

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA



**UTILIZACIÓN DE GEOSINTÉTICOS PARA EL MEJORAMIENTO
DEL SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE EN LAS VÍAS URBANAS,
DE CHICLAYO, LAMBAYEQUE, 2019**

Tesis

Presentada por:

BACH. WILMER ROJAS PINTADO

ORCID: 0000-0002-5529-4451

BACH. DOMINGO WILVER VENTURA GUEVARA

ORCID: 0000-0003-4932-1932

Asesor:

DR. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

ORCID: 0000-0002-5458-9258

Para Obtener el Grado Académico de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TACNA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Tesis

**“UTILIZACIÓN DE GEOSINTÉTICOS PARA EL MEJORAMIENTO
DEL SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE EN LAS VÍAS URBANAS,
DE CHICLAYO, LAMBAYEQUE, 2019”**

Presentada por:

Bach. Wilmer ROJAS PINTADO
Bach. Domingo Wilver VENTURA GUEVARA

**Tesis sustentada y aprobada el 11 de noviembre del 2023 ante el siguiente
jurado examinador:**

PRESIDENTE: Dr. Martín PAUCARA ROJAS

SECRETARIO: Dr. Samuel HUAQUISTO CÁCERES

VOCAL: Mtro. Alfonso Oswaldo FLORES MELLO

ASESOR: Dr. Pedro Valerio MAQUERA CRUZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Wilmer Rojas Pintado y Domingo Wilver Ventura Guevara, en calidad de Egresados de la Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Geotecnia de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI: 41000674 y DNI: 16536618

Somos autores de la tesis titulada:

“UTILIZACIÓN DE GEOSINTÉTICOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE EN LAS VÍAS URBANAS, DE CHICLAYO, LAMBAYEQUE, 2019”, con asesor: Dr. Pedro Valerio MAQUERA CRUZ

DECLARAMOS BAJO JURAMENTO

Ser los únicos autores del texto entregado para obtener el grado académico de MAGISTER, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaramos no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaramos, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 26 % de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaramos que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y somos conocedores de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmamos la presente con pleno uso de nuestras facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y

veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

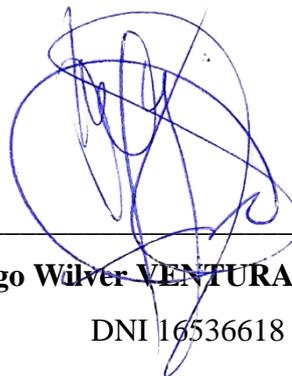
De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna, 11 de noviembre del año dos mil veintitrés



Wilmer ROJAS PINTADO

DNI 41000674



Domingo Wilver VENTURA GUEVARA

DNI 16536618

DEDICATORIA

A mi hijo, mis amados padres y hermanos por su comprensión y apoyo incondicional a lo largo de toda esta etapa de mi vida profesional y culminación de la presente tesis.

A mis maestros, compañeros de estudio y amigos, quienes con su ayuda han hecho posible la culminación de este proyecto

Wilmer Rojas Pintado

Al recuerdo de mi madre y mi padre, por hacer de mi lo hoy soy.

A mi esposa e hijos, por su tolerancia y comprensión en las horas que no pude estar con ellos, a fin de lograr este objetivo de mi vida.

A mis hermanos por su amor incondicional y constante. Por las muchas alegrías que siempre compartimos.

A nuestros docentes, asesor, colegas y amigos, quienes de diferentes maneras han hecho posible concluir con esta investigación a favor de esta parte del Perú.

Domingo Wilver Ventura Guevara

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por bendecirme y guiarme por el buen camino para alcanzar esta meta en mi vida profesional.

A mis padres, mi hijo, mis hermanos y familiares, porque ellos son la inspiración de mi vida para seguir capacitándome y superándome profesionalmente.

A nuestro asesor de tesis y a los docentes de la maestría por su apoyo en la culminación de la presente investigación

Wilmer Rojas Pintado

Agradecer a Dios por su infinito amor. Nunca tendré las palabras; ni formas suficientes para agradecerle.

Agradezco a mis padres, en el cielo, que desde muy niño me inculcaron a perseverar y luchar por un sueño, a mis hermanos porque fueron mis primeros amigos y compañeros de la vida.

A mi esposa e hijos, hermanos y familiares, razón fundamental para seguir capacitándome profesionalmente.

A nuestro asesor de tesis y a los docentes de la maestría por sus conocimientos a favor de la culminación de la presente investigación

Domingo Wilver Ventura Guevara

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTOS	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2.1 Interrogante principal.	20
1.2.2 Interrogantes secundarias.	20
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.4.1 Objetivo general	22
1.4.2 Objetivos específicos.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.2 BASES TEÓRICAS	26
2.2.1 Clasificación e identificación del tipo de suelo.....	26
2.2.2 Fundamentos del Sistema de Clasificación de Aeropuertos.....	27
2.2.3 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	30
2.2.4 Identificación de suelos	34
2.2.5 CBR de suelos (laboratorio)	39
2.2.6 Método de diseño según Giroud y Han con el uso de geosintéticos	50
2.2.7 Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros, estática o rodante.	51

2.2.8 Método de diseño según AASHTO 93 el metodo tradicional	56
2.2.9 Estabilización de Suelos	58
2.2.10 Metodología de Evaluación Estructural de Pavimentos	60
2.2.11 Medición de deflexiones mediante Viga Benkelman.	60
2.2.12 Evaluación Estructural de Pavimentos basados en la Interpretación de Curvas de Deflexiones (Ensayos no Destructivos)	61
2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	63
2.3.1 Glosario de Términos Uso Frecuente	63
2.3.2 Geosintético	64
2.3.3 Número estructural	64
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	65
3.1 HIPÓTESIS	65
3.1.1 Hipótesis general	65
3.1.2 Hipótesis específicas.....	66
3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	66
3.2.1 Identificación de la variable independiente	66
3.2.2 Identificación de la variable dependiente.	66
3.2.2.1 Indicadores de la variable dependiente.	66
3.2.2.2 Escala para la medición de la variable dependiente.....	67
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	67
3.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	67
3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	67
3.6 ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	68
3.6.1 Ámbito.....	68
3.6.2 Tiempo.....	68
3.7 POBLACIÓN Y MUESTRA	69
3.7.1 Unidad de estudio.	69
3.7.2 Población.	69
3.7.3 Muestra.	69
3.8 PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	69

3.8.1 Procedimientos.....	69
3.8.2 Técnicas.....	72
3.8.3 Instrumentos.....	72
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	73
4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	73
4.1.1 Estudio de Material de Préstamo y Suelos de Subrasante.....	74
4.1.2 Diseño y construcción del tramo de prueba	75
4.1.3 MEDICIÓN DE DEFLEXIONES.....	78
4.2 DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	79
4.3 RESULTADOS	80
4.3.1 Caracterización de la subrasante y material de canteras.....	80
4.3.2 Resultados del diseño del paquete estructural de pavimento flexible, mediante el uso de geosintéticos del tramo de prueba	83
4.3.3 Medición y comparación de Deflexiones	92
4.4 PRUEBAS ESTADÍSTICAS	95
4.4.1 En pavimento reforzado a nivel de subrasante con geomalla multiaxial en calle Melitón Carbajal.....	95
4.4.2 En pavimento flexible tradicional en Calle Morro Solar.....	97
4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103
4.5.1 Sub rasante estabilizada con Geosintéticos	103
4.5.2 Sub rasante estabilizada por el Método Tradicional.....	105
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
5.1 CONCLUSIONES.....	110
5.2 RECOMENDACIONES	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
ANEXOS.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Procedimientos para la toma, conservación y transporte de muestras....	70
Tabla 2 Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos realizados	70
Tabla 3 Ensayos químicos realizados	71
Tabla 4 Ensayos de campo	71
Tabla 5 Equipos utilizados	77
Tabla 6 Resultados de ensayos de mecánica de suelos en subrasante	81
Tabla 7 Resultado de los ensayos químicos	81
Tabla 8	82
Tabla 9 Resultados de ensayos especiales de mecánica de suelos del material de préstamo.....	82
Tabla 10 Resultado de los ensayos químicos del material de préstamo.....	82
Tabla 11 Resultado de los ensayos de control de compactación.....	83
Tabla 12 Número de calzadas.	83
Tabla 13	84
Tabla 14 Factor Eje Equivalente EE	84
Tabla 15 Nrep de EE	84
Tabla 16 Cuadro 6.15 del M.C.S.G.G.P.....	84
Tabla 17: CBR y su correlación con el Módulo Resiliente Sub rasante existente	85
Tabla 18 Clasificación del suelo	87
Tabla 19 Módulo de Resiliente	88
Tabla 20	88
Tabla 21 Datos de Mpa y psi.....	90
Tabla 22: Variables de entrada.....	91
Tabla 23: Cálculo del Número Estructural Propuesto	92
Tabla 24 Lecturas de campo de carril único.	93
Tabla 25 Lecturas de campo Carril derecho.	94
Tabla 26 Lecturas de campo Carril izquierdo.	95
Tabla 27 Lectura de Campo en calle Melitón Carbajal.....	96

Tabla 28 Deflexión.....	96
Tabla 29 Lectura de Campo Carril Derecho Calle Morro Solar.	97
Tabla 30 Deflexión Característica Carril Derecho.....	97
Tabla 31 Lectura de Campo Carril Izquierdo Calle Morro Solar.	98
Tabla 32	98
Tabla 33	99
Tabla 34 Deflexión Característica/Deflexión Admisible.....	104
Tabla 35 Salidas de modelo.	104
Tabla 36 Categorías de Sub rasante	105
Tabla 37 Deflexión Característica/Deflexión Admisible.....	107
Tabla 38 Salidas de modelo.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	68
Figura 2	74
Figura 3	74
Figura 4	74
Figura 5	76
Figura 6	76
Figura 7	77
Figura 8	77
Figura 9	79
Figura 10	79
Figura 11	79
Figura 12	79
Figura 13	88
Figura 14	89
Figura 15	89
Figura 16	89
Figura 17	90
Figura 18	93
Figura 19	94

RESUMEN

En los distritos de La Victoria, José Leonardo Ortiz y Chiclayo, pertenecientes a la Provincia de Chiclayo; predominan suelos areno arcillosos con CBR menor a 6% y nivel freático superficial, donde se construyen pavimentos flexibles con una superficie de rodadura 5 cm, base granular 15 cm y sub base granular 15 cm; empleando métodos tradicionales para estabilizar la subrasante mediante capas de 15 cm de arena fina y 15 cm de piedra (6”), lo que genera deformaciones significativas en los pavimentos construidos en la zona. Ante esta problemática el objetivo de la investigación fue comparar la subrasante estabilizada con el método tradicional y geosintéticos, mediante medición de deflexiones en pavimentos flexibles. Para ello se realizó el estudio de suelos de la subrasante y materiales para base y sub base, luego se construyó un tramo de prueba a escala real, diseñando el paquete estructural con el software Spectra Pave de Tensar obteniendo como resultado del diseño un mejoramiento de la subrasante con una geomalla multiaxial. Construido el tramo de prueba se procedió a realizar sobre este las pruebas de deflexión, empleando la Viga Benkelman, de idéntica manera se realizaron mediciones de deflexiones en los pavimentos existentes, aledaños y recientemente construidos. Mediante el método de Hogg se obtuvo que las deflexiones tomadas en el pavimento realizado a escala real, son quince veces mayor que las registradas para el pavimento tradicional. En conclusión, el modelo de pavimento con geosintético presenta una deflexión característica de 1456.30×10^{-2} mm, mientras que el pavimento tradicional va de 92.90×10^{-2} mm. a 94.60×10^{-2} mm.

Palabras claves: estabilización, deflexiones, geosintéticos, modelo de Hogg, viga Benkelman.

ABSTRACT

In the districts of La Victoria, José Leonardo Ortiz and Chiclayo, belonging to the Province of Chiclayo, clayey sandy soils with CBR less than 6% and shallow water table predominate, where flexible pavements are built with a 5 cm bearing surface, 15 cm granular base and 15 cm granular sub-base; using traditional methods to stabilize the subgrade with layers of 15 cm of fine sand and 15 cm of stone (6"), which generates significant deformations in the pavements built in the area. In view of this problem, the objective of the research was to compare the subgrade stabilized with the traditional method and geosynthetics, by measuring deflections in flexible pavements. For this purpose, a full-scale test section was built, designing the structural package with Tensor's Spectra Pave software, obtaining as a result of the design an improvement of the subgrade with a multiaxial geogrid. Once the test section was built, deflection tests were performed on it, using the Benkelman Beam, and deflection measurements were also taken on existing, surrounding and recently constructed pavements. Hogg's method showed that the deflections taken on the full-scale pavement were fifteen times greater than those recorded for the traditional pavement. In conclusion, the geosynthetic pavement model presents a characteristic deflection of 1456.30×10^{-2} mm, while the traditional pavement ranges from 92.90×10^{-2} mm to 94.60×10^{-2} mm.

Keywords: stabilization, deflections, geosynthetics, Hogg's model, Benkelman beam.

INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica se emplean métodos tradicionales para el mejoramiento de la subrasante en pavimentos flexibles, lo que genera sobredimensionamiento de las capas estructurales y sobre costos esto a consecuencia de sustituir el suelo inadecuado con material de relleno con mejores propiedades mecánicas a las que existen, las cuales son altamente costosas y conllevan más tiempo. Además, los materiales empleados para estabilizar la subrasante con los métodos tradicionales presentan alta deformabilidad y baja resistencia, ocasionando que las vías no cumplan con el período de vida útil para el que fueron diseñadas; siendo una alternativa de solución el empleo de geosintéticos. En el Perú más del 70% de carreteras son de pavimento flexible; diseñados en su mayoría con métodos tradicionales que durante la puesta en servicio, generan sobre costos y deformaciones permanentes como las fisuras, asentamientos, ahuellamiento y corrimiento, debido a la inadecuada estabilización de la subrasante, ante ello se ha planteado el uso de geosintéticos, debido a que disminuyen los espesores del pavimento, distribuyen de manera uniforme los esfuerzos y las deformaciones, permiten mayor estabilidad a largo plazo y son económicas. Ante esta problemática se planteó la siguiente interrogante ¿Cuál es la diferencia entre la subrasante estabilizada con el método tradicional y geosintéticos, mediante la medición de deflexiones en pavimentos flexibles, Chiclayo, Lambayeque, 2019?

El mejoramiento de suelos mediante la utilización de geosintéticos, según Palomares (2021), representa una reducción de costos, ya que tiene un menor valor en la compra, transporte e instalación que los agregados utilizados normalmente. Además, aumentan la capacidad portante del suelo al lograr desplazar la zona de falla de la subrasante hacia la capa granular de mayor capacidad de soporte debido a sus membranas tensionadas, permitiendo la vida útil del pavimento al soportar el incremento de aplicaciones de carga cíclicas para la cual fue proyectada la vía;

disipando las cargas aplicadas, pues no recaen directamente al suelo de fundación de baja capacidad portante.

Finalmente se buscó comparar la subrasante estabilizada por el método tradicional y con geosintéticos, mediante medición de deflexiones en pavimentos flexibles, Chiclayo, Lambayeque, debido a que en la zona predominan suelos arenos arcillosos con CBR menor a 6; nivel freático superficial (desde -60 cm). Para lograr este objetivo se dividió el proyecto en cinco capítulos:

En el capítulo I: se realizó el planteamiento del problema identificando el problema y las variables a estudiar, además se realizó la justificación de la investigación y se planteó la hipótesis general y específica.

En el capítulo II: se realizó una revisión a literatura presentando los antecedentes del estudio, las bases teóricas y los métodos de aplicación según Giroud y Han, el método AASHTO 93, el procedimiento de estabilización de los suelos, la metodología de evaluación estructural de pavimentos según CONREVIAl, medición de las deflexiones mediante la viga Benkelman y la evaluación estructural basado en la interpretación de curvas de deflexiones.

En el capítulo III: El marco metodológico está compuesto por la hipótesis, las variables, siendo una investigación explicativa, la metodología y los procedimientos se realizó caracterizando el suelo a nivel de subrasante y material de canteras, estudio de tránsito. Los datos obtenidos permiten determinar un paquete estructural de pavimento flexible haciendo uso de geosintéticos. Se planteó que las deflexiones en los pavimentos flexibles con subrasante estabilizada por el método tradicional son mayores que en los pavimentos con subrasante estabilizada con geosintéticos. Para evaluar lo planteado se ubicó la cuadra 1 de la calle Melitón Carbajal que no cuenta con pavimento, una vez ubicado el lugar adecuado, y contando con la aprobación de los vecinos del lugar, y el permiso de la Municipalidad provincial de Chiclayo se procedió a construir el modelo a escala real. Previamente se realizó el muestreo de material de préstamo (relleno, base, sub

base y arena), así mismo se realizó el estudio de suelos de la subrasante en la cuadra 1 de la calle Melitón Carbajal, y se realizó el estudio de tránsito del lugar. Con la información obtenida en los estudios realizados se procedió a diseñar la estructura del pavimento a ensayar haciendo uso del software Spectra Pave de Tensar, como datos de entrada se ingresó el tipo de geosintético a usar, el valor de CBR de la subrasante determinándose un espesor total de 45 cm. Finalmente se procedió a la construcción de un tramo de prueba donde se realizaron ensayos de “Medida de la deflexión de un pavimento flexible empleando la Viga Benkelman” así mismo se realizó la medición en los pavimentos existentes aledaños, para la comparación, el ensayo se ha realizado conforme a las especificaciones de la norma MTC 1002

En el capítulo IV: se presentan los principales resultados obtenidos durante la ejecución de la investigación, los resultados del estudio de canteras y subrasante, del diseño de paquete estructural del tramo de prueba y las mediciones y comparación de las deflexiones.

En el capítulo V: se realizaron las principales conclusiones y recomendaciones, estableciendo que el modelo de pavimento con geosintético construido y evaluado presenta una deflexión característica de 1456.30×10^{-2} mm. Mientras que el pavimento tradicional va de 92.90×10^{-2} mm a 94.60×10^{-2} mm.

Actualmente el acceso al diseño con geosintéticos está limitado a los parámetros que establece cada fabricante conforme a la realidad propia de su entorno que difiere en el entorno propio de cada proyecto, por lo tanto es importante, profundizar a mayor detalle, debido a que, en los diferentes proyectos presentan características propias del lugar, situaciones en las cuales el personal responsable tiene que plantear una propuesta adecuada, considerando no solo el diseño estructural sino también el impacto económico y temporal del proyecto.

Los autores.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los distritos la Victoria, José Leonardo Ortiz y Chiclayo, pertenecientes a la Provincia de Chiclayo; se ha verificado que el diseño de pavimentos desde la elaboración del Perfil Técnico y seguido del Expediente Técnico, por lo general se propone un paquete estructural de pavimento formado por las siguientes multicapas y espesores:

- Mejoramiento de subrasante por sustitución de suelo = 0.15 m.
- Capa filtro (arena fina) = 0.10 m.
- Sub-base granular = 0.15 m.
- Base granular = 0.15 m.
- Carpeta asfáltica = 0.05 m.
- Espesor total del paquete estructural = 0.60 m.

Sin embargo, durante la ejecución, para la capa de mejoramiento del suelo de la subrasante; se verifica que se coloca piedra de diámetros comprendidos entre 0.15 m. a 0.30 m., dicha alternativa se considera por la baja capacidad de soporte que presentan los suelos $CBR < 6\%$. Para el caso de la piedra con diámetros mayores a 0.15 m. estas se incrustan al suelo blando mediante el compactado con rodillo liso vibratorio autopropulsado, con la finalidad de lograr una mejor densificación entre suelo y roca; así como para lograr una superficie uniforme y alcanzar los niveles solicitados. Luego se coloca una capa de arena fina, con diámetros comprendidos entre la pasante de la malla de 1 mm y retenido en la de 0.25 mm, con la finalidad de lograr que los intersticios existentes en la capa de piedra sean rellenados por acción de la vibración del rodillo liso (en seco), posteriormente se aplica abundante agua y finalmente se compacta nuevamente con el rodillo liso. Las capas superiores siguen un tratamiento de acuerdo a procesos conocidos y estipulados en las normas vigentes.

En el afán de mejorar el suelo de la subrasante con piedra y su densificación con el suelo de fundación mediante el vibrado con rodillo hace que la piedra se profundice hasta en 0.30 m., es decir que sumado a los 0.65 m. de espesor del paquete estructural del pavimento, se tiene una profundidad de intervención de 0.95 m., ocasionando que las conexiones domiciliarias de agua, desagüe y otras instalaciones subterráneas se expongan al contacto con la piedra, lo cual causa su deterioro.

De la experiencia y de las mediciones realizadas en trabajos ejecutados, en diversos sectores, se verifica que el nivel freático se encuentra, con respecto al nivel del terreno, a profundidades que oscilan entre 0.60 a 1.20 m., estos registros fueron tomados en el mes de marzo del año 2017, durante el Fenómeno del Niño 2017 (FEN) por los proponentes de la presente tesis; es decir el paquete estructural se encuentra expuesto también a fuerzas hidrostáticas durante esos períodos.

Por lo tanto, en la provincia de Chiclayo, las pavimentaciones han sido proyectadas y ejecutadas sobre suelos que presentan una subrasante con $CBR < 6\%$, estabilización de suelos empírica, un paquete estructural expuesto constantemente a la humedad y que al ser sometido a cargas dinámicas permanentes; este se deforma en un corto plazo.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Interrogante principal.

¿Cuál es la diferencia entre la subrasante estabilizada con el método tradicional y geosintéticos, mediante la medición de deflexiones en pavimentos flexibles, Chiclayo, Lambayeque, 2019?

1.2.2 Interrogantes secundarias.

Para dar respuesta al problema principal, se formularon las siguientes interrogantes como problemas secundarios:

- IS1. Qué características tiene el suelo a nivel de subrasante y el material de canteras para la estabilización por método tradicional y con geosintéticos, Chiclayo, Lambayeque, 2019
- IS2. Cómo están compuestos los paquetes estructurales del pavimento flexible con el método tradicional y el uso de geosintéticos, Chiclayo, Lambayeque, 2019

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la provincia de Chiclayo; aún no se ha desarrollado la estabilización de subrasante en suelos con $CBR < 6\%$ utilizando geosintéticos, entonces analizar esta problemática resulta de interés público, considerando que las inversiones de los proyectos se realizan con recursos del estado y de producirse gasto innecesario o sobredimensionamiento del paquete estructural del pavimento, se convierte en malversación de los mismos.

La investigación beneficiara a la población de los distritos de La Victoria, José Leonardo Ortiz y Chiclayo, ya que permitiría diseñar vías con mejor transitabilidad, permitiendo mejorar la calidad de vida de las personas.

La estabilización de la subrasante empleando geosintéticos apunta a ser un método más económico comparado con el método tradicional, debido a que reduce los espesores de la estructura y mejora la vida útil del pavimento.

Los geosintéticos pasan por un control de calidad durante su fabricación e instalación en la subrasante, mediante altos estándares de calidad, los cuales no atentan contra el medio ambiente. Siendo una alternativa más ecoamigable, respecto al empleo de otros métodos.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Comparar la subrasante estabilizada por el método tradicional y con geosintéticos, mediante medición de deflexiones en pavimentos flexibles, Chiclayo, Lambayeque, 2019

1.4.2 Objetivos específicos

- OE1. Caracterizar el suelo a nivel de subrasante y material de canteras para la estabilización por método tradicional y con geosintéticos, Chiclayo, Lambayeque, 2019
- OE2. Determinar un paquete estructural de pavimento flexible haciendo uso de geosintéticos. Chiclayo, Lambayeque, 2019
- OE3. Evaluar Las deformaciones determinadas con viga Benkelman en pavimento tradicional y en pavimento reforzado con geosintéticos para comparar la eficiencia por la incorporación del geo sintético a nivel de subrasante.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Vargas (2013), refiere que el detalle característico para la construcción de las vías pavimentadas en México, a lo largo del tiempo ha sido el uso de materiales tradicionales que por sus características no han permitido que las vías cumplan con el período de vida útil para el que fueron diseñadas; en tal sentido establece una hipótesis y realiza un análisis experimental para analizar e identificar como afecta el uso de los geosintéticos en las terracerías y pavimentos; y principalmente cómo afectan a los parámetros de resistencia de los suelos, se fundamenta en dos métodos de diseño: método de diseño para caminos sin pavimentar reforzados con geomallas (Giroud & Han, 2004), y método para caminos pavimentados del Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos (Tanasă et al., 2022).

Leiva & Loría (2014), realizan un modelamiento mediante elementos finitos utilizando el programa ABAQUS, con la finalidad de analizar el trabajo mecánico desarrollado por los geosintéticos, al ser utilizados como refuerzo en pavimentos flexibles. Concluyen; que con la incorporación de geosintéticos es la componente horizontal la que predomina en la distribución de esfuerzos en la capa granular, al haberse reducido la tensión vertical aplicada a la subrasante, de igual forma provocan un incremento en el módulo de la capa granular; por lo tanto, mejora la respuesta estructural del pavimento, los aportes más significativos del geosintético se dan al colocarlo en la interfaz de la subrasante y sobre la primera mitad de la capa granular.

Gutiérrez (2007), analiza las metodologías existentes para el diseño de pavimentos flexibles para rehabilitación o mantenimiento, basados en su análisis estructural y superficial de desempeño y otros para pavimentos flexibles nuevos mediante métodos tradicionales, basados en la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y el tráfico proyectado al tiempo de vida útil. Ambos acordes con la realidad regional peruana. Sostiene que los trabajos de rehabilitación o mantenimiento, se basan en el método de CONREVIAl, el mismo que emplea el modelo de Hogg, que corresponde a un modelo matemático o también llamado método elástico, basado en la interpretación de combinaciones entre la máxima deflexión alcanzada por la carga y de la longitud característica de la deformada. Este método es recomendado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC), ya que corresponde a la inversión efectuada hace años y que debiera tener la sostenibilidad del caso. Refiere que los trabajos de CONREVIAl, en el 1983, se aplicaron en varios kilómetros; en cuyo caso la evaluación deflectométrica permitió realizar los diseños correspondientes. En el año 1986, mediante los trabajos realizados por el consorcio Berger – Lagesa, en un tramo de la Panamericana Norte, el Dr. Jacob Greinstein (por la empresa Louis Berger) implementó la aplicación del modelo de Hogg para evaluar las deflexiones, cambiando de esta manera las aplicaciones que hasta el momento se venía empleando. También sostiene que, los diseños de una estructura de pavimento nuevo, responden a métodos tradicionales como el empleado por la AASHTO, basada en la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y el tráfico proyectado al tiempo de vida útil requerido.

