10.16	145.20

Fuente: Elaboración Propia

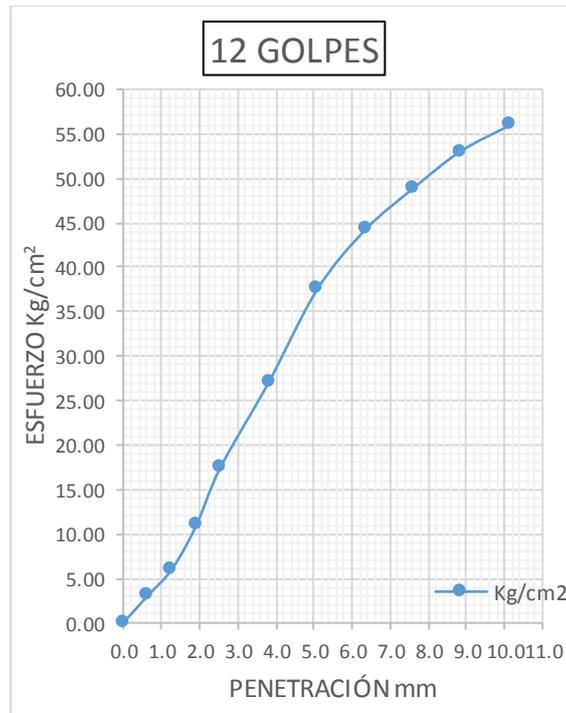


Figura 23. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la sub base muestra 01

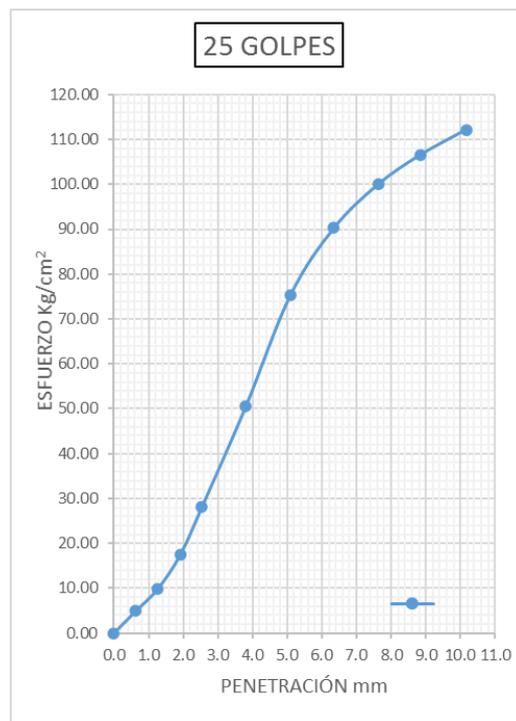


Figura 24. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la sub base muestra 01

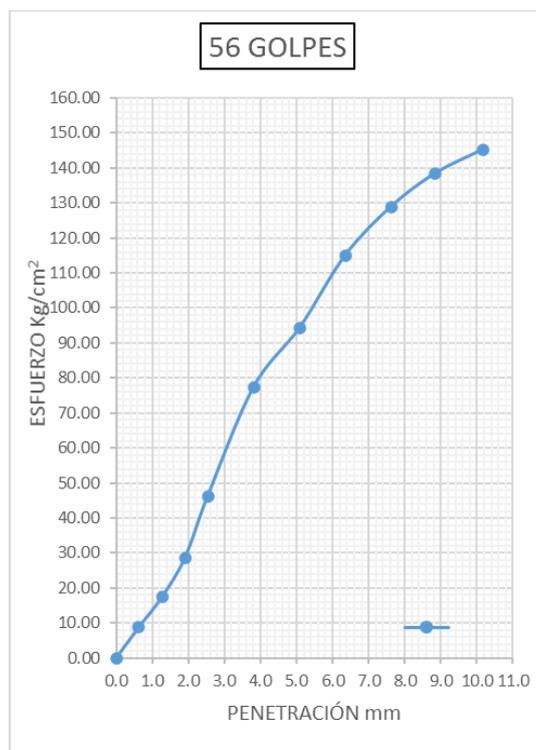


Figura 25. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la sub base muestra 01

Además de la curva de compactación:

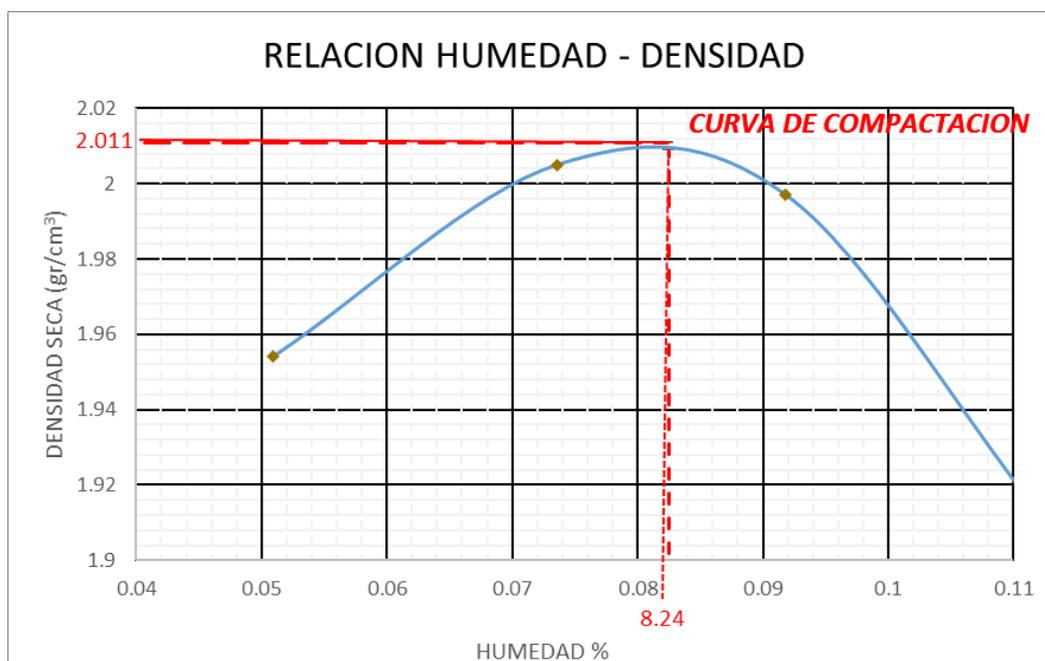


Figura 26. Curva de compactación de la sub base muestra 01

A partir de los resultados, es posible observar que el valor del CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca de la muestra 01 es 67% y lo requerido según la norma MTC 2013 es un mínimo de 40%, lo que significa que cumple con lo establecido según normativa.

MUESTRA 02

Tabla 24: *Ensayo de CBR: sub base - muestra 02*

Penetración (mm)	12 GOLPES	Penetración (mm)	25 GOLPES	Penetración (mm)	56 GOLPES
	Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	1.30	0.63	7.50	0.63	16.30
1.27	3.25	1.27	12.90	1.27	25.90
1.91	9.40	1.91	18.90	1.91	37.10
2.54	12.60	2.54	23.20	2.54	44.40
3.81	16.70	3.81	30.70	3.81	58.30
5.09	21.40	5.09	38.40	5.09	68.40
6.35	24.70	6.35	44.80	6.35	74.20
7.62	28.10	7.62	49.50	7.62	79.60
8.84	30.00	8.84	53.40	8.84	83.70
10.16	31.50	10.16	55.60	10.16	86.00

Fuente: Elaboración Propia

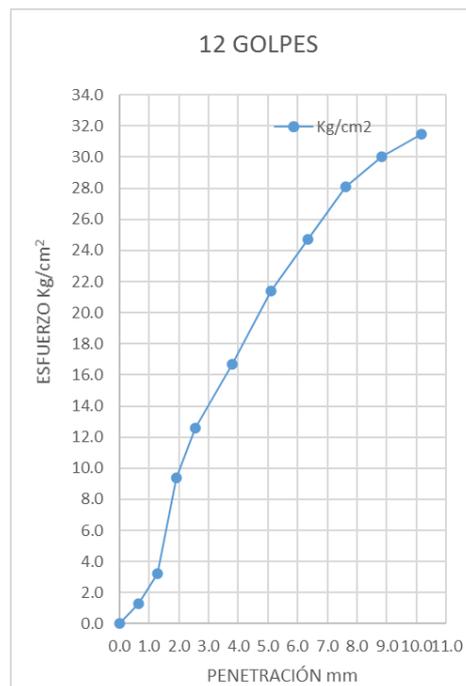


Figura 27. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la sub base muestra 02

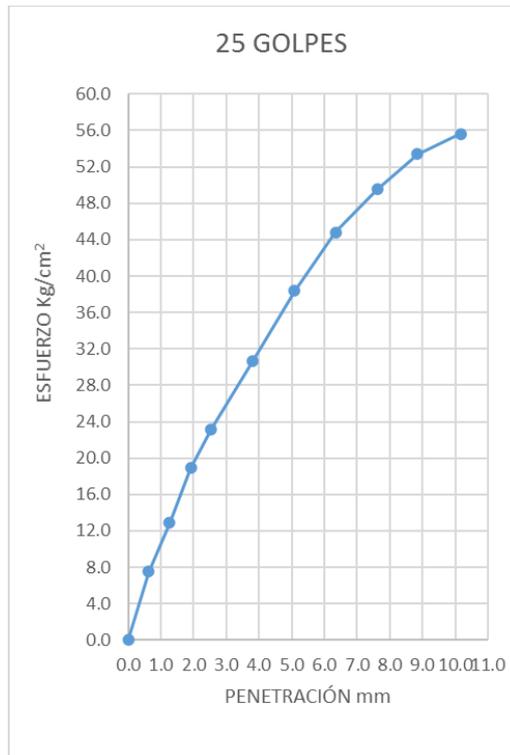


Figura 28. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la sub base muestra 02

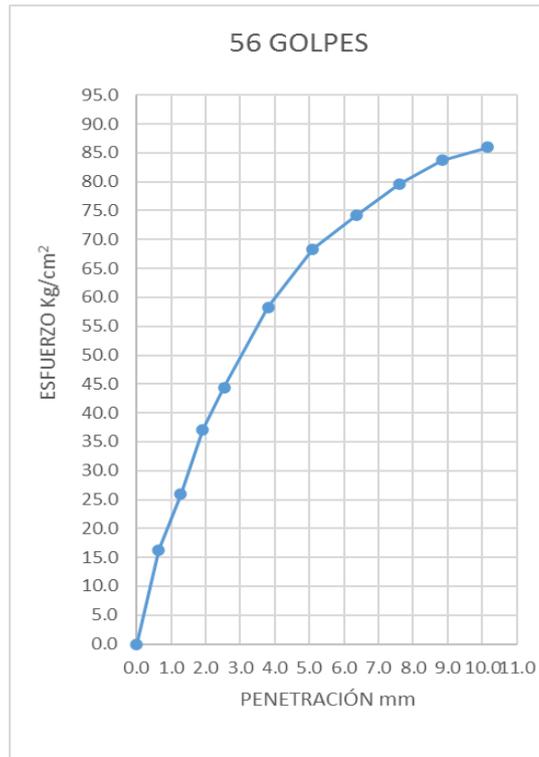


Figura 29. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la sub base muestra 02

Además de la curva de compactación:

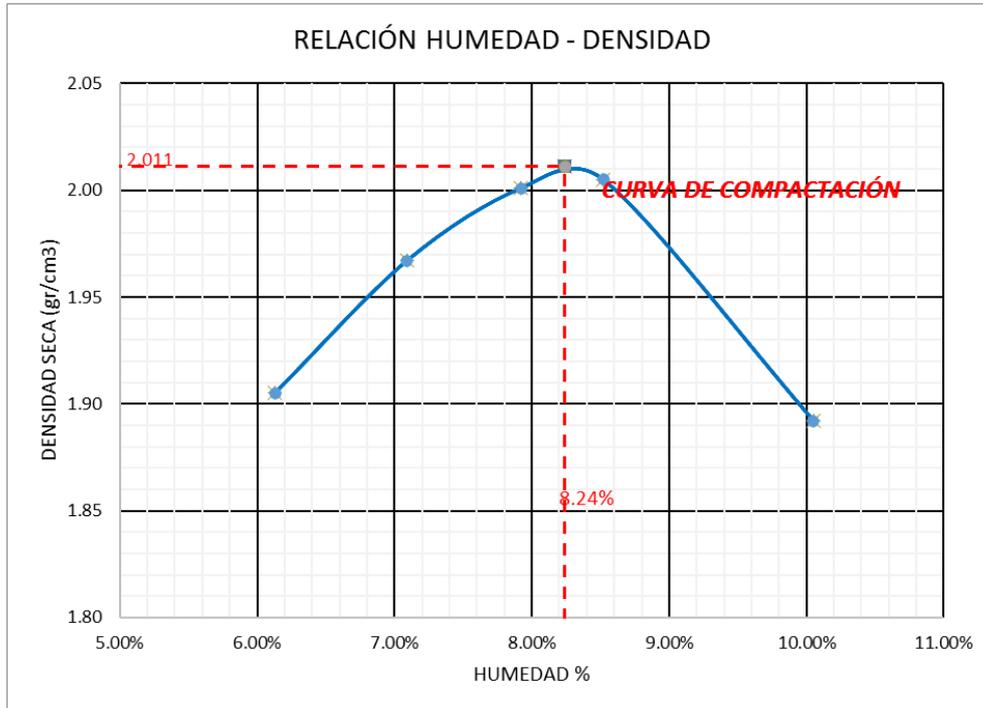


Figura 30. Curva de compactación de la sub base muestra 02

Según los datos resultantes, es posible observar que el valor del CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca de la muestra 02 es 63.6% y lo requerido según la norma MTC 2013 es un mínimo de 40%, lo que significa que cumple con lo establecido según normativa.

4.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA BASE DEL ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MÁRTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA

Después de realizar los diferentes ensayos de laboratorio para la caracterización estructural de los suelos que componen la capa de base, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.3.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Para este análisis se consideraron 3 muestras de suelos, de las cuales se pudieron obtener las siguientes curvas granulométricas:

Tabla 25: Análisis granulométrico por tamizado - base - muestra 01

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	% QUE PASA	REQUERIMIENTO GRANULOMÉTRICOS DE LA BASE (ASTM D 1241)
2"	50.600	0	100
1 1/2"	38.100	100	
1"	25.400	85.37	
3/4"	19.050	73.5	
1/2"	12.700	59.32	
3/8"	9.525	47.28	30 - 65
No 4	4.760	33.42	25 - 55
No 10	2.000	26.73	15 - 40
No 20	0.840	19.04	
No 40	0.420	13.68	08 - 20
No 50	0.300	8.32	
No 100	0.149	4.43	
No 200	0.074	2.96	02 - 08

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

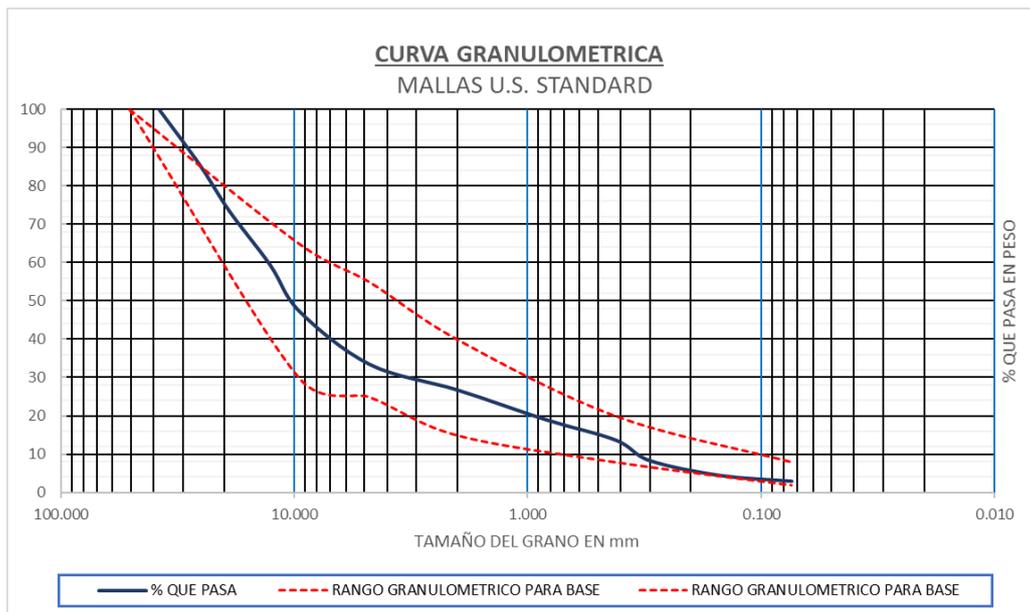


Figura 31. Análisis granulométrico por tamizado –base - muestra 01

Es posible observar que la granulometría de la sub base - muestra 01 se sale mínimamente de los estándares establecidos MTC 2013 para la base de un pavimento.

Tabla 26: Análisis granulométrico por tamizado - base - muestra 02

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	% QUE PASA	REQUERIMIENTO GRANULOMÉTRICOS DE LA BASE (ASTM D 1241)
2"	50.600	0	100
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	85.74	
3/4"	19.050	73.87	
1/2"	12.700	62.49	
3/8"	9.525	53.88	30 - 65
No 4	4.760	40.02	25 - 55
No 10	2.000	33.57	15 - 40
No 20	0.840	25.61	
No 40	0.420	19.19	08 - 20
No 50	0.300	12.76	
No 100	0.149	8.10	
No 200	0.074	6.35	02 - 08

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

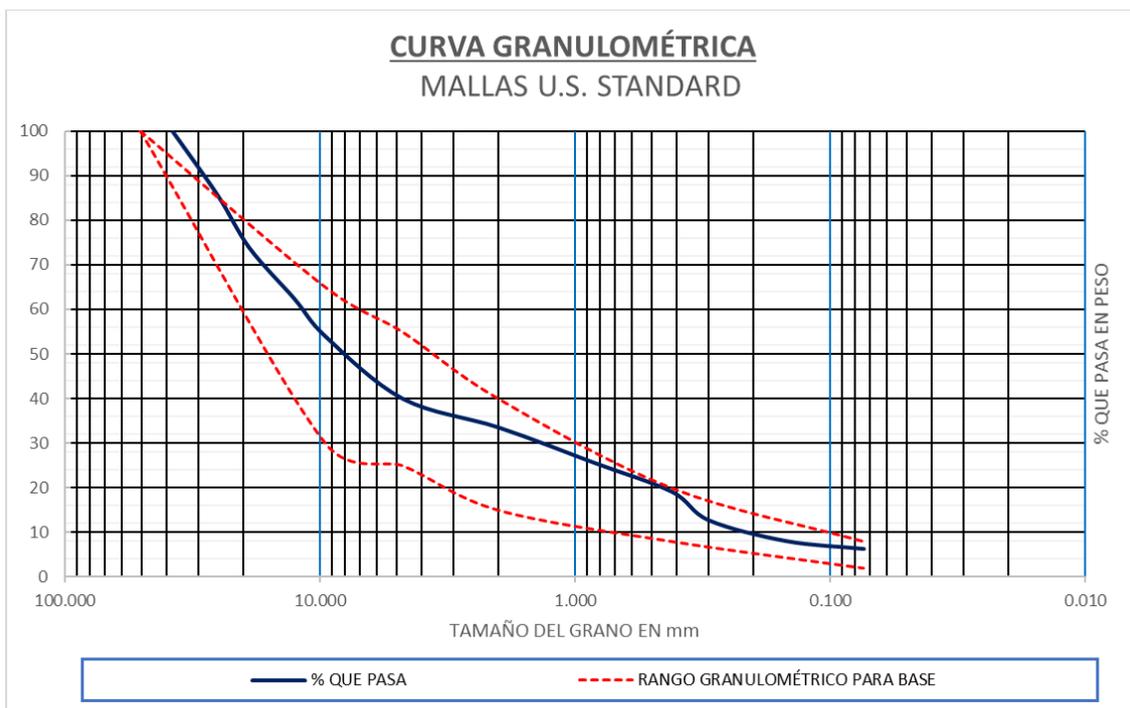


Figura 32. Análisis granulométrico por tamizado –base - muestra 02

Es posible observar que la granulometría de la sub base – muestra 02 se sale mínimamente de los estándares establecidos ASTM D422 para la base de un pavimento.

Tabla 27: Análisis granulométrico por tamizado - base - muestra 03

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	% QUE PASA	REQUERIMIENTO GRANULOMÉTRICOS DE LA BASE (ASTM D 1241)
2"	50.600		100
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	82.42	
3/4"	19.050	70.55	
1/2"	12.700	57.50	
3/8"	9.525	45.45	30 - 65
No 4	4.760	33.67	25 - 55
No 10	2.000	26.94	15 - 40
No 20	0.840	19.37	
No 40	0.420	14.10	08 - 20
No 50	0.300	8.70	
No 100	0.149	4.91	
No 200	0.074	4.10	02 - 08

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

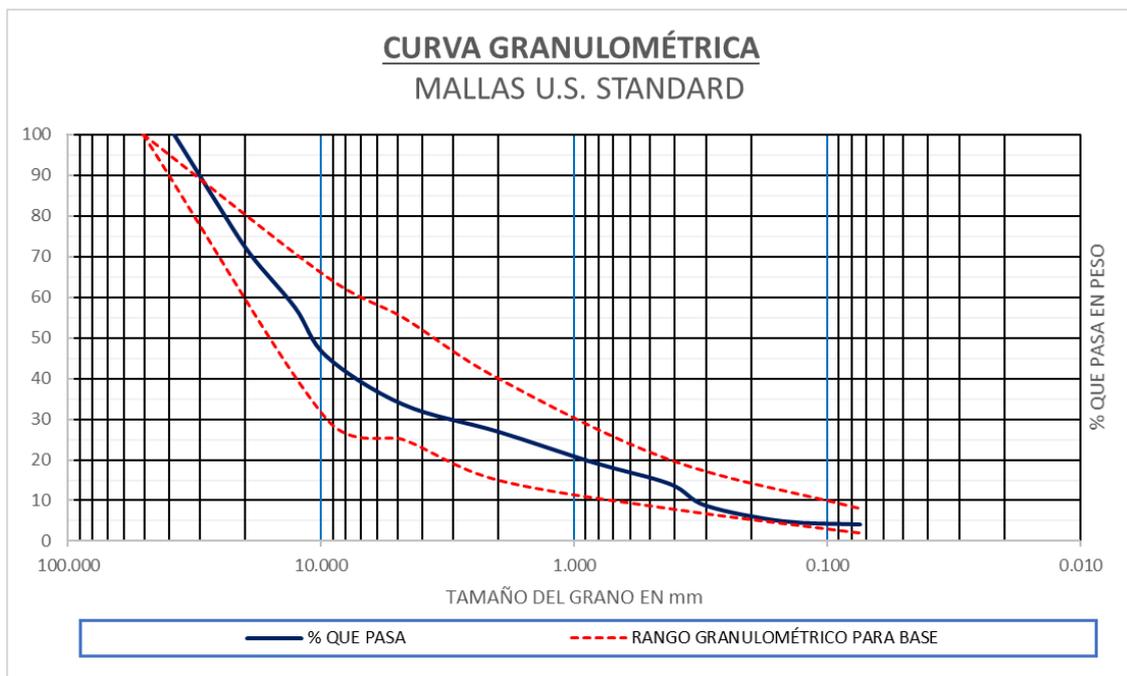


Figura 33. Análisis granulométrico por tamizado –base - muestra 03

Es posible observar que la granulometría de la sub base - muestra 03 se sale mínimamente de los estándares establecidos MTC 2013 para la base de un pavimento.

4.3.2 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Para este análisis se consideraron 3 muestras de suelos, de las cuales se pudieron obtener las siguientes curvas de compactación.

Tabla 28: *Ensayo de proctor modificado: base - muestra 01*

DENSIDAD DEL SUELO SECO	PROMEDIO DE HUMEDAD
2.083	4.07%
2.137	5.89%
2.122	7.66%
2.013	9.74%

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

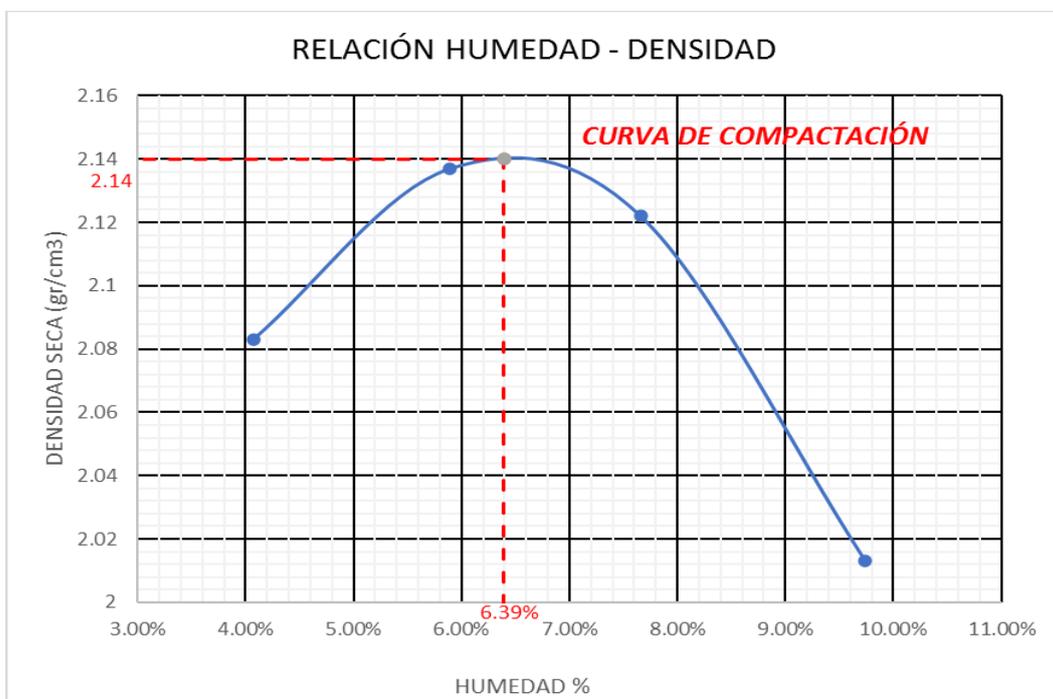


Figura 34. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 01

En cuanto a la base - muestra 1 se obtuvo que la humedad óptima es de 6.39%, para una máxima densidad seca de 2.14 gr/cm³, esto según el ensayo Proctor Modificado Método "C", según Norma ASTM D 1557.

Tabla 29: Ensayo de proctor modificado: base – muestra 02

DENSIDAD DEL SUELO SECO	PROMEDIO DE HUMEDAD
2.011	4.80%
2.101	6.22%
2.084	8.66%
1.958	10.62%

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

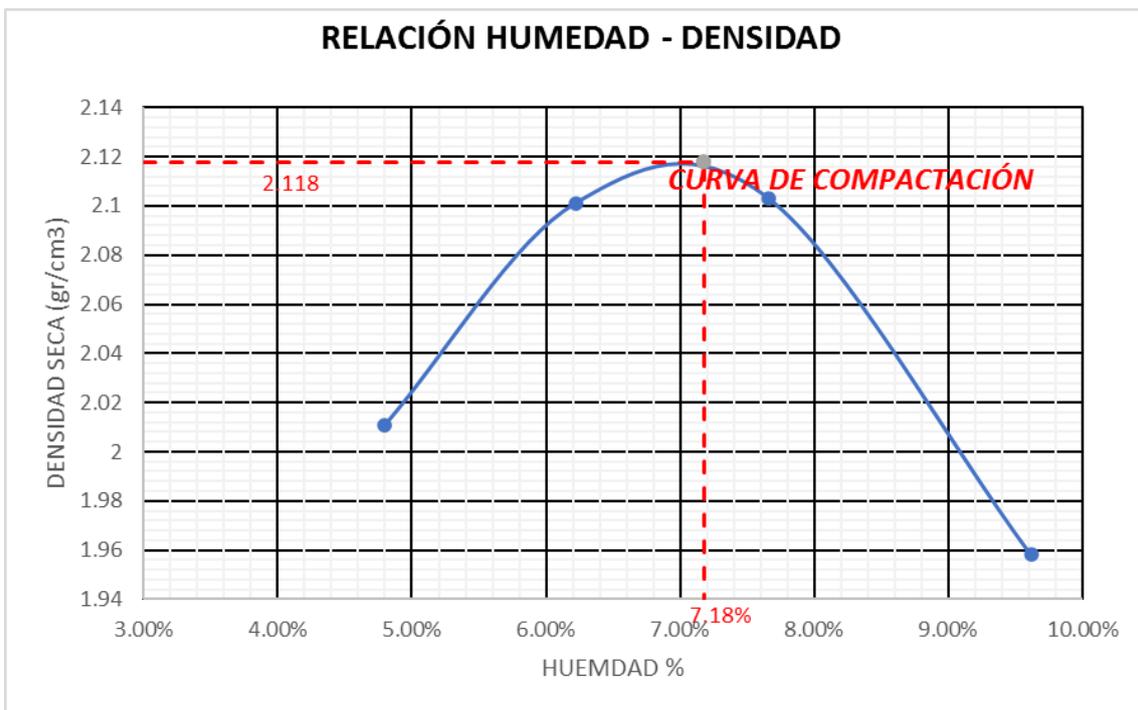


Figura 35. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 02

En cuanto a la base – muestra 2 se obtuvo que la humedad óptima es de 7.18%, para una máxima densidad seca de 2.118 gr/cm³, esto según el ensayo Proctor Modificado Método "C", según Norma ASTM D 1557.

Tabla 30: Ensayo de proctor modificado: base - muestra 03

DENSIDAD DEL SUELO SECO	PROMEDIO DE HUMEDAD
1.954	5.09%
2.003	7.36%
1.997	9.38%
1.913	11.19%

Fuente: Elaboración Propia

Y de manera gráfica:

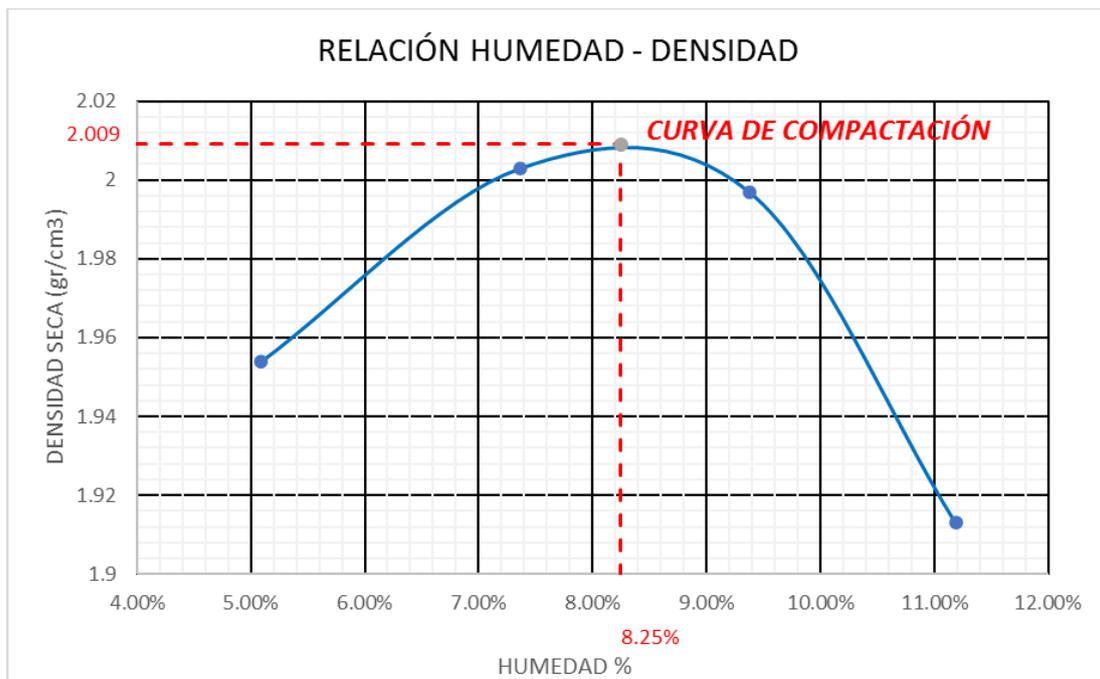


Figura 36. Ensayo de proctor modificado: base - muestra 03

En cuanto a la base - muestra 3 se obtuvo que la humedad óptima es de 8.25%, para una máxima densidad seca de 2.009 gr/cm³, esto según el ensayo Proctor Modificado Método "C", según Norma ASTM D 1557.

4.3.3 LÍMITES DE CONSISTENCIA

Para este análisis se consideraron 3 muestras de suelos, de las cuales se pudieron obtener los siguientes resultados de porcentaje de humedad, índice plástico, límite plástico y límite líquido.

Tabla 31: Base del pavimento - ensayo de contenido de humedad, índice plástico, límite plástico y límite líquido

	M - 01	M - 02	M - 03
HUMEDAD %	3.47	3.47	3.47
ÍNDICE PLÁSTICO	1.98	1.91	1.86
LÍMITE PLÁSTICO	21.4	21.4	21.26
LÍMITE LÍQUIDO	23.38	23.31	23.12

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, los índices plásticos serían

Tabla 32: Requerimientos del índice plástico de la base del pavimento

	ÍNDICE PLÁSTICO %	REQUERIMIENTO \geq 3000 msnm (% min.)	
MUESTRA 1	1.98%	2.00%	NO CUMPLE
MUESTRA 2	1.91%	2.00%	NO CUMPLE
MUESTRA 3	1.86%	2.00%	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

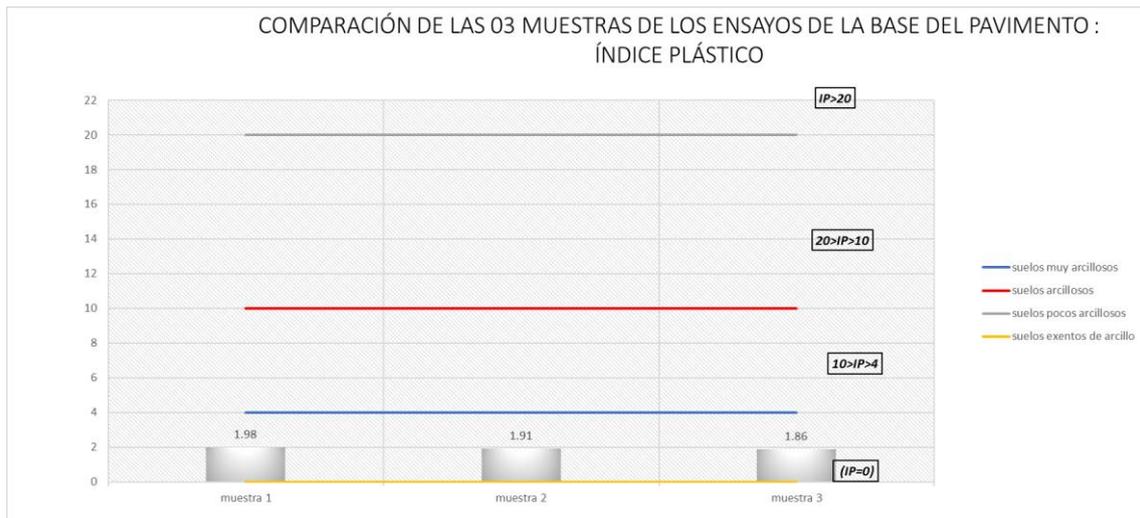


Figura 37. Comparación de los resultados de los índices plásticos

Según el gráfico, se observa que las muestras 1, 2 y 3 de la base de pavimento se encuentran entre el rango de suelo poco arcilloso y suelo exento de arcilla de acuerdo a la norma MTC 2000.

4.3.4 ENSAYO DE CBR

Para este análisis se consideraron 3 muestras de suelos, de las cuales se pudieron obtener los siguientes gráficos.

MUESTRA 01

Tabla 33: *Ensayo de CBR: base - muestra 01*

Penetración (mm)	12 GOLPES	Penetración (mm)	25 GOLPES	Penetración (mm)	56 GOLPES
	Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²
0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.63	2.7	0.63	4.5	0.63	8.8
1.27	5.2	1.27	8.9	1.27	17.1
1.91	9.6	1.91	16.5	1.91	25.4
2.54	16.3	2.54	29.5	2.54	47.9
3.81	26.3	3.81	51.3	3.81	77.1
5.09	39.4	5.09	76.7	5.09	95.5
6.35	44.6	6.35	91.5	6.35	114.3
7.62	50	7.62	101.6	7.62	127.3
8.84	52.1	8.84	104.9	8.84	137.2
10.16	55.3	10.16	111.8	10.16	144.8

Fuente: Elaboración Propia

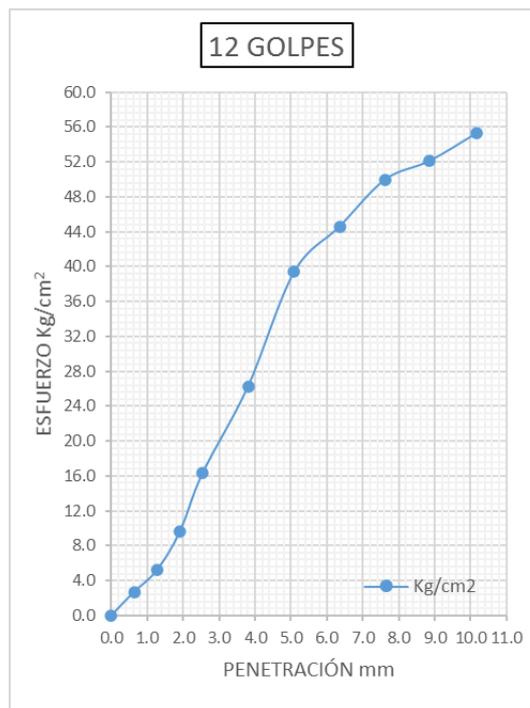


Figura 38. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la base muestra 01

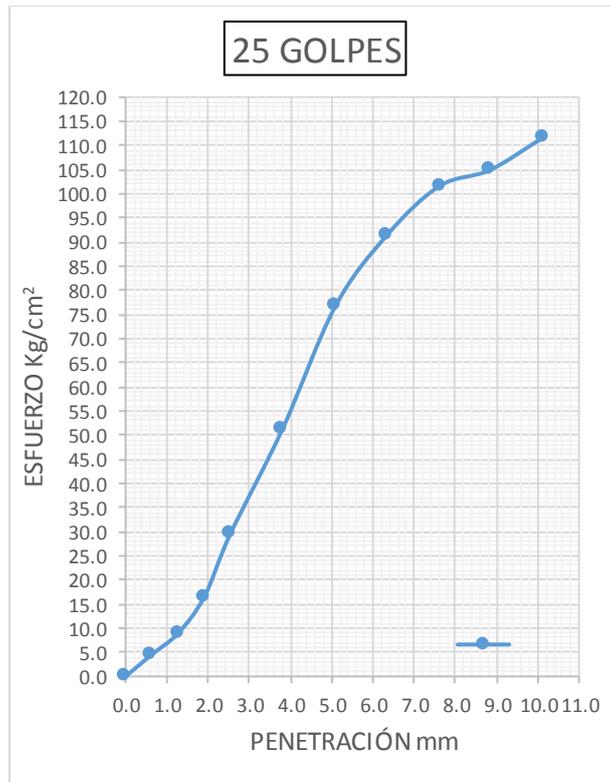


Figura 39. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la base muestra 01

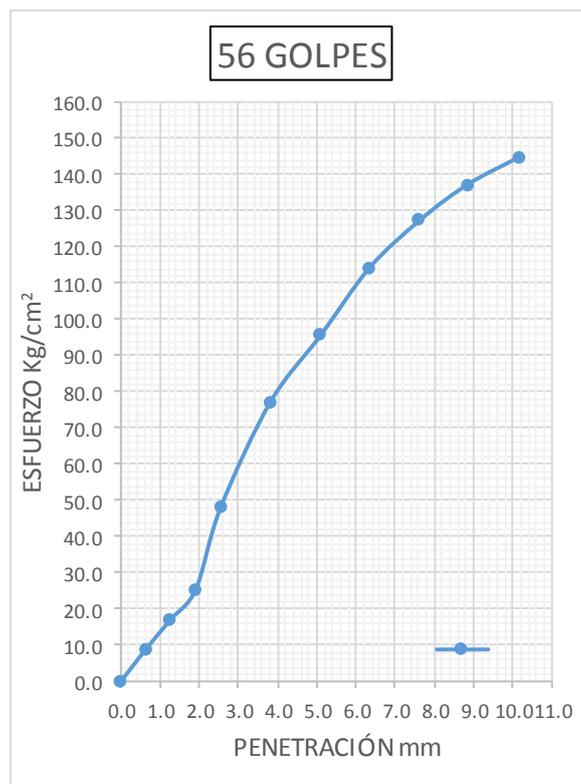


Figura 40. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la base muestra 01

Además de la curva de compactación:

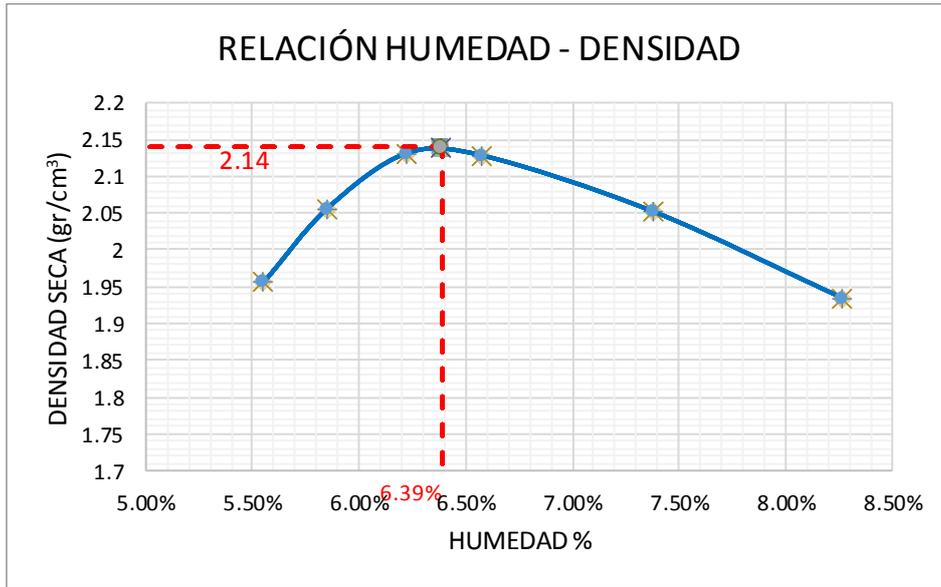


Figura 41. Curva de compactación de la base muestra 01

A partir de los datos resultantes, es posible observar que el valor del CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca de la muestra 01 es 90 % y lo requerido según la norma MTC 2013 es un mínimo de 100%, lo que significa que no cumple con lo establecido según normativa.