Orrego (2014), analiza pavimentos flexibles reforzados con geomallas, con la finalidad de determinar si son una alternativa más económica; que las pavimentaciones tradicionales, con el objetivo de reducir el espesor de las secciones; pero sin afectar la capacidad estructural del pavimento. Concluyendo que los espesores disminuyen en un 35% para geomallas biaxiales y en un 45% para geomallas multiaxiales; y en

referencia a la comparación de los costos estos dependen de algunas variables como distancia de transporte, características del agregado, disponibilidad, etc. Su planteamiento se basa en el método AASHTO 93, documentos AASHTO PP 46 (2001) y AASHTO R-50 (2009), estas dos últimas corresponden a guías para la aplicación de geosintéticos para el refuerzo de bases granulares.

Almendares & Reyes (2017), presenta una metodología de diseño haciendo el uso de geomallas triaxiales, basada en las investigaciones del dr J.P. Giroud y del dr Jie Han, las cuales se centran principalmente en el confinamiento que se originan entre la geomalla y la capa de material que se encuentra sobre esta. Los suelos al ser sometidos a cargas cíclicas producidas por las llantas tienden a deformarse, lo cual genera ahuellamiento sobre la superficie de rodadura. Refiere que instalando geomallas entre la interfaz sub rasante – base, el ahuellamiento se reduce y también el espesor de la sección disminuye con porcentajes mayores del 60%. Para su demostración se plantea un ejemplo aplicado con la metodología mencionada, para un diseño reforzado, de una base sin pavimento, con geomalla triaxial y otro sin el refuerzo.

El Manual de Carreteras del MTC, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos (2014), Indica que, a diferencia de los suelos, los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos. Algunas de las condiciones ideales para el uso de geosintéticos, en la construcción de carreteras son según su clasificación SUCS en suelos SC, CL, CH, ML, MH, OL, OH y PT y según AASHTO en suelos A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6; así mismo en suelos de baja resistencia al corte y sin drenaje con $T_f = C_u < 2,000$ libras por pie cuadrado (90 kPa); CBR < 3 (muestra saturada, CBR determinado según la norma ASTM D 4429); R-valor $\sim < 20$ (determinado según la norma AASHTO T 190); MR $\sim < 4500$ psi (30MPa) (determinado según la norma AASHTO T 274).

Los geosintéticos pueden funcionar como separadores para evitar la contaminación o entremezcla de los agregados del afirmado, subbase o base de la carretera y el suelo de la sub rasante; migración de finos se ha observado aun en suelos con CBR 8%. Asimismo, el filtro es necesario, porque los suelos por debajo de un CBR de 3%, suelen ser húmedos y saturados, en tal sentido, el agua existente puede drenar a través de los geosintéticos sin que se produzca transporte de sólidos. También los geosintéticos en su función de refuerzo permitirán, a través del tiempo, la disipación de los esfuerzos y reducción de tensiones en la subbase y mejoramiento de la capacidad de carga. (MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos, 2014)

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Clasificación e identificación del tipo de suelo

La clasificación e identificación del tipo de suelo es un proceso fundamental en la ingeniería geotécnica, ya que permite comprender las características y propiedades de los suelos para su uso en proyectos de construcción. Este proceso se basa en la descripción y análisis de las características físicas, químicas y mecánicas del suelo, y puede ser realizado mediante diferentes métodos y técnicas (Rosas et al., 2022). Además, la clasificación de suelos se basa en las propiedades mecánicas, ya que son fundamentales para las aplicaciones en ingeniería. Sin embargo, esta base debe ser predominantemente cualitativa para evitar la complejidad de un sistema que incluya relaciones cuantitativas y de detalle. Un sistema útil de clasificación sirve para normar el criterio del técnico respecto al suelo de que se trate y proporcionar la máxima información normativa para dirigir futuras investigaciones.

Entre los sistemas de clasificación más utilizados se encuentran el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el Sistema de Clasificación

de Suelos AASHTO. El sistema de clasificación SUCS fue desarrollado por el doctor A. Casagrande en la Universidad de Harvard, los cuales cristalizaron en el conocido Sistema de Clasificación de Aeropuertos, así originalmente llamado, debido a que estaba orientado para uso en aquel tipo de obras (Duque & Escobar, 2002). Este sistema reconoce que las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos constituidos por partículas menores que la malla N°200, pueden deducirse cualitativamente a partir de sus características de plasticidad. En cuanto a los suelos formados por partículas mayores que la malla mencionada, el criterio básico de clasificación es aún el granulométrico que, aunque no es lo determinante para el comportamiento de un material, sí puede usarse como base de clasificación en los materiales granulares (Bernal & Espejo, 2020).

2.2.2 Fundamentos del Sistema de Clasificación de Aeropuertos

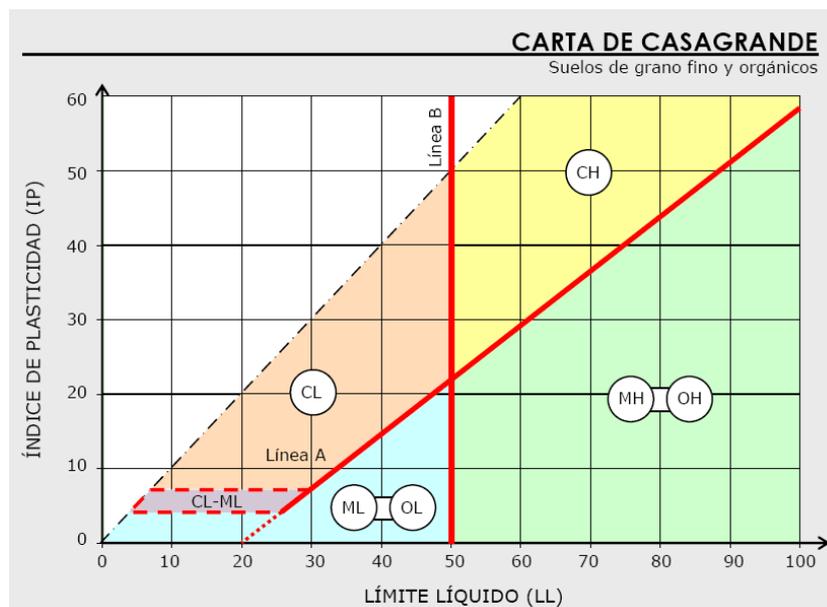
Aunque el Sistema de Clasificación de Aeropuertos propuesto por Casagrande ha sido modificado para convertirse en el actual Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, que es ampliamente utilizado en todo el mundo, es importante destacar las bases en las que Casagrande basó su criterio para desarrollar el sistema original, que ha sido el punto de partida para todos los esfuerzos posteriores en este campo de la mecánica de suelos. En 1942 se propuso el sistema de clasificación de suelos para aeropistas, el cual fue adoptado rápidamente por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América. Este sistema divide a los suelos en dos grandes grupos: la fracción gruesa, compuesta por partículas mayores que la malla N°200 (0.074 mm) y menores que la malla de 3" (7.62 cm), y la fracción fina, formada por partículas que pasan la malla N° 200. La fracción gruesa se subdivide en gravas y arenas, teniendo como frontera la malla N° 4 (4.76 mm). Las subdivisiones posteriores de esta fracción se basan en el tipo y cantidad de partículas finas presentes, así como en su distribución de

tamaños. Estas subdivisiones se asemejan al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Huamantorcco & Morán, 2019).

La clasificación de la fracción fina de los suelos en grupos se realiza tomando en cuenta sus características de plasticidad, las cuales están relacionadas con las propiedades mecánicas e hidráulicas que son relevantes para el ingeniero civil. Estas propiedades incluyen la resistencia, la permeabilidad, la velocidad de variación volumétrica y la compresibilidad, entre otras. En particular, la compresibilidad del suelo está íntimamente relacionada con sus propiedades de plasticidad, y está determinada en gran medida por el valor del límite líquido del suelo. A medida que el valor del límite líquido aumenta, la compresibilidad del suelo también aumenta, manteniendo todos los demás factores constantes. El ingeniero civil requiere conocer tanto las características cualitativas como cuantitativas de estas propiedades para seleccionar el tipo de suelo adecuado para diversas aplicaciones (Gavidia & Rafael, 2015).

El doctor A. Casagrande llevó a cabo una investigación fundamental en la Universidad de Harvard, cuyos resultados dieron lugar a la creación de una gráfica que todavía se utiliza en la actualidad. A partir de esta gráfica, se obtuvieron varias conclusiones importantes que resultaron cruciales para establecer el sistema de clasificación de suelos. En la gráfica LL-IP₃, se observó que los suelos finos no se distribuyen aleatoriamente, sino que se agrupan de manera específica según sus características de plasticidad y propiedades mecánicas e hidráulicas. Los suelos con mayor plasticidad se encuentran en las líneas inclinadas de la parte superior de la gráfica, mientras que los suelos con bajo contenido de finos o materia orgánica se sitúan en las zonas bajas. Se estableció una línea, conocida como Línea A, que divide la gráfica en cuatro zonas principales y sirve como frontera entre los grupos de suelos. Los suelos inorgánicos con características arcillosas se encuentran en las zonas superiores a la Línea A, y se representan con la letra C. Los suelos inorgánicos con características limosas se sitúan bajo la Línea

A y se representan con la letra M, mientras que los suelos finos con contenido significativo de materia orgánica se simbolizan con la letra O. En resumen, la investigación de Casagrande fue fundamental para establecer el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, que se basa en la Carta de Plasticidad obtenida a partir de la gráfica LL-IP3 (Pomalaza, 2016).



En todos estos grupos se distinguen los suelos de alta compresibilidad de los de media o baja; para los primeros se añade al símbolo genérico la letra H (del inglés high compressibility), en los segundos, la L (low compressibility). Así resultan los 6 grupos que aparecen situados en sus respectivas zonas. El doctor A. Casagrande originalmente añadió a los anteriores grupos dos más: el SC, significando la primera arena con excelente cementante arcilloso o de otra categoría, en tal proporción que el material prácticamente carece de contracción y expansión; el segundo se refiere a arenas con finos que no califican como SC. (En la simbología anterior, S proviene del inglés sand, C de clay y cementation, y F de fines). El principal uso de la Carta de Plasticidad está en situar en ella un suelo desconocido, por medio del cálculo de los dos parámetros que definen su plasticidad; la colocación del suelo en uno de los grupos definidos indicará

que participa del conjunto de propiedades mecánicas e hidráulicas características de ese grupo; así, y más si se cuenta con una cierta dosis de experiencia, se tiene un modo simple, rápido y eco-económico de adquirir valiosa información básica sobre el suelo en cuestión (Renteria, 2010).

2.2.3 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Este sistema de clasificación está estrechamente relacionado con el utilizado en aeropuertos, tanto que se podría afirmar que es prácticamente el mismo con pequeñas variaciones. El sistema abarca tanto suelos gruesos como finos, y los diferencia según su tamaño de partícula a través del tamizado con una malla de N° 200. Las partículas gruesas son mayores que la malla, mientras que las finas son menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas tienen un tamaño mayor que la malla 200, y se considera fino si más del 50% de sus partículas, en peso, tienen un tamaño menor que dicha malla.

En primer lugar, se describirán los diferentes grupos de suelos gruesos:

Suelos gruesos

Según Pasco (2019), el símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo. El significado se especifica abajo.

- a) Gravas y suelos en que predominen éstas. Símbolo genérico G (grava).
- b) Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (arena).

Las gravas y las arenas se separan con la malla No 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla N°4, y es del grupo genérico S, en caso contrario. Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

- A. Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW y SW.

- B. Material prácticamente limpio de finos, mal graduado, Símbolo P (poorly graded). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.
- C. Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del sueco mo y mjala). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.
- D. Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C (clay). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC y SC.

A continuación, se describen los grupos anteriores a fin de proporcionar criterios más detallados de identificación, tanto en el campo como en el laboratorio.

Grupos GW y SW: Los suelos descritos presentan una buena graduación y una baja cantidad de finos, que no afectan significativamente las propiedades de resistencia y drenaje de la fracción gruesa.

Grupos GP y SP: Los suelos descritos son mal graduados, lo que significa que tienen una apariencia uniforme o un predominio de un tamaño o rango de tamaños, faltando algunos intermedios.

Grupos GM y SM: En estos grupos, el contenido de finos tiene un efecto significativo en las propiedades de resistencia, esfuerzo-deformación y capacidad de drenaje de la fracción gruesa.

Grupos GC y SC: En estos grupos de suelos, el contenido de finos debe ser mayor al 12% en peso, al igual que en los grupos GM y SM, debido a su efecto en las propiedades de resistencia, esfuerzo-deformación y capacidad de drenaje de la fracción gruesa. Sin embargo, en este caso, los finos tienen una plasticidad media a alta, por lo que es necesario que los límites de

plasticidad estén por encima de la Línea A en la fracción que pasa por la malla N°40, y que el índice plástico sea mayor que 7.

Suelos finos

Según Castrejón & Arnaud (2006), los suelos limosos inorgánicos, del grupo ML, son aquellos cuyo contenido de partículas con diámetro inferior a 0,002 mm (malla N°200) es superior al 50%, en peso. Estos suelos tienen un límite líquido menor o igual a 50%. Aunque la plasticidad puede variar, se considera que es baja.

Los suelos arcillosos inorgánicos, del grupo CL, tienen más del 50%, en peso, de partículas con diámetro inferior a 0,002 mm y un límite líquido menor o igual a 50%. La plasticidad puede variar, pero se considera que es alta.

Los suelos orgánicos, del grupo OL, son aquellos que contienen más del 30%, en peso, de materia orgánica en descomposición. La plasticidad puede variar, pero se considera que es baja.

Los suelos limosos y arcillosos orgánicos, del grupo O, tienen una cantidad significativa de materia orgánica (más del 30%, en peso), pero no cumplen con los requisitos para ser clasificados como suelos OL. La plasticidad puede variar.

Los suelos limosos inorgánicos altamente compresibles, del grupo MH, tienen un límite líquido mayor a 50%. Estos suelos pueden tener baja o media plasticidad.

Los suelos arcillosos inorgánicos altamente compresibles, del grupo CH, también tienen un límite líquido mayor a 50%, pero su plasticidad se considera alta.

Los suelos limosos y arcillosos orgánicos altamente compresibles, del grupo OH, son aquellos con más del 30%, en peso, de materia orgánica en descomposición y un límite líquido mayor a 50%. La plasticidad puede variar.

Finalmente, los suelos altamente orgánicos, como las turberas y suelos pantanosos, forman un grupo independiente de símbolo Pt. Estos suelos tienen una compresibilidad muy alta debido a su alto contenido de materia orgánica en descomposición y su capacidad para retener agua.

Grupos CL y CH. El grupo CL está compuesto por la zona debajo de la Línea A, la cual se define por tener un límite líquido (LL) menor del 50% y un índice de plasticidad (I.P) mayor del 7%. Por otro lado, el grupo CH corresponde a la zona por encima de la Línea A, la cual se define por tener un LL mayor del 50%.

Grupos ML y MH. El grupo ML se encuentra en la zona debajo de la Línea A y se define por tener un LL menor al 50% y un índice de plasticidad (I.P) menor a 4 en la porción sobre la Línea A. El grupo MH se ubica en la zona encima de la Línea A y se define por tener un LL mayor al 50%. Estos grupos incluyen limos inorgánicos típicos y limos arcillosos.

Grupos OL y OH

Los grupos de suelos orgánicos (OL y OH) ocupan las mismas zonas que los grupos ML y MH, respectivamente, pero siempre se encuentran cerca de la línea A.

Grupos Pt

Los suelos turbosos pueden ser sometidos a pruebas de límites después de ser completamente remoldeados. Su límite líquido suele estar entre 300% y 500%, lo que los ubica netamente debajo de la línea A en la Carta de Plasticidad, y su índice plástico varía normalmente entre 100% y 200%.

2.2.4 Identificación de suelos

Según Aguilar & Ore (2015), la identificación de suelos es de gran importancia en ingeniería, ya que implica asignar un suelo a un sistema previo de clasificación. En este trabajo en particular, se busca clasificar el suelo en uno de los grupos definidos en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, basándose en sus características específicas. Al identificar un suelo, se pueden conocer de manera cualitativa sus propiedades mecánicas e hidráulicas, atribuyéndolas al grupo correspondiente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la experiencia también juega un papel importante en la utilidad que se pueda obtener de la clasificación.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos utiliza criterios de tipo granulométrico y de investigación de características de plasticidad para la clasificación de suelos en el laboratorio. Una de las ventajas de este sistema es que también proporciona criterios para identificar los suelos en el campo, en situaciones donde no se cuenta con equipo de laboratorio para realizar pruebas de identificación precisas. Estos criterios son sencillos y eficaces, y se describen a continuación.

En el caso de los suelos gruesos, su identificación en el campo se realiza principalmente a través de una evaluación visual. Para ello, se extiende una muestra seca del suelo sobre una superficie plana y se juzga aproximadamente su graduación, tamaño de partículas, forma y composición mineralógica. Para diferenciar entre gravas y arenas, se puede utilizar un tamaño de $\frac{1}{2}$ cm como equivalente a la malla N° 4. Por otro lado, para estimar el contenido de finos en el suelo, basta con considerar que las partículas de tamaño correspondiente a la malla N° 200 son aproximadamente las más pequeñas que pueden ser distinguibles a simple vista.

En lo referente a la graduación del material, se requiere bastante experiencia para diferenciar, en examen visual, los suelos bien graduados de los mal

graduados. Esta experiencia se obtiene comparando graduaciones estimadas, con las obtenidas en laboratorio, en todos los casos en que se tenga oportunidad. Para examinar la fracción fina contenida en el suelo, deberán ejecutarse las pruebas de identificación de campo de suelos finos que se detallarán adelante, sobre la parte que pase la malla N°40; si no se dispone de esta malla, el cribado puede sustituirse por una separación manual equivalente.

En algunas situaciones, puede ser necesario evaluar la integridad de las partículas que componen los suelos, lo que requiere un examen detallado. Para identificar las partículas provenientes de rocas ígneas en buen estado, no suele haber dificultad. Por otro lado, las partículas que se han visto afectadas por procesos de intemperización pueden reconocerse por las decoloraciones y la relativa facilidad con la que se desintegran. Es importante llevar a cabo un examen cuidadoso para determinar con precisión las características de las partículas del suelo.

Identificación de campo de suelos finos

Según Antonio (2018), una de las grandes ventajas del Sistema Unificado es que nos permite identificar en el campo los suelos finos, contando con algo de experiencia. El mejor modo de adquirir esa experiencia sigue siendo el aprendizaje al lado de quien ya la posea; en falta de tal apoyo, es aconsejable el comparar sistemáticamente los resultados de la identificación de campo realizada, con los del laboratorio, en cada caso en que exista la oportunidad.

Las principales bases de criterio para identificar suelos finos en el campo son la investigación de las características de dilatancia, de tenacidad y de resistencia en estado seco. El color y el olor del suelo pueden ayudar, especialmente en suelos orgánicos.

El conjunto de pruebas citadas se efectúa en una muestra de suelo previamente cribado por la malla N°40 o, en ausencia de ella, previamente sometido a un proceso manual equivalente.

Una de las principales ventajas del Sistema Unificado es que ofrece un criterio para identificar los suelos finos en el campo, lo que resulta muy útil si se cuenta con cierta experiencia en el tema. La mejor forma de adquirir dicha experiencia sigue siendo aprendiendo de alguien que ya tenga conocimientos en la materia. Si no se dispone de esta opción, es recomendable comparar sistemáticamente los resultados de la identificación en el campo con los obtenidos en el laboratorio en cada oportunidad que se presente.

Las características de dilatancia, tenacidad y resistencia en estado seco son las principales bases de criterio para identificar los suelos finos en el campo. Además, el color y el olor del suelo pueden proporcionar información adicional, especialmente en suelos orgánicos. Para llevar a cabo estas pruebas, se utiliza una muestra de suelo previamente cribado a través de una malla N°40 o mediante un proceso manual equivalente en caso de no disponer de la malla.

Dilatancia

Según Villalobos (2016) la prueba se basa en determinar la cantidad de agua necesaria para que el suelo adquiriera una consistencia suave pero no pegajosa. Para realizarla, se agita una muestra de suelo fino y no plástico en la palma de la mano, golpeándola contra la otra mano y apretándola entre los dedos. Si el contenido de agua es adecuado, el suelo adquirirá una apariencia de hígado con agua libre en la superficie al ser agitado, pero al ser apretado, el agua superficial desaparece y la muestra se endurece hasta que empieza a desmoronarse como un material frágil. Si la reacción es rápida, indica la presencia de arenas finas uniformes no plásticas, algunos limos inorgánicos y tierras diatomáceas. A medida que disminuye la uniformidad del suelo, la reacción se hace menos rápida, especialmente en limos inorgánicos y orgánicos ligeramente plásticos, arcillas muy limosas y muchas arcillas del tipo caolín. Por otro lado, una reacción extremadamente

lenta o nula es característica de arcillas situadas sobre la línea A y de arcillas orgánicas de alta plasticidad. La velocidad con la que la pastilla cambia su consistencia y con la que el agua aparece y desaparece define la intensidad de la reacción y proporciona información acerca del carácter de los finos del suelo.

La aparición de agua en la superficie de la muestra se debe a la compactación del suelo limoso y, aún más significativamente, del suelo arenoso, debido a la acción dinámica de los impactos contra la mano. Esto reduce la relación de vacíos del material y expulsa el agua de ellos, lo que hace que aparezca en la superficie de la muestra. Al amasar el suelo posteriormente, la relación de vacíos aumenta de nuevo y el agua se restituye a esos vacíos. Por otro lado, los suelos arcillosos no experimentan estos efectos bajo cargas dinámicas, lo que significa que no producen ninguna reacción observable en este tipo de prueba.

Tenacidad

Según García (2006), para realizar esta prueba de consistencia, se utiliza una muestra de suelo suave similar a la masilla, la cual se moldea en forma de un rollito de aproximadamente 3 mm de diámetro. Este rollito se amasa y enrolla varias veces y se observa cómo aumenta la rigidez a medida que se acerca al límite plástico. Si se supera este límite, los fragmentos en que se divide el rollito se vuelven a unir al amasarlos ligeramente entre los dedos, hasta llegar al punto de desmoronamiento final.

La prueba se lleva a cabo en un espécimen de consistencia suave, similar a la masilla, que se enrolla hasta formar un rollito de unos 3 mm de diámetro aproximado. Se amasa y se vuelve a enrollar varias veces, observando cómo aumenta la rigidez del rollito a medida que el suelo se acerca al límite plástico. Si se supera el límite plástico, los fragmentos en que se parta el rollito se unen de nuevo y se amasan ligeramente entre los dedos hasta el desmoronamiento final.

La posición del suelo en relación con la línea A (CL, CH) influye en la tenacidad y rigidez del rollito cerca del límite plástico y en la facilidad de desmoronamiento de la muestra al bajar su contenido de agua. Los suelos que caen bajo la línea A (ML, MH, OL y OH) producen rollitos poco tenaces cerca del límite plástico, y la masa producto de la manipulación entre los dedos posterior al rolado se muestra suelta y se desmorona fácilmente. En suelos ligeramente por encima de la línea A, como las arcillas glaciales (CL, CH), los rollitos son de media tenacidad cerca de su límite plástico, y la muestra comienza pronto a desmoronarse en el amasado al bajar su contenido de agua. En limos poco plásticos, del grupo ML, el límite plástico se alcanza muy rápidamente.

En lugares con humedad ambiente constante, el tiempo necesario para alcanzar el límite plástico puede proporcionar una medida relativamente grosera del índice plástico del suelo. Por ejemplo, una arcilla CH con LL 70% e I, 50% o una OH con LL 100% e I, 50%, necesitan mucho más tiempo de manipulación para alcanzar el límite plástico que una arcilla glacial del tipo CL. Sin embargo, es importante comenzar todas las pruebas con los suelos en la misma consistencia, preferiblemente cerca del límite líquido, para obtener resultados coherentes.

Resistencia en estado seco

Los suelos limosos ML o MH que carecen de plasticidad presentan una resistencia casi nula en estado seco y se desmoronan fácilmente con poca presión digital. Ejemplos de estos suelos son el polvo de roca y la tierra diatomácea. En general, los suelos de baja plasticidad, ubicados por debajo de la línea A, tienen una baja resistencia en estado seco. Algunas arcillas inorgánicas con bajo contenido de limo, ubicadas ligeramente por encima de la línea A (CL), también tienen baja resistencia. Las arcillas del grupo CL o CH, así como las arcillas tipo caolín del grupo MH y las arcillas OH con altos límites líquidos y ubicadas cerca de la línea A, suelen tener una resistencia media. Los suelos CH, ubicados en posiciones elevadas respecto

a la línea A, tienen una resistencia alta, al igual que las arcillas CL ubicadas muy por encima de la línea A. Finalmente, las arcillas inorgánicas del grupo CH ubicadas en posiciones muy elevadas respecto a la línea A presentan una resistencia muy alta.

Color

Según Leoni (2006), durante las exploraciones de campo, el color del suelo puede ser un dato valioso para distinguir los diferentes estratos y para identificar los tipos de suelo, especialmente si se cuenta con experiencia local. Además, el color del suelo puede proporcionar información útil sobre sus características. Por ejemplo, los tonos oscuros, como el negro, suelen indicar la presencia de materia orgánica coloidal, mientras que los colores claros y brillantes son más comunes en suelos inorgánicos.

Olor

Según Pulido & Jiménez (2021), los suelos con alto contenido de materia orgánica pueden tener una mayor capacidad de retener agua y una mayor plasticidad, lo que puede afectar su comportamiento bajo carga. Los suelos arcillosos, por su parte, suelen tener una alta compresibilidad y baja permeabilidad, lo que puede hacerlos más susceptibles a problemas de asentamiento y problemas de drenaje. En general, la compresibilidad, la permeabilidad y la resistencia de un suelo son propiedades importantes que influyen en su comportamiento mecánico y que deben ser evaluadas cuidadosamente en cualquier proyecto de ingeniería geotécnica.

2.2.5 CBR de suelos (laboratorio)

Se detalla procedimiento para realizar CBR, según norma MTC E-132.

Objeto

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza

normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Finalidad y alcance

- ✓ Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- ✓ Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- ✓ Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- ✓ Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.

- ✓ 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.
- ✓ Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

Referencias normativas

- ✓ ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

Equipos y materiales

Equipos

- ✓ Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.
- ✓ El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.
- ✓ Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4\text{mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ($6 \pm 0,026"$) de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ($7 \pm 0,018"$) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0") de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.
- ✓ Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005"$) de

espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

- ✓ Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).
- ✓ Aparato medidor de expansión.
- ✓ Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener $5 \frac{7}{8}$ " a $5 \frac{15}{16}$ " (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2 \frac{1}{8}$ " aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- ✓ Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ ") de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").
- ✓ Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- ✓ Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- ✓ Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- ✓ Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.
- ✓ Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm ($\frac{3}{4}$ ") y 50,80 mm (2").
- ✓ Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

Muestra

La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:

- ✓ Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de 3/4 de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

Procedimiento

- ✓ El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.
- ✓ Preparación de la Muestra. - Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm

(3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra. De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108. Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

- ✓ Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa

dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1. En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellena con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula. Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

- ✓ Inmersión: Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del

suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg.

Nota 2. A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados.

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la

sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

- ✓ Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con $\pm 2,27$ kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, Llévase el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añade el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Procedimiento para el ensayo sobre muestras inalteradas

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- a) Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0,80 x 0,80 m.
- b) Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo.
- c) Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- d) Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe

entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio.

e) Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación, se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria (7,0" ± 0,16") si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

Cálculos e informe

Cálculos

- ✓ 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

- ✓ Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- ✓ Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la

inmersión y después; la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

- ✓ Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.
- ✓ Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3).
- ✓ 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:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde:

L_1 = Lectura inicial en mm.

L_2 = Lectura final en mm.

- ✓ Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón.

Informe lecturas del anillo de cargas sobre el pistón

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- ✓ Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- ✓ Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- ✓ Humedad al fabricar el espécimen.
- ✓ Peso unitario.
- ✓ Sobrecarga de saturación y penetración.
- ✓ Expansión del espécimen.
- ✓ Humedad después de la saturación.
- ✓ Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- ✓ Curva presión-penetración.
- ✓ Valor de relación de soporte (C.B.R.).

2.2.6 Método de diseño según Giroud y Han con el uso de geosintéticos

Aplicada para carreteras no pavimentadas reforzadas con geomallas Tensar; emplea la teoría de distribución de esfuerzos para calcular la presión vertical sobre la subrasante ejercida por las cargas de ruedas en la superficie del camino (basado en la distribución de esfuerzos de Boussinesq). Se calcula el espesor del agregado base que hace falta para reducir la presión vertical impartida a la subrasante a un valor igual a su capacidad de carga estimada. Además, incorpora las propiedades de los materiales de las capas base, sub base y del refuerzo, resistencia y el módulo del material del subsuelo (CBR), variación de ángulos de distribución de esfuerzos a través de la capa de apoyo, la propiedad del módulo de estabilidad de la abertura (rigidez) del refuerzo geosintético, carga por rueda y presión del neumático, este método supone un área de contacto circular equivalente a una rueda y un área de presión circular en la subrasante. Por lo tanto, la superficie de distribución de esfuerzos forma un cono (Giroud & Han, 2004).

2.2.7 Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros, estática o rodante.

Se detalla el procedimiento según la norma MTC E-1001.

Objeto

Describir el procedimiento que debe seguirse para la medida de las irregularidades superficiales de los pavimentos de carreteras.

Finalidad y alcance

- ✓ Describe dos procedimientos y dos aparatos para medir la irregularidad de la superficie de un pavimento. El primero, A, es la regla estática de 3 metros; el segundo, B, es la regla rodante de 3 metros. Ambos procedimientos son semejantes y su diferencia principal estriba en la posibilidad de realizar las medidas de forma discreta y lenta (regla estática) o continua y rápida (regla rodante).
- ✓ Los valores y resultados obtenidos por cualquiera de los aparatos referidos, representan una característica determinada con estos procedimientos y no tienen por qué ser proporcionales o similares a los determinados con otros equipos o métodos.
- ✓ Las irregularidades superficiales son por naturaleza aleatorias; consecuentemente no se especifica un método rutinario para el muestreo.
- ✓ La conformidad dentro de los límites especificados para la irregularidad es fundamental en la valoración de la calidad de un pavimento nuevo. Las irregularidades en una superficie pueden causar variaciones importantes en la carga dinámica de la rueda, impedir el drenaje del agua de la superficie, en detrimento de la durabilidad de la carretera, e influir adversamente en la conducción del vehículo, seguridad, gastos, circulación y confortabilidad.

Referencias normativas

- ✓ NLT-334/98:” Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros estática o rodante.”

Equipos y materiales

- ✓ Regla estática, La regla tendrá (3000 ± 1) mm de longitud y estará construida rígidamente de forma que, suspendida de sus extremos, su borde de medida no se desviará de su verdadero plano en más de $\pm 0,5$ mm en cualquier punto. La regla será recta también en toda su longitud y no se desviará de esta condición en más de 1,5 mm, el ancho horizontal del borde de medida será de (25 ± 1) mm.
- ✓ Cuña calibrada, para medir las irregularidades. Estará construida rígidamente y tendrá (3000 ± 1) mm de largo y (25 ± 1) mm de ancho. Dispondrá de marcas permanentes grabadas en su plano inclinado, cada 1 mm, de forma que su altura verdadera venga definida por una tolerancia máxima de $\pm 0,1$ mm en cada una de las marcas.
- ✓ Regla rodante
Regla rodante de 3 metros. El aparato (figura 1) consiste en una viga rígida (flecha inferior a $200\ \mu\text{m}$) apoyada en dos ruedas, una en cada extremo, cuya distancia entre ejes es de (3000 ± 1) mm. En el punto medio se dispone una rueda medida que se puede desplazar vertical y libremente, a la que se acopla un dispositivo para medir aquellos desplazamientos en un recorrido de ± 30 mm con una precisión de, como mínimo, ± 1 mm. El sistema de lectura podrá ser gráfico o digital. También podrá adaptarse un mecanismo provisto de dos indicadores luminosos que se enciendan cuando la medida supere unos límites que se establezcan previamente según la especificación aplicable. En el extremo posterior el aparato dispone de un manillar con dos brazos para conducirlo. Una de las ruedas extremas, preferiblemente la delantera, tendrá un eje de giro vertical que permita guiar el aparato mediante un cable con mando accionado desde el manillar.

Procedimiento

- ✓ Regla estática

La zona en la que se va a realizar la medida se limpia de detritos, o de cualquier elemento suelto ajeno a la carretera. Se coloca la regla sobre la superficie y perpendicular a ésta. Esto se puede hacer en cualquier dirección, paralela o transversalmente al sentido de la circulación. La regla se desplaza sobre la superficie del pavimento para determinar la irregularidad máxima en la zona que se ensaya. Situada la regla en el punto de medida se coloca la cuña calibrada sobre la superficie con un contacto firme. La cuña estará perpendicular al borde de medida de la regla. La medida se hará por ambos lados de la regla entre los dos puntos de contacto entre ésta y la superficie del pavimento. Se determina la distancia, entre el borde de medida de la regla y la superficie, insertando la cuña en el huelgo formado por aquellas y leyendo el valor de esta distancia en la escala grabada en el plano oblicuo de la cuña. Se realizan las medidas necesarias para determinar, en cada posición de la regla, la distancia mayor entre ésta y la superficie del pavimento. Esta distancia definirá la irregularidad en esa zona o punto de ensayo. Las medidas se realizarán con aproximación de ± 1 mm. En superficies de pavimentos recién construidos los requisitos para la especificación sobre irregularidad se entenderán para los ensayos realizados antes de la apertura al tráfico y tan pronto como sea posible después de colocada la capa. Si estas circunstancias no son la de ensayo, se deben recoger en el informe junto con los resultados.

✓ Regla rodante

Comprobación en el laboratorio. En el laboratorio se situará el aparato sobre una superficie perfectamente plana, que puede ser una regla de más de 3 m de longitud. Se medirá con un calibrador la distancia mínima entre la parte superior de la rueda de medida y la parte inferior de la regla, anotándose este valor. Se medirán igualmente cuatro o más radios de cada rueda, regularmente distribuidos en su circunferencia. Estas medidas diferirán entre sí menos de 1 mm para cada rueda. Si las

longitudes de dos cualesquiera de los radios antes medidos difieren en 1 mm o más, deberá corregirse la circunferencia de la rueda, mecanizándola o sustituyéndola por otra que cumpla las condiciones anteriores. Se anotará la longitud del radio medio de la rueda de medida. Se comprobará finalmente que el valor señalado por el dispositivo de lectura (digital, gráfico, etc.) de la medida se corresponde justamente con los desplazamientos verticales de la rueda de medida.

Para esta comprobación se utiliza el calibrador.

Preparación en el campo. En la zona o área para ensayo, con el aparato apoyado sobre la superficie del pavimento, se medirá la mínima distancia entre la parte superior de la rueda de medida y la parte inferior de la regla, comprobándose que la diferencia entre esta medida y la anotada en el laboratorio es igual a la indicación del cuadrante. Si estas lecturas fuesen distintas, se corregirá tal lectura mediante el ajuste que para tal fin tiene la varilla de transmisión rueda-dispositivo de lectura; si se trata de registro gráfico, se coloca la plumilla de modo que sobre el papel marque la lectura correctamente. Si la regla dispone de indicadores luminosos, se fijan sus contactos de forma que se enciendan cuando las irregularidades medidas en la superficie del pavimento sobrepasan los límites que establezca en cada caso, las especificaciones técnicas.

Situación de las medidas. Se debe efectuar una inspección previa del tramo o tramos del pavimento que se va a ensayar. Si es posible, se obtendrán los planos del trazado definitivo de los tramos, sobre los que se anotan, en su lugar, los siguientes datos o circunstancias:

- Origen y fin del tramo para ensayo; se marcan en la calzada, en la berma o en una referencia fija muy visible.
- Los puntos kilométricos y las distancias de éstos a las referencias fijas.
- Las referencias fijas existentes fuera de la calzada y visibles desde un vehículo en marcha lenta circulando por la calzada.

- Las zonas de tráfico conflictivo o de falta de visibilidad, en los que se aumentará la señalización pertinente para los conductores o se desviará el tráfico.

Se tomará como mínimo una línea o perfil en el carril derecho por cada sentido de circulación. Los perfiles se pueden situar a 1,00 m y a 2,50 m del borde derecho del carril, en el sentido de circulación, para anchos de carril de 3,50 m o más, y a 0,80 m y 2,30 m en los restantes casos.

Se sitúa la regla en sentido de marcha en la línea y punto señalado para el comienzo de las medidas. Se anota las distancias de este respecto a las referencias fijas. En caso de disponer de registro gráfico se marca sobre él esta distancia.

El examen de las irregularidades de la superficie de un pavimento se puede realizar con dos criterios distintos:

- a) Registro de defectos. Se anotan los puntos y zonas en los que la medida dada por la regla supera a la establecida según la especificación aplicable. Si el aparato dispone de registro gráfico no es necesario efectuar estas anotaciones, pero sí marcar en éste los pasos por las referencias fijas. Sobre el pavimento se marcan con pintura los puntos y zonas con estas irregularidades a efectos del control de construcción.
- b) Método estadístico. Se anotan las medidas de irregularidad máximas (positivas o negativas) obtenidas con la regla en tramos de longitud prefijada, por ejemplo, 10 m, consecutivamente. Si el aparato dispone de registro gráfico no es necesario efectuar estas anotaciones, pero sí marcar en éste los pasos por las referencias fijas. Este criterio es el que se utiliza para el estudio o control del estado general de tramos de carretera y de la evolución de la seguridad superficial en los pavimentos en servicio. No es necesario, por tanto, marcar estos puntos con pintura.

Cálculos e informe

El informe de los resultados referirá al menos las siguientes circunstancias:

- a) Laboratorio o persona(s) que efectuaron el ensayo.

- b) Nombre del cliente.
- c) Descripción e identificación del ensayo incluyendo localización, carretera, calzada, puntos kilométricos, carril y berma, y si el pavimento ha sido puesto en servicio o no.
- d) Fecha(s) de la realización del ensayo(s).
- e) Procedimiento de ensayo y especificaciones.
- f) Puntos kilométricos, de proyecto o de explotación, o desde el origen de la línea de ensayo, en los que se observa el defecto, irregularidad, o comienza la zona defectuosa (método estadístico, regla rodante).
- g) Longitud de la zona defectuosa.
- h) Distancias a referencias fijas
- i) Observaciones visuales sobre el pavimento, causas posibles del defecto como juntas de losa, tablero o de fábrica, etc.

2.2.8 Método de diseño según AASHTO 93 el metodo tradicional

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y pavimentos, Versión abril 2014 y la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2018, adoptan como metodología de diseño a AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, tal procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la sub rasantes para el cálculo de espesores.

El fin de este método es determinar el Número Estructural requerido, mediante el cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, la cual debería construirse encima de la sub rasante para soportar las cargas transmitidas por los vehículos en una condición aceptable de servicialidad a o largo de la vida útil del proyecto.

A. Período de diseño. Según el Manual de Carreteras MTC el período de diseño para pavimentos es de 10 años.

B. Variables. La ecuación básica para el diseño para una estructura de pavimento flexible será la siguiente:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Donde:

W_{18} : Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el período de diseño, corresponde al Número de EE de 8.2 t.

M_R : Módulo de resiliencia.

%R: Confiabilidad, la misma que corresponde a la probabilidad de desempeño, durante su período de diseño.

Z_r : Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r), representa la confiabilidad seleccionada para un conjunto de datos en una distribución normal.

S_o : Desviación Estándar Combinada, representa la variabilidad esperada en la predicción del tránsito y de los otros factores que afectaran el comportamiento del pavimento.

ΔPSI : Variación de Servicialidad, es la diferencia entre la Servicialidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto, en base a la comodidad de circulación ofrecida al usuario.

SN: Número Estructural, que corresponde al espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo conformarán. Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

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

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y sub base respectivamente.

d_1, d_2, d_3 = Espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y sub base respectivamente.

m_1, m_2 = Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base respectivamente.

2.2.9 Estabilización de Suelos

El Manual de Carreteras del MTC, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos (2014), define la estabilización de suelos como el mejoramiento de sus propiedades físicas a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. El Manual presenta diferentes metodologías; sin embargo para la presente investigación únicamente corresponde exponer las siguientes:

A. Estabilización por Sustitución de los Suelos. En este caso se presentan dos situaciones, la primera cuando la capa es construida directamente sobre el suelo natural existente y la segunda cuando este suelo es retirado y reemplazado por un material de adición.

En el primer caso, se deberá escarificar, conformar y compactar el suelo existente hasta alcanzar la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). Una vez se considere que el suelo de soporte es apto se autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de sub rasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales deben ser previamente preparados según sea necesario, se deberán humedecer o airear para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, luego de esto se procede a su densificación.

En el segundo caso, el mejoramiento con material de adición implica la destitución total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo.

El Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, proporciona el procedimiento para calcular el espesor de reemplazo en función al valor soporte o resistencia del suelo, para sub rasantes con valores de soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$.

B. Estabilización con geosintéticos. Se han identificado tres mecanismos de refuerzo de las geomallas en el refuerzo de suelos y pavimentos: confinamiento lateral de las partículas, mejoramiento de la capacidad portante del terreno natural y el efecto membrana tensionada. Confinamiento lateral que se logra a través de la trabazón de las partículas granulares con el refuerzo, las geomallas aumentan el módulo de la capa reforzada al confinar las partículas e impedir su movimiento natural ante la aplicación de las cargas vehiculares. La trabazón mecánica aumenta la rigidez de la base reduciendo las deformaciones verticales en la interface interior y los ahuellamientos en la superficie de rodadura. Otro mecanismo es el mejoramiento de la capacidad portante del terreno natural, lo cual se produce por la rigidez de la geomalla que permite distribuir las cargas aplicadas en una mayor área disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el terreno natural blando, básicamente se traslada el plano de la estructura del pavimento de un material no competente (blando) a materiales de mejor comportamiento estructural como la base/subbase. El tercer mecanismo es el efecto membrana tensionada, el cual se presenta cuando ocurre un ahuellamiento o deformación considerable del terreno natural debido a una carga vehicular, desarrollándose unos esfuerzos que son soportados por la resistencia a la tensión del refuerzo, este efecto de membrana tensionada desarrolla en el refuerzo una resistencia vertical y un confinamiento hacia abajo, aumentando la resistencia al corte del terreno natural, este mecanismo de refuerzo para desarrollarse necesita una deformación significativa de la superficie de la carretera, que no siempre es

admisibles en caminos pavimentados, y adicionalmente, el tráfico debe ser canalizado.

2.2.10 Metodología de Evaluación Estructural de Pavimentos

Los trabajos de rehabilitación de carreteras, demandan evaluaciones del tipo no destructiva (END), las mismas que durante los últimos años se han desarrollado mediante el empleo de la Viga Benkelman. Con el transcurrir del tiempo se ha podido apreciar que los valores numéricos de deflexiones obtenidos en diferentes trabajos, no pueden ser empleados directamente en el diseño debido a la mala valoración de la estructura existente a través de estos ensayos. Especialmente cuando la evaluación está asociada al método elástico en el cual se emplea el modelo de Hogg, que evalúa el sistema compuesto por pavimento y subrasante, sin importar la composición de capas de la estructura del pavimento. Uno de los parámetros de diseño mal valorado, es el referido al valor de capacidad de soporte o California Bearing Ratio (CBR), determinado por su algoritmo (Balarezo, 2017).

2.2.11 Medición de deflexiones mediante Viga Benkelman.

Según Rubio et al. (2017) la metodología de Evaluación Estructural de Pavimentos (EEP) emplea técnicas de evaluación no destructivas para llevar a cabo trabajos de rehabilitación de carreteras. Entre estas técnicas, destaca el uso del deflectógrafo, un instrumento mecánico que opera mediante el principio de palanca. Este dispositivo consta de dos partes principales: un brazo fijo y otro móvil que gira sobre un pivote. Durante la medición de las deflexiones, el extremo del brazo móvil (D) se mueve verticalmente en respuesta al movimiento del vehículo, y este desplazamiento se registra a través del extensómetro. Cabe destacar que el diseño del deflectógrafo es sencillo pero efectivo.

La Norma MTC E 1002 (2000), tiene como objetivo detallar el procedimiento para determinar con una viga Benkelman la deflexión o

deformación recuperable, el radio de curvatura y el cuenco de deflexiones de un pavimento flexible, producidos por una carga estática. Para tal fin se utiliza un camión donde la carga, tamaño de llantas, espaciamiento entre ruedas duales y presión de inflado están normalizadas.

La Norma MTC E 1002 (2016), indica que 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 solicitaciones del tránsito que lo utiliza. El campo de aplicación de estas mediciones es muy amplio, empleándose principalmente para determinar la vida útil remanente de un pavimento, evaluar estructuralmente los pavimentos con fines de mantenimiento, mejoramiento o rehabilitación, evaluar los métodos de diseño de pavimentos y control de ejecución de obras, evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura debido a las solicitaciones del tránsito que lo utiliza, y establecer si éste presenta suficiencia sin presentar fatiga estructural creciente. El método consiste en medir la deformación producida en la superficie del pavimento por la aplicación de una carga normalizada. El dispositivo mecánico utilizado es la Viga Benkelman de brazo simple o doble, equipo que mide los desplazamientos verticales de un punto de contacto situado entre las ruedas duales del eje de carga, para una presión de inflado en los neumáticos de 80 psi y una carga de 8.2 t en el eje posterior del camión. La superficie de pavimento a medir mediante este método debe estar seca y libre de suciedad o material suelto que, bajo tránsito normal, será removido.

2.2.12 Evaluación Estructural de Pavimentos basados en la Interpretación de Curvas de Deflexiones (Ensayos no Destructivos)

Hoffman & Del Aguila (1985), indican que la evaluación estructural de pavimentos no destructiva se basa en la interpretación de las deflexiones medidas en la superficie de un pavimento. Las deflexiones en la superficie

de un pavimento reflejan una respuesta global del sistema pavimento-subrasante bajo una carga dada.

Su medición es simple, rápida, económica y "no destructiva", es decir, no se alteran el equilibrio ni la integridad del sistema.

La metodología no destructiva se fundamenta en que la forma y dimensión de la curva de deflexiones encierran una valiosa información acerca de las características estructurales del pavimento y su subrasante. Para interpretar esta información en forma cuantitativa, se compara al pavimento-subrasante reales con un modelo matemático utilizando las deflexiones medidas para determinar los parámetros estructurales del sistema. Una vez determinados, estos parámetros estructurales, puede usarse como insumo para establecer las necesidades de refuerzo. Podría decirse entonces que la metodología de evaluación estructural, por métodos no destructivos, es un proceso de diseño inverso ya que utiliza la respuesta del sistema para establecer sus características estructurales, lo cual es generalmente opuesto a un proceso de diseño.

A. Modelo de Hogg

Hoffman & Del Aguila (1985), menciona que constituye la base matemática de la metodología. En este modelo, las capas del pavimento están caracterizadas por una placa de espesor delgado y una cierta rigidez a la flexión. La subrasante está representada por un medio elástico, lineal, homogéneo e isotrópico. La metodología consiste, básicamente, en comparar las curvas de deflexiones medidas, con las curvas de deflexiones teóricas, obtenidas "cargando" el modelo de Hogg con la misma configuración y magnitud de carga utilizada en los ensayos de campo. La concordancia entre una curva experimental con algunas de las teóricas corresponde generalmente a una única combinación de parámetros elásticos del modelo, que de esa manera pasan a caracterizar al pavimento evaluado. La metodología se complementa con otros conceptos de la teoría de capas

elásticas y con observaciones experimentales para determinar ciertas propiedades de ingeniería de los materiales que pueden usarse para establecer las necesidades de refuerzo.

2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

2.3.1 Glosario de Términos Uso Frecuente

El Manual de Carreteras del MTC, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos (2014), define:

CBR (California Bearing Ratio): Valor relativo de soporte de un suelo o material.

Carretera No Pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Carretera Pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura, está conformada por mezcla bituminosa o de concreto Pórtland

Estabilización de suelos: Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en las superficies de rodadura o capas inferiores de la carretera, y son conocidas como suelo cemento, suelo cal y otros diversos.

Pavimento flexible: Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.

Sub base: Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

Subrasante: Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

Geotextil: Material de construcción sintético u orgánico que existe en grandes variedades.

2.3.2 Geosintético

Según Cruz (2013), el geosintético confina el material granular, lo que hace que aumente el ángulo de distribución de cargas (θ) y su módulo elástico, es decir se distribuyen mejor las cargas, reduciendo los esfuerzos sobre la subrasante.

Geomallas: Son elementos estructurales que se utilizan para distribuir la carga que transmiten terraplenes, cimentaciones y pavimentos, así como cargas vivas, sobre terrenos de baja capacidad portante, o bien como elementos de refuerzo a la tensión unidireccional.

Geomallas uniaxiales: Que poseen resistencia a la tensión únicamente en el sentido de fabricación

Geomallas biaxiales: Que poseen resistencia a la tensión en el sentido de su fabricación (a lo largo de los rollos) y también en el sentido transversal al anterior.

Geomallas triaxiales o multidireccionales: Que poseen resistencia a la tensión en el sentido de su fabricación (a lo largo de los rollos) y también en el sentido transversal al anterior, además que puede ejercer resistencia en sentidos inclinados.

2.3.3 Número estructural

Es un indicativo del espesor total requerido del pavimento, en función del tránsito y la confiabilidad entre otros.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis general

H1: Las deflexiones en los pavimentos flexibles con subrasante estabilizada por el método tradicional son mayores que en los pavimentos con subrasante estabilizada con geosintéticos, Chiclayo, Lambayeque, 2019

H0: Las deflexiones en los pavimentos flexibles con subrasante estabilizada por el método tradicional son menores que en los pavimentos con subrasante estabilizada con geosintéticos, Chiclayo, Lambayeque, 2019

3.1.2 Hipótesis específicas

- HE1. Los suelos a nivel de subrasante son del tipo areno limoso y el material de canteras cumple con las especificaciones técnicas vigentes para la estabilización por método tradicional y con geosintéticos, Chiclayo, Lambayeque, 2019
- HE2. El paquete estructural del pavimento flexible con el uso de geosintéticos es de menor espesor que el método tradicional, Chiclayo, Lambayeque, 2019
- HE3. Las deformaciones determinadas con viga Benkelman en pavimento tradicional y en pavimento reforzado con geosintéticos permiten comparar la eficiencia por la incorporación del geo sintético a nivel de subrasante.

3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1 Identificación de la variable independiente

Subrasante estabilizada por el método tradicional y con geosintéticos.

3.2.1.1 Indicadores de la variable independiente

- CBR

3.2.1.2 Escala para la medición de la variable independiente.

- CBR: %

3.2.2 Identificación de la variable dependiente.

Medición de deflexiones en pavimentos flexibles

3.2.2.1 Indicadores de la variable dependiente.

- Deformación

3.2.2.2 Escala para la medición de la variable dependiente.

- Deformación: mm

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo corresponde a una investigación explicativa; es decir que a partir de la evaluación de los dos modelos de pavimento flexible, uno que corresponde a un pavimento con un paquete estructural empleando geosintéticos para mejorar el suelo de la subrasante y el otro a un pavimento con un paquete estructural convencional con estabilización de la subrasante por sustitución de suelos, será posible comprender e interpretar el mejor desempeño que tiene cada uno, ante la aplicación de cargas dinámicas transmitidas por el tráfico y por la afectación del nivel freático.

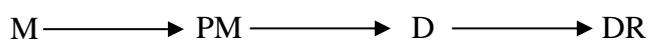
3.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El trabajo corresponde a un nivel de Investigación Aprehensivo. Este nivel de investigación corresponde a una investigación cuyos objetivos implican “analizar o comparar”.

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es no experimental, de tipo transversal debido a que se comparó y analizo los resultados con el fin de seleccionar una alternativa conveniente para contribuir al conocimiento con la aplicación de geosintéticos. Según Hernández et al (2010), señala que la investigación no experimental se basa en observar fenómenos tal como se dan en el contexto para posteriormente analizarlo.

La grafica de este diseño se fundamenta en:



Donde:

- M : Muestra u objeto de estudio (Calle Melitón Carbajal cuadra 1).

- PM : Propuesta de mejoramiento con geosintéticos.
- D : Resultado de la caracterización del suelo y diseño del paquete estructural del pavimento.
- DR : Discusión de resultados.
-

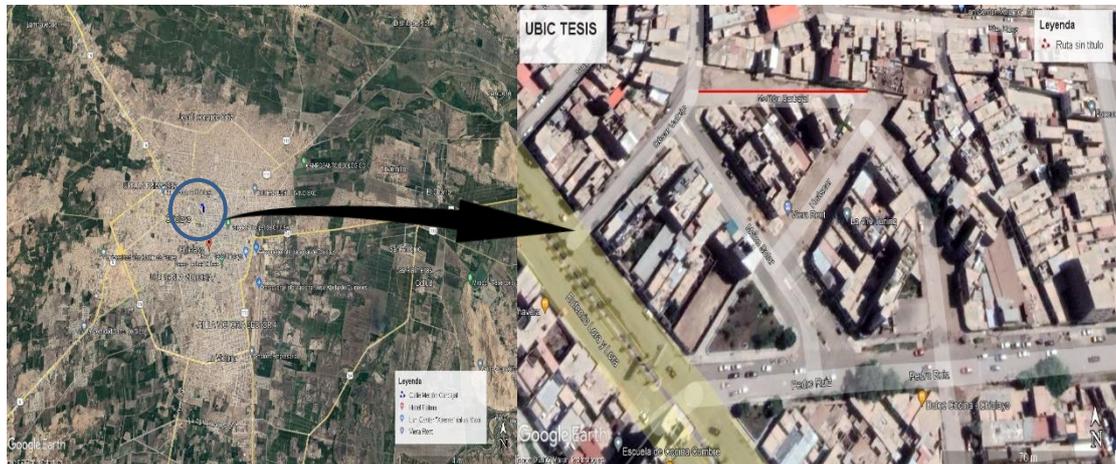
3.6 ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1 Ámbito

El lugar de ejecución es la calle Melitón Carbajal cuadra 1, distrito y provincia de Chiclayo en la región Lambayeque (ver Figura 1).