MUESTRA 02

Tabla 34: Ensayo de CBR: base - muestra 02

Penetración (mm)	12 GOLPES	Penetración (mm)	25 GOLPES	Penetración (mm)	56 GOLPES
	Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²
0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.63	3	0.63	6.6	0.63	10.3
1.27	9.6	1.27	15.9	1.27	25.1
1.91	16.1	1.91	27.4	1.91	35.8
2.54	20.2	2.54	38.4	2.54	51
3.81	28.7	3.81	54.7	3.81	72.7
5.09	33.7	5.09	65.4	5.09	94.4
6.35	37.7	6.35	76.4	6.35	113.3
7.62	40.5	7.62	80.4	7.62	131.5
8.84	43.3	8.84	89.4	8.84	146.7
10.16	45	10.16	93.7	10.16	156.2

Fuente: Elaboración Propia

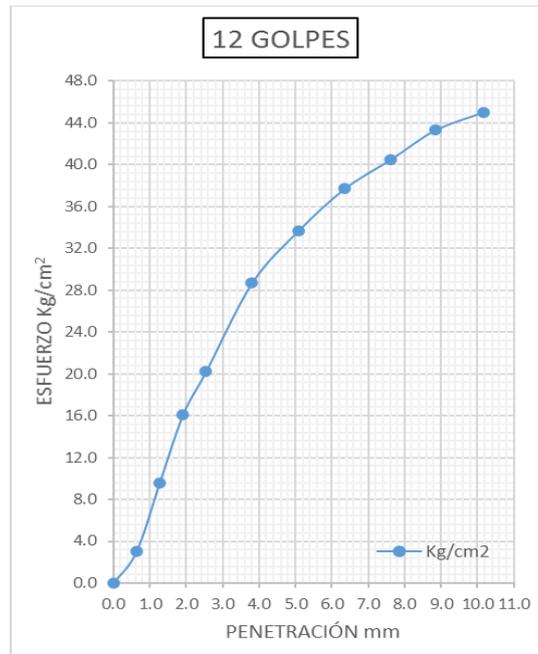


Figura 42. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la base muestra 02

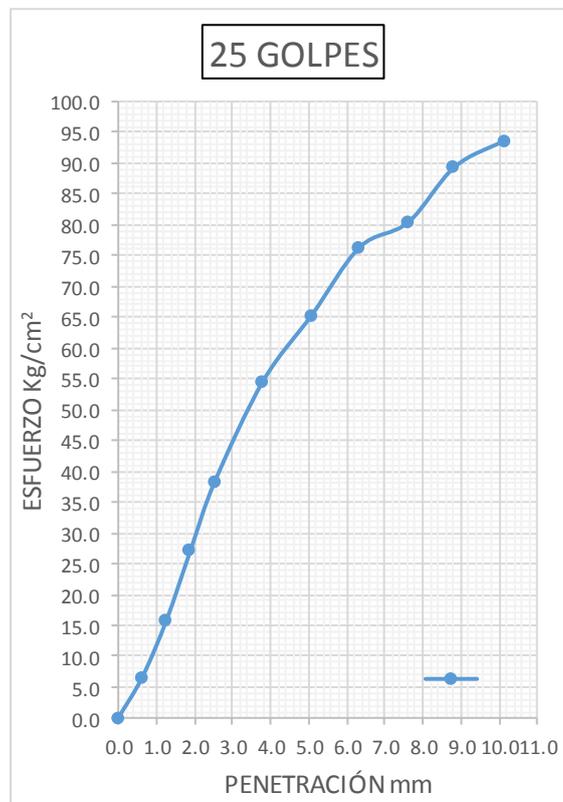


Figura 43. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la base muestra 02

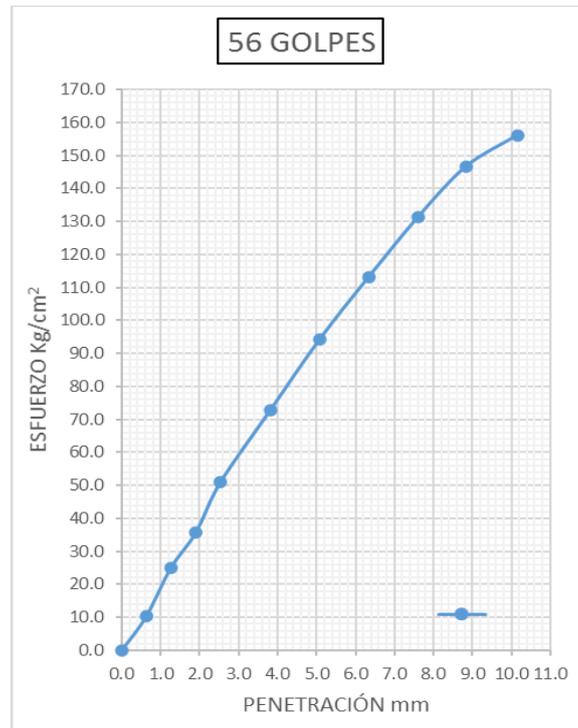


Figura 44. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la base muestra 02

Además de la curva de compactación:

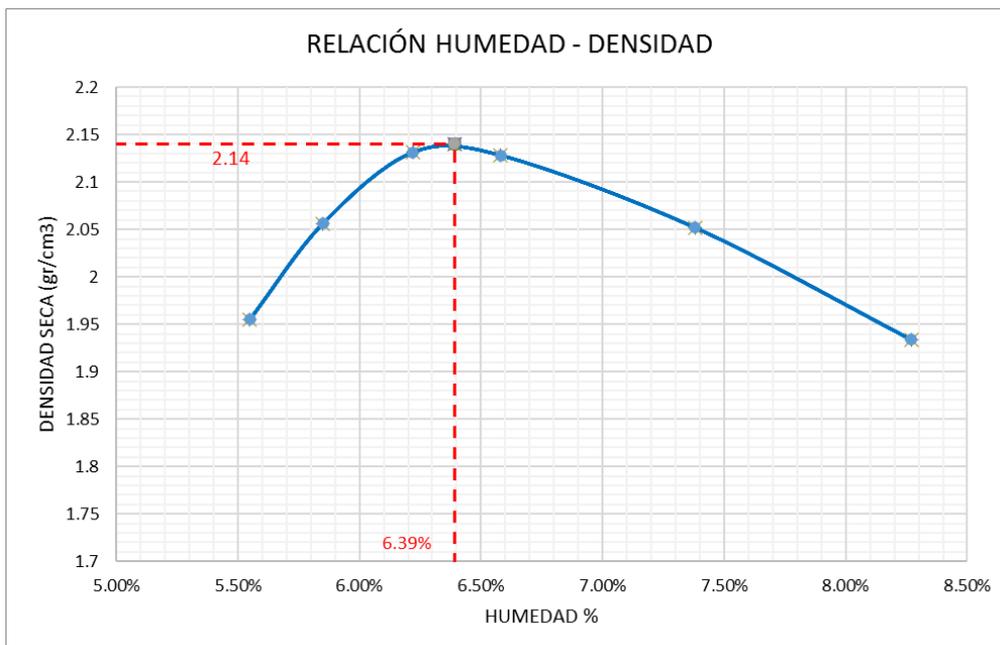


Figura 45. Curva de compactación de la base muestra 02

A partir de los resultados obtenidos, es posible observar que el valor del CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca de la muestra 02 es 92.6 % y lo requerido según la norma MTC 2013 es un mínimo de 100%, lo que significa que no cumple con lo establecido según normativa.

MUESTRA 03

Tabla 35: Ensayo de CBR: base – muestra 03

Penetración (mm)	12 GOLPES	Penetración (mm)	25 GOLPES	Penetración (mm)	56 GOLPES
	Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²
0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.63	3	0.63	5	0.63	8.6
1.27	6	1.27	10.2	1.27	16.5
1.91	11.9	1.91	16.1	1.91	27.7
2.54	17.2	2.54	27.9	2.54	45.1
3.81	26.5	3.81	50.4	3.81	76.9
5.09	37.1	5.09	75.3	5.09	96.7
6.35	42.9	6.35	90.1	6.35	115.7
7.62	50.1	7.62	99.9	7.62	130.4
8.84	52.7	8.84	106	8.84	140.9
10.16	55.4	10.16	111.4	10.16	150.8

Fuente: Elaboración Propia

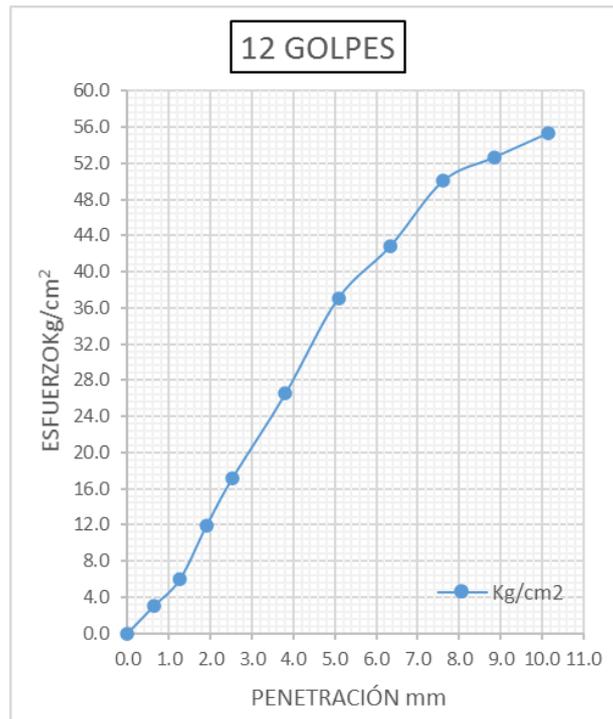


Figura 46. Relación esfuerzo - penetración con 12 golpes de la base muestra 03

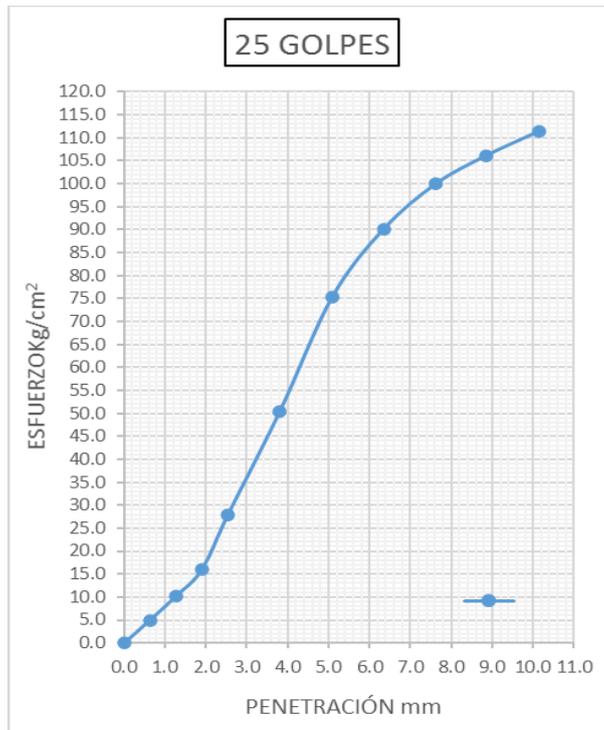


Figura 47. Relación esfuerzo - penetración con 25 golpes de la base muestra 03

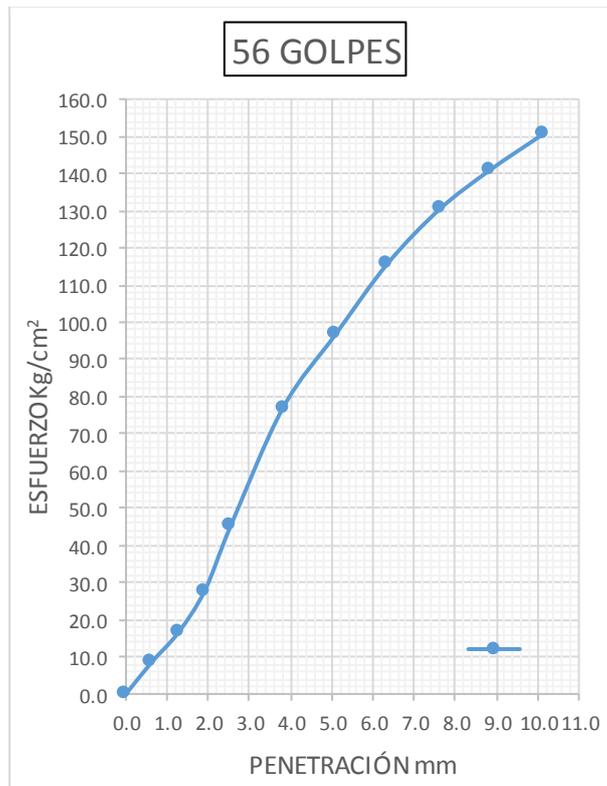


Figura 48. Relación esfuerzo - penetración con 56 golpes de la base muestra 03

Además de la curva de compactación:

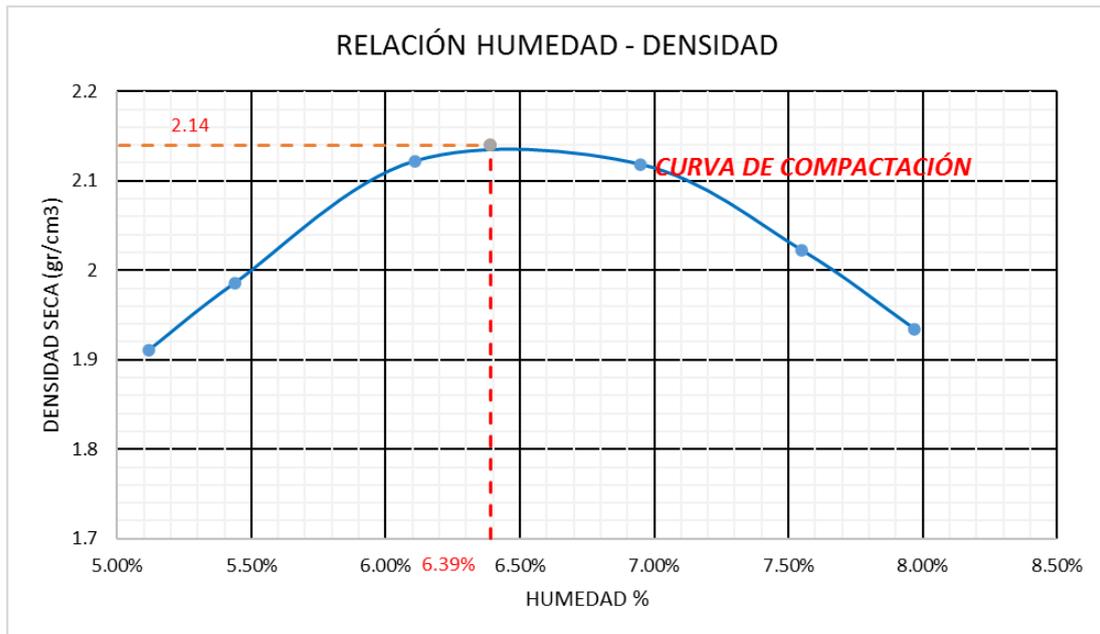


Figura 49. Curva de compactación de la base muestra 03

A partir de los datos resultantes, es posible observar que el valor del CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca de la muestra 03 es 93.1 % y lo requerido según la norma MTC 2013 un mínimo de 100%, lo que significa que no cumple con lo establecido según normativa.

V. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos de la deflectometría del pavimento flexible, es posible señalar que, en el eje de la vía, el lado izquierdo y el lado derecho se presentan deflexiones de TIPO II. Este tipo de deflexión indica que se tiene un comportamiento estructural malo de la subrasante y un comportamiento estructural bueno del pavimento, por lo que se puede deducir que este pavimento presenta un deterioro regular en sus capas, mientras que, los materiales de la subrasante no cumplen con la calidad solicitada.

Tabla 36: Interpretación de los resultados de la deflectometría del tramo en estudio - Sub rasante

PROGRESIVA (Km)	DEFLEXIONES CORREGIDAS (Do)	DEFLEXIONES ADMISIBLE (0.01 mm)	CONDICIÓN DE LA SUB RASANTE	INTERPRETACIÓN
0+000	59	80	BUENO	La deflexión en la progresiva(km) 0+000es 59 y como no sobrepasa la deflexión admisible de $80 \text{ mm} \times 10^{-2}$, SI CUMPLE con la deflectometría permitida, por lo tanto, es considerado como BUENO.
0+020	83	80	MALO	La deflexión en la progresiva(km) 0+020es 83 y como sobrepasa la deflexión admisible de $80 \text{ mm} \times 10^{-2}$, NO CUMPLE con la deflectometría permitida, por lo tanto, es considerado como MALO.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37: Interpretación de los resultados del radio de curvatura del tramo en estudio - Pavimento

PROGRESIVA (Km)	RADIO DE CURVATURA (m)	RADIO DE CURVATURA MINIMO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	INTERPRETACIÓN
0+140	109	100	BUENO	El radio de curvatura en la progresiva(km) 0+140 es de 109 y como sobrepasa el radio de curvatura mínimo de 100, SI CUMPLE con lo permitido, por lo tanto, es considerado como BUENO.
0+160	89	100	MALO	El radio de curvatura en la progresiva(km) 0+160 es de 89 y como no sobrepasa el radio de curvatura mínimo de 100, NO CUMPLE con lo permitido, por lo tanto, es considerado como MALO.

Fuente: Elaboración Propia

Otros resultados comparables, de otras investigaciones reportan sobre la deflectometría del pavimento:

- Fernández (2020) refiere que en la carretera Cajamarca-Celedin-Balsas, tramo Chaquilpampa-Santa Rosa de Chaquil, se tiene una deflectometría de TIPO II.
- Carahuatay (2015) señala que en la carretera San Miguel-Pablo, tramo San Miguel-Sunuden, se tiene una deflectometría de TIPO IV.

En cuanto a las propiedades de la sub base, la granulometría se sale mínimamente de los estándares de la ASTM D422 para sub base, la máxima densidad seca de 2.05 gr/cm^3 , un índice plástico promedio de 3.31% y un CBR al 100% promedio de 65.3%.

En comparación con los resultados de otras investigaciones sobre la granulometría, máxima densidad seca, índice plástico y el porcentaje de CBR:

- Diaz (2017) refiere que, en el perímetro de la universidad de San Carlos de Guatemala, la granulometría se sale de los estándares de la ASTM D422 para sub base en un 80%, la máxima densidad seca de 1.86 gr/cm^3 , un límite líquido promedio mayor a 25%, por lo que no cumple con los requerimientos establecidos para calcular un índice plástico, y un CBR al 100% promedio de 39.66%.
- Hurtado (2016) señala que, en la Avenida Abdon Calderón, Parroquia Conocoto, cantón Quito, la granulometría cumple en un 95% con los estándares de la ASTM D422 para sub base, un índice plástico considerado como no plástico al ser menor al 4%, y un CBR al 100% promedio de 99.2%.

En cuanto a las propiedades de la base, la granulometría se sale mínimamente de los estándares de la ASTM D422 para base, la máxima densidad seca de 2.089 gr/cm^3 , un índice plástico promedio de 1.92% y un CBR al 100% promedio de 91.9%.

En comparación con los resultados de otras investigaciones sobre la granulometría, máxima densidad seca, índice plástico y el porcentaje de CBR:

- Diaz (2017) refiere que, en el perímetro de la universidad de San Carlos de Guatemala, la granulometría se sale de los estándares de la ASTM D422 para base en un 85%, la máxima densidad seca de 1.64 gr/cm^3 , un índice plástico promedio mayor a 6%, por lo que no cumple con los requerimientos establecidos, y un CBR al 100% promedio de 35.67%.
- Borja (2014) aduce que, en la carretera Cañete – Lunahuaná, la granulometría cumple en su totalidad con los estándares de la ASTM D422 para base, un índice plástico considerado como no plástico al ser menor al 4%, y un CBR al 100% promedio de 128.7%.

VI. CONCLUSIONES

1. La deflexión del pavimento es de tipo II. Este tipo de deflexión indica que se tiene un comportamiento estructural malo de la subrasante y un comportamiento estructural bueno del pavimento, por lo que se puede deducir que este pavimento presenta un deterioro regular en sus capas, mientras que, los materiales de la subrasante no cumplen con la calidad solicitada.
2. En las propiedades de la sub base, la granulometría se sale mínimamente de los estándares de la ASTM D422 para sub base, la máxima densidad seca de 2.05 gr/cm^3 , un índice plástico promedio de 3.31% por lo que si cumple el requerimiento para un lugar que esté a más de 3000 m.s.n.m. al ser menor de 4% y un CBR al 100% promedio de 65.3%, lo que indica que si cumple con los requerimientos de sub base al ser mayor al 40%.
3. En las propiedades de la base, la granulometría se sale mínimamente de los estándares de la ASTM D422 para base, la máxima densidad seca de 2.089 gr/cm^3 , un índice plástico promedio de 1.92% que no cumple con el requerimiento para un lugar que esté a más de 3000 m.s.n.m. al ser menor a 2% y un CBR al 100% promedio de 91.9%, lo que indica que no cumple con los requerimientos de base al ser menor del 100%

Después de realizar la evaluación estructural del pavimento del óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria, se puede afirmar que, por un lado, el pavimento flexible se encuentra en un estado de bajo deterioro, mientras que, el pavimento rígido tiene un mayor deterioro, ya que su base no cumple con los requerimientos que exige la norma y la sub base si cumple, en la mayor parte de las propiedades analizadas, con lo que exige la norma.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una evaluación física, mecánica y estructural en el pavimento del óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria de forma periódica, para adquirir la experiencia e información cuantitativa requerida para que el pavimento desempeñe su funcionamiento en buenas condiciones.
2. Se recomienda hacer otras investigaciones sobre materiales asfálticos, sub bases y bases para que se pueda saber su comportamiento estructural cuando estén conformando los pavimentos flexibles para tener una mejor perspectiva que la que brinda el ensayo de viga Benkelman.