Figura 1

Ubicación de la calle Melitón Carbajal cuadra 1



Nota. La figura muestra la ubicación del lugar de estudio.

3.6.2 Tiempo

Los trabajos se han realizado desde el mes de marzo hasta agosto del 2021

3.7 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1 Unidad de estudio.

El distrito de Chiclayo, es uno de los 20 distritos de la provincia de Chiclayo, ubicado en el departamento de Lambayeque con 270,208 habitantes aproximadamente, abarcando una superficie de 50,35 km².

3.7.2 Población.

El suelo de subrasante evaluado a un tramo de 0.30 km del Pueblo Joven Santa Rosa, del Distrito y Provincia de Chiclayo

3.7.3 Muestra.

Se ha tomado un tramo de 30 m de la Calle Melitón Carbajal cuadra 1 distrito y provincia de Chiclayo en la región Lambayeque, mediante el muestreo no probabilístico, seleccionando la muestra por conveniencia.

3.8 PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.8.1 Procedimientos.

Se realizó el muestreo de suelos a nivel de subrasante y materiales de construcción según la Tabla 1. Posteriormente se procedió con los ensayos de laboratorio (ver Tabla 2 y 3) y de campo (ver Tabla 4), así como la construcción del tramo de prueba conforme a los procedimientos estandarizados, descritos en los siguientes manuales y normas.

- Manual de carreteras – suelos geología y geotecnia “Sección suelos y pavimentos”
- Norma CE-010 “Pavimentos urbanos” RNE
- Manual de ensayos de materiales MTC 2016
- Normas técnicas peruanas (NTP)

Tabla 1*Procedimientos para la toma, conservación y transporte de muestras.*

Denominación	Norma de referencia	
	MTC	NTP
Muestreo de suelos y rocas	101	-
Muestreo para materiales de construcción	201	-
Conservación y transporte de muestras de suelos	104	339.151

Nota. La tabla muestra las normas empleadas para la toma, conservación y transporte de muestras, según la MTC y NTP.

Tabla 2*Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos realizados*

Ensayo	Normas de referencia		Material ensayado
	MTC	NTP	
Humedad Natural	E-108	339.127	Base, subrasante
Granulometría	E-107	339.128	Base, subrasante
Límite líquido	E-110	339.129	Base, subrasante
Límite plástico	E-111	339.129	Base, subrasante
Clasificación SUCS	----	339.134	Base, subrasante
Proctor Modificado	E -115	339.141	Base, subrasante
CBR	E - 132	339.145	Base, subrasante
Abrasión		400.019	Base
Equivalente de arena	MTC E 114	339.146	Base

Nota. La tabla muestra los ensayos de mecánica de suelos realizados según el MTC y NTP.

Tabla 3
Ensayos químicos realizados

Ensayo	Normas de referencia		Material Ensayado
	MTC	NTP	
Sales solubles	-	339.152	Base
Cloruros	-	339.177	Base
Sulfatos	-	339.178	Base

Nota. La tabla muestra los ensayos químicos realizados según la Norma MTC y NTP.

Tabla 4
Ensayos de campo

Ensayo	Normas de referencia		Material Ensayado
	MTC	NTP	
Densidad por el método del cono de arena	E-117	-	Base
Medida de la deflexión de un pavimento flexible empleando la viga Benkelman	E-1002	339.128	Base

Nota. La tabla muestra los ensayos realizados en campo según las Normas MTC y NTP.

Se construyó un tramo de prueba de 30 m de largo por 3.5 m de ancho y una profundidad de 0.45 m. Habiendo llegado a excavar hasta el nivel del suelo se verifica que el suelo es inestable para poder soportar sobre su superficie a un rodillo liso vibratorio autopropulsado de 7-9 t; por lo que, desde la parte exterior, del tramo de prueba, se optó colocar una capa de arena fina de 5.00 cm. de espesor; seguidamente se instaló la geomalla multiaxial, la misma se fijó al suelo de fundación mediante grapas de fierro; luego sobre esta se regó un espesor 15 cm. de grava $D_{50} \leq 22$ mm; posteriormente se procede a su compactación en vibrado lento para evitar tener el efecto de membrana tensionada.

Sobre la sub rasante mejorada se regó la capa de sub base granular, carente de IP; luego se procedió a compactar gradualmente; observándose que conforme se incrementa la frecuencia vibratoria se generan deformaciones verticales, optándose por una menor frecuencia vibratoria hasta lograr una superficie casi uniforme. Sin

embargo y a pesar de tener el máximo cuidado posible; en algunas áreas puntuales se produjeron tensiones por poro presión que produjeron en la geomalla el efecto de membrana tensionada; por lo que; se rompió la geomalla multiaxial; luego se retiró el suelo saturado, esa área deteriorada de geomalla se traslapo con un otra en buen estado. Finalmente, superado el inconveniente; se procedió a realizar la verificación del 100% de la densidad del Proctor modificado del material, mediante el Ensayo del Cono de Arena.

Sobre la capa de sub base granular; se regó 15 cm. de capa base granular, carente de IP; luego se procedió a su compactación gradual; sin embargo, se observó que persisten las deformaciones. Finalmente se procedió a realizar la verificación del 100% de la densidad del Proctor modificado del material, mediante el Ensayo del Cono de Arena.

3.8.2 Técnicas.

Se empleó la observación y la medición para evaluar las deflexiones con la viga Benkelman.

3.8.3 Instrumentos.

Físicos:

Los instrumentos utilizados tanto en campo como en laboratorio se listan a continuación.

- Cono de arena con accesorios
- Muestreador de caña partida
- Humedómetro
- Horno de secado
- Tamices
- Moldes Proctor
- Moldes CBR
- Equipo de Casagrande
- Viga Benkelman

Documentales:

- Norma MTC E 117
- Norma MTC E 126
- Norma MTC E 115
- Norma MTC E 110
- Norma MTC E 111

Validez y Confiabilidad de los instrumentos

No se aplicó ninguna técnica de validación por que se han utilizado equipos y métodos estandarizados y calibrados (se adjunta certificados de calibración) colocar certificado de calibración.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

Para este fin se realizó un recorrido por la zona de influencia del proyecto a fin de ubicar una calle adecuada que permita la construcción del modelo a escala real, determinándose que la cuadra 1 de Melitón Carbajal no cuenta con pavimento, además se realiza conversaciones con los vecinos de la zona a fin de que autoricen la intervención en el lugar. Una vez ubicado el lugar adecuado, y contando con la aprobación de los vecinos del lugar, se presenta la solicitud a la Municipalidad

Provincial de Chiclayo para que autorice la realización de los trabajos en la calle seleccionada. Contando con el permiso de la Municipalidad provincial de Chiclayo se procede a la medición del área donde se construirá el modelo a escala real.

4.1.1 Estudio de Material de Préstamo y Suelos de Subrasante

Se realizó el muestreo de material de préstamo (relleno, base, sub base y arena) en las pilas de materiales de la cantera “3 Tomas” (ver Figura 2), ubicada a unos 30 km de la ciudad de Chiclayo.

Para el estudio de suelos de la subrasante se realizó una exploración tipo calicata a cielo abierto en la cuadra 1 de Melitón Carbajal (ver Figuras 4 y 5), complementado con pasteadora hasta la profundidad de 1.85 m, lo cual ha permitido la identificación de la estratigrafía del terreno, así como la obtención de muestras.

El muestreo de canteras y suelos a nivel de subrasante se ha realizado conforme a las especificaciones de las normas MTC y NTP que se presentan en la Tabla 1. Posteriormente se trasladó las muestras al laboratorio a la empresa EMP en la ciudad de Chiclayo donde se realizaron los ensayos correspondientes.

Figura 2

Muestreo de materiales en cantera 3 tomas



Nota. Las figuras muestran el muestreo del material de préstamo.

Figura 3

Figura 4

Ubicación de calicata ejecutada en la cuadra 2 de Melitón Carbajal



Nota. La figura muestra la ejecución de la calicata a cielo abierto en la calle Melitón Carbajal.

Fondo de calicata ejecutada en la cuadra 2 de Melitón Carbajal



Nota. La figura muestra el nivel freático al fondo de excavación de la calicata ejecutada.

4.1.2 Diseño y construcción del tramo de prueba

Para diseñar la estructura del pavimento a ensayar; previamente se hizo uso del software Spectra Pave de Tensar, como datos de entrada se ingresó el tipo de geosintético a usar, el valor de CBR de la subrasante, la condición de saturado, carga de tráfico, presión de llanta, pases de eje, la profundidad del ahuellamiento esperado y el tamaño del agregado a instalar sobre la geomalla; luego de su procesamiento se obtuvo como datos de salida que para poder estabilizar la subrasante es necesario mejorar con 44 cm. de grava $D_{50} \leq 22$ mm. ó en su defecto instalar sobre la subrasante una geomalla TriAx TX160 y a su vez sobre esta 15 cm. de grava $D_{50} \leq 22$ mm. Considerando la segunda opción se obtiene un módulo resiliente mejorado o compuesto (subrasante – geomalla – grava) de 83 Mpa ó su equivalencia en 11.27% de CBR.

Habiendo realizado el mejoramiento de la subrasante y haciendo uso de la fórmula básica para el cálculo estructural de un pavimento flexible, según la AASHTO 93; se determinó que 1.72 EE corresponde al Número Estructural

requerido para soportar el número de acumulado de ejes equivalentes a 80 kN a lo largo del período de diseño (10 años), correspondiente al número de repeticiones de EE de 8.2 t, definiéndose que el paquete estructural estará compuesto por 15 cm. de subbase, 15 cm. de material base y 5 cm. de carpeta asfáltica.

En concordancia con los dos párrafos anteriores se procedió a la construcción del modelo de pavimento a ensayar; tal cual se puede apreciar en el gráfico N° 01. El paquete estructural del pavimento presenta un espesor total de 45 cm. y en la interfaz de la subrasante con la grava se colocó un refuerzo con geomalla multiaxial TriAx TX160 con la finalidad de permitir distribuir las cargas aplicadas en una mayor área disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el terreno natural blando. Por otro lado; permitirá que los esfuerzos generados por el ahuellamiento o deformación considerable en el terreno natural, debido a una carga vehicular, sean soportados por la resistencia a la tensión de la geomalla, debido a que los módulos de reacción compuesto de la subrasante – base se incrementan a fin de poder contrarrestar el efecto de membrana tensionada.

Este trabajo se ha realizado según el siguiente detalle.

- Colocación de niveles topográficos, Cercado y remarcación del área a ejecutar.
- Excavación de 30 m de longitud por 3.5 de ancho y 0.45 m. de profundidad con retroexcavadora (ver Figura 6).
- Colocación de capa de arena de nivelación de subrasante
- Instalación de Geomalla (ver Figura 7)
- Extendido de material de préstamo con motoniveladora (ver Figura 8)
- Compactación de material de préstamo con Rodillo Ingersoll rand SD 150 D utilizado (ver Figura 9).
- Realización de ensayos de control de compactación mediante ensayos de cono de arena.

Figura 5

*Excavación con Retro excavadora
CAT 420 E utilizada*

Figura 6

Colocación de geomalla



Nota. La figura muestra la excavación de 0.45 m de profundidad con retroexcavadora CAT 420 E, en el lugar de prueba.



Nota. La figura muestra la instalación de la geomalla.

Figura 7
Tendido de material con Motoniveladora CAT 140 H utilizada



Nota. La figura muestra el extendido del material de préstamo con motoniveladora.

Figura 8
Compactación con Rodillo Ingersoll rand SD 150 D utilizado



Nota. La figura muestra la compactación del material de préstamo con Rodillo Ingersoll rand SD 150 D.

Tabla 5
Equipos utilizados

Equipo	Retroexcavadora	Motoniveladora	Rodillo
Marca	CAT	CAT	Ingersoll rand
Modelo	420-E	140 h	SD 150 D
Año	2016	2015	2015

Nota. La tabla muestra los equipos utilizados en la ejecución del tramo de prueba.

4.1.3 MEDICIÓN DE DEFLEXIONES

Se realizaron ensayos de “Medida de la deflexión de un pavimento flexible empleando la Viga Benkelman”, en la Figura 10 se muestra el pesado del camión mediante una balanza electrónica, posteriormente se realizó la ejecución del ensayo en el pavimento construido (ver Figura 11). Finalmente se ejecutó en el ensayo en los pavimentos aledaños y se tomó la temperatura (ver Figuras 12 y 13), para la comparación. El ensayo se ha realizado conforme a las especificaciones de la norma MTC E 1002. La viga utilizada presenta las siguientes características

- Tipo: Viga Benkelman de 1 brazo
- Marca: Forney
- Modelo: LA 2251
- Instrumento de Medición comparador de cuadrante (dial)

Marca BAKER, Modelo J08A

Número de Serie: N7399

Alcance de Indicación 0 a 25 mm

División de Escala 0,01 mm

- a. Resultados de los ensayos de mecánica de suelos de canteras y material de subrasante.
- b. Resultados del diseño del modelo a escala real.
- c. Resultados de las pruebas de control de compactación.
- d. Resultados de las pruebas de medición de deflexiones
- e. Relación entre las variables tipo de pavimento y deflexiones
- f. Prueba estadística
- g. Comprobación de las hipótesis

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Caracterización de la subrasante y material de canteras

a. Caracterización de los suelos de subrasante

De 0.00 a 0.60 m. Material de relleno conformado por desechos de construcción y desechos plásticos.

De 0.60 m hasta 1.85 m. Suelos arcillosos de color marrón claro, húmedos, a partir de 0.80 m se hallan saturados por presencia de nivel freático.

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos de los ensayos de mecánicas de suelos; caracterizando al suelo con baja plasticidad y consistencia blanda, debido a que presenta valores de LL 25.2, IP de 7.9% y humedad natural 27.8%. Clasifica según SUCS como un CL y según clasificación AASHTO como un A-4(6). Así mismo se ha determinado un OCH de 15.48%, MDS 1.87gr/cm³ y CBR de 5.2 al 95% de la MDS. En cuanto a sus características química los resultados se muestran en la Tabla 7, presentan valores de Sales 0.06% a 0.0124% y sulfatos 0.0081.

Tabla 6:

Calicata/ Estrato	Prof.(*) de muestreo (m)	Humedad natural (%)	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación		Proctor		CBR	
			Pasa % N°100	Pasa % N°40	Pasa % N°200	LL	LP	IP	AASHTO	SUCS	Dens. Max. (gm/cm ³)	Hum.Op. %	95%	100%
C-01-E1	0.00-0.60		Material de relleno con presencia de ladrillos, bolsas, etc											
C-01-E2	0.60-1.85	27.8	98.50	95.00	64.10	25.20	17.30	7.90	A-4(6)	CL	1.873	15.48	5.20	6.80

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos de la subrasante

Tabla 7

Resultado de los ensayos químicos

Ensayo Químico	Unidades	Expresión	Valor determinado
Sales solubles en agua	mg/Kg	ppm	0.06
Sulfatos	%	ppm	0.0124
Cloruros	mgCl ⁻ /Kg	ppm	0.0081

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos de los ensayos químicos realizados a las muestras de suelo.

b. Caracterización del material de préstamo

Depósitos aluviales granulares de composición heterométrica y formas sub angulosas, con cantos rodados de hasta 0.30 m, para ser utilizados deben ser zarandeados mecánicamente lo cual permite obtener materiales de diversas gradaciones, para el presente estudio se han realizado ensayos de mecánica de suelos al material empleado para la base y sub base, los resultados se muestran en la Tabla 8. Además, se presentan los resultados de los ensayos especiales como el Proctor, CBR, abrasión y equivalente de arena en la Tabla 9, y los ensayos químicos para determinar la cantidad de sales solubles, sulfatos y cloruros (ver Tabla 10).

Tabla 8

Resultados de ensayos estándar de mecánica de suelos del material de préstamo.

Calicata/Es trato	Prof.(*) de muestreo (m)	Humedad natural (%)	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación	
			Pasa % N°100	Pasa % N°40	Pasa % N°200	LL	LP	IP	AASHTO	SUCS
Base	0.00-0.60	Material de relleno con presencia de ladrillos, bolsas, etc								
Sub base	0.60-1.85	4.8	39.50	19.10	4.00	13.30	NP	NP	A-1-a(0)	GP

Resultados obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos

Tabla 9

Resultados de ensayos especiales de mecánica de suelos del material de préstamo.

Calicata/Es trato	Prof.(*) de muestreo (m)	Proctor	CBR (0.1")		CBR (0.2")		Abrasión	Equivalente de arena	
			Dens. Max. (gm/cm ³)	Hum. Op. %	95%	100%			95%
Base	0.00-0.60	Material de relleno con presencia de ladrillos, bolsas, etc							
Sub base	0.60-1.85	2.202	6.69	64.30	91.30	84.40	116.90	20.00%	39.00%

Nota. La tabla muestra los resultados de los ensayos especiales de mecánica de suelos realizados al material de préstamo.

Tabla 10

Resultado de los ensayos químicos del material de préstamo

Ensayo químico	Unidades	Expresión	Valor determinado
Sales solubles en agua	mg/Kg	ppm	0.05
Sulfatos	Porcentaje	ppm	0.0072
Cloruros	mgCl ⁻ /Kg	ppm	0.0116

Nota. La tabla muestra los resultados de los ensayos químicos realizados al material de préstamo.

c. Resultados de ensayos de control de compactación

Después de haber compactado la subbase y base granular se realizó el control de compactación mediante el método de cono de arena a cada 5 m en lado izquierdo y derecho de la vía, los resultados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11*Resultado de los ensayos de control de compactación*

Densidad de campo						
Lado	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
	o	o	o	o	o	o
Ubicación	0+003	0+008	0+013	0+018	0+023	0+028
Humedad	6.70	6.80	6.65	6.50	6.70	6.90
Densidad seca	2.212	2.195	2.220	2.200	2.214	2.192
% de compactación	100.45	99.67	100.83	99.89	100.53	99.82
Cumplimiento	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Nota. La tabla muestra el porcentaje de compactación realizado a cada 5 m, en el lado derecho e izquierdo de la vía.

4.3.2 Resultados del diseño del paquete estructural de pavimento flexible, mediante el uso de geosintéticos del tramo de prueba

Los resultados obtenidos del diseño estructural del pavimento, se muestran a continuación detallando los valores obtenidos en cada paso del diseño.

A. Cálculo de ESALs

Periodo de Diseño = 10 años

Tasa de Crecimiento por clase de vehículo

Ómnibus = 2.4 (año 2020, ref. INEI)

Camión = 2.4 (año 2020, ref. INEI)

El número de calzadas, el factor direccional, carril y ponderado se realizó de acuerdo a la Tabla 12.

Tabla 12*Número de calzadas.*

Número de Calzadas	Nº de Sentidos	Nº Carriles por Sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado para Carril de Diseño
1	1	2	1.00	0.80	0.80

Nota. La tabla muestra los resultados del número de calzada, obtenido del cuadro N° 6.1. del M.C.S.G.G.P.

Los resultados del factor camión y el eje equivalente EE se muestran en la Tabla 13 y 14 respectivamente.

Tabla 13
Factores Camión.

Bus		Camión			Semi Traylor			
2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3
								
1RS+1RD	1RS+2RD	1RS+1RD	1RS+2RD	1RS+3RD	1RS+1RD+2RD	1RS+1RD+3RD	1RS+2RD+2RD	1RS+2RD+3RD
Factor camión								
4.51	3.29	4.51	3.29	2.98	6.53	6.22	5.31	5

Nota. La tabla muestra los resultados del factor camión.

Tabla 14
Factor Eje Equivalente EE

	Factor Eje Equivalente (EE _{8,2tn})	
Eje simple (con rueda simple)	1RS=	1.27
Eje simple (con rueda doble)	1RD=	3.24
Eje tándem (1 rueda simple + 1 eje rueda doble)	1RS+1RD=	1.37
Eje tándem (2 ejes rueda doble)	2RD=	2.02
Eje Trídem (1 rueda simple + 2 eje rueda doble)	1RS+2RD=	1.51
Eje Trídem (3 ejes rueda doble)	3RD=	1.71
Factor Vehículo Pesado de EE=		4.51

Nota. La tabla muestra los resultados del factor eje equivalente EE.

Tabla 15
Nrep de EE

Tipo de vehículos	Tráfico Actual	Factores de crecimiento acumulado	Tráfico de diseño	Factor camión	Ejes equivalentes (EE)	Factor dirección al (Fd)	Factor de carril de diseño (Fc)	E.S.A.L de diseño	Factor de vehículo pesado (Fypi)	Factor de presión de neumáticos (Fp)	EE _{8,2tn} -carril	Nrep de EE _{8,2tn}
Omnibus 2E	6	11,15210834	24,423.12	4.51	27.06	1.00	0.80	110,148.27	4.51	1	21.65	88,118.61
Camión 2E	2	11,15210834	8,141.04	4.51	9.02	1.00	0.80	36,716.09	4.51	1	7.22	29,372.87
	8				36.08						28.86	117,491.48
Nrep de EE _{8,2tn}		117,491.48										

Nota. La tabla muestra los resultados del Nrep del omnibus y camión 2E.

Tabla 16
Cuadro 6.15 del M.C.S.G.G.P

Tipo Tráfico Pesado	Rango del Tráfico Pesado expresado en EE
---------------------	--

T _{p1}	>150,000 ≤300,000
-----------------	----------------------

Nota. La tabla muestra el rango del tráfico pesado expresado en EE.

Los datos fueron obtenidos del Cuadro 6.15 del M.C.S.G.G.P., se tiene que el camino pavimentado con pavimento flexible se encuentra clasificado como Tp1; es decir una vía pavimentada de rango 1.

B. Estabilización por Sustitución de los Suelos

La verificación del Cálculo del espesor de reemplazo se realizó según la metodología AASHTO 93 obteniendo los siguientes resultados.

B.1. Variables de entrada

Resumen de datos de entrada

W18 = 0.12 millones (117,491.48)

R = 65%

ZR = -0.385 (10 años)

S0 = 0.45

Pi = 3.80

Pf = 2.00

MR1 = 3576.91 psi (Suelo existente en subrasante)

MR2 = 48684.52 psi (Piedra angulosa de 6")

SN = 2.26 (Número Estructural Objetivo)

B.2. CBR y su correlación con el Módulo Resiliente Sub rasante existente

Tabla 17:

CBR y su correlación con el Módulo Resiliente Sub rasante existente

Calle	Coordenadas		CBR	Módulo Resiliente
	Norte	Este	Al 95% 0.1"	M _{R1} (psi)

Morro Solar	627370	9251868	3.40	5,586.52
César Vallejo	627360	9251936	2.98	5,134.44
Melitón	627379	9251899	5.20	7,332.24
Carvajal				
Promedios:			3.86	6,017.73

Nota. La tabla muestra los valores de CBR y su correlación con el modulo resiliente de la sub rasante.

Los valores de soporte evaluados; se encuentran comprendidos en el rango de $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$, corresponde a una sub rasante insuficiente; por lo tanto, es necesario estabilizar el suelo de fundación, mediante la sustitución del suelo, estabilización química, con geosintéticos u otros productos, de forma tal que se garantice una subrasante con un $CBR \geq 10\%$ e $IP < 10\%$.

B.3. Cálculo del Número Estructural Existente (SNe)

A fin de aplicar la metodología establecida en el Manual de Suelos, Geología y Pavimentos, en su Sección Suelos y Pavimentos, para determinar el espesor del material a reemplazar, en caso de secciones pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores de soporte comprendidos entre $CBR \leq 3\%$ y $CBR < 6\%$; en primer lugar, se procede a la aplicación de la fórmula básica para pavimentos flexibles de AASHTO

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

$$\log_{10} W_{18} = 5.07000636$$

Aplicando la opción análisis de datos de Excel; se obtiene el Número Estructural Existente (SNe):

$$SNe = 2.264094899$$

B.4. Cálculo del Número Estructural Calculado (SNm)

- Caracterización del material de reemplazo

Tabla 18
Clasificación del suelo

Clasificación del suelo	
AASHTO	A-1
Piedra angulosa de 6"	
C.B.R. al 95%	100.00%
Módulo resiliente (M_{R2})	48,684.52

Nota. La tabla muestra la clasificación del suelo y el módulo resiliente.

- Aplicando la fórmula básica para pavimentos flexibles de AASHTO

$$\log_{10} W_{18} = 5.07000636$$

$$5.07081086017848$$

- Aplicando la opción análisis de datos; se obtiene:
 $SN_m = 0.91635330373527$

B.5. Diferencia de Números Estructurales

$$\Delta SN = 1.34663922$$

B.6. Cálculo de Espesor de Reemplazo

A falta de investigaciones para el valor del coeficiente estructural del material a colocar (Piedra angulosa de 6") conservadoramente se asume:

$$a_i = 0.035 / cm$$

$$m_i = 1.00$$

$$E_{calculado} = 38.48 \text{ cm}$$

Asumiremos:

$$E_{asumido} = 40.00 \text{ cm}$$

Nota: El Manual en el Cuadro 9.3; recomienda una estabilización con un espesor de 35 cm, para tráfico comprendido de 150,000 a 300,000 EE, considerando un $a_i=0.021$ y $m_i=1.00$.

C. Mejoramiento de Sub Rasante Software Pave

Tabla 19
Módulo de Resiliente

Calle	Coordenadas		CBR al 95%	Módulo Resiliente Mr(psi)
	Norte	Este		
Melitón Carvajal	627408	9251893	5.20	7,338.94
Morro Solar César	627370	9251868	3.40	5,591.62
Vallejo	627360	9251936	2.98	5,139.13
Promedio:			3.86	6,064.66

Nota. La tabla muestra la ubicación de las calles de estudio, con su respectivo valor de CBR y módulo resiliente.

Tabla 20

Densidad y CBR de la sub rasante, sub base y base

Descripción	Densidad			CBR (%)
Sub rasante	1.87 gr/cm ³	116.93 pcf	18.37 kN	3.86
Sub base	2.12 gr/cm ³	132.31 pcf	20.78 kN	75.4
Base	2.13 gr/cm ³	133.14 pcf	20.91 kN	84.4

Nota. La tabla muestra la densidad y el CBR de la sub rasante, sub base y base.