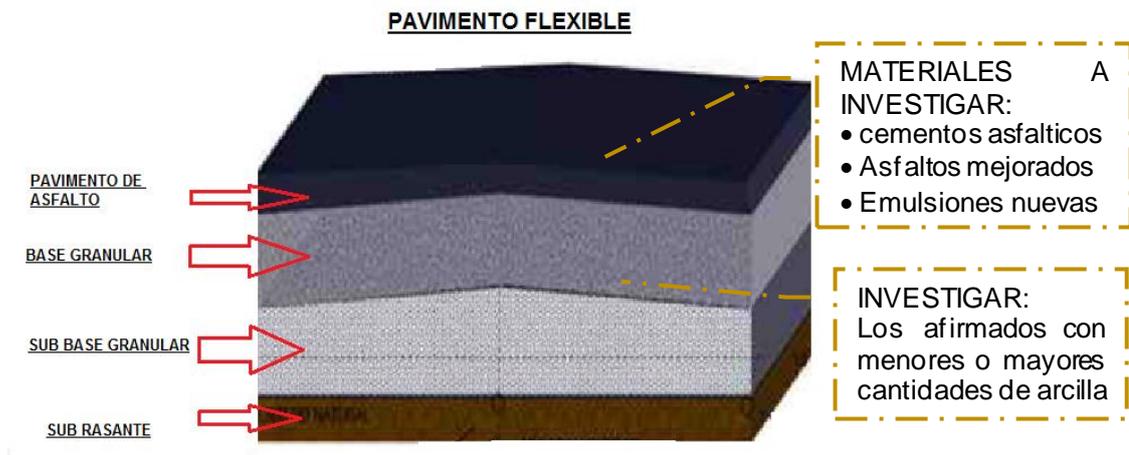


Figura 50. Estructura del pavimento Flexible

3. Es recomendable implementar planes de mantenimiento y conservación cada cierto tiempo, con el fin de cuidar los recursos económicos del país, ya que existe gran inversión en rehabilitación, dicha inversión podría verse reducida si se contara con mejores planes para la gestión vial

REFERENCIAS

- ABDEL-MOTALEB, M., 2009. Flexible pavement components for optimum performance in rutting and fatigue. *Mansoura Engineering Journal* [en línea], vol. 32, no. 2, pp. 1-9. DOI 10.21608 / BFEMU.2020.128167. Disponible en: https://bfemu.journals.ekb.eg/article_128167.html.
- APARICIO GARZÓN, M., 2016. *Pavimentos, un sello de progreso. Tesis de pregrado* [en línea]. S.I.: Universidad Pontificia Bolivariana. Disponible en: <http://short.gy/93ltaJ>.
- BERTULIENE, L. y LAURINAVICIUS, A., 2008. Research and evaluation methods for determining modulus of road subgrade and frost blanket course. *Baltic Journal of Road and Bridge* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 71-76. DOI 10.3846 / 1822-427X.2008.3.71-76. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/245443810_Research_and_Evaluation_of_Methods_for_Determining_Deformation_Modulus_of_Road_Subgrade_and_Frost_Blanket_Course.
- BETRAM, G., 2017. *Ensayos de Suelos Fundamentales para la Construcción*. [en línea]. 4ta edición. Washington D. C.: International Road Federation. ISBN 624 15136. Disponible en: https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=37076&shelfbrowse_itemnumber=50646.
- BORJA, F., 2014. *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del pavimento flexible de la carretera Cañete-Lunahuaná. Tesis de Pregrado* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/487>.
- CALO, D., 2010. Jornada de actualización técnica: Diseño y construcción de pavimentos de hormigón. *Diseño de pavimentos rígidos*. [en línea]. Buenos Aires: Instituto del Cemento Portland Argentino, pp. 27-36. Disponible en: <https://www.ficem.org/CIC-descargas/argentina/Diseno-de-pavimentos-rigidos.pdf>.

- CARRAZANA GÓMEZ, R. y RUBIO CASANOVAS, M., 2017. *Técnicas básicas de construcción*. [en línea]. 6ta edición. La Habana: s.n. ISBN 0032-9150. Disponible en: <https://short.gy/daswfN>.
- DAS, B., 2019. *Fundamentos de ingeniería geotécnica* [en línea]. 5ta edición. México D. F.: Cengage Learning. ISBN 978-607-519-373- 1. Disponible en: https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das.
- DÍAZ, M., 2017. *Evaluación física, mecánica y deflectometría del pavimento asfáltico en el perímetro de la universidad de San Carlos de Guatemala y propuesta de mantenimiento. Tesis de pregrado* [en línea]. S.l.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7935/>.
- EBRAHIM, A. y BEHIRY, A.E., 2012. Fatigue and rutting lives in flexible pavement. *Ain Shams Engineering Journal* [en línea], vol. 3, no. 4, pp. 367-374. ISSN 2090-4479. DOI 10.1016/j.asej.2012.04.008. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asej.2012.04.008>.
- FERNÁNDEZ. M., 2020. *determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca – Celendín –Balsas, tramo Chaquilpampa - Santa Rosa de Chaquil, mediante el análisis deflectométrico. Tesis de Pregrado*. [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>.
- FLEMING, P., 2000. Small-scale dynamic devices for the measurement of elastic stiffness modulus on pavement foundation. *Geotechnical Engineering* [en línea], vol. 166, no. 5, pp. 441-450. DOI 10.1680/geng.11.00011. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/274765369>.
- FLEMING, P., FROST, M. y LAMBERT, J., 2007. Review of lightweight deflectometer for routine in-situ assessment of pavement material stiffness. *Journal of the Transportation Research Board* [en línea], vol. 2004, no. 1, pp. 73-80. DOI 10.3141/2004-09. Disponible en: <https://doi.org/10.3141/2004-09>.

GUZZARLAPUDI, S.D., ADIGOPULA, V.K. y KUMAR, R., 2016. ScienceDirect Comparative studies of lightweight deflectometer and Benkelman beam deflectometer in low volume roads. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* [en línea], vol. 3, no. 5, pp. 438-447. ISSN 2095-7564. DOI 10.1016/j.jtte.2016.09.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtte.2016.09.005>.

HARRINGTON, D. y FICK, G., 2018. *Guía para capas de refuerzo con hormigón: Soluciones sustentables para capas de refuerzo y rehabilitación de pavimentos existentes* [en línea]. 5ta edición. Washington D. C.: American Concrete Pavement Association. ISBN 0893122335. Disponible en: https://issuu.com/ich_mkt/docs/overlays_3rd_edition_spanish.

HASS, R., HUDSON, W. y ZANIEWSKI, J.P., 2017. *Modern Pavement Management* [en línea]. 6ta edición. Florida: Krieger Publishing Company. ISBN 0894645889. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Ralph-C-G-Haas/dp/0894645889>.

HUANG, Y.H., 2015. *Pavement Analysis and Design* [en línea]. 3ra edición. New Jersey: Pearson Prentice Hall. ISBN 9780131424739. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Yang-Huang/dp/0131424734>.

HURTADO ARIAS, W.M., 2016. *Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha. Tesis de Pregrado* [en línea]. S.I.: Universidad Internacional del Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1263/1/T-UIDE-1082.pdf>.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013a. *Manual de carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción* [en línea]. Lima: RD N° 22-2013-MTC/14. Disponible en: <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2013/Febrero/16/RD-03-2013-MTC-14.pdf>.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013b. *Manual de*

Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos. [en línea]. Lima: RD N° 22-2013-MTC/14. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10 EG 2013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC_NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10_EG_2013.pdf).

MOLL, R. y TEJEDA, E., 2014. Obtención de un modelo computacional con el software SIGMA/W, para reproducir los resultados del ensayo con la viga Benkelman. *Revista de Arquitectura e Ingeniería* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 1-13. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193931237005%0ACómo>.

MONTEJO, A., 2018. *Ingeniería de pavimentos para carreteras* [en línea]. 7ma edición. Bogotá: Agora Editores. ISBN 958-96036-2-9. Disponible en: https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca.

MORILLA, I., 2020. *Control de Calidad en Obras de Carreteras.* [en línea]. 8va edición. Madrid: Asociación Técnica de Carreteras, SEOPAN y Asociación Española de la Carretera. ISBN 9788440456465. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Control_de_calidad_en_obras_de_carretera.html?id=4cDZPAAACAAJ&redir_esc=y.

PICADO MUÑOZ, G., 2017. Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre. *Infraestructura Vial*, vol. 18, no. 31, pp. 30-38. ISSN 1409-4045. DOI 10.15517/iv.v18i31.27762.

RAJAGOPAL, A. y JUSTO, C., 1989. A simple method of measuring pavement rebound deflection bowl data and calculating moduli. [en línea]. Baltimore: 1st International Symposium on Nondestructive Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli, pp. 387-397. DOI 0.1007/s12517-018-4212-0. Disponible en: <https://trid.trb.org/view/657749>.

RICO, A., 2018. *La ingeniería de suelos en la vías terrestres carreteras, ferrocarriles y aeropistas* [en línea]. México D. F.: Limusa. ISBN 259-24587-1-6. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb6.pdf>.

RONDON, H. y REYES, F., 2013. Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea], vol. 17, no. 2, pp. 41-65. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117204>.

SANTOS, D., 2020. *Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de una base granular para pavimento flexible mejorada con la adición de escoria de cobre. Tesis de Pregrado.* [en línea]. S.I.: Universidad Católica San Pablo. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSP_5f0114eba6bc25537efd ece2332a8a9b.

SANTOS, D. y SOLARTE, N., 2016. Evaluation of mechanical properties and dynamics of a mixture of concrete pavement hydraulic hard for inclusion with asphalt concrete type recovered “rap”. *Investigación e Innovación en Ingenierías* [en línea], no. número 1, pp. 36-58. DOI 10.17081/invinno.5.1.2615 36. Disponible en: <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/2615>.

SENSENEY, C., KRAHENBUHL, R. y MOONEY, M., 2011. Genetic algorithm to optimize layer parameters in light weight deflectometer backcalculation. *International Journal of Geomechanics. International Journal of Geomechanics* [en línea], vol. 13, no. 4, pp. 473-479. DOI [doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0000222](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000222). Disponible en: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0000222](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000222).

SOLANKI, P., ZAMAN, M. y MURALEETHARAN, K., 2011. Evaluation of resilient modulus of pavement layer at an instrumented section on I-35 in Oklahoma. *Road Materials and Pavement Design* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 167-188. DOI 10.1080/14680629.2009.9690242. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/14680629.2009.9690242>.

SOLMINIHAC, H., 2018. *Gestión de infraestructura vial* [en línea]. 3ra edición. Santiago: Universidad Católica de Chile. ISBN 258-32654-9-8. Disponible en: <https://docplayer.es/111854750-Gestion-de-infraestructura-vial-tercera>

edicion.html.

TALUKDAR, D.K., 2014. A Study of Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) Value With Other Properties of Soil. , vol. 4, no. 1, pp. 559-562. DOI 10.1.1.643.688.

VARGAS, J., MONCAYO, A., CÓRDOVA, J. y BARZOLA, I., 2017. La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. *Ingeniería*, vol. 21, no. 1. ISSN 1665-529X.

VISSER, A. y KOESRINDARTONO, P., 2000. Towards a mechanistic analysis of Benkelman beam deflection measurements. *HERON* [en línea], vol. 43, no. 2, pp. 177-195. DOI 10.1016/ t.2018.05.263. Disponible en: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:ae6c952c-ba62-4fdf-9b3a-3a51dde46cf2>.

ZHOU, L., WU, Q. y LING, J., 2010. Comparison of FWD and Benkelman beam in evaluation of pavement structure capacity. *GeoShanghai International Conference* [en línea]. Shangai: American Society of Civil Engineers, pp. 63-69. DOI 10.1061/41104(377)51. Disponible en: [https://doi.org/10.1061/41104\(377\)51](https://doi.org/10.1061/41104(377)51).

ANEXOS

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Deterioro del pavimento	El deterioro del pavimento no se da de la noche a la mañana, sino es el resultado de varios aspectos que se pueden dar a corto o largo tiempo	Para el pavimento flexible se usó la viga Benkelman, y para el rígido se usó el análisis granulométrico, ensayo de proctor modificado, límites de consistencia y el ensayo de CBR.	Pavimento flexible • Nivel de deflectometría Pavimento rígido • Granulometría • Máxima densidad seca • Índice de plasticidad • CBR	<ul style="list-style-type: none"> • Ordinal

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>Problema Principal</p> <p>¿En qué estado se encuentra el pavimento del Óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar la estructura del pavimento del Óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>El estado estructural del pavimento del tramo de estudio, según la evaluación el pavimento se clasifica como bueno.</p>	-	<p>Técnicas</p> <p>Inspección ocular, fichaje, análisis de contenidos, cuadros estadísticos y ensayos de laboratorio.</p>	<p>Diseño de Investigación</p> <p>El diseño de esta investigación corresponde al diseño no experimental, ya que las variables no son manipuladas.</p>
<p>Problemas secundarios</p> <p>¿Cómo es la deflectometría de la capa de rodadura del tramo de estudio?</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la sub base y base del tramo de estudio?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la deflectometría de la capa de rodadura del tramo de estudio.</p> <p>Estimar las propiedades físicas y mecánicas de la sub base y base del tramo de estudio.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>La deflectometría de la capa de rodadura del pavimento del tramo de estudio no son adecuadas para un pavimento.</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la sub base y base del pavimento del tramo de estudio no son idóneas para este pavimento.</p>		Deterioro del pavimento.	<p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Fichas check list •Formatos de hojas de calculo •Cuadernillos para apuntes •Equipo para ensayo de Viga Benkelman. •Cinta métrica •Instrumentos de laboratorio (tamices, bandejas, cucharones, etc.).

Panel fotográfico

FOTOGRAFÍA N° 1: Reconocimiento y medición de terreno



FOTOGRAFÍA N° 2 Control de peso del camión para ensayo de viga Benkelman



FOTOGRAFÍA N° 3 Armado del brazo para el ensayo de viga Benkelman



FOTOGRAFÍA N° 4: Encendido del vibrador de la viga



FOTOGRAFÍA N° 5: Lectura de la temperatura



FOTOGRAFÍA N° 6: Toma de lecturas de los diales



FOTOGRAFÍA N° 7: Toma de muestras



FOTOGRAFÍA N° 8: Muestras de base y sub base



FOTOGRAFÍA N° 9: Ensayos de laboratorio-01



FOTOGRAFÍA N° 10: Ensayos de laboratorio-02



FOTOGRAFÍA N° 11: Ensayos de laboratorio-03



ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS :EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021

SOLICITANTE :BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE

ESTRUCTURA :CARPETA ASFALTICA **RELACIÓN DE BRAZO** : 4:1

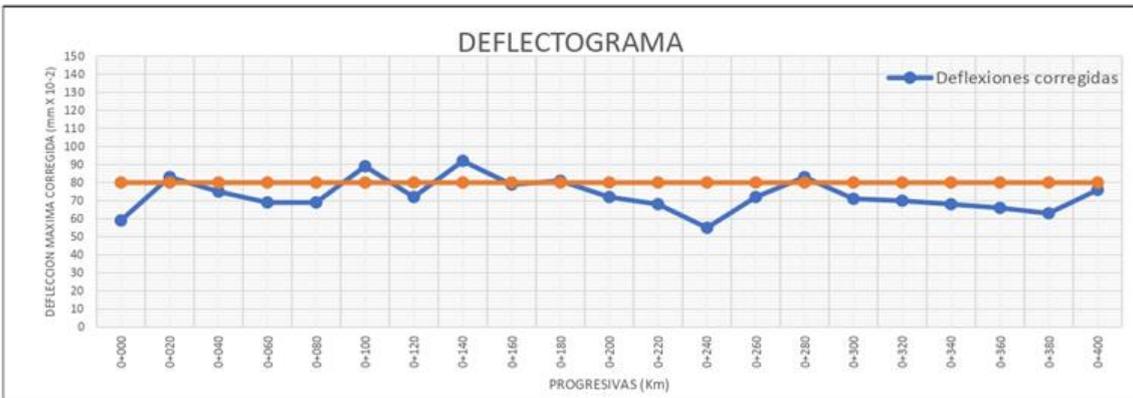
CARRIL : EJE **ESPESOR D ELA CAPA** : 0.20 Metros

METODO :CONREVIAl **PRESION DE INFLADO** : 80 PSI

FECHA :17 DE AGOSTO DEL 2019 **PESO TOTAL DEL EJE POSTERIOR** : 8200 Kg.

ANALISIS DEFLEXTÓMETRICO - VIGA BENKELMAN
 MTC E 1002

PROGRESIVA (Km)	LADO	LECTURA EN DIAL EN CAMPO				TEMPERATURA DE PAVIMENTO (°C)	DEFLEXIONES REALES SIN CORREGIR			DEFLEXIONES CORREGIDAS			RADIO DE CURVATURA (m)	DEFLEXION ADMISIBLE (0.01 mm)	CONDICION DE LA SUB BASE
		L 0 (cm)	L 25 (cm)	L 75 (cm)	L max (cm)		Do	D25	D75	(Do)	D25	D75			
0+000	Eje	0	4	13	19	34	76	60	24	59	47	19	258	80	SI CUMPLE
0+020	Eje	0	6	14	26	33	104	80	48	83	63	38	164	80	NO CUMPLE
0+040	Eje	0	6	14	24	34	96	72	40	75	56	31	167	80	SI CUMPLE
0+060	Eje	0	6	15	22	34	88	64	28	69	50	22	167	80	SI CUMPLE
0+080	Eje	0	7	15	23	37	92	64	32	69	48	24	150	80	SI CUMPLE
0+100	Eje	0	7	16	29	35	116	88	52	89	68	40	145	80	NO CUMPLE
0+120	Eje	0	4	14	23	34	92	76	36	72	59	28	250	80	SI CUMPLE
0+140	Eje	0	9	26	29	33	116	80	12	92	63	10	109	80	NO CUMPLE
0+160	Eje	0	11	19	25	33	100	56	24	79	44	19	89	80	SI CUMPLE
0+180	Eje	0	11	19	25	32	100	56	24	81	45	19	88	80	NO CUMPLE
0+200	Eje	0	11	18	22	31	88	44	16	72	36	13	87	80	SI CUMPLE
0+220	Eje	0	10	18	21	32	84	44	12	68	35	10	97	80	SI CUMPLE
0+240	Eje	0	6	15	18	35	72	48	12	55	37	9	169	80	SI CUMPLE
0+260	Eje	0	8	18	23	34	92	60	20	72	47	16	125	80	SI CUMPLE
0+280	Eje	0	10	22	27	35	108	68	20	83	52	15	102	80	NO CUMPLE
0+300	Eje	0	10	18	23	35	92	52	20	71	40	15	102	80	SI CUMPLE
0+320	Eje	0	9	17	22	33	88	52	20	70	41	16	109	80	SI CUMPLE
0+340	Eje	0	10	17	21	32	84	44	16	68	35	13	97	80	SI CUMPLE
0+360	Eje	0	9	17	20	31	80	44	12	66	36	10	106	80	SI CUMPLE
0+380	Eje	0	7	16	19	30	76	48	12	63	40	10	134	80	SI CUMPLE
0+400	Eje	0	9	19	24	33	96	60	20	76	48	16	109	80	SI CUMPLE



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 Ing. Oscar V. Viamonte Calla
 CIP. 32730

B. N°. 014-036837



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS :EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021

SOLICITANTE :BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE

ESTRUCTURA :CARPETA ASFALTICA **RELACIÓN DE BRAZO** : 4:1

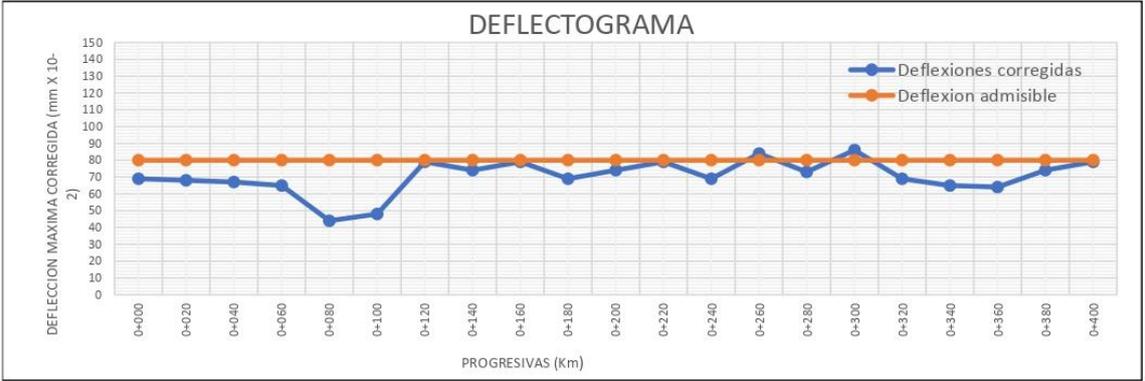
CARRIL : IZQUIERDO **ESPESOR D ELA CAPA** : 0.20 Metros

METODO :CONREVIAl **PRESION DE INFLADO** : 80 PSI

FECHA :17 DE AGOSTO DEL 2019 **PESO TOTAL DEL EJE POSTERIOR** : 8200 Kg.

ANALISIS DEFLEXTÓMETRICO - VIGA BENKELMAN
 MTC E 1002

PROGRESIVA (Km)	LADO	LECTURA EN DIAL EN CAMPO				TEMPERATURA DE PAVIMENTO (°C)	DEFLEXIONES REALES SIN CORREGIR			DEFLEXIONES CORREGIDAS			RADIO DE CURVATURA (m)	DEFLEXION ADMISIBLE (0.01 mm)	CONDICION DE LA SUB BASE
		L 0 (cm)	L 25 (cm)	L 75 (cm)	L max (cm)		Do	D25	D75	(Do)	D25	D75			
0+000	IZQ.	0	7	14	21	31	84	56	28	69	46	23	135	80	SI CUMPLE
0+020	IZQ.	0	9	14	21	32	84	48	28	68	39	23	108	80	SI CUMPLE
0+040	IZQ.	0	6	13	22	36	88	64	36	67	48	27	172	80	SI CUMPLE
0+060	IZQ.	0	7	12	22	38	88	60	40	65	44	29	152	80	SI CUMPLE
0+080	IZQ.	0	6	12	15	38	60	36	12	44	26	9	177	80	SI CUMPLE
0+100	IZQ.	0	9	12	16	36	64	28	16	48	21	12	115	80	SI CUMPLE
0+120	IZQ.	0	9	17	25	33	100	64	32	79	51	25	109	80	SI CUMPLE
0+140	IZQ.	0	7	15	24	35	96	68	36	74	52	28	145	80	SI CUMPLE
0+160	IZQ.	0	7	14	26	36	104	76	48	79	58	36	147	80	SI CUMPLE
0+180	IZQ.	0	6	14	22	34	88	64	32	69	50	25	167	80	SI CUMPLE
0+200	IZQ.	0	8	15	24	35	96	64	36	74	49	28	127	80	SI CUMPLE
0+220	IZQ.	0	7	15	26	36	104	76	44	79	58	33	147	80	SI CUMPLE
0+240	IZQ.	0	6	14	22	34	88	64	32	69	50	25	167	80	SI CUMPLE
0+260	IZQ.	0	7	20	26	32	104	76	24	84	61	19	138	80	NO CUMPLE
0+280	IZQ.	0	5	14	23	33	92	72	36	73	57	29	197	80	SI CUMPLE
0+300	IZQ.	0	6	12	28	35	112	88	64	86	68	49	169	80	NO CUMPLE
0+320	IZQ.	0	6	14	22	34	88	64	32	69	50	25	167	80	SI CUMPLE
0+340	IZQ.	0	6	14	21	35	84	60	28	65	46	22	169	80	SI CUMPLE
0+360	IZQ.	0	7	16	21	36	84	56	20	64	42	15	147	80	SI CUMPLE
0+380	IZQ.	0	5	19	24	35	96	76	20	74	58	15	203	80	SI CUMPLE
0+400	IZQ.	0	3	15	25	33	100	88	40	79	70	32	328	80	SI CUMPLE



UANCV - EICP
CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Ing. Oscar Viamonte Calla
 CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS :EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021

SOLICITANTE :BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE

ESTRUCTURA :CARPETA ASFALTICA **RELACIÓN DE BRAZO** : 4:1

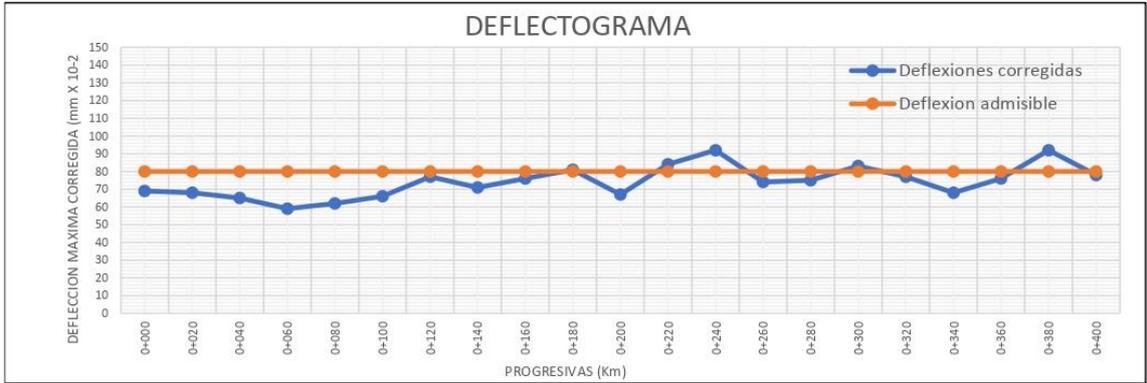
CARRIL : DERECHO **ESPESOR D ELA CAPA** : 0.20 Metros

METODO :CONREVIAl **PRESION DE INFLADO** : 80 PSI

FECHA :17 DE AGOSTO DEL 2019 **PESO TOTAL DEL EJE POSTERIOR** : 8200 Kg.

ANALISIS DEFLEXTÓMETRICO - VIGA BENKELMAN
MTC E 1002

PROGRESIVA (Km)	LADO	LECTURA EN DIAL EN CAMPO				TEMPERATURA DE PAVIMENTO (°C)	DEFLEXIONES REALES SIN CORREGIR			DEFLEXIONES CORREGIDAS			RADIO DE CURVATURA (m)	DEFLEXION ADMISIBLE (0.01 mm)	CONDICION DE LA SUB BASE
		L 0 (cm)	L 25 (cm)	L 75 (cm)	L max (cm)		Do	D25	D75	(Do)	D25	D75			
0+000	DER.	0	10	18	23	37	92	52	20	69	39	15	104.7	80	SI CUMPLE
0+020	DER.	0	13	19	22	35	88	36	12	68	28	9	78.1	80	SI CUMPLE
0+040	DER.	0	5	15	21	35	84	64	24	65	49	18	203.1	80	SI CUMPLE
0+060	DER.	0	5	12	19	35	76	56	28	58	43	22	203.1	80	SI CUMPLE
0+080	DER.	0	6	16	20	35	80	56	16	62	43	12	169.3	80	SI CUMPLE
0+100	DER.	0	6	18	21	34	84	60	12	66	47	9	166.7	80	SI CUMPLE
0+120	DER.	0	9	18	25	35	100	64	28	77	49	22	112.8	80	SI CUMPLE
0+140	DER.	0	6	15	23	35	92	68	32	71	52	25	169.3	80	SI CUMPLE
0+160	DER.	0	5	15	25	36	100	80	40	76	61	30	206.3	80	SI CUMPLE
0+180	DER.	0	9	19	26	34	104	68	28	81	53	22	111.1	80	NO CUMPLE
0+200	DER.	0	5	15	21	33	84	64	24	67	51	19	196.9	80	SI CUMPLE
0+220	DER.	0	9	15	26	32	104	68	44	84	55	35	107.6	80	NO CUMPLE
0+240	DER.	0	11	15	29	33	116	72	56	92	57	44	89.5	80	NO CUMPLE
0+260	DER.	0	11	18	24	35	96	52	24	74	40	18	92.3	80	SI CUMPLE
0+280	DER.	0	7	16	24	34	96	68	32	75	53	25	142.9	80	SI CUMPLE
0+300	DER.	0	6	16	26	33	104	80	40	83	63	32	164.1	80	NO CUMPLE
0+320	DER.	0	10	18	25	35	100	60	28	77	46	22	101.6	80	SI CUMPLE
0+340	DER.	0	6	16	22	35	88	64	24	68	49	18	169.3	80	SI CUMPLE
0+360	DER.	0	10	16	25	36	100	60	36	76	45	27	103.1	80	SI CUMPLE
0+380	DER.	0	12	16	30	35	120	72	56	92	55	43	84.6	80	NO CUMPLE
0+400	DER.	0	12	17	25	34	100	52	32	78	41	25	83.3	80	SI CUMPLE



UANGV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Oscar V. Viamonte Calla
CIP. 32730

B. N°. 014-036837



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

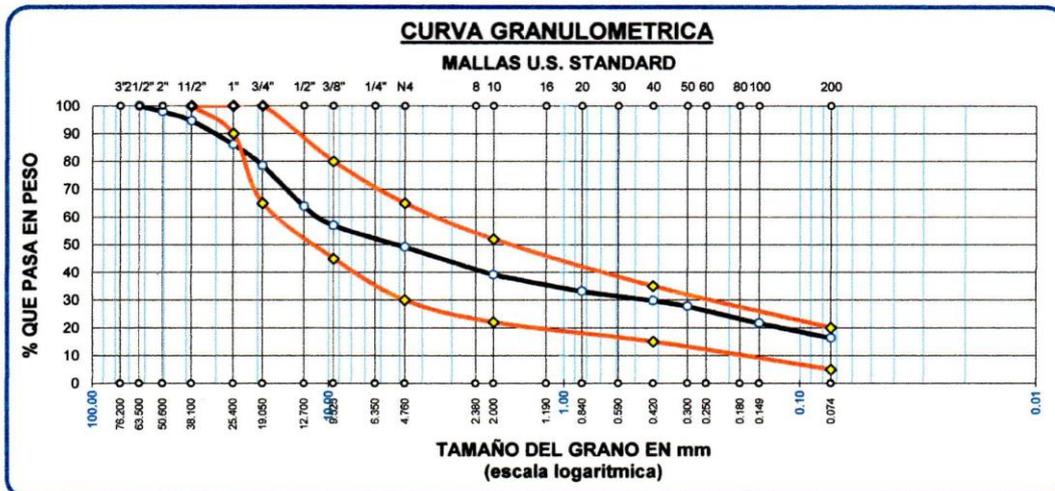


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA
 MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
 SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
 MUESTRA : MUESTRA N°01
 UBICACIÓN : JULIACA
 COMPONENTE : SUB-BASE
 FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2019

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 6000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 5834.17
2"	50.600	123.12	2.05	2.05	97.95		P.P.= 165.83
1 1/2"	38.100	198.56	3.31	5.36	94.64	100%	% w = 4.25
1"	25.400	512.13	8.54	13.90	86.10	90 - 100%	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	456.12	7.60	21.50	78.50	65 - 100%	L.L.= 19.35
1/2"	12.700	881.84	14.70	36.20	63.80		L.P.= 15.43
3/8"	9.525	407.01	6.78	42.98	57.02	45 - 80%	I.P.= 3.92
1/4"	6.350						
No4	4.760	470.14	7.84	50.82	49.18	30 - 65%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	102.58	20.52	60.91	39.09	22 - 52%	D30= 0.444 Cc= ----
No16	1.190						D60= 10.92
No20	0.840	60.74	12.15	66.88	33.12		CLASIFICACIÓN:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	33.65	6.73	70.19	29.81	15 - 35%	SUSCS: GP-GC
No50	0.300	21.39	4.28	72.30	27.70		ASSTHO: A-1-b(0)
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	61.24	12.25	78.32	21.68	5 - 20%	
No200	0.074	54.57	10.91	83.69	16.31		
BASE		165.83	33.17	100.00	0.00		
TOTAL		6000.00	100.00				
% PERDIDA		2.76					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER EN EL LABORATORIO

UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Oscar Y Viamonte Calla
 CIP. 32730

B. N° : 014-037737



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

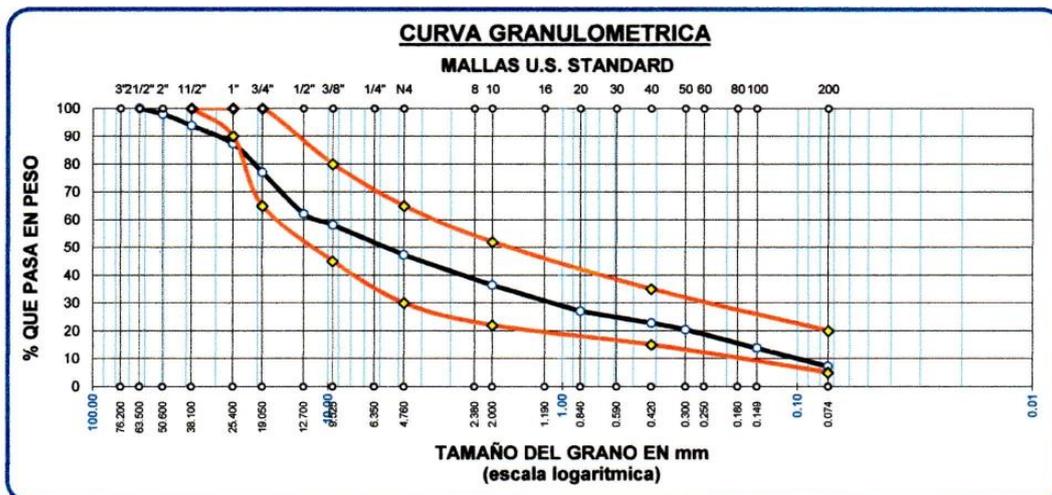


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA : MUESTRA N°02
UBICACIÓN : JULIACA
COMPONENTE : SUB-BASE
FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2019

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L.= 6000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 5923.67
2"	50.600	123.15	2.05	2.05	97.95		P.P.= 76.33
1 1/2"	38.100	245.13	4.09	6.14	93.86	100%	% w = 4.25
1"	25.400	395.16	6.59	12.72	87.28	90 - 100%	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	612.13	10.20	22.93	77.07	65 - 100%	L.L.= 19.76
1/2"	12.700	895.13	14.92	37.85	62.16		L.P.= 15.91
3/8"	9.525	245.13	4.09	41.93	58.07	45 - 80%	I.P.= 3.85
1/4"	6.350						
No4	4.760	645.92	10.77	52.70	47.30	30 - 65%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.106 Cu= 104
No10	2.000	115.13	23.03	63.59	36.41	22 - 52%	D30= 1.199 Cc= 1.23
No16	1.190						D60= 11.03
No20	0.840	98.16	19.63	72.87	27.13		
No30	0.590						
No40	0.420	45.12	9.02	77.14	22.86	15 - 35%	CLASIFICACION:
No50	0.300	25.47	5.09	79.55	20.45		I.G. =
No60	0.250						SUSCS: GP-GC
No80	0.180						ASSTHO: A-1-b(0)
No100	0.149	70.18	14.04	86.19	13.81		OBSERVACIONES:
No200	0.074	69.61	13.92	92.78	7.22	5 - 20%	
BASE		76.33	15.27	100.00	0.00		
TOTAL		6000.00	100.00				
% PERDIDA			1.27				



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER EN EL LABORATORIO



B. N° : 014-0377337



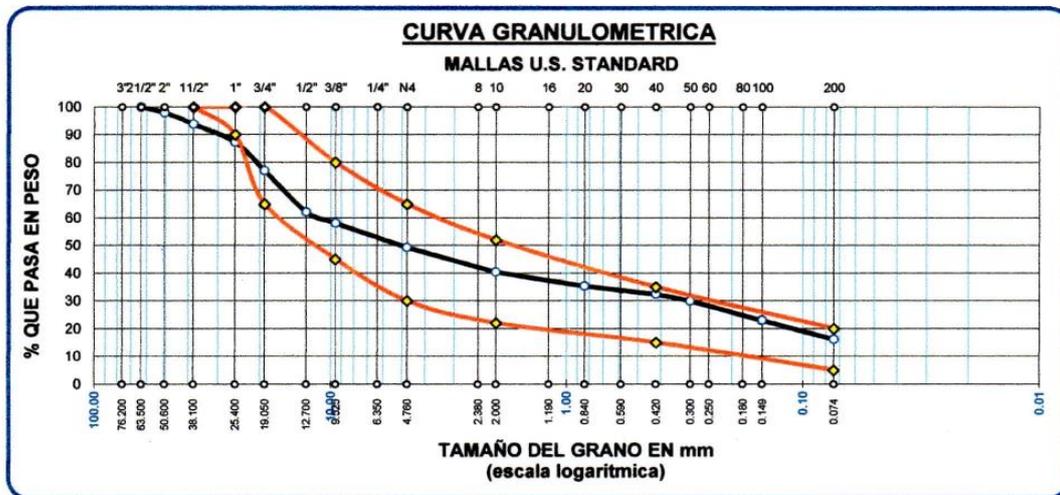
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES
 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
 SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
 MUESTRA : MUESTRA N°03
 UBICACIÓN : JULIACA
 COMPONENTE : SUB-BASE
 FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2019

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 6000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 5836.32
2"	50.600	123.15	2.05	2.05	97.95		P.P.= 163.68
1 1/2"	38.100	245.13	4.09	6.14	93.86	100%	% w = 4.25
1"	25.400	395.16	6.59	12.72	87.28	90 - 100%	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	612.13	10.20	22.93	77.07	65 - 100%	L.L.= 19.76
1/2"	12.700	895.13	14.92	37.85	62.16		L.P.= 15.91
3/8"	9.525	245.13	4.09	41.93	58.07	45 - 80%	I.P.= 3.85
1/4"	6.350						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.760	528.40	8.81	50.74	49.26	30 - 65%	D10= --- Cu= ---
No8	2.380						D30= 0.305 Cc= ---
No10	2.000	90.14	18.03	59.62	40.38	22 - 52%	D60= 11.03
No16	1.190						CLASIFICACION:
No20	0.840	51.36	10.27	64.68	35.32		I.G. =
No30	0.590						SUSCS: GP-GC
No40	0.420	29.56	5.91	67.59	32.41	15 - 35%	ASSTHO: A-1-b(0)
No50	0.300	25.47	5.09	70.10	29.90		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	70.18	14.04	77.01	22.99		
No200	0.074	69.61	13.92	83.87	16.13	5 - 20%	
BASE		163.68	32.74	100.00	0.00		
TOTAL		6000.00	100.00				
% PERDIDA		2.73					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER EN EL LABORATORIO

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA
 Ing. Oscar V. Viamonte Calla
 CIP: 32730

B. N° : 014-0377337



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

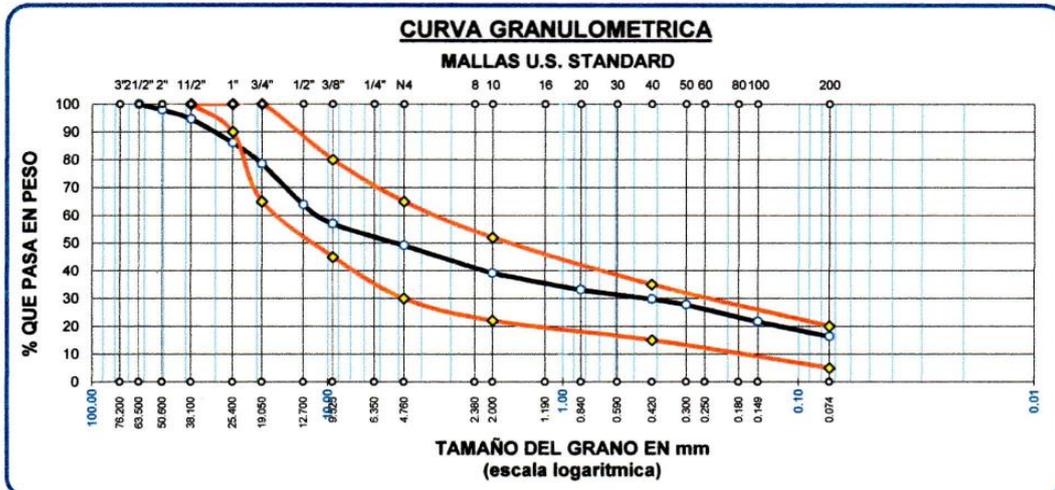


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA
 MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
 SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
 MUESTRA : MUESTRA N°01
 UBICACIÓN : JULIACA
 COMPONENTE : BASE
 FECHA : 18 DE SETIEMBRE DEL 2019

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 6000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 5834.17
2"	50.600	123.12	2.05	2.05	97.95		P.P.= 165.83
1 1/2"	38.100	198.56	3.31	5.36	94.64	100%	% w = 4.25
1"	25.400	512.13	8.54	13.90	86.10	90 - 100%	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	456.12	7.60	21.50	78.50	65 - 100%	L.L.= 19.35
1/2"	12.700	881.84	14.70	36.20	63.80		L.P.= 15.43
3/8"	9.525	407.01	6.78	42.98	57.02	45 - 80%	I.P.= 3.92
1/4"	6.350						
No4	4.760	470.14	7.84	50.82	49.18	30 - 65%	CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.380						D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	102.58	20.52	60.91	39.09	22 - 52%	D30= 0.444 Cc= ----
No16	1.190						D60= 10.92
No20	0.840	60.74	12.15	66.88	33.12		CLASIFICACION:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	33.65	6.73	70.19	29.81	15 - 35%	SUSCS: GP-GC
No 50	0.300	21.39	4.28	72.30	27.70		ASSTHO: A-1-b(0)
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	61.24	12.25	78.32	21.68		
No200	0.074	54.57	10.91	83.69	16.31	5 - 20%	
BASE		165.83	33.17	100.00	0.00		
TOTAL		6000.00	100.00				
% PERDIDA		2.76					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL BACHILLER EN EL LABORATORIO

UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 Ing. Oscar V. Viamonte Calla
 CIP. 32730