Figura 13

Ingreso de datos al software Pave - Estabilización de Subrasante

Nota. La figura muestra el ingreso de datos para el diseño en el software Pave.

Figura 14

Resultados del software Pave - Estabilización de Subrasante



Nota. La figura muestra los resultados obtenidos de la estabilización de subrasante mediante el software Pave.

Figura 15

Ingreso de datos al software Pave - Mejora de la fundación del pavimento

**Figura 16**

Resultados del software Pave - Mejora de la fundación del pavimento



Tabla 21
Datos de Mpa y psi

Mpa	psi
1	145.04
83	12,038.15
CBR=	11.27

Nota. Conversión de Mpa a psi.

Figura 17
Comparación de deflexiones en pavimentos flexibles con subrasante estabilizada mediante los métodos: Tradicional y con Geosintéticos



Nota. La figura muestra la comparación de las deflexiones con subrasante estabilizada con geosintéticos y mediante el método tradicional.

D. Cálculo de Estructural de Pavimento Método AASHTO 93

D.1. Variables de entrada

Tabla 22:
Variables de entrada

Variables de entrada		
W_{18}	0.12	millones
R	65%	
Z_R	-0.385	10 años
S_0	0.45	
PSI	1.80	
Pi	3.80	
Pf	2.00	
CBR	11.27 %	
M_R	12038.15 psi	83.00 Mpa
SN	1.72	Objetivo

Nota. Esta tabla muestra las variables de entrada para el cálculo del número estructural requerido. Fuente elaboración propia.

D.2. Cálculo del Número Estructural Requerido (SN), aplicando la fórmula básica para pavimentos flexibles de AASHTO

- Aplicando la fórmula básica para pavimentos flexibles de AASHTO

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Se obtienen los siguientes valores para cada

$$\log_{10} W_{18} = 5.07000636$$

- Aplicando la opción análisis de datos; se obtiene:

$$\log_{10} W_{18} = 5.07014319412769$$

$$SN_R = 1.72$$

Número Estructural requerido para soportar el número de acumulado de ejes equivalentes a 80 kN a lo largo del período de diseño, correspondiente al número de repeticiones de EE de 8.2 t.

D.3. Cálculo del Número Estructural Propuesto

Tabla 23:
Cálculo del Número Estructural Propuesto

$SN = a_1xd_1 + a_2xd_2xm_2 + a_3xd_3xm_3$				
$a_1=$	0.17	Manual de S.G.G.P	Carpeta Asfáltica	} Coeficientes Estructurales
$a_2=$	0.052	Manual de S.G.G.P	Base	
$a_3=$	0.047	Manual de S.G.G.P	Sub Base	
$d_1=$	5 cm	Manual de S.G.G.P	Carpeta Asfáltica	} Espesor en cm. de capas
$d_2=$	15 cm	Manual de S.G.G.P	Base	
$d_3=$	15 cm	Manual de S.G.G.P	Sub Base	
$m_1=$	1	Manual de S.G.G.P	Carpeta Asfáltica	} Coeficientes de drenaje
$m_2=$	1	Manual de S.G.G.P	Base	
$m_3=$	1	Manual de S.G.G.P	Sub Base	
SN_P=	2.335	Número estructural obtenido, representa el espesor total del pavimento a colocar y ha sido transformado de acuerdo a cada una de las capas propuestas, para dar respuesta a la cantidad de EE acumulados a lo largo del período de diseño.		

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del número estructural, la cual representa el espesor total del pavimento. Fuente Elaboración propia.

4.3.3 Medición y comparación de Deflexiones

A. Medición de deflexiones

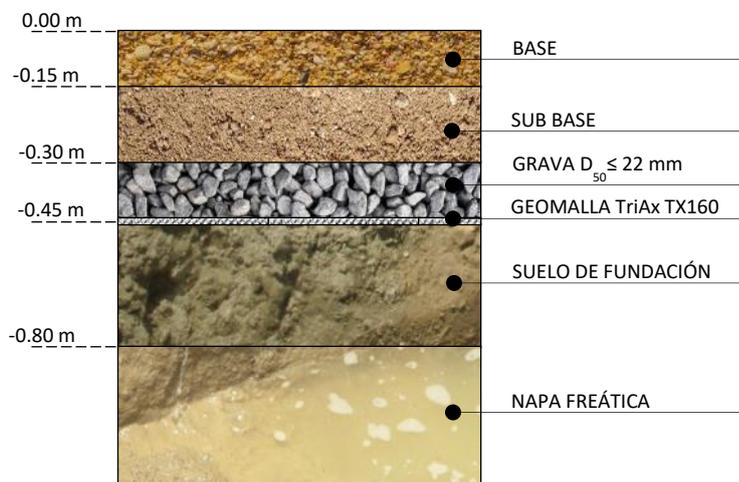
Previo a la realización de los ensayos de deflexión se verificó la calibración de los instrumentos a utilizar, de igual forma se verificó que la carga proporcionada del eje trasero de un camión que corresponda a 8.2 toneladas; también se verificó que la presión de las llantas dobles está infladas a una presión de 80 psi.

A.1. Deflexiones en Pavimento flexible con reforzamiento de geomalla multiaxial

El registro de datos para la medición de las deflexiones se realizó sobre un modelo construido a escala real, cuya área actualmente no presenta pavimentación alguna, se ubica en la primera cuadra de la calle Melitón Carbajal, entre las calles César vallejo y Pedro Ruíz Gallo.

La estructura para medir las deflexiones presenta dimensiones y características, correspondiéndose según la figura 18:

Figura 18
Sub rasante reforzada con geomalla.



Nota. La figura muestra la estructura del pavimento reforzada con geomalla.

Fuente elaboración propia.

Los datos de campo obtenidos para el cálculo de las deflexiones se presentan en la tabla 24.

Tabla 24
Lecturas de campo de carril único.

N°	Progresiva (Km.)	Lecturas de campo Carril único					
		D= 0	D= 25	D= 50	D= 75	D= 100	D= 250
1	0+000.00	148	117	83	55	39	0
2	0+005.00	270	205	135	68	42	0
3	0+010.00	750	605	402	301	140	0
4	0+015.00	650	440	130	74	36	0
5	0+020.00	780	670	226	130	40	0
6	0+025.00	105	78	51	36	42	0
7	0+030.00	192	168	94	58	35	0

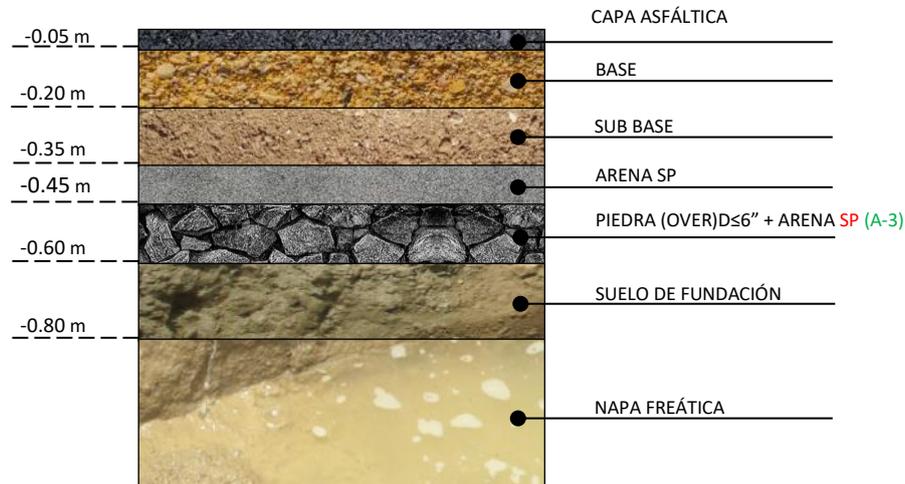
Nota. La tabla muestra las lecturas de tomadas en campo del carril único.

A.2. Deflexiones en Pavimento flexible tradicional

El registro de datos para la medición de las deflexiones se realizó en la primera y segunda cuadra de la calle Morro Solar, en el tramo comprendido entre las calles Pedro Ruíz Gallo y César vallejo, correspondiente a un pavimento existente que fue puesto en servicio en enero del 2020.

La estructura para medir las deflexiones presenta dimensiones y características, correspondiéndose según el gráfico N° 02:

Figura 19
Pavimento Tradicional



Nota. La figura muestra la estructura del pavimento tradicional.

Los datos de campo obtenidos para el cálculo de las deflexiones se presentan en la tabla 25.

Tabla 25
Lecturas de campo Carril derecho.

Nº	Progresiva (Km.)	Lecturas de campo Carril derecho					
		D= 0	D= 25	D= 50	D= 75	D= 100	D= 250
1	0+025.00	41	38	29	20	3	0
2	0+075.00	43	36	27	16	4	0
3	0+125.00	38	35	29	21	5	0
4	0+175.00	41	37	26	21	3	0
5	0+225.00	38	36	28	24	5	0
6	0+275.00	38	36	30	21	4	0
7	0+325.00	46	43	34	24	6	0
8	0+375.00	49	45	36	26	7	0

Nota. La tabla muestra las lecturas tomadas en el carril derecho de la vía.

Tabla 26
Lecturas de campo Carril izquierdo.

Nº	Progresiva (Km.)	Lecturas de campo Carril izquierdo					
		D= 0	D= 25	D= 50	D= 75	D= 100	D= 250
1	0+050.00	40	36	25	20	2	0
2	0+100.00	40	38	27	19	2	0
3	0+150.00	40	38	33	26	5	0
4	0+200.00	40	39	34	28	7	0
5	0+250.00	43	41	28	20	4	0
6	0+300.00	47	46	34	26	5	0
7	0+350.00	39	38	26	15	4	0
8	0+400.00	46	42	34	25	5	0

Nota. La tabla muestra las lecturas tomadas al carril izquierdo de la vía.

4.4 PRUEBAS ESTADÍSTICAS

4.4.1 En pavimento reforzado a nivel de subrasante con geomalla multiaxial en calle Melitón Carbajal.

La tabla 27 representa las deflexiones en un pavimento reforzado con geomalla multiaxial y en las Tablas 29 y 31 representa las deflexiones en un pavimento tradicional.

Se hace necesario además puntualizar que los equipos utilizados en los ensayos contaron son de precisión con calibración periódica, exigible para los laboratorios de Mecánica de Suelos y Pavimentos, con la finalidad de obtener resultados confiables.

Tabla 27
Lectura de Campo en calle Melitón Carbajal

N°	Progr. Km.	Lado	Temp Pav °C	Lecturas de campo E'2 mm					Deflexiones E'2 mm		Radio Curv (mm)
				L MÁX.	L0	L25	L50	L100	D MÁX.	D25	
1	0+000.00	DER	28	148.0	132.5	117.0	83	39.0	296.0	234.0	50.40
2	0+005.00	DER	28	270.0	258.5	205.0	135	42.0	540.0	410.0	24.04
3	0+010.00	DER	28	750.0	747.5	605.0	402	140.0	1,500.0	1,210.0	10.78
4	0+015.00	DER	28	650.0	563.0	440.0	130	36.0	1,300.0	880.0	7.44
5	0+020.00	DER	28	780.0	745.0	670.0	226	40.0	1,560.0	1,340.0	14.20
6	0+025.00	DER	28	105.0	91.5	78.0	51	42.0	210.0	156.0	57.87
7	0+030.00	DER	28	192.0	180.0	168.0	94	35.0	384.0	336.0	65.10
Estadística	PROMEDIO		28.00	413.6	388.3	326.1	160.1	53.4	827.1	652.3	32.83
	D. ESTÁNDAR		-	299.7	88.8	42.9	120.1	38.3	599.3	485.8	24.26
	MÁXIMO		28	780.0	747.5	670.0	402.0	140.0	1,560.0	1,340.0	65.10
	MÍNIMO		28	105.0	91.5	78.0	51.0	35.0	210.0	156.0	7.44

Tabla 28 Deflexión

	Deflexión característica:	1456.3 E'2 mm
Datos	No DE EJES EQUIVALENTES 10 AÑOS (N)	0.12 E+6
	DEFORMACIÓN ADMISIBLE (Da)	175.90 E-2 mm
	COEFICIENTE DE POISSON (μ)	0.50
	RADIO HUELLA CIRCULAR CONTACTO (A)	10.75 cm.
	PRESIÓN DE INFLADO (p)	80.00 psi
	DISTANCIA MIDE DEFLECCION (R)	25.00 cm.
	CARGA SOBRE LA LLANTA	8.20 Ton
		18000.00 LBS

4.4.2 En pavimento flexible tradicional en Calle Morro Solar

Tabla 29

Lectura de Campo Carril Derecho Calle Morro Solar.

N°	Progr. Km.	Lado	Temp Pav °C	Lecturas de campo E'2 mm					Deflexiones E'2 mm		Radio Curv (mm)
				L MÁX.	L0	L25	L50	L100	D MÁX.	D25	
1	0+025.00	DER	28	41.0	39.5	38.0	29	3.0	82.0	76.0	520.83
2	0+075.00	DER	28	43.0	41.5	36.0	27	4.0	86.0	72.0	223.21
3	0+125.00	DER	28	38.0	36.5	35.0	29	5.0	76.0	70.0	520.83
4	0+175.00	DER	28	41.0	40.5	37.0	26	3.0	82.0	74.0	390.63
5	0+225.00	DER	28	38.0	37.0	36.0	28	5.0	76.0	72.0	781.25
6	0+275.00	DER	28	38.0	37.0	36.0	30	4.0	76.0	72.0	781.25
7	0+325.00	DER	28	46.0	44.5	43.0	34	6.0	92.0	86.0	520.83
8	0+375.00	DER	28	49.0	47.0	45.0	36	7.0	98.0	90.0	390.63
Estadística	PROMEDIO		28.00	41.8	40.4	38.3	29.9	4.6	83.5	76.5	516.18
	D. ESTÁNDAR		-	4.1	3.8	3.7	3.4	1.4	8.1	7.4	191.96
	MÁXIMO		28	49.0	47.0	45.0	36.0	7.0	98.0	90.0	781.25
	MÍNIMO		28	38.0	36.5	35.0	26.0	3.0	76.0	70.0	223.21

Tabla 30

Deflexión Característica Carril Derecho.

	Deflexión característica:	94.6	E'2 mm
Datos	No DE EJES EQUIVALENTES 10 AÑOS (N)	0.12	E+6
	DEFORMACIÓN ADMISIBLE (Da)	175.90	E-2 mm
	COEFICIENTE DE POISSON (μ)	0.50	
	RADIO HUELLA CIRCULAR CONTACTO (A)	10.75	cm.
	PRESIÓN DE INFLADO (p)	80.00	psi
	DISTANCIA MIDE DEFLECCION (R)	25.00	cm.
	CARGA SOBRE LA LLANTA	8.17	Ton
		18,000.00	LBS
	CARGA DE ENSAYO	2,041.17	Kg/cm²

Tabla 31*Lectura de Campo Carril Izquierdo Calle Morro Solar.*

N°	Progr. Km.	Lado	Temp Pav °C	Lecturas de campo E'2 mm					Deflexiones E'2 mm		Radio Curv (mm)
				L MÁX.	L0	L25	L50	L100	D MÁX.	D25	
1	0+000.00	DER	28	40.0	39.0	36.0	25	2.0	80.0	72.0	390.63
2	0+005.00	DER	28	40.0	39.0	38.0	27	2.0	80.0	76.0	781.25
3	0+010.00	DER	28	40.0	39.0	38.0	33	5.0	80.0	76.0	781.25
4	0+015.00	DER	28	40.0	39.5	39.0	34	7.0	80.0	78.0	1,562.50
5	0+020.00	DER	28	43.0	42.0	41.0	28	4.0	86.0	82.0	781.25
6	0+025.00	DER	28	47.0	46.5	46.0	34	5.0	94.0	92.0	1,562.50
7	0+030.00	DER	28	39.0	38.5	38.0	26	4.0	78.0	76.0	1,562.50
8	0+375.00	DER	28	46.0	44.0	42.0	34	5.0	92.0	84.0	390.63
Estadística	PROMEDIO		28.00	41.9	40.9	39.8	30.1	4.3	83.8	79.5	976.56
	D. ESTÁNDAR		-	3.1	2.9	3.2	4.0	1.7	6.2	6.3	511.45
	MÁXIMO		28	47.0	46.5	46.0	34.0	7.0	94.0	92.0	1,562.50
	MÍNIMO		28	39.0	38.5	36.0	25.0	2.0	78.0	72.0	390.63

Tabla 32*Deflexión Característica Carril Izquierdo.*

	Deflexión característica:	92.9	E-2 mm
Datos	No DE EJES EQUIVALENTES 10 AÑOS (N)	0.12	E+6
	DEFORMACIÓN ADMISIBLE (Da)	175.90	E-2 mm
	COEFICIENTE DE POISSON (μ)	0.50	
	RADIO HUELLA CIRCULAR CONTACTO (A)	10.75	cm.
	PRESIÓN DE INFLADO (p)	80.00	psi
	DISTANCIA MIDE DEFLECCION (R)	25.00	cm.
	CARGA SOBRE LA LLANTA	8.17	Ton
		18,000.00	LBS
CARGA DE ENSAYO	2,041.17	Kg/cm ²	

Teniendo en consideración que la relación del tipo de Viga Benkelman utilizada es de a 2 en 1 y tomando los promedios de lecturas de deflexiones obtenidas en campo, para distancias 0, 25, 50, 100, 200 cm, tanto para; pavimento reforzado a nivel de subrasante con geomalla multiaxial en calle Melitón Carbajal, así como para; pavimento flexible tradicional en Calle Morro Solar, se elabora la tabla 33 y figura 20, tal cual se detallan a continuación:

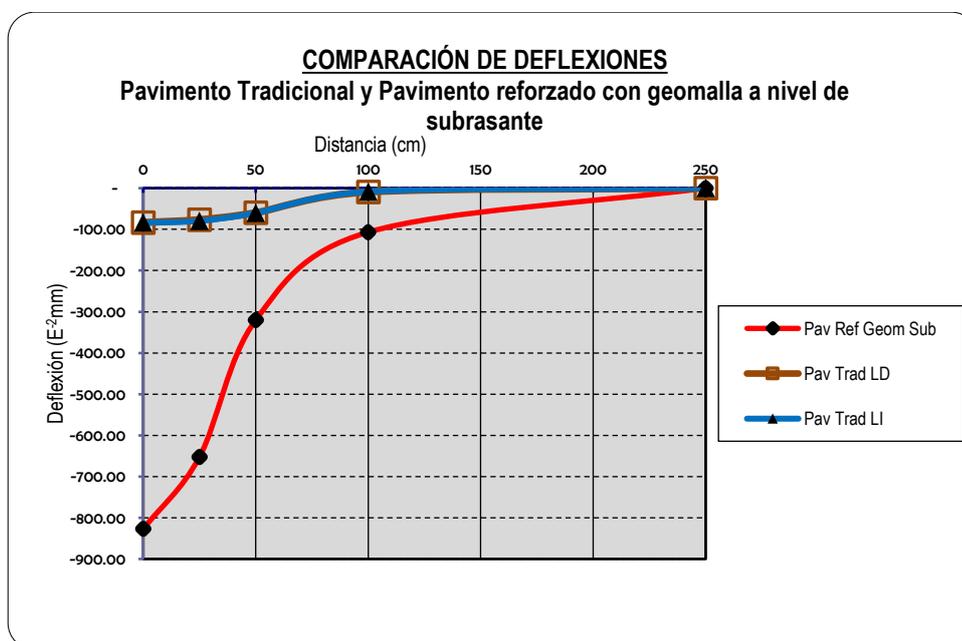
Tabla 33

Deflexiones para pavimento reforzado con geomalla a nivel de subrasante y pavimento tradicional.

Distancia (cm)	DEFLEXIONES E ⁻² mm		
	Pavimento reforzado con Geomalla	Pavimento Tradicional	
	Pav.Reforzado	L.Derecho	L.Izquierdo
250	-	0.00	-
100	-106.86	-9.25	8.50
50	-320.29	-59.75	60.25
25	-652.29	-	79.50
0	-827.14	83.5	83.75

Figura 20

Comparación de deflexiones



En la figura 20 se observa que el Pavimento Reforzado con Geomalla multiaxial a nivel de subrasante (línea marcada de rojo) registra deflexiones excesivas en referencia al Pavimento Tradicional, tanto en el lado derecho; así como en el lado izquierdo (líneas azul y marrón).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

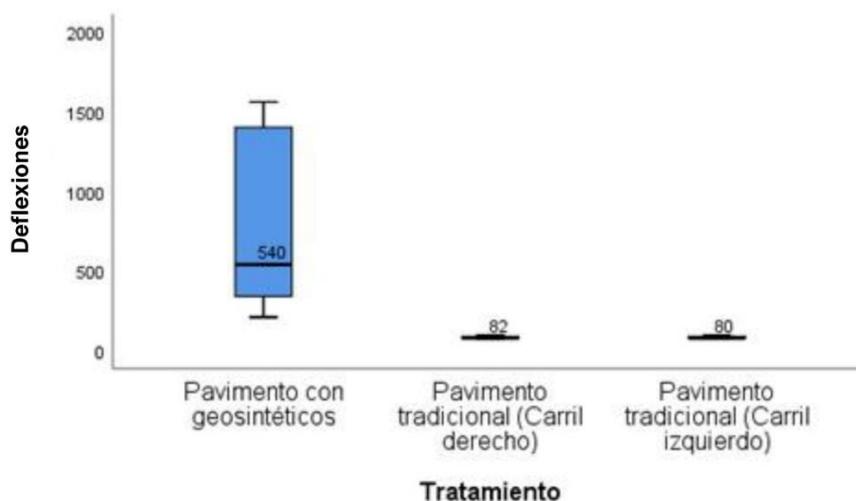
Tabla 34

Medidas descriptivas de las deflexiones por tratamientos

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	CoefVar	Mínimo	Q1	Medianas	Q3	Máximo
Deflexiones	Pav. Reforzado con geosintético en la subrasante	7	827	599	72.46	210	296	540	1500	1560
	Pav. Trad (carril der.)	8	83.50	8.12	9.73	76.00	76.00	82.00	90.50	98.00
	Pav. Trad (carril izq.)	8	83.75	6.18	7.38	78.00	80.00	80.00	90.50	94.00

Figura 21

Análisis de dispersión de las flexiones por tratamiento



De la tabla 34 se puede observar que, el coeficiente de variación para el grupo pavimento con geosintético es del 72.46% indicando que en este grupo existe gran dispersión de la información en comparación del grupo pavimento tradicional carril derecho y grupo pavimento tradicional carril izquierdo, por lo que; la media aritmética no sería un buen indicador para la comparación múltiple. Por lo tanto; de acuerdo al análisis realizado corresponde realizar una prueba no paramétrica.

En la figura 21 se puede observar que en el grupo de pavimento geosintético existe demasiada dispersión en comparación con los otros dos grupos, mientras que en la tabla 34; se evidencia que la mediana, el promedio, la moda, los cuartiles, los valores mínimos y máximos son muy cercanos.

Análisis de supuestos

Normalidad de los errores del modelo

Hipótesis a contrastar

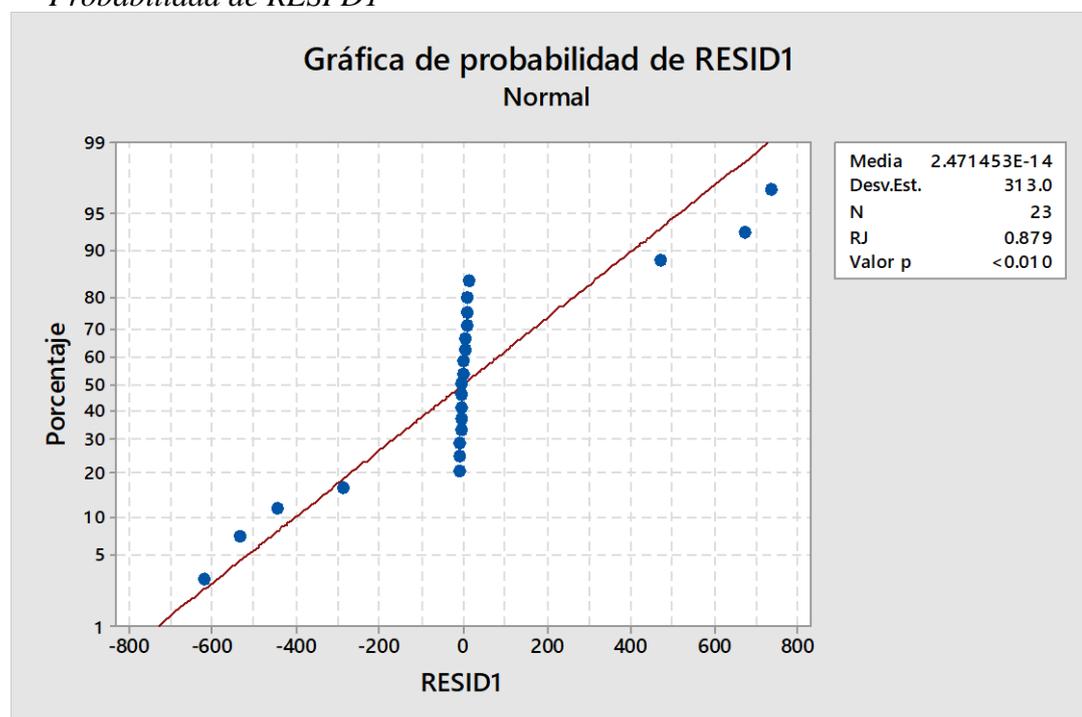
H0: Los errores del modelo siguen una distribución normal con $\mu=0$ y varianza igual a σ^2

H1: Los errores del modelo no siguen una distribución normal con $\mu=0$ y varianza igual a σ^2

Nivel de significancia $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba

Figura 22
Probabilidad de RESID1



Según la prueba Ryan Joiner (para muestras pequeñas $m < 30$) se obtiene un valor p menor a 0.010 y este a su vez es menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, aceptándose la hipótesis alterna, se concluyó que los errores del modelo no siguen una distribución normal con μ (promedio) = 0 y varianza igual a σ^2 .

Al llegar a esta conclusión ya no es necesario probar si las varianzas son iguales por lo que para comprobar si hay diferencias significativas entre los tratamientos se seleccionó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Tabla 35

Prueba de Kruskal Wallis (Prueba al azar-prueba no paramétrica de comparación múltiple, no sigue un comportamiento normal ver gráfico.)

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Flexiones	Pav. Con geosintético	7	827.14	599.34	540	14.02	0.0009
	Pav. tradi (Carril der.)	8	83.5	8.12	82		
	Pav. tradi (Carril iz.)	8	83.75	6.18	80		

H0: No existen diferencias significativas entre los pavimentos según sus medianas.