B. N° : 014-0377337



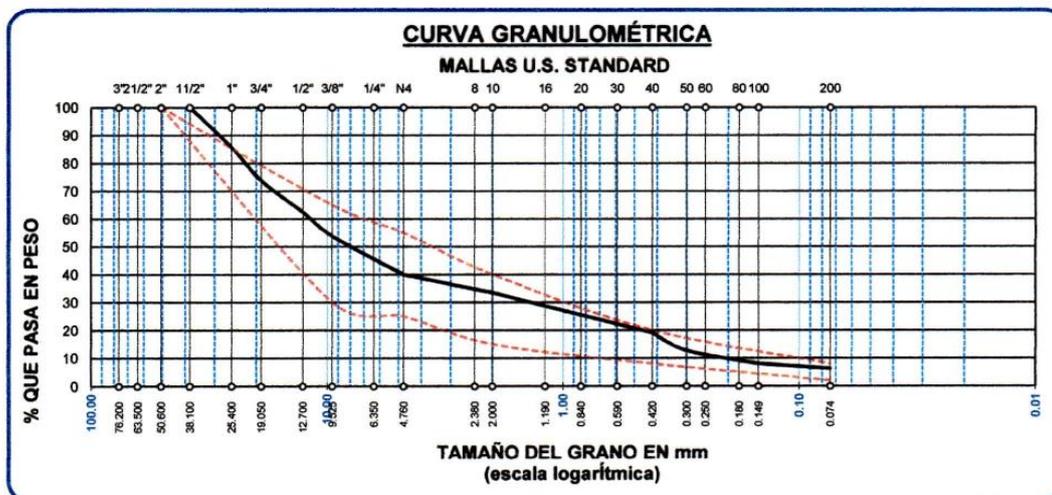
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFECIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
 SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
 MUESTRA : MUESTRA N°02
 UBICACIÓN : JULIACA
 COMPONENTE : BASE
 FECHA : 18 DE SETIEMBRE DEL 2019

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 3500.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 3420.71
2"	50.600						P.P.= 79.29
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% w = 3.47
1"	25.400	499.06	14.26	14.26	85.74		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	416.61	11.87	26.13	73.87		LL.= 23.38
1/2"	12.700	398.15	11.38	37.51	62.49		L.P.= 21.40
3/8"	9.525	301.25	8.61	46.12	53.88		I.P.= 1.98
1/4"	6.350						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.760	485.13	13.86	59.98	40.02		D10= 0.211 Cu= 55.8
No8	2.380						D30= 1.480 Cc= 0.88
No10	2.000	80.56	16.11	66.43	33.57	500	D60= 11.78
No16	1.190						CLASIFICACIÓN:
No20	0.840	99.56	19.91	74.39	25.61		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : SC
No40	0.420	80.15	16.03	80.81	19.19		ASSTHO : A-6(1)
No 50	0.300	80.26	16.05	87.24	12.76		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	58.26	11.65	91.90	8.10		
No200	0.074	21.92	4.38	93.65	6.35		
BASE		79.29	15.86	100.00	0.00		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		2.27					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
 CAD INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Ing. Oscar V. Vianorte Calla
 C.I.P. 32730

B. N° : 014-0377337



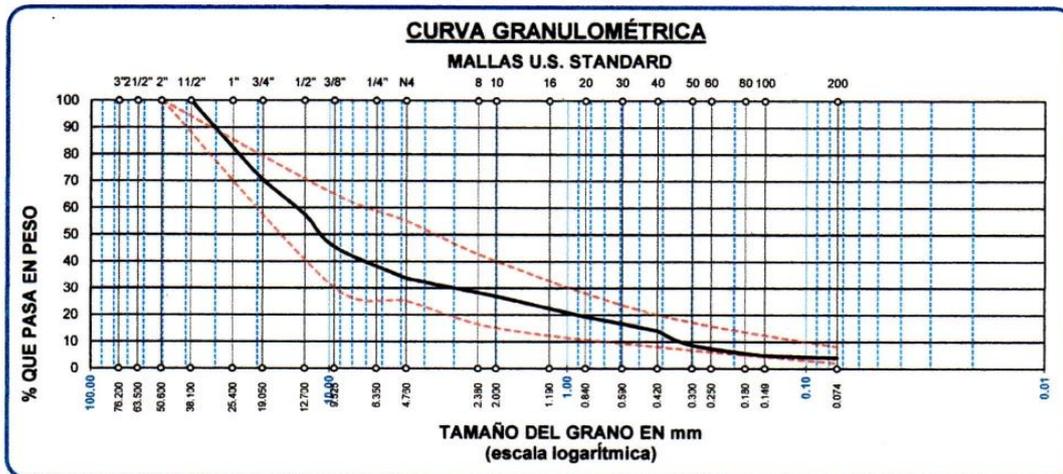
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES
 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
 SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
 MUESTRA : MUESTRA N°03
 UBICACIÓN : JULIACA
 COMPONENTE : BASE
 FECHA : 18 DE SETIEMBRE DEL 2019

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 3500.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 3439.10
2"	50.600						P.P.= 60.90
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		%W= 3.47
1"	25.400	615.23	17.58	17.58	82.42		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	415.61	11.87	29.45	70.55		L.L.= 23.38
1/2"	12.700	456.82	13.05	42.50	57.50		L.P.= 21.40
3/8"	9.525	421.56	12.04	54.55	45.45		I.P.= 1.98
1/4"	6.350						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.760	412.36	11.78	66.33	33.67		D10= 0.329 Cu= 42.3
No8	2.380					500	D30= 3.256 Cc= 2.32
No10	2.000	100.00	20.00	73.06	26.94		D60= 13.92
No16	1.190						CLASIFICACIÓN:
No20	0.840	112.32	22.46	80.63	19.37		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : SC
No40	0.420	78.26	15.65	85.90	14.10		ASSTHO : A-6(1)
No50	0.300	80.26	16.05	91.30	8.70		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	56.23	11.25	95.09	4.91		
No200	0.074	12.03	2.41	95.90	4.10		
BASE		60.90	12.18	100.00	0.00		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA			1.74				



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCY-FICP
 INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C. ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
 Ing. Oscar V. Vizconde Calleja
 CIP. 32730

B. N° : 014-0377337



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

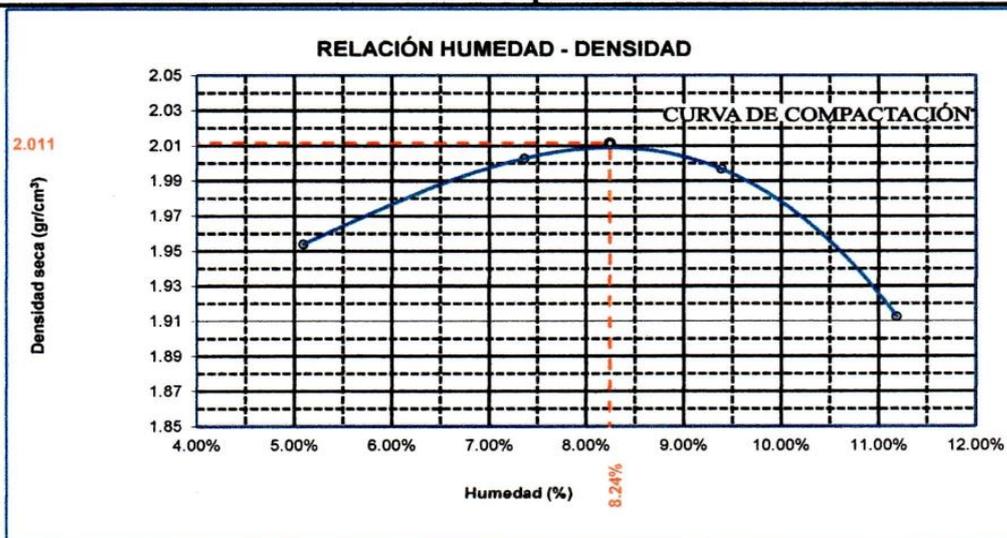
TESIS	: "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE	: BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	: MUESTRA N°01
UBICACIÓN	: JULIACA
COMPONENTE	: SUB BASE
FECHA	: 12 DE DICIEMBRE DEL 2019

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10329	10534	10606	10484
Peso del Molde	gr.	5980	5980	5980	5980
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4349	4554	4626	4504
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.053	2.150	2.184	2.127

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	476.83	469.53	417.72	417.47	347.96	415.86	401.46	450.58
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	453.25	450.91	393.06	390.22	321.60	383.24	364.06	410.28
Peso del Agua	gr.	23.58	18.62	24.66	27.25	26.36	32.62	37.40	40.30
Peso de la Capsula	gr.	38.37	36.98	39.77	37.94	38.02	38.88	39.55	38.69
Peso del Suelo Seco	gr.	414.88	413.93	353.29	352.28	283.58	344.36	324.51	371.59
% de Humedad	%	5.68%	4.50%	6.98%	7.74%	9.30%	9.47%	11.53%	10.85%
Promedio de Humedad	%	5.09%		7.36%		9.38%		11.19%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.954		2.003		1.997		1.913	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.011 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 8.24%



B. N° : 014-0377428



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

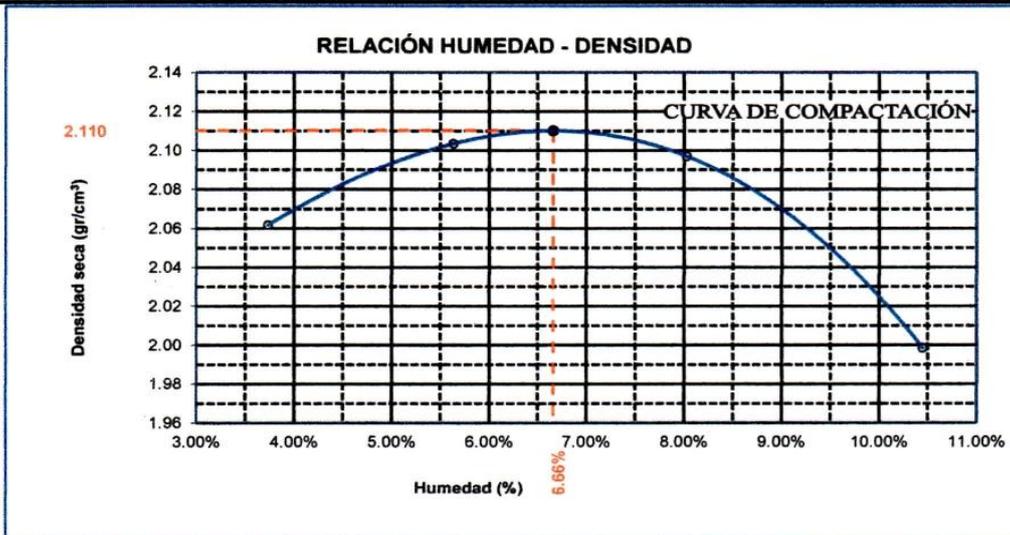
TESIS	: "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE	: BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	: MUESTRA N°02
UBICACIÓN	: JULIACA
COMPONENTE	: SUB BASE
FECHA	: 12 DE DICIEMBRE DEL 2019

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10510	10686	10778	10655
Peso del Molde	gr.	5980	5980	5980	5980
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4530	4706	4798	4675
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.139	2.222	2.265	2.207

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	401.98	381.53	416.31	448.02	405.37	449.31	449.94	438.86
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	389.91	368.23	394.74	427.76	376.34	420.98	412.16	399.78
Peso del Agua	gr.	12.07	13.30	21.57	20.26	29.03	28.33	37.78	39.18
Peso de la Capsula	gr.	37.28	39.26	37.91	39.23	39.74	39.74	36.45	38.21
Peso del Suelo Seco	gr.	352.63	328.97	356.83	388.53	336.60	381.24	375.71	361.57
% de Humedad	%	3.42%	4.04%	6.04%	5.21%	8.62%	7.43%	10.06%	10.84%
Promedio de Humedad	%	3.73%		5.63%		8.03%		10.45%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.062		2.103		2.097		1.999	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.110 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 6.66%



UANCV FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA
Oscar V. Viamonte Calla
 CIR- 32730

B. N° : 014-0377428



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

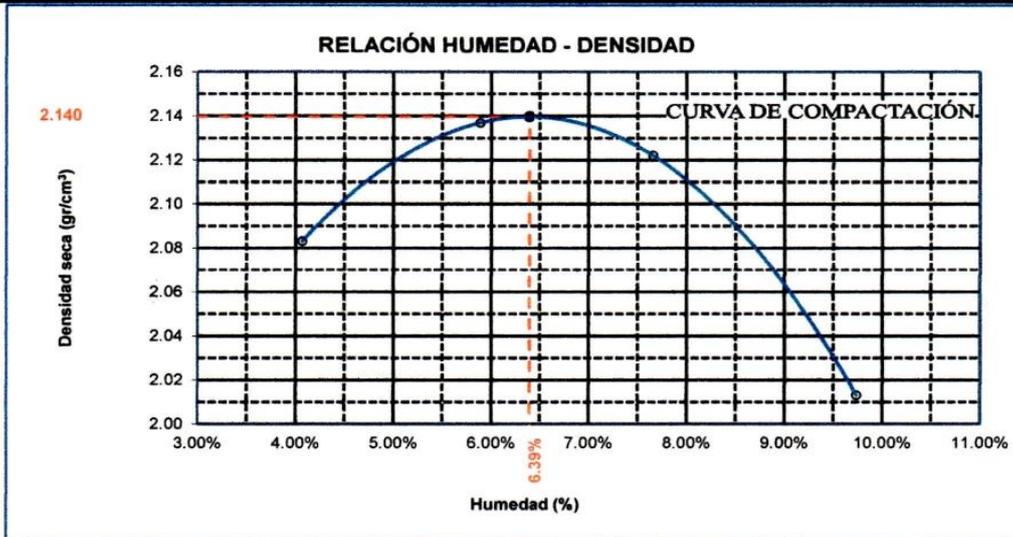
TESIS	: "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE	: BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	: MUESTRA N°01
UBICACIÓN	: JULIACA
COMPONENTE	: BASE
FECHA	: 12 DE DICIEMBRE DEL 2019

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2109 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11028	11228	11274	11115
Peso del Molde	gr.	6456	6456	6456	6456
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4572	4772	4818	4659
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.168	2.263	2.284	2.209

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	401.20	335.97	373.29	340.73	340.66	341.88	372.08	478.69
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	386.11	325.07	356.43	322.50	320.41	319.01	342.95	438.71
Peso del Agua	gr.	15.09	10.90	16.86	18.23	20.25	22.87	29.13	39.98
Peso de la Capsula	gr.	39.16	37.14	39.22	40.11	39.04	37.17	37.37	36.53
Peso del Suelo Seco	gr.	346.95	287.93	317.21	282.39	281.37	281.84	305.58	402.18
% de Humedad	%	4.35%	3.79%	5.32%	6.46%	7.20%	8.11%	9.53%	9.94%
Promedio de Humedad	%	4.07%		5.89%		7.66%		9.74%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.083		2.137		2.122		2.013	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.140 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 6.39%



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA
 Ing. Oscar V. Viamonte Calla
 CIP. 32730

B. N° : 014-0377428



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

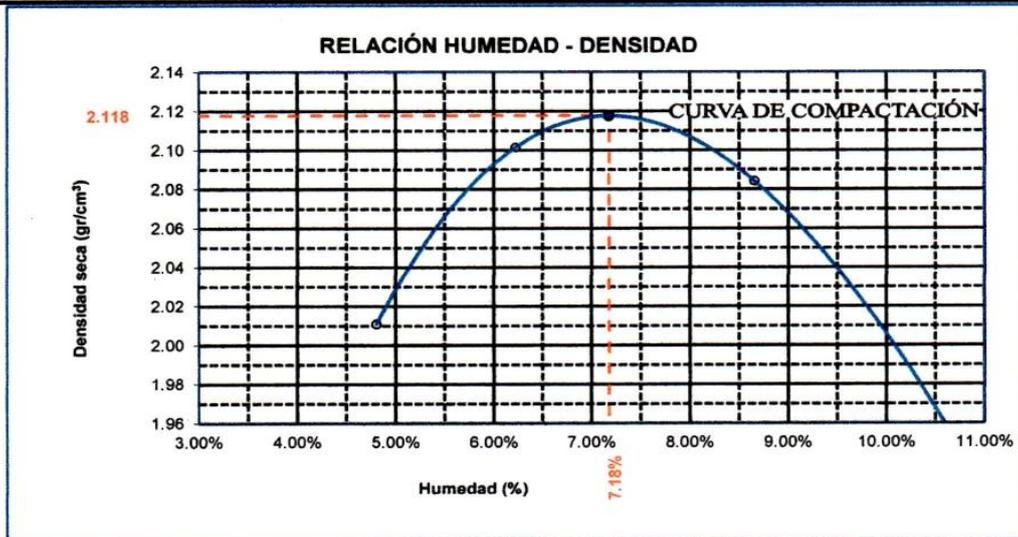
TESIS	: "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE	: BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	: MUESTRA N°02
UBICACIÓN	: JULIACA
COMPONENTE	: BASE
FECHA	: 12 DE DICIEMBRE DEL 2019

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2102 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10238	10500	10568	10361
Peso del Molde	gr.	5808	5808	5808	5808
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4430	4692	4760	4553
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm3.	2.108	2.232	2.265	2.166

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	391.18	382.95	435.47	439.12	463.47	485.60	515.62	410.95
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	365.14	367.41	411.89	415.83	429.70	449.74	469.27	375.46
Peso del Agua	gr.	16.04	15.54	23.58	23.29	33.77	35.86	46.35	35.49
Peso de la Capsula	gr.	37.67	37.48	37.05	37.01	38.12	37.20	37.25	38.01
Peso del Suelo Seco	gr.	327.47	329.93	374.84	378.82	391.58	412.54	432.02	337.45
% de Humedad	%	4.90%	4.71%	6.29%	6.15%	8.62%	8.69%	10.73%	10.52%
Promedio de Humedad	%	4.80%		6.22%		8.66%		10.82%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.011		2.101		2.084		1.958	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.118 gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	: 7.18%



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA
 Ing. Oscar V. Viamonte Calla
 CIP. 32730

B. N° : 014-0377428



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

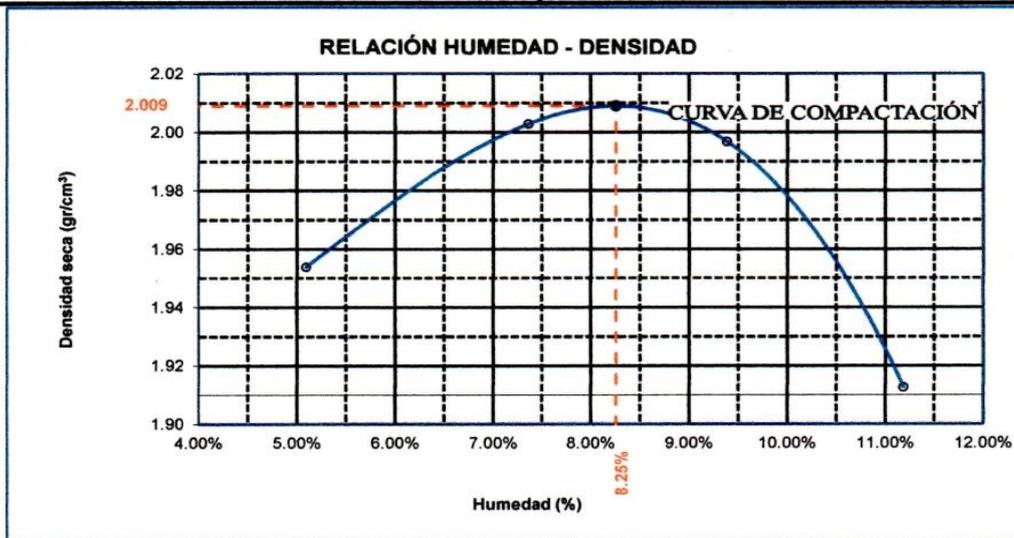
TESIS	: "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE	: BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	: MUESTRA N°03
UBICACIÓN	: JULIACA
COMPONENTE	: BASE
FECHA	: 12 DE DICIEMBRE DEL 2019

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10329	10534	10606	10484
Peso del Molde	gr.	5980	5980	5980	5980
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4349	4554	4626	4504
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.053	2.150	2.184	2.127

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	476.83	469.53	417.72	417.47	347.96	415.86	401.46	450.58
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	453.25	450.91	393.06	390.22	321.60	383.24	364.06	410.28
Peso del Agua	gr.	23.58	18.62	24.66	27.25	26.36	32.62	37.40	40.30
Peso de la Capsula	gr.	38.37	36.98	39.77	37.94	38.02	38.88	39.55	38.69
Peso del Suelo Seco	gr.	414.88	413.93	353.29	352.28	283.58	344.36	324.51	371.59
% de Humedad	%	5.68%	4.50%	6.98%	7.74%	9.30%	9.47%	11.53%	10.85%
Promedio de Humedad	%	5.09%		7.36%		9.38%		11.19%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.954		2.003		1.997		1.913	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.009 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 8.25%



UANCV - EICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JULIACA - PUNO
 Ing. Oscar M. Viamonte Cella
 CIP. 32730

B. N° : 014-0377428



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA : MUESTRA N°01
UBICACIÓN : JULIACA
COMPONENTE : SUB-BASE
FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM-D-2216-MTC-E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	436.64
SUELO SECO + TARRO	gr	420.40
PESO DEL TARRO	gr	38.46
PESO DEL AGUA	gr	16.24
PESO DE SUELO SECO	gr	381.94
HUMEDAD %	%	4.25

LÍMITE LIQUIDO-LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM – D424 D-4318 AASHTO – T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		4	9
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	45.95	45.71
SUELO SECO + TARRO	gr	43.38	43.25
PESO DEL TARRO	gr	30.28	30.33
PESO DEL AGUA	gr	2.57	2.46
PESO DE SUELO SECO	gr	13.10	12.92
HUMEDAD %	%	19.62	19.04
N° DE GOLPES		30	30

LÍMITE PLASTICO

D	C-2
13.14	13.14
12.52	12.53
8.63	8.69
0.62	0.61
3.89	3.84
15.94	15.89

LÍMITE LIQUIDO % : 19.76 LÍMITE PLASTICO % : 15.91

INDICE PLASTICO % : 03.85

LL = Wn * (N/25)^{0.121}
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA
 Ing. Oscar V. Viamonte Calla
 CIP. 32730

B. N°. 014-037737



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.

SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE

MUESTRA : MUESTRA N°02

UBICACIÓN : JULIACA

COMPONENTE : SUB-BASE

FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM-D-2216-MTC-E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	436.64
SUELO SECO + TARRO	gr	420.40
PESO DEL TARRO	gr	38.46
PESO DEL AGUA	gr	16.24
PESO DE SUELO SECO	gr	381.94
HUMEDAD %	%	4.25

LÍMITE LIQUIDO-LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM – D424 D-4318 AASHTO – T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		4	9
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	45.16	45.28
SUELO SECO + TARRO	gr	42.95	43.01
PESO DEL TARRO	gr	30.28	30.33
PESO DEL AGUA	gr	2.21	2.27
PESO DE SUELO SECO	gr	12.67	12.68
HUMEDAD %	%	17.44	17.90
N° DE GOLPES		30	30

LÍMITE PLASTICO

D	C-2
13.14	13.14
12.52	12.53
8.63	8.69
0.62	0.61
3.89	3.84
15.94	15.89

LÍMITE LIQUIDO % : 18.07 LÍMITE PLASTICO % : 15.91

INDICE PLASTICO % : 02.15

LL = Wn * (N/25)^{0.121}
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



B. N°. 014-037737



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.

SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE

MUESTRA : MUESTRA N°03

UBICACIÓN : JULIACA

COMPONENTE : SUB-BASE

FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM-D-2216-MTC-E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	436.64
SUELO SECO + TARRO	gr	420.40
PESO DEL TARRO	gr	38.46
PESO DEL AGUA	gr	16.24
PESO DE SUELO SECO	gr	381.94
HUMEDAD %	%	4.25

LÍMITE LIQUIDO-LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM – D424 D-4318 AASHTO – T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		4	9
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	45.95	45.52
SUELO SECO + TARRO	gr	43.35	43.12
PESO DEL TARRO	gr	30.34	30.84
PESO DEL AGUA	gr	2.60	2.40
PESO DE SUELO SECO	gr	13.01	12.28
HUMEDAD %	%	19.98	19.54
N° DE GOLPES		21	21

LÍMITE PLASTICO

A	C
12.42	12.50
11.81	11.90
7.88	7.99
0.61	0.60
3.93	3.91
15.52	15.35

LÍMITE LIQUIDO % : 19.35 LÍMITE PLASTICO % : 15.43

INDICE PLASTICO % : 03.92

LL = $W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



B. N°. 014-037737



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA : MUESTRA N°01
UBICACIÓN : JULIACA
COMPONENTE : BASE
FECHA : 18 DE SETIEMBRE DEL 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM-D-2216-MTC-E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	411.14
SUELO SECO + TARRO	gr	399.00
PESO DEL TARRO	gr	49.35
PESO DEL AGUA	gr	12.14
PESO DE SUELO SECO	gr	349.65
HUMEDAD %	%	3.47

LÍMITE LIQUIDO-LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM – D424 D-4318 AASHTO – T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		2	3
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.25	44.59
SUELO SECO + TARRO	gr	44.22	44.51
PESO DEL TARRO	gr	30.22	29.65
PESO DEL AGUA	gr	3.29	3.49
PESO DE SUELO SECO	gr	14.00	14.86
HUMEDAD %	%	23.50	23.49
N° DE GOLPES		24	24

LÍMITE PLASTICO

	12	14
	12.56	11.60
	11.44	10.67
	6.24	6.29
	1.12	0.93
	5.20	4.36
	21.55	21.25

LÍMITE LIQUIDO % : 23.38 LÍMITE PLASTICO % : 21.40

INDICE PLASTICO % : 01.98

LL = Wn * (N/25)^{0.121}
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - EICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Ing. Oscar V. Viamonte Calla
CIP 32730

B. N°. 014-037737



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUÑO, 2021.

SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE

MUESTRA : MUESTRA N°02

UBICACIÓN : JULIACA

COMPONENTE : BASE

FECHA : 18 DE SETIEMBRE DEL 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM-D-2216-MTC-E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	411.14
SUELO SECO + TARRO	gr	399.00
PESO DEL TARRO	gr	49.35
PESO DEL AGUA	gr	12.14
PESO DEL SUELO SECO	gr	349.65
HUMEDAD %	%	3.47

LÍMITE LIQUIDO-LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM – D424 D-4318 AASHTO – T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		2	3
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.25	44.59
SUELO SECO + TARRO	gr	43.56	42.99
PESO DEL TARRO	gr	28.95	28.65
PESO DEL AGUA	gr	3.29	3.49
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.61	14.34
HUMEDAD %	%	22.52	24.34
N° DE GOLPES		24	24

LÍMITE PLASTICO

	12	14
	12.58	11.6
	11.44	10.67
	6.24	6.29
	1.12	0.93
	5.2	4.38
	21.56	21.25

LÍMITE LIQUIDO % : 23.31 LÍMITE PLASTICO % : 21.40

INDICE PLASTICO % : 01.91

LL = Wn * (N/25)^{0.121}
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ing. Oscar V. Viarante Calla
 CIP. 32730

B. N°. 014-037737



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS : "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL OVALO INTERSECCION AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA, PUNO, 2021.
SOLICITANTE : BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA : MUESTRA N°03
UBICACIÓN : JULIACA
COMPONENTE : BASE
FECHA : 18 DE SETIEMBRE DEL 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM-D-2216-MTC-E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	411.14
SUELO SECO + TARRO	gr	399.00
PESO DEL TARRO	gr	49.35
PESO DEL AGUA	gr	12.14
PESO DE SUELO SECO	gr	349.65
HUMEDAD %	%	3.47

LÍMITE LIQUIDO-LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM – D424 D-4318 AASHTO – T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		2	3
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.56	44.01
SUELO SECO + TARRO	gr	43.56	42.99
PESO DEL TARRO	gr	28.99	28.38
PESO DEL AGUA	gr	3.29	3.49
PESO DE SUELO SECO	gr	14.57	14.61
HUMEDAD %	%	22.58	23.89
N° DE GOLPES		24	24

LÍMITE PLASTICO

	12	14
	12.56	11.60
	11.44	10.67
	6.23	6.24
	1.12	0.93
	5.21	4.43
	21.55	21.01

LÍMITE LIQUIDO % : 23.12 LÍMITE PLASTICO % : 21.26

INDICE PLASTICO % : 01.86

LL = Wn * (N/25)^{0.121}
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - EICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 LABO. M.S.P.A.
 JEFE TURNO
 Ing. Oscar V. Vizconde Calle
 CIP. 52730

B. N°. 014-037737



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	:MUESTRA N° 01
CANTERA	:SUB BASE
FECHA	:12 de diciembre 2019

MOLDE N°	III	II	I
N° DE CAPAS	5	5	5
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12262	12136	11654	11579	12556	12523
Peso del Molde	gr.	8000	8000	7183	7183	8006	8006
Peso del Suelo Humedo	gr.	4262	4136	4471	4396	4550	4517
Volumen del Suelo	cc.	2114.83	2114.83	2116.65	2116.65	2096.62	2096.62
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.015	1.956	2.112	2.077	2.17	2.154

Capsula N°	N°	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr	349.49	387.33	380.8	379.84	371.1	367.6	398.97	409.97	379.63
Peso del suelo seca + Capsula	gr	318.95	351.66	356.57	347.72	342.88	344.2	371.06	378.67	355.93
Peso del Agua	gr	30.54	35.67	24.23	32.12	28.22	23.4	27.91	31.3	23.7
Peso de la Capsula	gr	35.08	37.95	36.45	37.78	36.12	36.12	37.57	36.76	38.88
Peso del Suelo Seco	gr	283.87	313.71	320.12	309.94	306.76	306.06	333.49	341.91	317.05
% de Humedad	%	10.76%	11.37%	7.57%	10.36%	9.20%	7.60%	8.37%	9.15%	7.48%
Promedio de Humedad	%	11.06%		7.57%	9.78%	7.60%	8.76%	7.45%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.815		1.818	1.924	1.93	1.995	2.005		

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/12/2019	8:25: a.m.	0	6.54	0.00	0.00	6.72	0.00	0.00	3.69	0.00	0.00
13/12/2019	8:25: a.m.	24:00:00	6.58	0.25	0.22	6.80	0.18	0.15	3.78	0.13	0.11
14/12/2019	8:25: a.m.	48:00:00	7.61	0.48	0.41	6.84	0.28	0.24	3.83	0.20	0.17
15/12/2019	8:25: a.m.	72:00:00	7.62	0.71	0.61	6.87	0.43	0.37	3.85	0.25	0.22
16/12/2019	8:25: a.m.	96:00:00	7.62	0.84	0.72	6.87	0.46	0.39	109	0.3	0.26

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE N° III				MOLDE N° II				MOLDE N° I			
			Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc
0	0		0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0	
0.63	00:30		8.00	59.1	3.0	17.00	97.0	4.9	35.00	174	8.8			
1.27	01:00		22.00	118.5	6.0	40.00	195.0	9.9	75.00	343	17.4			
1.91	01:30		45.00	216.1	10.9	75.00	343.0	17.4	128.00	566	28.7			
2.54	02:00	70.31	75.00	343.5	17.4	125.00	556.0	28.1	210.00	916	46.3			
3.81	03:00		120.00	534.5	27.0	230.00	1001.0	50.6	355.00	1532	77.4			
5.09	04:00	105	169.00	742.4	37.5	345.00	1489.0	75.3	434.00	1867	94.4			
6.36	05:00		200.00	874.0	44.2	415.00	1787.0	90.3	530.00	2275	115			
7.62	06:00		222.00	967.4	48.9	460.00	1978.0	100.0	595.00	2551	128.9			
8.84	07:00		241.00	1048.0	53.0	491.00	2109.0	106.6	639.00	2737	138.4			
10.16	08:00		255.00	1107.5	56.0	517.00	2219.0	112.2	671.00	2873	145.2			

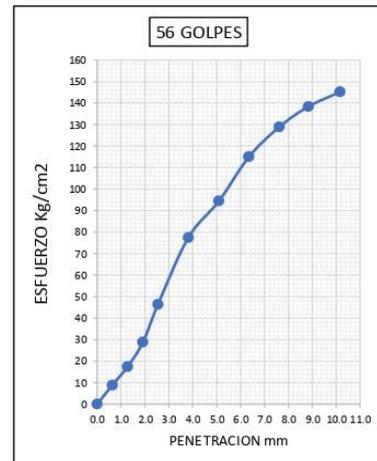
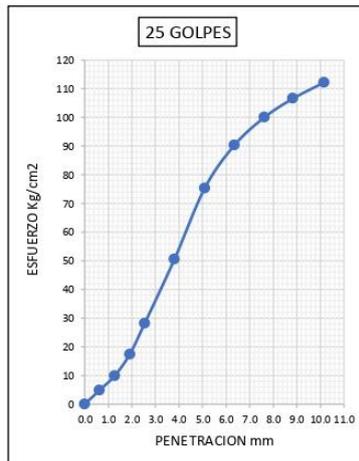
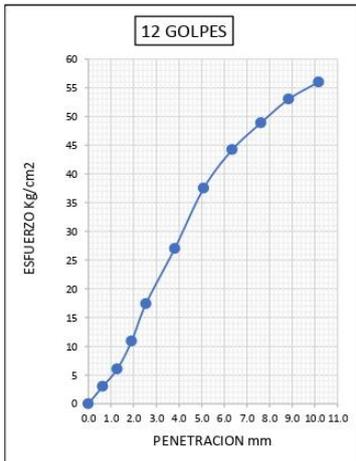
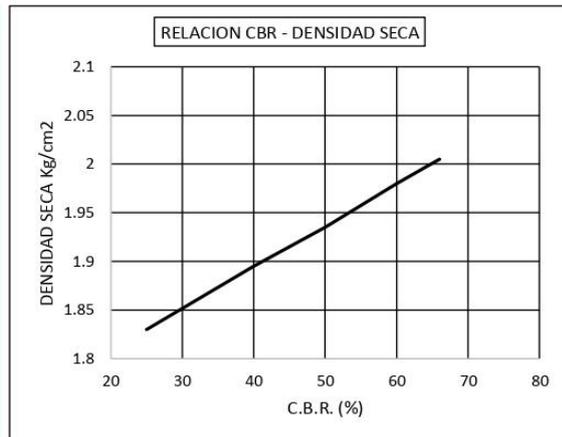
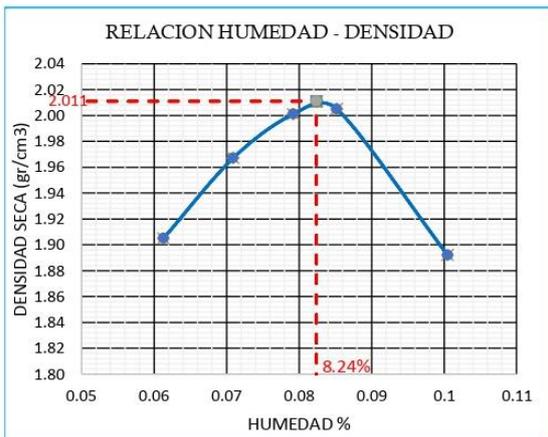

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
 Ing. Oscar V. Viamonte Caila
 CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021	METODO DE COMPACTACION ASTM D 1557-91	
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.011
MATERIAL	:SUB BASE	HUMEDAD OPTIMA %	8.24%
MUESTRA	:MUESTRA N°01	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	67.0
FECHA	:12 de diciembre 2019	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	43.0
		CLASIFICACION	: GP-GC
		AASHTO	:
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Ing. Osvaldo V. Viamonte Calla
 CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	:MUESTRA N° 02
CANTERA	:SUB BASE
FECHA	:12 de diciembre 2019

MOLDE N°	III		II		I	
N° DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11088	10947	12523	10550	11604	11557
Peso del Molde	gr.	6661	6651	8031	8031	6603	6803
Peso del Suelo Humedo	gr.	4427	4417	4592	2519	4801	4754
Volumen del Suelo	cc.	2106.62	2106.62	2111.21	2111.21	2114.96	2114.96
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.101	2.097	2.175	1.193	2.27	2.248

Capsula N°	N°	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr	404.06	446.39	429.15	378.95	379.72	313.16	361.31	395.52	347.27
Peso del suelo seca + Capsula	gr	367.66	405.39	405.93	351.35	350.19	295.44	337.65	369.25	326.52
Peso del Agua	gr	36.40	41.00	23.22	27.60	29.53	17.72	23.66	26.27	20.75
Peso de la Capsula	gr	36.60	36.19	39.15	36.24	38.97	37.18	38.10	38.76	37.92
Peso del Suelo Seco	gr	331.06	369.20	366.78	315.11	311.22	258.26	299.55	330.49	288.60
% de Humedad	%	10.99%	11.11%	6.33%	8.76%	9.49%	6.86%	7.90%	7.95%	7.19%
Promedio de Humedad	%	11.05%	6.33%	9.12%	6.86%	7.92%	7.19%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.892	1.972	1.993	1.117	2.103	2.097			

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/12/2019	8:25: a.m.	0	396	0.00	0.00	454	0.00	0.00	409	0.00	0.00
13/12/2019	8:25: a.m.	24:00:00	406	0.20	0.17	462	0.20	0.17	412	0.08	0.07
14/12/2019	8:25: a.m.	48:00:00	417	0.48	0.41	465	0.28	0.24	414	0.13	0.11
15/12/2019	8:25: a.m.	72:00:00	422	0.61	0.52	467	0.33	0.28	415	0.15	0.13
16/12/2019	8:25: a.m.	96:00:00	427	0.74	0.64	468	0.36	0.31	416	0.18	0.15

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE N° III				MOLDE N° II				MOLDE N° I			
			Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc
0	0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0	0	
0.63	00:30		0.15	25.8	1.3		29.00	148.0	7.5		70.00	322	16.3	
1.27	01:00		0.25	26.2	1.3		54.00	254.0	12.9		115.00	513	25.9	
1.91	01:30		38.00	186.4	9.4		82.00	373.0	18.9		167.00	734	37.1	
2.54	02:00	70.31	53.00	250.1	12.6		102.00	458.0	23.2		201.00	878	44.4	
3.81	03:00		72.00	330.7	16.7		137.00	607.0	30.7		266.00	1154	58.3	
5.09	04:00	105	94.00	424.1	21.4		173.00	759.0	38.4		313.00	1354	66.4	
6.36	05:00		109.00	487.8	24.7		203.00	887.0	44.8		340.00	1468	74.2	
7.62	06:00		125.00	555.7	28.1		225.00	980.0	49.5		365.00	1574	79.6	
8.84	07:00		134.00	593.9	30.0		243.00	1057.0	53.4		384.00	1655	83.7	
10.16	08:00		141.00	623.6	31.5		253.00	1099.0	55.6		395.00	1702	86.0	

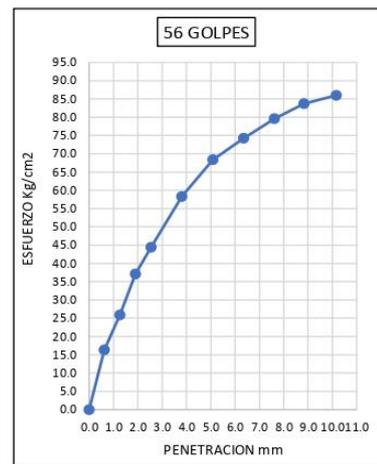
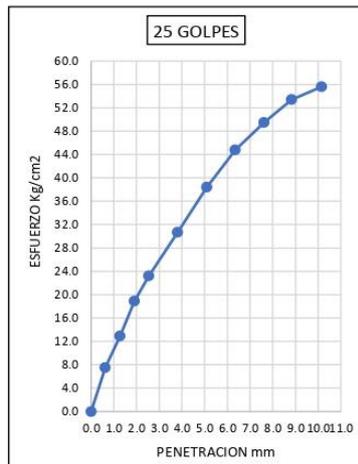
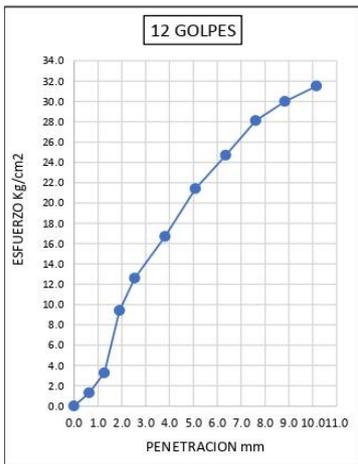
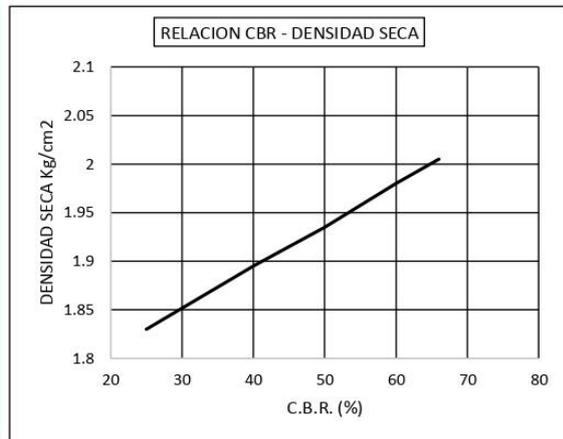
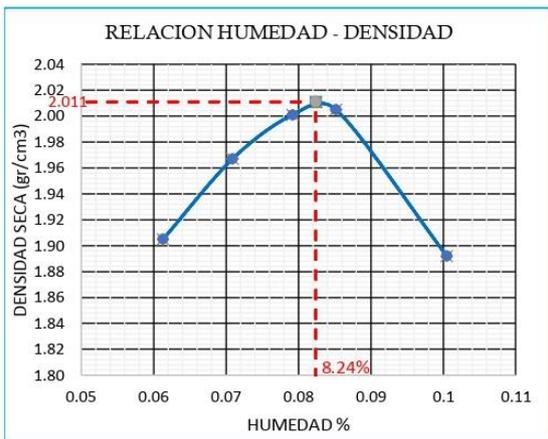

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
 Ing. Oscar V. Viamonte Calia
 CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021	METODO DE COMPACTACION ASTM D 1557-91	
		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.011
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE	HUMEDAD OPTIMA %	8.24%
		CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	63.6
MATERIAL	:SUB BASE	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	40.1
MUESTRA	:MUESTRA N°02	CLASIFICACION	: GP-GC
FECHA	:12 de diciembre 2019	AASHTO	:
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
 Ing. Oscar V. Viamonte Cella
 CIP. 32730

B. N° 014-0377441



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	:MUESTRA N° 01
CANTERA	: BASE
FECHA	:12 de diciembre 2019

MOLDE N°	III		II		I	
N° DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11195	11068	11823	11727	11533	11488
Peso del Molde	gr.	6703	6703	7172	7172	6709	6709
Peso del Suelo Humedo	gr.	4492	4365	4651	4555	4824	4779
Volumen del Suelo	cc.	2112.05	2112.05	2112.05	2112.05	2109.4	2109.4
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.127	2.067	2.202	2.157	2.287	2.266

Capsula N°	N°	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr	397.19	384.52	381.58	336.61	369.56	337.32	334.46	364.36	464.90
Peso del suelo seca + Capsula	gr	362.25	355.30	361.30	311.62	342.87	319.28	315.82	339.52	440.32
Peso del Agua	gr	34.94	29.22	20.28	24.79	26.69	18.04	18.64	24.84	24.58
Peso de la Capsula	gr	36.77	37.82	36.82	37.93	36.50	38.35	39.77	37.18	38.87
Peso del Suelo Seco	gr	325.48	317.48	324.48	273.69	306.37	280.93	276.05	302.34	401.45
% de Humedad	%	10.73%	9.20%	6.25%	9.05%	8.71%	6.42%	6.75%	8.22%	6.12%
Promedio de Humedad	%	9.97%	6.25%	8.88%	6.42%	7.48%	6.12%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.934	1.945	2.022	2.027	2.128	2.135			

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/12/2019	8:25: a.m.	0	6.54	0.00	0.00	6.72	0.00	0.00	3.69	0.00	0.00
13/12/2019	8:25: a.m.	24:00:00	6.58	0.25	0.22	6.80	0.18	0.15	3.78	0.13	0.11
14/12/2019	8:25: a.m.	48:00:00	7.61	0.48	0.41	6.84	0.28	0.24	3.83	0.20	0.17
15/12/2019	8:25: a.m.	72:00:00	7.62	0.71	0.61	6.87	0.43	0.37	3.85	0.25	0.22
16/12/2019	8:25: a.m.	96:00:00	7.62	0.84	0.72	6.87	0.46	0.39	109	0.30	0.25

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE N° III				MOLDE N° II				MOLDE N° I			
			Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc
0	0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0	0	
0.63	00:30		8.00	59.1	2.7		17.00	97.0	4.5		35.00	174	88	
1.27	01:30		22.00	116.5	5.2		40.00	195.0	8.9		75.00	343	17.1	
1.91	01:30		45.00	216.1	9.6		75.00	343.0	16.5		128.00	568	25.4	
2.54	02:00	70.31	75.00	343.5	16.3		125.00	556.0	29.5		210.00	915	47.9	
3.81	03:00		120.00	534.5	26.3		230.00	1001.0	51.3		355.00	1532	77.1	
5.09	04:00	105	169.00	742.4	39.4		345.00	1489.0	76.7		434.00	1867	95.5	
6.36	05:00		200.00	874.0	44.6		415.00	1787.0	91.5		530.00	2275	114.3	
7.62	06:00		222.00	967.4	50.0		460.00	1978.0	101.6		595.00	2551	127.3	
8.84	07:00		241.00	1048.0	52.1		491.00	2109.0	104.9		639.00	2737	137.2	
10.16	08:00		255.00	1107.1	55.3		517.00	2219.0	111.8		671.00	2873	144.8	

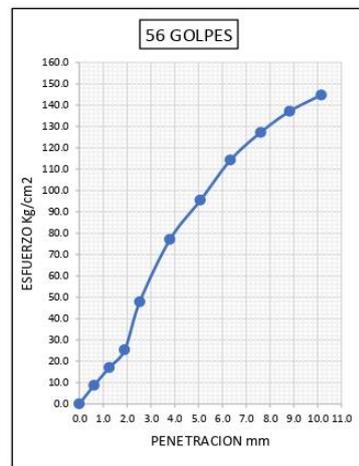
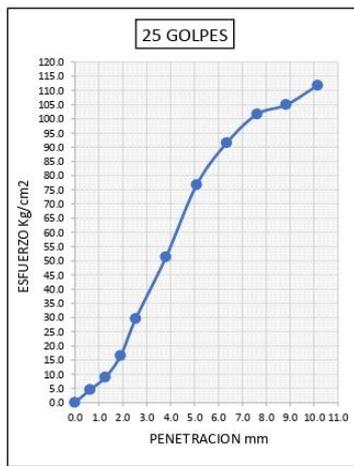
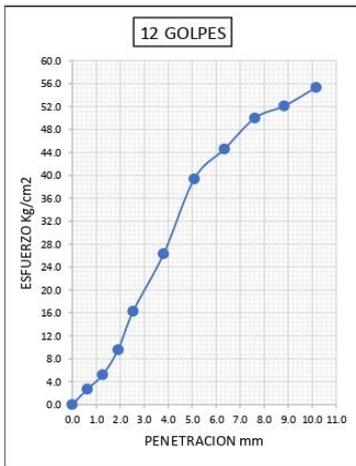
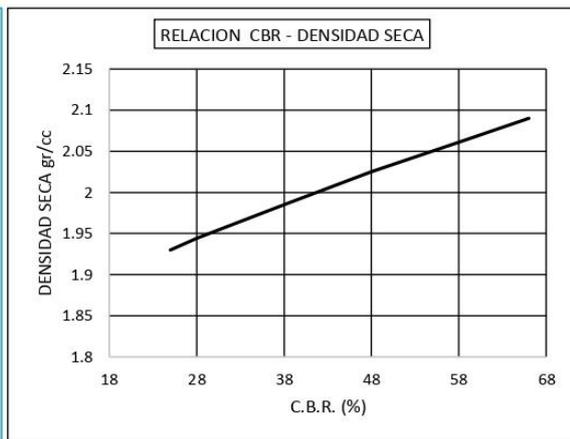
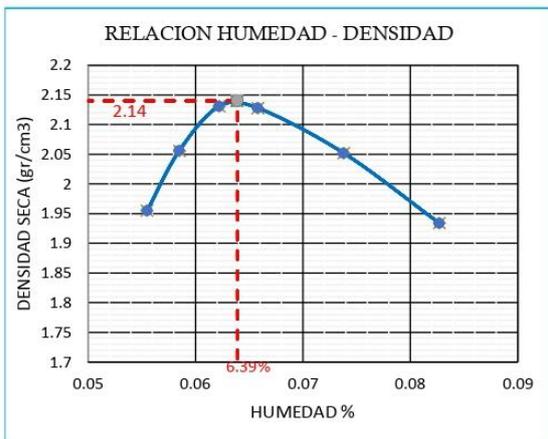
UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 Ing. Oscar V. Viamonte Calla
 CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021	METODO DE COMPACTACION ASTM D 1557-91	
		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.14
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE	HUMEDAD OPTIMA %	6.39%
		CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	90.0
MATERIAL	:BASE	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	63.1
MUESTRA	:MUESTRA N°01	CLASIFICACION	: SC
FECHA	:12 de diciembre 2019	AASHTO	:
		EMBEBIDO	: 4 DIAS




UANCV - EICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Ing. Oscar Valdivia
CIP. 32730

B. N° 014-0377441



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	:MUESTRA N° 02
CANTERA	: BASE
FECHA	:12 de diciembre 2019

MOLDE N°	III	II	I
N° DE CAPAS	5	5	5
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11099	11064	11196	11156	11597	11530
Peso del Molde	gr.	6704	6704	6715	6715	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	4395	4417	4592	4441	4812	4745
Volumen del Suelo	cc.	2103.85	2103.85	2028.87	2028.87	2097.46	2097.46
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.089	2.099	2.263	2.189	2.294	2.262

Capsula N°	N°	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr	371.36	428.17	439.43	348.05	419.10	472.74	368.30	373.46	444.26
Peso del suelo seca + Capsula	gr	336.57	394.06	406.57	318.06	386.48	441.21	343.12	341.96	417.30
Peso del Agua	gr	34.79	34.11	32.86	29.99	32.62	31.53	25.18	32.10	26.96
Peso de la Capsula	gr	37.54	37.66	37.63	38.19	37.64	37.64	37.50	37.43	37.05
Peso del Suelo Seco	gr	299.03	356.40	368.94	279.87	348.84	403.57	305.62	303.93	380.25
% de Humedad	%	11.63%	9.57%	8.91%	10.72%	9.35%	7.81%	8.24%	10.56%	7.09%
Promedio de Humedad	%	10.60%	8.91%	10.03%	7.81%	9.40%	7.09%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.889	1.928	2.057	2.030	2.970	2.112			

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/12/2019	8:25: a.m.	0	368	0.00	0.00	848	0.00	0.00	585	0.00	0.00
13/12/2019	8:25: a.m.	24:00:00	359	0.03	0.03	849	0.03	0.03	585	0.00	0.00
14/12/2019	8:25: a.m.	48:00:00	361	0.08	0.07	849	0.03	0.03	585	0.00	0.00
15/12/2019	8:25: a.m.	72:00:00	363	0.13	0.11	850	0.05	0.04	586	0.03	0.03
16/12/2019	8:25: a.m.	96:00:00	364	0.15	0.13	850	0.05	0.04	586	0.03	0.03

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE N° III				MOLDE N° II				MOLDE N° I			
			Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc
0	0		0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0
0.63	00:30		8.00	59.1	3.0	25.00	131.0	6.6	6.6	42.00	203	10.3	10.3	10.3
1.27	01:00		39.00	190.7	9.6	68.00	314.0	15.9	15.9	111.00	496	25.1	25.1	25.1
1.91	01:30		69.00	318.0	16.1	122.00	543.0	27.4	27.4	161.00	708	35.8	35.8	35.8
2.54	02:00	70.31	88.00	398.6	20.2	173.00	759.0	38.4	38.4	232.00	1010	51	51	51
3.81	03:00		128.00	568.4	28.7	249.00	1082.0	54.7	54.7	333.00	1439	72.7	72.7	72.7
5.09	04:00	105	151.00	666.0	33.7	299.00	1294.0	65.4	65.4	434.00	1867	94.4	94.4	94.4
6.36	05:00		170.00	746.7	37.7	350.00	1511.0	76.4	76.4	522.00	2241	113.3	113.3	113.3
7.62	06:00		183.00	801.9	40.5	369.00	1591.0	80.4	80.4	607.00	2601	131.5	131.5	131.5
8.84	07:00		196.00	857.0	43.3	411.00	1770.0	89.4	89.4	678.00	2903	146.7	146.7	146.7
10.16	08:00		204.00	891.0	45.0	431.00	1854.0	93.7	93.7	722.00	3090	156.2	156.2	156.2

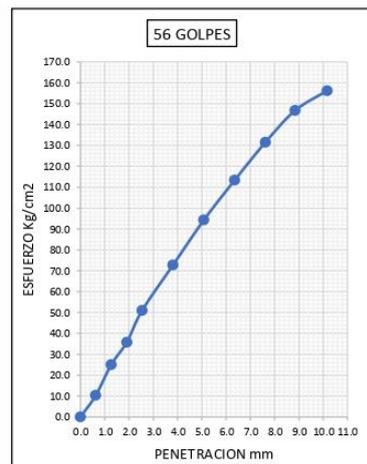
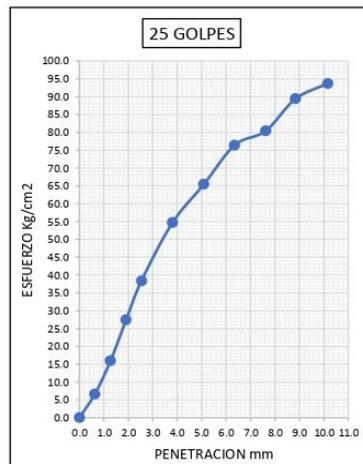
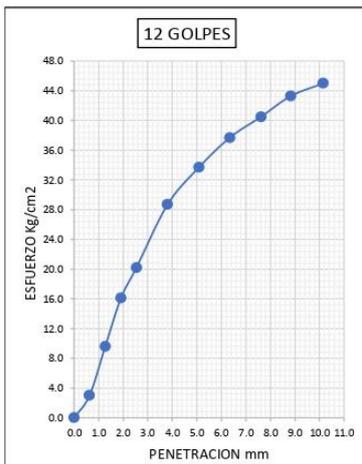
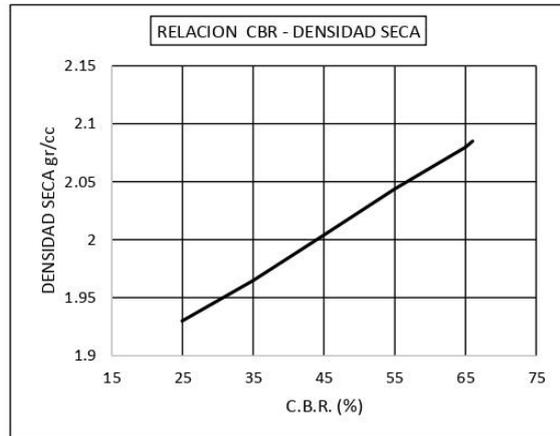
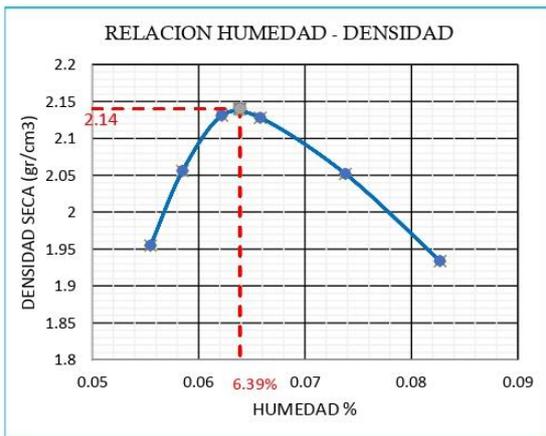
UANCV - EICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Ing. Oscar V. Viamonte Cañá
 CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021	METODO DE COMPACTACION ASTM D 1557-91	
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.14
MATERIAL	:BASE	HUMEDAD OPTIMA %	6.39%
MUESTRA	:MUESTRA N°02	CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	92.6
FECHA	:12 de diciembre 2019	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	63.5
		CLASIFICACION	: SC
		AASHTO	:
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
 Ing. Oscar V. Viamonte Celia
 CIP. 32730

B. N° 014-0377441



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE
MUESTRA	:MUESTRA N° 03
CANTERA	: BASE
FECHA	:12 de diciembre 2019

MOLDE N°	III	II	I
N° DE CAPAS	5	5	5
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11195	11068	11823	11727	11533	11488
Peso del Molde	gr.	6703	6703	7172	7172	6709	6709
Peso del Suelo Humedo	gr.	4492	4365	4651	4555	4824	4779
Volumen del Suelo	cc.	2112.05	2112.05	2112.05	2112.05	2109.4	2109.4
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.127	2.067	2.202	2.157	2.287	2.266

Capsula N°	N°	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr	397.19	384.52	381.58	336.61	369.56	337.32	334.46	364.36	464.90
Peso del suelo seca + Capsula	gr	362.25	355.30	361.30	311.62	342.87	319.28	315.82	339.52	440.32
Peso del Agua	gr	34.94	29.22	20.28	24.79	26.69	18.04	18.64	24.84	24.58
Peso de la Capsula	gr	36.77	37.82	36.82	37.93	36.50	38.35	39.77	37.18	38.87
Peso del Suelo Seco	gr	325.48	317.48	324.48	273.69	306.37	280.93	276.05	302.34	401.45
% de Humedad	%	10.73%	9.20%	6.25%	9.05%	8.71%	6.42%	6.75%	8.22%	6.12%
Promedio de Humedad	%	9.97%	6.25%	8.88%	6.42%	7.48%	6.12%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.934	1.945	2.022	2.027	2.128	2.135			

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/12/2019	8:25: a.m.	0	6.54	0.00	0.00	6.72	0.00	0.00	3.69	0.00	0.00
13/12/2019	8:25: a.m.	24:00:00	6.58	0.25	0.22	6.80	0.18	0.15	3.78	0.13	0.11
14/12/2019	8:25: a.m.	48:00:00	7.61	0.48	0.41	6.84	0.28	0.24	3.83	0.20	0.17
15/12/2019	8:25: a.m.	72:00:00	7.62	0.71	0.61	6.87	0.43	0.37	3.85	0.25	0.22
16/12/2019	8:25: a.m.	96:00:00	7.62	0.84	0.72	6.87	0.46	0.39	109	0.30	0.25

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE N° III				MOLDE N° II				MOLDE N° I			
			Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc	Dial	Kg.	Kg/cm ²	correc
0	0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0	0	
0.63	00:30		8.00	59.1	3.0		17.00	97.0	5.0		35.00	174	8.6	
1.27	01:00		22.00	116.5	6.0		40.00	195.0	10.2		75.00	343	16.5	
1.91	01:30		45.00	216.1	11.9		75.00	343.0	16.1		128.00	568	27.7	
2.54	02:00	70.31	75.00	343.5	17.2		125.00	556.0	27.9		210.00	915	45.1	
3.81	03:00		120.00	534.5	26.5		230.00	1001.0	50.4		355.00	1532	76.9	
5.09	04:00	105	169.00	742.4	37.1		345.00	1489.0	75.3		434.00	1867	96.7	
6.36	05:00		200.00	874.0	42.9		415.00	1787.0	90.1		530.00	2275	115.7	
7.62	06:00		222.00	967.4	50.1		460.00	1978.0	99.9		595.00	2551	130.4	
8.84	07:00		241.00	1048.0	52.7		491.00	2109.0	106.0		639.00	2737	140.9	
10.16	08:00		255.00	1107.1	55.4		517.00	2219.0	111.4		671.00	2873	150.8	

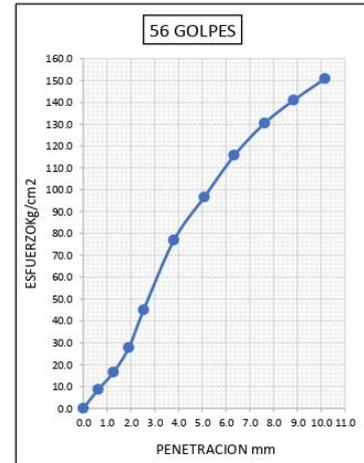
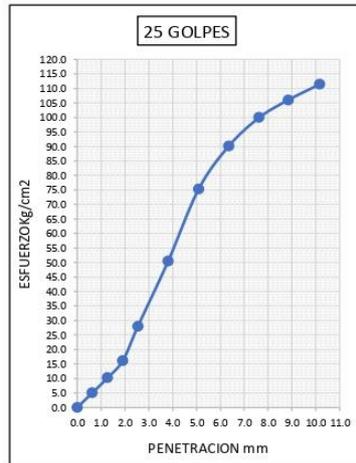
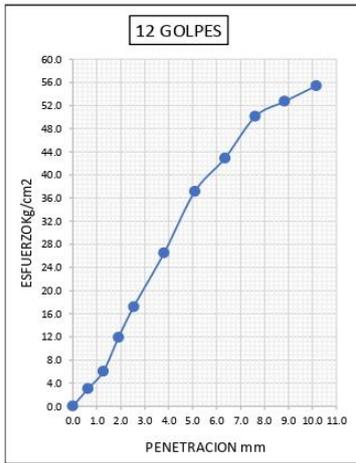
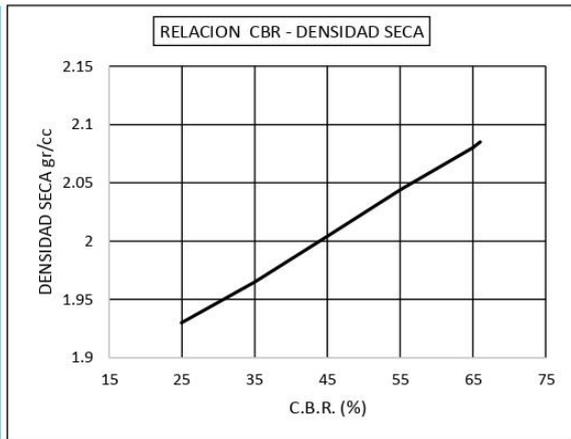
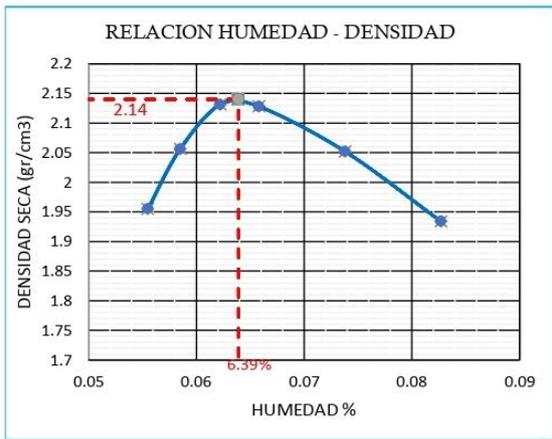
UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO N.º S.º A. JULIACA
 Ing. Oscar V. Vianorke Calla
 CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



TESIS	:EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ÓVALO INTERSECCIÓN AUTOPISTA MARTIRES 4 DE NOVIEMBRE, ENTRADA A LA CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIACA , PUNO, 2021	METODO DE COMPACTACION ASTM D 1557-91	
		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.14
SOLICITANTE	:BACHILLER, ALIAGA HUMPIRI SHIOMARA CELESTE	HUMEDAD OPTIMA %	6.39%
		CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	93.1
MATERIAL	:BASE	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	60.1
MUESTRA	:MUESTRA N°03	CLASIFICACION	: SC
FECHA	:12 de diciembre 2019	AASHTO	:
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
 Ing. Oscar Valdivia Calle
 CIP: 32730

B. N° 014-0377441