H1: Existen diferencias significativas entre los pavimentos

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

De la tabla 35 se evidencia un valor P igual a 0.0009, menor al nivel de significancia del 0.05; por lo que se concluye que se acepta la hipótesis alterna, evidenciándose que existen diferencias significativas entre las medianas de las deflexiones de los tres grupos.

La dispersión muestral de los registros o toma de lecturas de las deflexiones para pavimento con geosintético, en referencia a los dos grupos de pavimento tradicional, se explica en el hecho de un tratamiento inadecuado en la estabilización de la subrasante, el mismo que originó que las deflexiones sean elevadas.

Tabla 36

Comparaciones de los rangos promedio por pares entre los tratamientos según deflexión.

Tratamientos	Rango promedio	
Pavimento tradicional (Carril derecho)	8.25	A
Pavimento tradicional (Carril izquierdo)	8.75	A
Pavimento con geosintético	20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Según la tabla 36 se evidencia que el pavimento con geosintético es mayor (20) en comparación del pavimento tradicional tanto en el carril derecho como en el carril izquierdo, evidenciando que el método utilizado con geosintético no es efectivo para reducir deflexiones.

4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.5.1 Sub rasante estabilizada con Geosintéticos

1. Luego del ingreso de los datos de entrada al software Spectra Pave de Tensar, este presenta dos propuestas de estabilización; un considerando la colocación de 41 cm. de grava de $D_{50} \leq 22$ mm. sobre la sub rasante con 3.86% de CBR y la otra considerando que sobre la sub rasante se instale una geomalla TriAx TX160 y a la vez sobre esta última se considere 15 cm. de grava de $D_{50} \leq 22$ mm. De igual forma el software permite visualizar que el CBR equivalente o compuesto, del componente integrado sub rasante – geomalla – grava, permite alcanzar un $M_r=83$ MPa o su equivalente a $CBR=11.27\%$. Sin embargo, lo que no permite el software es el ingreso del nivel freático, a fin considerar en el cálculo las fuerzas producidas por el flujo ascendente del agua sobre la subrasante y el paquete estructural del pavimento.

2. Comparación de deflexión característica (Dc) con la deflexión admisible (Da)

Tabla 34*Deflexión Característica/Deflexión Admisible.*

Lado	Dc	Da
Carril único	1456.30x10 ⁻² mm.	175.90x10 ⁻² mm.

Nota. La tabla muestra las deflexiones características del carril único.

El pavimento evaluado presenta una Deflexión Característica de 1456.30x10⁻² mm. la misma que supera a la Deflexión Admisible de 175.90x10⁻² mm; en señal de que el espesor de pavimento propuesto, el mejoramiento con grava D50_{≤22} mm. y el refuerzo tensionante (geomalla multiaxial) no han podido controlar los esfuerzos excesivos producidos por las cargas dinámicas que circulan por la superficie y la fuerza de supresión generada por la napa freática.

3. Salidas de modelo

Tabla 35*Salidas de modelo.*

Lado carril	D0 E ⁻² mm	L0 cm	E0 Kg/cm ²	HC cm	HE cm	E* Kg/cm ²	CBR %	MR kpsi
Único	827.10	31.00	61.11	30.00			0.61	

Nota. La tabla muestra los resultados del modelo del carril único.

✓ Se verifica que la máxima deflexión (D0) = 827.10*10⁻² mm. alcanza valores muy elevados, en comparación con la deflexión admisible (Da)= 175.90x10⁻² mm, lo cual sugiere deformaciones importantes, siendo necesario aún proponer un mejor diseño para el mejoramiento de la subrasante.

✓ L0 está próxima a 15 cm; lo que significa que un buen pavimento descansa sobre una subrasante débil.

✓ A fin de lograr una mejor visualización del significado de E0 y el pavimento en relación con las características cualitativas de la curva de deflexiones medida; se realiza la comparación entre el Gráfico 3, obtenidos de las mediciones, y las figuras presentadas por Mallque (2006); concluyendo que estos gráficos se

correspondería con la Curva Tipo II; es decir con D0 alto, L0 alto, cuya curva extensa señala de que el pavimento es de buena calidad; pero con una deflexión profunda en señal de que la subrasante es de mala calidad. Tal característica se puede observar en el bajo CBR obtenido, según se muestra en las tablas 34 y 35, lo que nos sugiere la reconstrucción del pavimento y mejorar el diseño para el mejoramiento del suelo de fundación.

Tabla 36

Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante Insuficiente	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	De CBR \geq 30%

Nota. Extraído del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

La relación que existe entre E0 y el CBR permite determinar el valor del mismo para la subrasante, en este caso se han obtenido valores comprendidos entre 0.14 y 1.55 %; es decir menores del 3%; que de acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento, esta se clasifica como Inadecuada.

✓ Para aplicar el modelo de Hogg podemos apreciar que se tuvo un HC=30 cm, sin embargo, para este espesor y su interacción con la subrasante se han obtenido deflexiones excesivas, que hacen que la curva sea extensa y profunda, (como se aprecia en el gráfico 03) a pesar de haberse considerado la geomalla multiaxial y un espesor de 15 cm. de mejoramiento con grava para la subrasante;

✓ Por el análisis realizado al modelado construido y al no haber logrado un buen diseño de pavimento; ya no se hace necesario continuar con el procesamiento del Modelo de Hogg.

4.5.2 Sub rasante estabilizada por el Método Tradicional

A. Situación actual de acuerdo al Manual de Suelos, Geología y Geotecnia.

En los distritos de Chiclayo, José Leonardo Ortiz y La Victoria es usual considerar un paquete estructural similar al expuesto en el gráfico 1; es decir que para la estabilización de la sub rasante se considera un espesor de 15

cm. de piedra angulosa de 6" de buena resistencia, sobre esta capa se coloca una capa de arena fina (SP) de 10 cm; luego mediante el vibrado con un rodillo liso autopropulsado las partículas van llenando los intersticios o vacíos entre piedras; finalmente, para un mejor acomodo de la arena, se riega abundante agua. Se desconoce la metodología o cálculo que se realizó previamente para determinar los valores de los espesores descritos para lograr un adecuado diseño de estabilización de sub rasante.

Con la finalidad de corroborar la validez de los espesores asumidos en el Método Tradicional; se procedió a realizar el cálculo del espesor de reemplazo (ver ítem B.6) para la estabilización de la sub rasante; resultando que para lograr estabilizar una sub rasante que presenta un CBR comprendido entre 3 a 6% se requiere colocar espesores con valores comprendidos entre 35 a 40 cm. de piedra angulosa de 6".

De los anteriores párrafos se concluye que; el Método Tradicional para determinar el espesor de reemplazo para estabilizar la sub rasante no responde a un proceso analítico y de cálculo; es en ese sentido, por análisis y los cálculos realizados para una sub rasante comprendida entre $3\% \leq \text{CBR} < 6$; se propone considerar el reemplazo de 35 a 40 cm. de suelo por un material compuesto por piedra angulosa de 6" de excelente resistencia. Previamente se requiere realizar investigaciones que permitan determinar el valor del coeficiente estructural "ai" del material de reemplazo, a fin de lograr la aplicación correcta del procedimiento indicado en el Manual de Suelos, Geología y Geotecnia.

De igual forma; el Manual de Suelos, Geología y Geotecnia no facilita algún procedimiento, para pavimentos flexibles, que permita determinar el CBR o Módulo Resiliente equivalente o compuesto de la sub rasante mejorada, únicamente describe el procedimiento para el cálculo del espesor de reemplazo para el mejoramiento de esta. Es importante conocer el valor del Mr o CBR equivalente para luego tener el dato de ingreso para lograr determinar el SN del paquete estructural de las capas superiores.

Del gráfico 1; así como del Informe del Laboratorio de Suelos y Pavimentos se verifica que el nivel de la napa freática se encuentra a -0.80 m. del terreno natural. Por otro lado; el Manual de Suelos, Geología y Geotecnia, en el capítulo IX, Estabilización de Suelos; establece al nivel freático como uno de los criterios a tomar en cuenta para la estabilización de suelos, precisando

que la superficie de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 1.20 m. cuando se trate de una sub rasante pobre o insuficiente. Por consiguiente, en el Método Tradicional para el diseño de sub rasante estabilizada no contempla tratamiento alguno para la depresión del nivel freático.

B. Comparación de la deflexión característica (Dc) con deflexión admisible (Da)

Tabla 37

Deflexión Característica/Deflexión Admisible.

Lado	Dc	Da
Derecho	94.60x10 ⁻² mm.	175.90x10 ⁻² mm.
Izquierdo	92.90x10 ⁻² mm.	175.90x10 ⁻² mm.

Para ambos carriles se aprecia que la Deflexión Admisible= 175.90x10⁻² mm, a la fecha del ensayo, aún no supera a la Deflexión Característica=94.60x10⁻² mm; por lo tanto, se garantiza que el comportamiento del pavimento aún es satisfactorio.

C. Salidas de modelo

Tabla 38

Salidas de modelo.

Lado carril	D0 E ⁻² mm	L0 cm.	E0 Kg/cm ²	HC cm.	HE cm.	E* Kg/cm ²	CBR %	MR kpsi
Derecho	83.50	64.94	184.62	45.00	71.48	1,007.57	1.85	3.76
Izquierdo	83.80	97.67	134.02	45.00	80.67	1,007.57	1.34	3.04

✓ Evaluando ambos carriles, según las tablas 34 y 35; se aprecia que a medida que Longitud Característica (L0) es mayor; entonces el Módulo de Elasticidad de la masa del sub suelo es menor; claramente se afirma que E0 es inversamente proporcional a D0 y a L0; es decir E0 es menor cuanto mayor es la deflexión.

✓ A fin de lograr una mejor visualización del significado de E0 y el pavimento en relación con las características cualitativas de la curva de deflexiones

medida; se realiza la comparación de entre los Gráficos 4 y 5 obtenidos de las mediciones y las figuras presentadas por Mario S. Hoffman; observando que estos gráficos se correspondería con la Curva Tipo II; es decir con D0 alto, L0 alto, curva extensa señala de que el pavimento es de buena calidad; pero con una deflexión profunda en señal de que la subrasante es de mala calidad. Tal característica se comprueba por el bajo CBR obtenido (0.73 a 2.49 %), según se puede apreciar en las tablas 33 y 34.

La relación que existe entre E0 y el CBR permite determinar el valor del mismo para la subrasante, en este caso se han obtenido valores menores del 3%; que de acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento, esta se clasifica como Inadecuada.

✓ Verificación de E* y HC

Siendo:

E*: Módulo de elasticidad compuesto de todas las capas del pavimento.

HC: Espesor de pavimento de todas las capas.

Hoffman (1977) plantea que un pavimento adecuadamente diseñado debe guardar una relación con fines prácticos de:

$$EP = 3 E0$$

Donde:

EP: Módulo de elasticidad de pavimento nuevo.

E0: Módulo de elasticidad de la subrasante.

Por concepto de rigidez flexionante se debe guardar la siguiente relación entre la rigidez flexionante evaluado y la del pavimento nuevo:

$$Heq / HC = (1/3 E* / E0)^{1/3}$$

Para la presente investigación se tiene lo siguiente:

Lado derecho

$E* / E0 = 1007.57 / 184.83 = 5.46$; entonces se tiene una relación de:

$$Heq / HC = 1.22$$

Es decir que el espesor estructuralmente utilizable es igual al 122% de HC; por tanto; se tiene un buen módulo de elasticidad compuesto. No siendo necesario

realizar refuerzo alguno, por el contrario, el espesor equivalente está sobredimensionado en un 22%.

Lado izquierdo

$E^* / E0 = 1007.57 / 134.02 = 7.52$; entonces se tiene una relación de:

$$Heq / HC = 1.36$$

Es decir que el espesor estructuralmente utilizable es igual al 136% de HC; por tanto; se tiene un buen módulo de elasticidad compuesto. No siendo necesario realizar refuerzo alguno, antes, por el contrario, el espesor equivalente está sobredimensionado en un 36%.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El modelo de pavimento con geosintético construido y evaluado presenta una deflexión característica de 1456.30×10^{-2} mm. Mientras que el pavimento tradicional va de 92.90×10^{-2} mm a 94.60×10^{-2} mm. Siendo la deflexión admisible 175.90×10^{-2} mm; se tiene que el pavimento con geosintético supera ampliamente la deflexión admisible mientras que en el pavimento tradicional la Deflexión característica no supera a la Deflexión admisible, por lo tanto, se garantiza que, habiendo transcurrido más de dos años de su puesta en servicio, el comportamiento del pavimento tradicional aún es satisfactorio.
2. En el área de construcción del tramo de prueba a nivel de subrasante se encontraron suelos arcillo arenosos de color marrón claro, con humedad natural 27.8%, ostentan baja plasticidad con valores de LL 25.2 de IP de 7.9%, según SUCS clasifican como CL y según AASHTO como un A-4(6), con OCH de 15.48% y MDS 1.87 gr/cm^3 y CBR de 5.2 lo que los califica como subrasante pobre, En cuanto a sus características química presentan valores de Sales 0.06%; 0.0124% y sulfatos 0.0081. El material de cantera utilizado fue conformado por mezcla de grava y arena sin plasticidad, según SUCS se clasifican en GP y según AASHTO en A-1-a (0), con OCH de 15.48% y MDS 2.202 gr/cm^3 y CBR de 91.3, su abrasión es de 20% y equivalente de arena de 39% todos estos valores permiten clasificarlos como excelente material para base de pavimentos.
3. Para el pavimento con geosintético se determinó un paquete estructural conformado sobre la subrasante, por una geomala multiaxial, sobre esta una capa de 0.15m de material granular con $D_{50} \leq 22 \text{ mm}$, seguidamente una capa de sub base de 0.15m, luego la base de 0.15m. Este paquete estructural presenta mayores deflexiones que el pavimento tradicional por lo que no mejora el control de deformaciones tensionales que genera la subrasante, esto está asociado a la no inclusión, en el modelo, de la variable de la fuerza de

presión de poros que ejerce el agua subterránea existente en el área del ensayo.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Chiclayo tomar en consideración los resultados de la presente investigación y considere en futuros proyectos la ejecución de estudios complementarios que incluyan otras variables como la presión de poros que permitan diseños que garanticen que los pavimentos mantengan sus deflexiones por debajo de los valores admisibles y con ello se garantice la servicialidad del pavimento a lo largo del periodo de diseño.
2. Se recomienda a los proyectistas de obras viales realizar los estudios de suelos y canteras conforme a la norma CE-010 “Pavimentos Urbanos” con los correspondientes ensayos de mecánica de suelos y químicos en laboratorios confiables, a fin de caracterizar adecuadamente los materiales de subrasante y determinar la profundidad del nivel freático y otros factores que pudiesen afectar el comportamiento del pavimento, tal es el caso de la presión de poros. En el caso de los materiales de cantera se debe verificar que cumplan con las especificaciones técnicas de la norma mencionada conforme al usos que se les valla a dar, así mismo se debe verificar que la calidad del material puesto en obra sea la misma que la del material muestreado en cantera.
3. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Chiclayo y al Gobierno Regional de Lambayeque que para la construcción de pavimentos en zonas con $CBR < 6$ y con presencia de nivel freático elevado; considerar un espesor de mejoramiento de suelo con material granular, de forma tal que permita mantener constante la presión hidrostática generada por el agua subterránea

ante la recepción de las cargas dinámicas producida por los vehículos, por encima del suelo mejorado y considerar la instalación de un geotextil tejido para lograr una mayor resistencia y capacidad de carga, sobre esta última instalar una geomalla multiaxial que permita compartir en una mayor área las tensiones transmitidas hasta ese nivel por las cargas dinámicas; sobre esta se sugiere considerar un espesor mínimo de grava $D_{50} \leq 22$ mm para permitir la trabazón de la sub base con la subrasante mejorada, sobre esta capa considerar un material de sub base no plástico y de igual forma para la capa base.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Quispe, M., & Ore Flores, D. (2015). Determinación y evaluación por zonas de los suelos para la construcción en el sector Paturpampa, Ciudad de Huancavelica, Provincia y Región Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/276>

Antonio, L.-R., & William. (2018). Suelos: Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio. Universidad Piloto de Colombia.

- Balarezo-Zapata, J. (2017). Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento.
- Bernal Figueroa, L. F., & Espejo De La Torre, G. E. (2020). Propuesta de instrumento de gestión de pavimentos mediante la caracterización de la subrasante y canteras a partir de expedientes técnicos. Repositorio institucional - URP. Recuperado de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3852>
- Castrejón, A. C., & Arnaud, I. A. P. (2006). Diseño de un pavimento rígido por el método PCA (Cement Portland Association).
- Cruz Vargas, E. (2013). Influencia de geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías terrestres. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/6239>
- Pasco, C. (2019). Relación entre el tipo de suelo (SUCS y AASHTO) y el asentamiento de suelos para determinar asentamientos diferenciales en cimientos de concreto armado.
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. E. (2002). Mecánica de los suelos. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3375>
- García Zepeda, J. (2006). Pruebas de mecánica de suelos, empleadas para la construcción de un pavimento. Recuperado de http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/6881
- Gavidia Edquen, E. A., & Rafael Bustamante, W. (2015). Estudio definitivo de la pavimentación de la Av. Paseo San Mateo (Vía Evitamiento) de la ciudad de Chota, provincia de Chota—Región Cajamarca. Repositorio Institucional UNPRG. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/330>

- Giroud, J. P., & Han, J. (2004). Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. I. Development of Design Method. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130(8), 775-786. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2004\)130:8\(775\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2004)130:8(775))
- Gutiérrez Lázares, J. W. (2007). Modelación geotécnica de pavimentos flexibles con fines de análisis y diseño en el Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/809>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta ed.). México: McGraw-Hill.
- Huamantorcco Merino, R., & Morán Moreno, M. (2019). Desarrollo y aplicación de un penetrómetro dinámico ligero de punta cónica con y sin medición electrónica en la identificación de suelos, Cusco-2018. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Recuperado de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4193>
- Leiva-Padilla, P., & Loría-Salazar, L. G. (2014). Trabajo mecánico de los geosintéticos como refuerzo de pavimentos. Repositorio Institucional del LANAMME UCR. Recuperado de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/552>
- Mallque Heredia, P. E. (2006). Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de deflexiones con el modelo de Hogg-Aplicación. Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3261902>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Determinación de los factores de contracción de los suelos. (MTC E-112). Lima, Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E-108). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Carreteras: Sección de Suelos y Pavimentos. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento flexible empleando la viga Benkelman MTC E 1002.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Método de ensayo estándar para determinar el valor del índice de soporte California (CBR) de un suelo de subrasante y/o base estabilizada para carreteras (MTC E-132).
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Proctor modificado (MTC E-115). Lima, Perú.
- Orrego Cabanillas, D. A. (2014). Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>
- Pomalaza Bacilio, F. J. (2016). Determinación de los factores de volumen a través del sistema unificado de clasificación de suelos y American Association of State Highway Officials para generar una tabla de conversión volumétrica en movimiento de tierras, Huancayo [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/430>

- Rentería, A. F. (2010). La norma ASTM D 6276 como instrumento de estabilización de suelos para fines patrimoniales. *Revista de Patrimonio Cultural de Venezuela*, 3, 25-35.
- Rosas, D. A., Burgos, D., Branch Bedoya, J. W., & Corbi, A. (2022). Automatic determination of the Atterberg limits with machine learning. *DYNA*, 89(224), 34-42. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n224.102619>
- Rubio, B. E., Brayan, J., Aguilar, B. H., & Alonso, D. (2017). Evaluación de las deflexiones de la vía de evitamiento Panamericana Norte km 578 al km 583, utilizando la viga de Benkelman. *Revista del Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Departamental de La Libertad*, 10(1), 13-24.
- Santos, L. N. A., Zúniga, J. C. R., & López, R. M. (2017). Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras. *Revista Internacional de Ingeniería de Carreteras*, 9(1), 89-101.
- Tanasă, F., Nechifor, M., Ignat, M.-E., & Teacă, C.-A. (2022). Geotextiles—A Versatile Tool for Environmental Sensitive Applications in Geotechnical Engineering. *Textiles*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/textiles2020011>
- Villalobos, F. (2016). *Mecánica de Suelos: Segunda Edición*. Ediciones UCSC

ANEXOS.

- 1. Ensayos de mecánica de suelos de la subrasante**
- 2. Ensayos de mecánica del material de base**
- 3. Deflectometría**

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Viceroy Alvarado 11, P.O. Box 2, Ciudad Constituyente y Distrito Antioqueño - Investigación (Ingeniería)
 Servicios de Laboratorios de Suelos - SEMP S.A.C.
 Telf: 0052 912 994331 ext. 400 018 102
 E-mail: semp@semp.com.gt

CLARIFICACIONES

*Comparación de Densidad y Porosidad Densidad con Sph. Bromide (concentrado) Método los Méxidos, Trabajados y Compactados.

N° Muestra	Muestra	Molalidad (g/L)	Incidencia (g)	Saturación		Porosidad (%)	Porosidad (%)	Porosidad (%)	Humedad		Método de Saturación (g)	Porosidad (%)	Porosidad (%)	Porosidad (%)
				Porosidad (%)	Porosidad (%)				Porosidad (%)	Porosidad (%)				
04	M42	0.00781	278	36.1	42.9	49.2	4.198	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
Muestra de referencias para el Método de los Méxidos, etc.														
									12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2

LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 César A. Díaz Sud yodetti
 TÉCNICO LABORATORISTA

LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Sr. César A. Díaz Sud yodetti
 TÉCNICO LABORATORISTA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP
S.A.C.

Av. Viceroy Pizarro 21, Paredón Central (Al Costado de la Quinta Andino - Polígono 1000)



SERVICIOS DE LABORATORIOS CHINO - EMP ASPHALT
Tel: 0051 911 251 154 | 911 426 096 | 911 251 154
Email: servicios_lab@empasphalt.com

PERFIL ESTADISTICO

"Comparación de Resultados en Perfil Estadístico Visualizado con Sub-Ruido/Uniformidad Mediana de Muestreo (Comparatory Graphical)"



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Blaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Ingeniero Oscar Fernández
ING. CIVIL
REG. Nº 10078

Resultados de ensayos de laboratorio (Anexo 2)

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Sancristóbal Jirón, Fernández
15010
HEP. SAC 150278

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

EMP

Av. Vicente Roca Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@normal.com

INFORME DE ENSAYO

CLIENTE : Ing. Domingo Ventura Guevara

PROYECTO : "Configuración de Flexiones en Pavimentos Flexibles con Sub Base Estabilizada Mediante los Métodos Tradicionales y Geométricos".

UBICACIÓN : Calle Milim Carhuja y Cesar Vallejo - Chiclayo

TIPO DE PRODUCTO : Suelos

FECHA DE RECEPCIÓN : 23/05/2021

FECHA DE EMISIÓN : 30/05/2021

ING. ESPECIALISTA : Secundino Hurga Fernández

TECNICO LABORATORIO : Cesar Adán Díaz Sauvedra

NOTA :

El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra enviada.

Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe imparcial y confidencial, lo cual está destinado única y exclusivamente al cliente.


EMP
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Cesar A. Díaz Sauvedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Hurga Fernández
ING. CIVIL
Nº 10878



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP
SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Xanabá 8400001, P.O. Box 01 Correo (Al Correo) de la Donda Ancash - Provingente - Arequipa

Servicios de Laboratorio Suelos - SEMP Arequipa

948852 822 - 904 124 410 - 999 928 450

E-mail: semp@semp.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO: ELABORACION MANUAL (REGISTRO DE EXCAVACION)

REFERENCIA NORMATIVA: STD 156 (19)

COBRO INTERNO: 180

CATEGORIA: CALICADA FINE

IDENTIFICACION DE SUELO: 1000

COORDENADAS UTM: 18QUN 05104

FECHA DE REALIZADO: 27/07/2023

RESP. LAB.: S.F.F.

REC. LAB.: C.A.M.

DATOS DE CAMPO					
PUNTO	SECCION	Estratigrafía	Descripción del suelo	Clasificación	
			Características visuales: forma del material presente, color, contenido de humedad (valor de plasticidad), cohesión/adhesión, grado de compactación, consistencia (límite plástico, límite líquido y materia orgánica), presencia extrínseca de bloques (raíces, etc.)	SUELO	GRUPO
1000			Suelo de refino (presencia de bloques, raíces, etc.)	No se clasificó	
1000	M-01		Aréola homogénea de color marrón claro, presencia de plasticidad 7.5%, con humedad natural 27.5% y no de cohesión y poca compacta.	CL	A-4(4)

Foto: 00000000



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Salavedra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Bernabé Barral Fernández
INGENIERO DE SUELOS



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Fajó Lote 1, Fundo El Cerro (Al Costado de la Quirra Arellano - Prolongación Biolognesi)

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_la@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO*

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 338.126 **FECHA DE ENSAYO** : 24/05/2023

METODO DE MUESTREO : Cafetero **REF. LAB.** : S-BF

CODIGO INTERNO : S-C **TEC. LAB.** : C.A.D.S.

CALCULA : C-01

MUESTRA : M-01

PROF. (m) : 0.00-1.80

COORDENADAS : E: 06877363 N: 9251896

DATOS DEL ENSAYO

Muestra		Muestra integral				
N° de Taza	1	2				
Peso de la Taza	2					
Taza + Suelo Húmedo	2	1200				
Taza + Suelo Seco	2	950				
Peso del Agua	2	248				
Peso del Suelo seco	1	939				
Porcentaje de Humedad	2	27.8				

*

Observaciones:


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Díaz Saavedra
César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Sociedad Anónima
Sociedad Anónima
 REG. SUPLENTE



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP
SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicerreyes Lote 2, Fundo El Carrizo (Al Corral de la Quinta Arullero - Prolongación Biológico)

☎ Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto

📞 948 852 822 - 954 131 470 - 998 028 250

✉ E-mail: servicios_lab@fotmail.com

INFORME DE ENSAYO

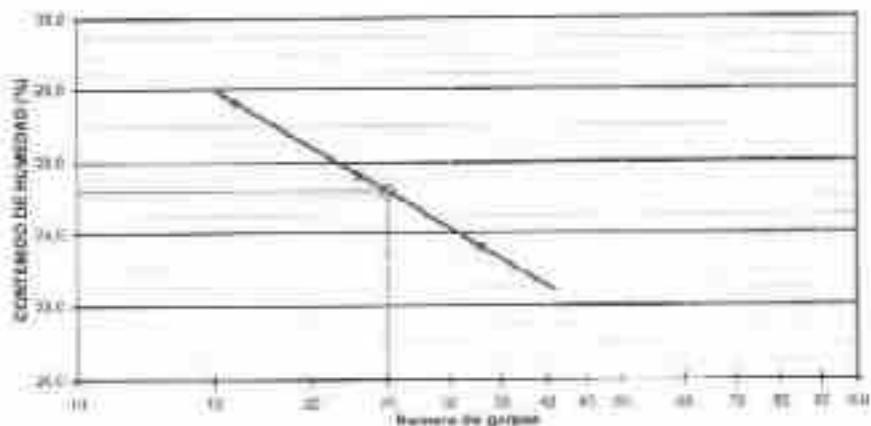
METODO DE ENSAYO: DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD *

REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.129 **FECHA DE ENSAYO:** 24/07/2021
METODO DE MUESTREO: A5.16.00 **RESP. LAB.:** SPT
CODIGO INTERNO: 75C **TIC. LAB.:** C.A.D.S.
CALICATA: (C-0)
MUESTRA: (M-0)
PROF. cm: 10.00-1.00
COORDENADAS: 10 262755 M 95 0336

DATOS DE ENSAYO

Limite Líquido	1	4	5		
Nº de tomos					
Tomo + Saco húmedo	39.24	41.30	38.22		
Tomo + Saco seco	37.37	37.30	34.52		
Agua	4.31	4.00	5.41		
Peso de agua	20.14	20.11	20.14		
Peso del suelo seco	15.16	17.19	14.38		
% de humedad	27.86	23.40	23.94		
Nº de golpes	16	25	27		
Limite plástico					
Nº de tomos	7	20			
Tomo + Saco húmedo	16.11	16.87			
Tomo + Saco seco	15.10	13.37			
Agua	1.28	1.50			
Peso de agua	7.67	1.87			
Peso del suelo seco	7.43	1.50			
% de humedad	17.23	17.33			
LL:	25.2 %	LP:	17.3 %	IP:	7.9 %

% DE HUMEDAD @ 3500 PES



Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Sauvedra
TÉCNICO LABORATORIO E.T.C.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Mostrado por: [Firma]
CIVIL
197174



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Blazco Lote 3, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chictayo - EMP Asfaltos

948 852 822 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmar.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

REFERENCIA NORMATIVA : (NTP 329.152)
METODO DE MUESTREO : Calicam
CODIGO INTERNO : SIC
CALICATA : C-01
MUESTRA : M-01
PROF. (m) : 0.00 1.85
COORDENADAS : E: 0627363 N: 9251996

FECHA DE ENSAYO : 24/05/2021

RSP. LAB. : S.B.T.

TEC. LAB. : C.A.D.S.

DATOS DEL ENSAYO

Muestra	Identificación				Promedio
	1	2			
Peso Tarro (HAcet 100 ml) Puros	105.84	109.65			
Peso Tarro + agua + sal	150.80	149.62			
Peso Tarro Seco + sal	105.87	109.67			
Peso de Sal	0.02	0.00			
Peso de Agua	44.96	40.00			
Porcentaje de Sal	0.06	0.07			0.06

Observaciones:



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Sergio Fernández
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Riso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO

CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

REFERENCIA NORMATIVA

:(NTP 339.177, NTP 339.178)

FECHA DE ENSAYO : 24/05/2021

METODO DE MUESTREO

: Calicata

RESP. LAB. : S.B.F.

CODIGO INTERNO

: S.C

TEC. LAB. : C.A.D.S.

CALICATA

: C-01

MUESTRA

: M-01

PROF. (m)

: 0.00-1.35

COORDENADAS

: E 0827361 N 9251290

DATOS DEL ENSAYO

Descripción	Patte por milón (ppm)	Resultado (%)	Conclusión
Contenido de cloruro (Cl ⁻)	124	0.024	Leve
Contenido de sulfato (SO ₄ ²⁻)	80	0.080	Leve

Observaciones:



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Díaz Sauvedra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Senzunor Reyes Paredes
ING. CIVIL
RESP. LAB.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP
SUELOS Y PAVIMENTOS

Avenida Víctor Rivas Lote 2, Fundo El Centro (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

☎ Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

☎ 048 852 622 - 048 131 476 - 098 028 250

✉ e-mail: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

REFERENCIA NUMERATIVA : 347/526/141

FECHA DE ENSAYO : 24/07/07

METODO DE MUESTREO : Calicata

RESP. LAB : S.B.J.

CODIGO INTERNO : 104

TEC. LAB : C.A.D.S.

CALICATA : C.M.

MUESTRA : 1041

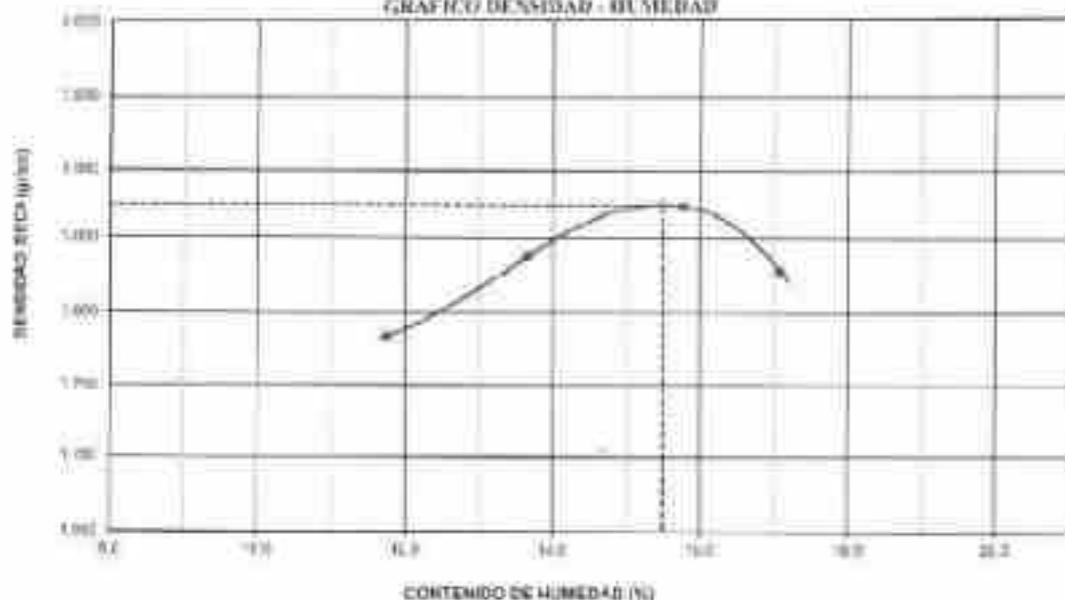
PROF. (cm) : 0.00 - 1.32

COORDENADAS : E: 0623625 N: 9231196

DATOS DE ENSAYO

Condiciones compactación						
Volúmenes del molde compactado	1	2	3	4	"C"	
Número de estratos	1	2	1	4		
Peso molde + molde	1022	1024	1002	1078		
Peso molde + muestra compactada	438	441	439	471		
Peso compactado húmedo	1492	1496	1447	1549		
Condiciones humedad						
Número de recipientes	1	2	3	4		
Peso molde + muestra + vaso	1629	1618	1616	1618	471.6	
Peso molde + vaso - seco	1403	1403	1403	1403	427.0	
Peso de la muestra	1200	1215	1213	1215	108.0	
Peso del agua	22.9	41.0	15.3	44.6		
Peso del agua seco	140.3	200.0	211.3	201.0		
Contenido de agua	13.36	33.82	12.77	37.09		
Peso sólido (sin agua)	1279	1318	1302	1314		
Densidad máxima seca	1.872	g/cm ³	Densidad máxima		15.48	%

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Díaz Saavedra
TÉCNICO REGISTRADO EN T.C.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Ingeniero César A. Díaz Saavedra
T.C. 1041



6.2 RESULTADOS DE MATERIAL DE SUB BASE GRANULAR



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Luciano Merino Verazaña
ING. CIVIL
REG. CIP 188278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP
S.A.C.

Ax. Vicente Riso Loba 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

General.servicios_lab@icelmail.com

INFORME DE ENSAYO

CLIENTE : Ing. Domingo Ventura Questra

PROYECTO : "Companción de Ficciones en Pavimentos Flexibles con Sub-Resanto Estabilizado Mediante los Métodos Tradicionales y Geosintéticos".

UBICACIÓN : Culla Milto Corbajo y Cesar Vallejo - Chiclayo

TIPO DE PRODUCTO : Agregadas

FECHA DE RECEPCIÓN : 16/05/2021

FECHA DE EMISION : 23/05/2021

ING. ESPECIALISTA : Secundino Burga Fernandez

TECNICO LABORATORIO : Cesar Añón Diaz Sarvedra

NOTA :

El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra enviada.

Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe imparcial y confidencial, es cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Cesar A. Diaz Sarvedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernandez
ING. CIVIL
REG. C.O. 110278

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Rasso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@notrial.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO *

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 229.128 FECHA DE ENSAYO : 15-05-2021

METODO DE MUESTREO : Apagados RESP. LAB. : S.B.T.

CODIGO INTERNO : SC TEC. LAB. : C.A.D.S

CANTERA : Tipo Tramo

MATERIAL : Base Gravel

MUESTRA : M-01

COORDENADAS : E 645044 N 026390

DATOS DEL ENSAYO

Muestra		Muestra Integral				
Nº de Taza	1	16				
Peso de la Taza	1					
Taza + Suelo Húmedo	1	1200				
Taza + Suelo Seco	1	1149				
Peso del Agua	1	55				
Peso del Suelo Seco	1	1148				
Porcentaje de Humedad	1	4.8				

Observaciones :




 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 CHICLAYO - PERU
 César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORIO S.A.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 CHICLAYO - PERU
 Sebastián Díaz Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CON. 10000

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Moente Rivero Lote 2, Fundo El Centro (Al Costado de la Quinta Melano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chuslay - EMP Asfalto

948 852 822 - 954 131 476 - 958 838 250

Email: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO

DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD*

REFERENCIA NORMATIVA

1) NTP 119.129

FECHA DE ENSAYO : 17/06/2021

METODO DE MUESTREO

1) Agregado

RESP. LAB. : S.R.F.

CUBIJO INTERNO

1) 9C

TEC. LAB. : C.A.D.S.

CANTERA

1) Hcs. Formo

MATERIAL

1) Base Granular

MUESTRA

1) M-4E

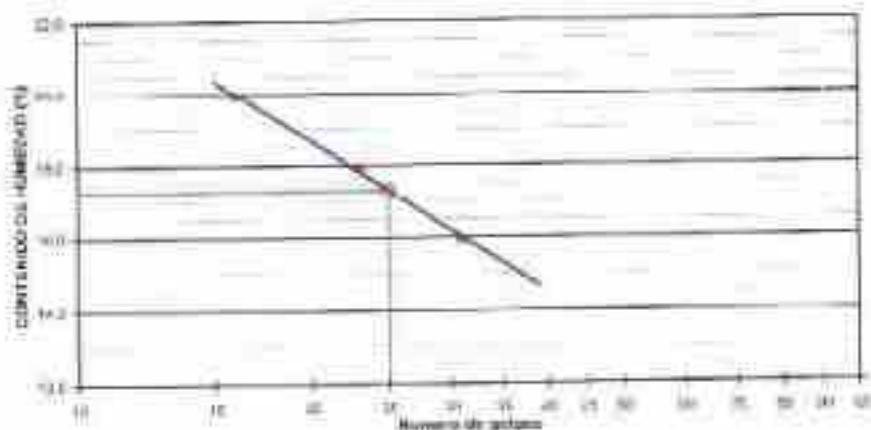
COORDENADAS

1) H-48011 N° 0267004

DATOS DE ENSAYO

Datos de ensayo						
Límite Líquido						
N° de ensayo	10	62	88			
Tarso = Suelo húmedo	40.09	37.63	34.07			
Tarso = Suelo seco	36.86	34.06	32.47			
Agua	3.21	2.83	2.18			
Peso de tarso	55.51	28.13	11.89			
Peso del constructo	16.11	14.97	13.87			
% de humedad	19.93	19.56	18.61			
N° de golpes	10	20	30			
Límite plástico						
N° de ensayo						
Tarso = Suelo húmedo						
Tarso = Suelo seco						
Agua						
Peso de tarso						
Peso del constructo						
% de humedad						
LL =	17.3	% LP =	SP	%	IP =	NP = %

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



* Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 César A. Cruz Salavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ingeniero Oswaldo Fernández
 ING. CIVIL
 R.C. 06 10896



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Riva lolo 1, Fundo El Cerrito (A. Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

📍 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

📞 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

✉️ E-mail: servicios_laboratorios@emp.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO: (ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES))

REFERENCIA NORMATIVA: (STP 400.010) **FECHA DE ENSAYO:** (17/09/2021)

METODO DE MUESTREO: (Agregado) **HESP. LAB.:** (S.I.F.)

COBIGO INTERVO: (S.C.) **TEC. LAB.:** (C.A.D.S.)

CANTERA: (Tipo Tinto)

MATERIAL: (Base Granda)

MUESTRA: (M.O.)

COORDENADAS: (E. 645044 N. 926739)

DATOS DEL ENSAYO

Tamiz		A	B	C	D
Pass	Retiene				
75	11.2%				
150	1%	120			
300	3.4%	130			
475	1.2%	170			
750	0.0%	120			
1060	1.4%				
1500	0.0%				
Peso total		2400			
Peso retenido tamiz N° 75		268			
Pérdida después del ensayo		1002			
N° de ediciones		12			
Peso de las ediciones		4044			
Tiempo de rotación (m)		25			
Porcentaje de desgaste (%)		20.0			

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Cesar A. Diaz Salvadora
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Ecuandino Bernal Fernandez
 ING. CIVIL
 REG. COP 100226



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 652 622 - 954 131 476 - 998 938 750

E-mail: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : EQUIVALENTE DE ARENA

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 209.146, MTC E 114

FECHA DE ENSAYO : 17/05/2021

METODO DE MUESTREO : Ampollas

RESP. LAB. : S.M.T.

CODIGO INTERNO : S.C.

TEC. LAB. : C.A.D.S.

CANTERA : Tipo Tomen

MATERIAL : Base Granulada

MUESTRA : M-01

COORDENADAS : E:649044 N:9267399

DATOS DEL ENSAYO

	01	02	03
Horas de entrada	11:32	11:34	11:36
Horas de salida	11:42	11:44	11:46
Horas de entrada	11:44	11:46	11:48
Horas de salida	12:04	12:06	12:08
Altura de nivel Mineral (A)	8.0	8.1	8.1
Altura de nivel Arena (H)	3.1	3.1	3.1
Equivalente de arena (B x 100%)	38.0%	38.2%	38.0%
Préstamo		39%	

Observaciones :

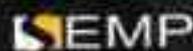


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Responsables: **Rogelio Pizarro**
 RESPONSABLE



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicenta Ruiz Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognes)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 475 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@emp.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

REFERENCIA NORMATIVA

1 (NTP 339.152)

FECHA DE ENSAYO : 17/05/2021

METODO DE MUESTREO

2 Agregado

RESP. LAB. : S.R.F.

CODIGO INTERNO

2 SC

TEC. LAB. : C.A.D.S.

CANTERA

3 Trocitos

MATERIAL

3 Base Granular

MUESTRA

3 M-01

COORDENADAS

3 E:641034 N:9267591

DATOS DEL ENSAYO

	Identificación				Promedio
	1	2	3	4	
Muestra					
Peso Tarro (W _{tarro} 100 ml.) Pycno	67.84	69.92			
Peso Tarro + agua + oil	113.40	124.92			
Peso Tarro + Sal + oil	49.86	51.95			
Peso de Sal	9.02	9.02			
Peso de Agua	45.28	50.90			
Porcentaje de Sal	0.04	0.08			0.01

Observaciones:


 SERVICIOS DE LABORATORIOS
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Edwin H. H. H. H.
 ING. CIVIL
 REG. C. 17324



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP
SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - FMP Asfaltos

948 852 022 - 954 131 475 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO

CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

REFERENCIA NORMATIVA

(NTP 339.177, NTP 220.175)

FECHA DE ENSAYO: 17/05/2023

METODO DE MUESTREO

: Agregados

RESP. LAB.: S.B.T.

CODIGO INTERNO

: S.C.

TEC. LAB.: C.A.D.S.

CANTERA

: Tipo Timon

MATERIAL

: Base Gravel

MUESTRA

: M-11

COORDENADAS

: E: 645044 S: 9267399

DATOS DEL ENSAYO

Descripción	Puntos por millón (ppm)	Resultados (%)	Condiciones
Contenido de cloruro (Cl)	116	0.0116	Baja
Contenido de sulfatos (SO4-2)	72	0.0072	Baja

Observaciones:

 **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

César A. Díaz Suavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Roque Díaz Fernández
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 10278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicerre Rulo lote 1, Fundo El Centro (A) Costado de la Quinta Arellano - Proleguam Biogenex)

Servicios de Laboratorios Chiloys - EMP Asfaltos

944 852 622 - 944 131 476 - 944 028 250

Email: servicios_lab@totalmail.com

INFORME L55533

METODO DE ENSAYO : (ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 318.14

FECHA DE ENSAYO : 17/05/2014

METODO DE MUESTREO : Agrupado

RESP. LAB. : S.O.I.

CODIGO INTERNO : 507

TEC. LAB. : C.A.D.S.

CANTERA : San Tomas

MATERIAL : Base Gravel

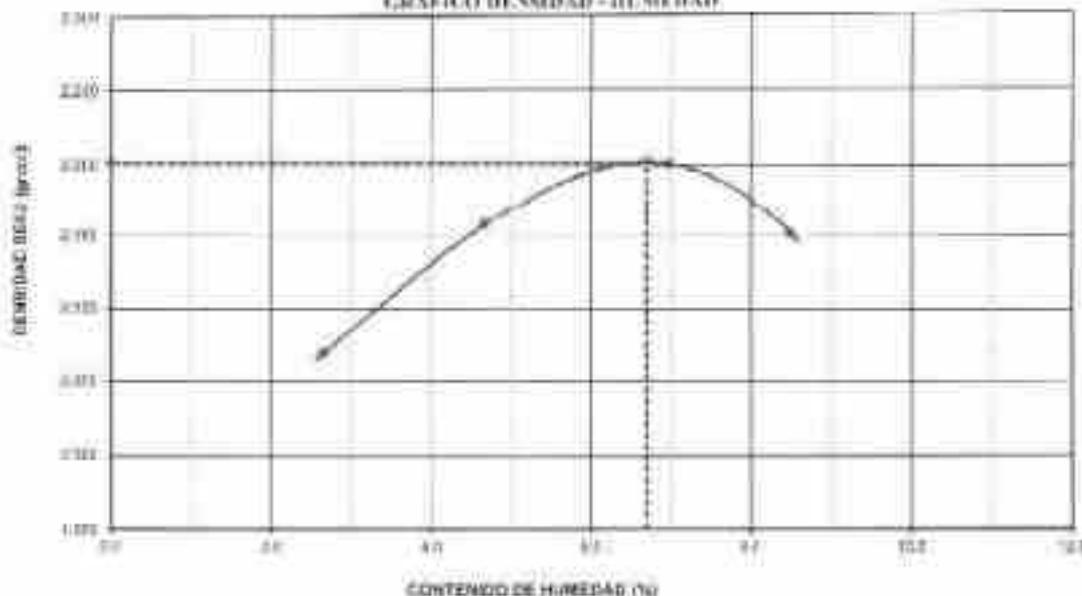
MUESTRA : 117-01

COORDENADAS : UTM 420044 E 9267599

DATOS DE ENSAYO

Cantidad adicionada	Tara	PESO DEL MOLDE (gr)				METODO	WC*
		1	2	3	4		
Volúmen del molde (mL)							
Número de ensayos		1	2	3	4		
Peso molde + 40%W		1060	1124	1156	1124		
Peso molde + humedad agregada		425	470	460	460		
Peso humedad agregada		134	136	134	136		
Control de humedad							
Peso de recipiente		1	2	3	4		
Peso suelo + recipiente + 40%		453	443	460	454		
Peso suelo + recipiente + 40%		452	454	443	450		
Peso H ₂ O (gr)		126	144	170	125		
Peso (gr)		11	11	12	11		
Peso de suelo seco		326	324	273	329		
Contenido de agua		38%	44%	62%	38%		
Peso referencia (gr)		260	246	220	232		
Densidad máxima seca	2,30	gr/cm ³		Humedad óptima		6,60	%

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



Observación:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Seminario Daniel Fernández



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Rocaforte 2, Punta El Carrizo (Al Costado de la Quinta Andina - Promoción Antigüez)

Servicios de Laboratorios de Suelos - SEMP Andina

Tel: 348 852 833 - 354 123 476 - 696 928 250

E-mail: servicios_lab@semp.com

INDICE DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO: (CALÍFORNIA HUARTIG BAIRD U. 08)

REFERENCIA NORMATIVA: (NTP 200.10)

METODO DE MUESTREO: (Agotada)

CODIGO INTERNO: (C/C)

CANTERA: (Ene. 2008)

MATERIAL: (Non. 00000)

WEEDRA: (M.0)

COORDENADAS: (1) - 170445 00000

FECHA DE ENSAYO: (07/07/2011)

PROY. CAR. (S.O.T.)

ELC. CAR. (C.A.D.R.)

BAZOS DE ENSAYO

Cantidad volumétrica						
N° de ensayo	1	2	3	4	5	6
N° de muestra	1	2	3	4	5	6
Código por tipo de	1	2	3	4	5	6
Fracción de la muestra						
Fracción de la muestra	240	212	200	204	187	182
Fracción de la muestra	70	74	70	71	74	74
Fracción de la muestra	405	398	470	400	407	400
Fracción de la muestra	214	219	204	200	210	210
Fracción de la muestra	238	231	227	231	230	230
Fracción de la muestra	431	410	416	400	409	410
Fracción de la muestra	232	230	230	230	230	230
Control de humedad						
N° de muestra						
Fracción de la muestra	404	404	404	404	404	404
Fracción de la muestra	114	112	112	112	112	112
Fracción de la muestra	230	234	230	230	230	230
Fracción de la muestra	100	100	100	100	100	100
Fracción de la muestra	100	100	100	100	100	100
Fracción de la muestra	100	100	100	100	100	100

Especificación																	
CANT	TAM	Espec.	Español				Español				Español						
			mm	mm	%	%	mm	mm	%	%	mm	mm	%	%			

NO EXPANSIVO

Fracción	CANT	Español				Español				Español			
		CANT		CANT		CANT		CANT		CANT		CANT	
		mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
75	40	1		40	1	75	1		75	1			
150	40	2		150	2	150	2		150	2			
300	40	5		300	5	300	5		300	5			
600	40	20		600	20	600	20		600	20			
750	40	30	42	750	30	750	30	73	750	30	73	73	73
1000	40	35	42	1000	35	1000	35	42	1000	35	42	42	42
2000	40	40	42	2000	40	2000	40	42	2000	40	42	42	42
4000	40	40	42	4000	40	4000	40	42	4000	40	42	42	42
6000	40	40	42	6000	40	6000	40	42	6000	40	42	42	42
8000	40	40	42	8000	40	8000	40	42	8000	40	42	42	42
10000	40	40	42	10000	40	10000	40	42	10000	40	42	42	42

Observaciones:

LABORATORIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Responsable: **María Fernanda**
 ING. CIVIL
 REG. Nº 10000



Av. Viceroy Rios (OTB 2, Fondo El Centro) (A Costado de la Quinta Arriero - Población Biopuerto)
 Servicios de Laboratorio Suelos y Pavimentos S.A.C.
 948 822 822 - 254 131 476 - 238 818 250
 Email: semper@semp.com.pe

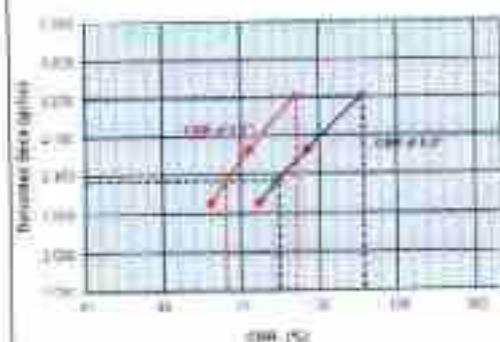
INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO: (1) ALBORVA DE ARTIFICIACION

REFERENCIA NORMATIVA: ECT 2011 (1)
 METODO DE MUESTREO: (1) Agotado
 CODIGO INTERNO: (1) S
 CÁMERA: (1) Foto Digital
 MATERIAL: (1) Tipo 100001
 MUESTRA: (1) S01
 COORDENADAS: (1) 6054 N 0567 E

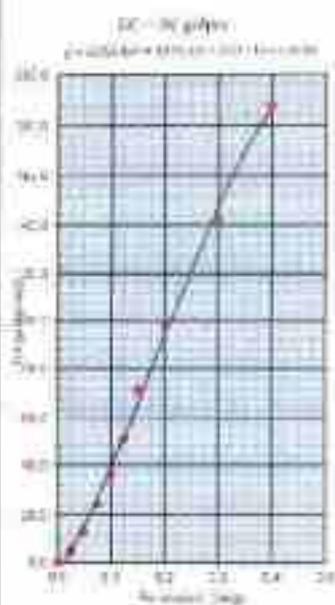
FECHA DE ENSAYO: (1) 02/11
 EMPLEADO: (1) S01
 TECNICO: (1) S01

GRÁFICO DE AJUSTES DE FOM



C.A.R. AL 100% DE S.D.S.	0.2% 0.2	0.2% 10.8
C.A.R. AL 95% DE S.D.S.	0.1% 0.3	0.2% 0.4

Datos del Frecno		
Cantidad Total	1.70	100
Granos Frecno	0.09	5



Observaciones:

SEMP SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Servidor: César Saavedra
 948 822 822



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP
LABORATORIOS

Av. Vicente Riso Lote 3, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Boicnesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 918 926 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

CLIENTE : Ing. Domingo Ventura Guevara

PROYECTO : "Comparación de Flexiones en Pavimentos Flexibles con Sub Base de Estabilizada Mediante los Métodos Tradicionales y Geosintéticos".

UBICACIÓN : Calle Milno Carbaja y Cesar Vallejo - Chiclayo

TIPO DE PRODUCTO : Agregados

FECHA DE RECEPCIÓN : 16/05/2021

FECHA DE EMISIÓN : 23/05/2021

ING. ESPECIALISTA : Secundino Burga Fernández

TECNICO LABORATORIO : Cesar Aldán Díaz Saavedra

NOTA:

El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra remitida.

Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.

Este informe imparcial y confidencial, lo cual está destinado única y exclusivamente al cliente.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Cesar A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORIO EN

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. SUP. 114276



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Víctor Raúl Huidobro 1, Barrio El Centro (Al Costado de la Quinta Avellano - Prolongación Bolívar)
 Servicio de Laboratorio Chillayo - TAP Aduarte
 T: 548 851 822 - 954 331 476 - 998 528 250
 E-Mail: servicios_lab@semp.com

TIPO DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
 REFERENCIA NORMATIVA : US 136/122
 METODO DE MUESTREO : Agrupación
 CÓDIGO INTERNO : 1.01
 CANTERA : Tiro Pisco
 MATRIZ : Substrato Concreto
 MUESTRA : M-1
 COORDENADAS : 14004 y 95000
 FECHA DE ENSAYO : 17/03/11
 RESP. LAB. SVP
 PRE. LAB. C.A.H.

DATOS DE ENSAYO

Tamaño	Area (mm²)	Peso Red.	% Ret. Pas.	% Ret. Aco.	% Ret. Fino	Gravim. %	Descripción de la muestra	
1.25"	11.35						Retenido	7.00 %
2"	78.50						Plus Retenido	45.0 %
2.5"	113.00						Gravim. Retenido	18.0 %
4"	308.00						Gravim. Retenido	1.0 %
7.5"	14.300	20000	80	1.0	10.0	100 - 100	Gravim. Retenido	1.0 %
10"	11.300	20000	80	1.0	10.0	78 - 88	Gravim. Retenido	1.0 %
15"	25.000	18000	72	1.0	11.0		Gravim. Retenido	1.0 %
18"	11.700	18000	72	1.0	11.0		Gravim. Retenido	1.0 %
20"	1.500	18000	72	1.0	11.0	40 - 70	Gravim. Retenido	1.0 %
22"	1.500	18000	72	1.0	11.0			
24"	4.700	18000	72	1.0	11.0	30 - 40		
28"	2.000	18000	72	1.0	11.0	28 - 40		
30"	1.500							
36"	1.500							
48"	1.500							
60"	1.500							
72"	1.500							
84"	1.500							
96"	1.500							
108"	1.500							
120"	1.500							
144"	1.500							
180"	1.500							
216"	1.500							
252"	1.500							
300"	1.500							
360"	1.500							
432"	1.500							
504"	1.500							
576"	1.500							
648"	1.500							
720"	1.500							
864"	1.500							
1008"	1.500							
1152"	1.500							
1344"	1.500							
1536"	1.500							
1728"	1.500							
2016"	1.500							
2304"	1.500							
2592"	1.500							
2880"	1.500							
3168"	1.500							
3456"	1.500							
3744"	1.500							
4032"	1.500							
4320"	1.500							
4608"	1.500							
4896"	1.500							
5184"	1.500							
5472"	1.500							
5760"	1.500							
6048"	1.500							
6336"	1.500							
6624"	1.500							
6912"	1.500							
7200"	1.500							
7488"	1.500							
7776"	1.500							
8064"	1.500							
8352"	1.500							
8640"	1.500							
8928"	1.500							
9216"	1.500							
9504"	1.500							
9792"	1.500							
10080"	1.500							
10368"	1.500							
10656"	1.500							
10944"	1.500							
11232"	1.500							
11520"	1.500							
11808"	1.500							
12096"	1.500							
12384"	1.500							
12672"	1.500							
12960"	1.500							
13248"	1.500							
13536"	1.500							
13824"	1.500							
14112"	1.500							
14400"	1.500							
14688"	1.500							
14976"	1.500							
15264"	1.500							
15552"	1.500							
15840"	1.500							
16128"	1.500							
16416"	1.500							
16704"	1.500							
16992"	1.500							
17280"	1.500							
17568"	1.500							
17856"	1.500							
18144"	1.500							
18432"	1.500							
18720"	1.500							
19008"	1.500							
19296"	1.500							
19584"	1.500							
19872"	1.500							
20160"	1.500							
20448"	1.500							
20736"	1.500							
21024"	1.500							
21312"	1.500							
21600"	1.500							
21888"	1.500							
22176"	1.500							
22464"	1.500							
22752"	1.500							
23040"	1.500							
23328"	1.500							
23616"	1.500							
23904"	1.500							
24192"	1.500							
24480"	1.500							
24768"	1.500							
25056"	1.500							
25344"	1.500							
25632"	1.500							
25920"	1.500							
26208"	1.500							
26496"	1.500							
26784"	1.500							
27072"	1.500							
27360"	1.500							
27648"	1.500							
27936"	1.500							
28224"	1.500							
28512"	1.500							
28800"	1.500							
29088"	1.500							
29376"	1.500							
29664"	1.500							
29952"	1.500							
30240"	1.500							
30528"	1.500							
30816"	1.500							
31104"	1.500							
31392"	1.500							
31680"	1.500							
31968"	1.500							
32256"	1.500							
32544"	1.500							
32832"	1.500							
33120"	1.500							
33408"	1.500							
33696"	1.500							
33984"	1.500							
34272"	1.500							
34560"	1.500							
34848"	1.500							
35136"	1.500							
35424"	1.500							
35712"	1.500							
36000"	1.500							
36288"	1.500							
36576"	1.500							
36864"	1.500							
37152"	1.500							
37440"	1.500							
37728"	1.500							
38016"	1.500							
38304"	1.500							
38592"	1.500							
38880"	1.500							
39168"	1.500							
39456"	1.500							
39744"	1.500							
40032"	1.500							
40320"	1.500							
40608"	1.500							
40896"	1.500							
41184"	1.500							
41472"	1.500							
41760"	1.500							
42048"	1.500							
42336"	1.500							
42624"	1.500							
42912"	1.500							
43200"	1.500							
43488"	1.500							
43776"	1.500							
44064"	1.500							
44352"	1.500							
44640"	1.500							
44928"	1.500							
45216"	1.500							
45504"	1.500							
45792"	1.500							
46080"	1.500							
46368"	1.500							
46656"	1.500							
46944"	1.500							
47232"	1.500							
47520"	1.500							
47808"	1.500							
48096"	1.500							
48384"	1.500							
48672"	1.500							
48960"	1.500							
49248"	1.500							
49536"	1.500							
49824"	1.500							
50112"	1.500							
50400"	1.500							
50688"	1.500							
50976"	1.500							
51264"	1.500							
51552"	1.500							
51840"	1.500							
52128"	1.500							
52416"	1.500							
52704"	1.500							
52992"	1.500							
53280"	1.500							
53568"	1.500							

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP

Av. Vicente Ruiz Lazo 1, Fundo El Cerro (Al Costado de la Cuzco Arellano - Prolongación Boigues)

Servicios de Laboratorio Chiclayo - SEMP Asfalto

540 852 622 - 954 131 478 - 990 528 250

E-mail: servicios_lab@semp.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO: DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD*

REFERENCIA NORMATIVA: DTP 378.128

FECHA DE ENSAYO: 17/05/2021

METODO DE MUESTREO: Agujero

HESP. LAB.: S.O.T.

CODIGO INTERNO: 056

TIC. LAB.: U.A.O.S.

CANTERA: Inca Tarma

MATERIAL: Sub Base Gruesa

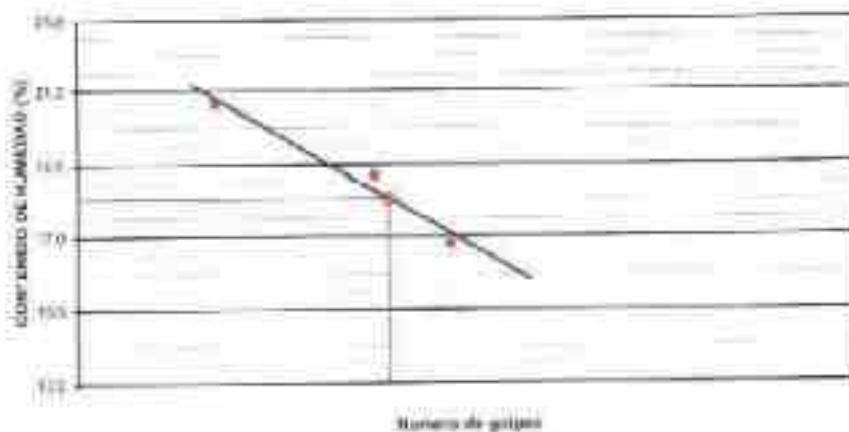
MUESTRA: M-01

COORDENADAS: UTM 180144 N 9257590

DATOS DE ENSAYO

Limite líquido							
N° de giro	8	10	12				
Tarea - Noche húmeda	41.31	36.79	36.00				
Tarea - Secho seco	37.82	35.66	33.97				
Aguja	3.32	3.04	3.78				
Peso de arena	36.52	20.42	27.89				
Peso del suelo seco	17.26	18.24	17.25				
% de humedad	20.68	18.72	18.25				
N° de golpes	15	21	30				
Limite plástico							
N° de giro							
Tarea - Noche húmeda							
Tarea - Secho seco							
Aguja							
Peso de arena							
Peso del suelo seco							
% de humedad							
LL:	IL:	% LP:	NP:	%	IP:	NP:	%

% DE PLASTICIDAD A 20 GOLS PER



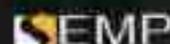
Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA
 BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA
 BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Risoleta 1, Fundo El Ceirito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

📍 Servicios de Laboratorios Chclayo - EMP Asfaltos

☎ 048 852 822 - 954 121 476 - 998 928 250

✉ Email: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 400.010 **FECHA DE ENSAYO** : 17/05/2021

METODO DE MUESTREO : Agregado **RESP. LAB.** : S.B.F.

CODIGO INTERNO : 50C **REG. LAB.** : C.A.D.S

CANTERA : Tiro Tinto

MATERIAL : Sub Base Gravelar

MUESTRA : M.O.

COORDENADAS : E: 645044 N: 6267539

DATOS DEL ENSAYO

Tamiz		A	B	C	D
Peso	Retenido				
3"	1.17"				
1.17"	3"	1250			
1"	3.4"	1791			
3.4"	1.2"	1191			
1.2"	3.9"	1250			
3.9"	1.4"				
1.4"	5.0"				
5.4"	5.0"				
Peso total		3000			
Peso tamizado (tamiz N°12)		3005			
Pérdida después del ensayo		1105			
N° de esferas		12			
Peso de las esferas		4044			
Tiempo en rotación (m)		35			
Porcentaje de desgaste (%)		22.1			

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 C.A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Bernardina María Fernández
 TÉCNICA LABORATORISTA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Rizo Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto

948 852 822 - 954 131 476 - 990 928 350

Email: servicios_lab@empasfalto.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : EQUIVALENTE DE ARENA

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.146. MTC E 1.4

FECHA DE ENSAYO : 17/09/2021

METODO DE MUESTREO : Agrupado

RESP. LAB. : S.B.T.

CODIGO INTERNO : 34

TEC. LAB. : C.A.D.S.

CANTERA : Tres Tomas

MATERIAL : Sub Base Grumosa

MUESTRA : M.01

COORDENADAS : R 642044 N 9207799

DATOS DEL ENSAYO

Muestra	01	02	03		
Hora de inicio	11:17	11:19	11:21		
Hora de salida	11:27	11:20	11:31		
Hora de entrada	11:29	11:21	11:33		
Hora de salida	11:40	11:31	11:33		
Altura de nivel Material fino (A)	8.6	8.5	8.4		
Altura de nivel Arena (B)	2.5	2.5	2.5		
Equivalente de arena (E) % (E/A)	29.1%	29.4%	29.8%		
Promedio:		29%			

Observaciones :


Cesar A. Diaz Sauvedra
 TECNICO LABORATORISTA


Soledad Vega Fernandez
 TECNICO CIVIL
 M.E.U. N° 18019



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Cortado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

☎ 048 652 622 - 954 131 476 - 906 928 250

E-mail: servicios_lab@emp.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

REFERENCIA NORMATIVA : (NTP 539.122)
METODO DE MUESTREO : Agregados
CODIGO INTERNO : S/C
CANTERA : Yno. Tumbes
MATERIAL : Sub Base Granular
MUESTRA : M-01
COORDENADAS : E 645044 N 9267599

FECHA DE ENSAYO : 17/05/2021

RISP. LAB. : S.R.L.

TEC. LAB. : C.A.D.S.

DATOS DEL ENSAYO

	Identificación				Promedio
	1	2	3	4	
Muestra					
Peso Tarro (Bikal 100 ml + Pyrex)	102.47	91.01			
Peso Tarro - agua - sal	145.68	143.81			
Peso Tarro Seco - sal	102.41	91.34			
Peso de Sal	8.92	0.83			
Peso de Agua	42.23	50.67			
Porcentaje de Sal	0.05	0.09			0.05

Observaciones:




 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Cecilia Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA


 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Susana Pizarro Fernández
 ING. CIVIL
 REG. C.º. Nº 27874

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP

Av. Vicerra Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiriquo - EMP Asfalto

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO

CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

REFERENCIA NORMATIVA

(DTP 330.177, NTP 330.178)

FECHA DE ENSAYO: 17/05/2021

METODO DE MUESTREO

: Agregado

RESP. LAB.: S.R.F.

CODIGO INTERNO

: S.C.

TEC. LAB.: C.A.D.S.

CANTERA

: Tipo Femen

MATERIAL

: Sub Base Gruesa

MUESTRA

: M-01

COORDENADAS

: E. 645044 N. 9267399

DATOS DEL ENSAYO

Descripción	Peso por mil (ppm)	Resistencia (%)	Condición
Contenido de cloruros (CL)	116	0.015	Leve
Contenido de sulfatos (SO4=)	74	0.009	Leve

Observaciones:



EMP Asfalto
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundario Sergio Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 46279

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicenzo Yulo Cote 1, Fundo El Carrizo (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Biológica)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto

348 852 822 - 554 131 470 - 998 928 250

E-mail: service_lab@empasfalto.com

RESUMEN DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 319.041

FECHA DE ENSAYO : 17/01/2021

METODO DE MUESTREO : Agregado

REP. LAB. : 3.257

CODIGO INTERNO : SC

TIC. LAB. : U.A.S.

CANTERA : Tres Deltas

MATERIAL : Sub Base Granulada

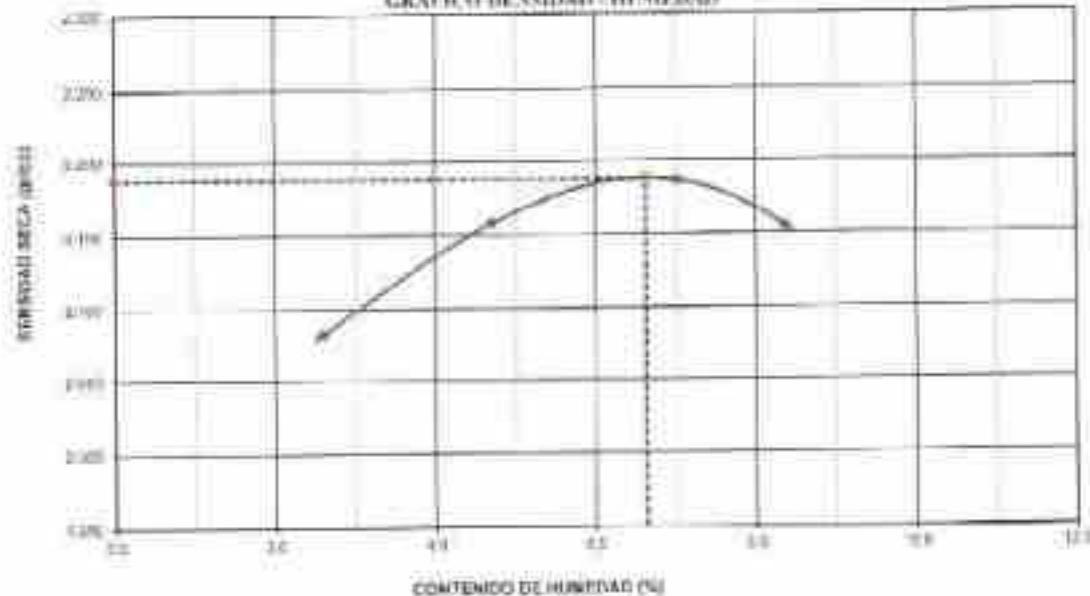
MUESTRA : M-01

COORDENADAS : E. 643044 N 926799

DATOS DEL ENSAYO

Cantidad representativa	3194	PESO HUMEDAD (%)				TEMPERATURA "C"
		1	2	3	4	
Muestra de ensayo						
Peso seco + agua		1190	1187	1194	1182	
Peso seco + humedad (calculado)		853	798	803	822	
Peso humedad agregada		276	289	289	268	
Contenido de humedad:						
Número de ensayos		1	2	3	4	
Peso seco + agua - 100%		52.1	48.3	50.4	48.8	
Peso seco + agua + 100%		211.8	259.7	210.8	244.0	
Peso de la arena		100.0	100.0	100.0	100.0	
Peso de agua		9.9	14.8	21.8	4.8	
Peso de humedad		20.3	38.7	21.0	29.0	
Contenido de agua		3.7	4.7	3.2	3.7	
Peso humedad agregada		282	288	288	268	
Densidad máxima seca	2.188	g/cm ³		Humedad óptima		4.62 %

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Decidiano Vega Fernández
 PROF. CIVIL
 REG. Nº 118078



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Viceroy Pizarro 1, Frente El Centro (Al Corredor de la Guaya Veneno - Intersección S. Aguirre)

Servicios de Laboratorios (Sulaco) - SEMP Aguinda

Tel: 852 822 - 954 121 470 - 998 828 250

Email: servicios_lab@semp.com

ENTRADA DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO: CALIFORNIA BEARDS RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA: NTP 552.11

DEPARTAMENTO DE INTERVENCIÓN: Agropalma

CODIGO DE LABORIO: 06C

CANTERA: Don Juan

MATERIAL: Sub Base Gruesa

MUESTRA: (300)

COORDENADAS: 10 68294 N 92739

FECHA DE ENSAYO: 17/02/20

RESP. LAB. 1 (SU):

TEC. LAB. 1 (A.D.S.):

DATA DE RESULTADO

Distribución granulométrica												
	10	20	40	60	75	100						
	g	g	g	g	g	g						
	%	%	%	%	%	%						
Gravimetric	248	1774	1244	1774	2286	2286						
Sieve No. 75	737	767	768	768	777	777						
Sieve No. 100	490	390	470	490	491	491						
Sieve No. 150	211	218	220	221	221	221						
Sieve No. 200	135	137	139	139	139	139						
Sieve No. 250	74	77	78	78	78	78						
Sieve No. 300	100	118	120	120	120	120						
Composición de humedad												
W ₁ (g)	-	-	-	-	-	-						
W ₂ (g)	418	450	462	462	473	473						
W ₃ (g)	120	114	104	104	112	112						
W ₄ (g)	105	102	93	93	90	90						
W ₅ (g)	102	100	102	102	100	100						
W ₆ (g)	282	274	274	274	274	274						
W ₇ (g)	678	620	620	620	620	620						
Capacidad												
Tipo	Diseño	Espesor (cm)	Espesor			Espesor			Espesor			
			Dist	Dist	%	Dist	Dist	%	Dist	Dist	%	
NO EXPANSIVO												
Plasticidad												
Plasticidad	Clase	Límite Líquido			Límite Plástico			Índice de Plasticidad			Clase	
		U ₁₀₀	U ₂₀₀	%	U ₁₀₀	U ₂₀₀	%	U ₁₀₀	U ₂₀₀	%		
0-00	0-1	41	1		41	1		42	1			
0-01	0-1	82	2		82	2		83	2			
0-02	0-1	164	4		164	4		166	4			
0-05	0-1	328	17		328	17		332	17			
0-07	0-1	512	27	74.3	512	27	64.4	514	27	64.4	74.3	
0-10	0-1	674	41		674	41		678	41			
0-15	0-1	1011	62		1011	62		1017	62			
0-20	0-1	1351	83		1351	83		1357	83			
0-25	0-1	1701	104	10.4	1701	104	10.4	1704	104	10.4	10.4	
0-30	0-1	2051	125		2051	125		2054	125			
0-40	0-1	2734	167		2734	167		2738	167			
0-50	0-1	3418	209		3418	209		3422	209			

(Observaciones)



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Osvaldo A. Díaz Saavedra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Resolución de Responsables
ING. CIVIL
MSc. J. J. J. J.



Av. Viceroy Pizarro Calle 2, Fundo El Carmen (al Costado de La Curva Arellano - Pestepequeño - Boquerón)

Servicio de Laboratorios Chivilayo - EMP Arica

Tel: 048 852 022 - 904 133 476 - 090 919 300

Email: servicios_spa@semp.com

INFORME DE ENSAYO

VIEDIHO DE ENSAYO : CULORONA REARUNCA (O) CBR

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 219.042

METODO DE MUESTREO : Agujero

CODIGO INTERNO : 100

CANTERA : Yacurani

MATERIAL : Subbase compacta

MUESTRA : 1/1/11

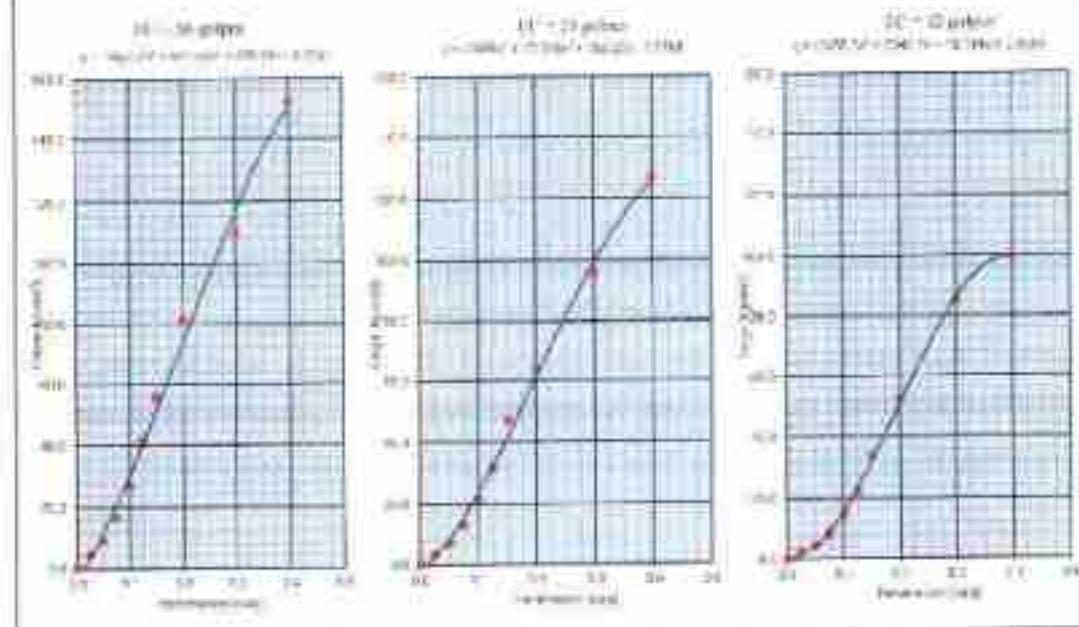
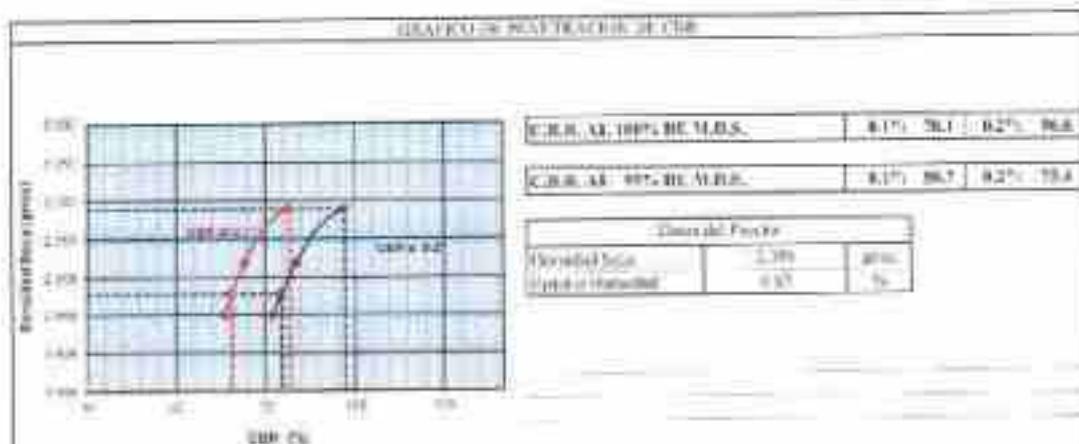
COORDENADA : 1040045 027000

FECHA DE ENSAYO : 17/03/2011

EMP. LAB. S.A.C.

TEL. LAB. : 048 852

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



Observaciones:

EMP
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Cesar A. Diaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Socio: Juan Diego Ferrada
 INGENIERO CIVIL
 N° 12.519





PERU

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

SOLICITUD DE TRÁMITE PARA RENOVACIÓN DE MARCAS

Estimado, SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

REGISTRO RENOVADO

La Resolución de Renovación será notificada a su casilla electrónica.
Los datos remitidos en la solicitud son los siguientes:

RESUMEN DEL TRAMITE

Trámite N° : 2021-SEL-0000012401
 Procedimiento : Renovación de Registros de Marcas
 Materia : SIGNOS DISTINTIVOS
 Fecha de envío: 2021-04-23 18:02:01
 Doc. : EXPEDIENTE N°: 894428-2021; CERTIFICADO N°: P00171245
 Referencia :
 Observaciones :

DOCUMENTOS ADJUNTOS

Documentos :

DOCUMENTOS DE PAGO

Documentos : (Banco: BANCO DE LA NACION, Fecha: 2021-04-23, CP: 063230)

DATOS DEL CERTIFICADO

Titular : SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Denominación : EMP ASFALTOS
 Tipo de Signo : MARCA DE PRODUCTO
 Certificado N° : P00171245
 Tipo de presentación : Mixta
 Clases : 19
 Fecha de vencimiento : 2020-12-22

Para el seguimiento de sus trámites virtuales puede realizarlo accediendo a la Plataforma de Servicios en Línea del INDECOPI.

Recuerde que a través de esta plataforma podrá realizar sus trámites y recibir sus notificaciones electrónicas.

Enlace de la Plataforma de Servicios en Línea: <http://servicios.indecopi.gob.pe/ni>



Pág. 1 de 1

Esto es una copia automática generada de un documento electrónico emitido por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) a la Tercera Dirección Departamental, con el C.C. 0242016-PUC. Si desea más información o hacer algún reclamo, comuníquese con el número 192.

El Documento: 140225862



RUC N° 20487357465

REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES

CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN PARA SER PARTICIPANTE, POSTOR Y CONTRATISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Domiciliado en: CALLE JUAN PABLO II 682 URBANIZACION LAS BRISAS / LAMBAYEQUE-CHICLAYO-CHICLAYO (Según información declarada en la SUNAT)

Se encuentra con inscripción vigente en los siguientes registros:

PROVEEDOR DE BIENES

Vigencia : Desde 04/02/2017

PROVEEDOR DE SERVICIOS

Vigencia : Desde 04/02/2017

EJECUTOR DE OBRAS

Vigencia para ser participante, postor y contratista : Desde 21/05/2016

Capacidad Máxima de Contratación : 500,000.00 (NOVECIENTOS MIL Y 00/100)

FECHA IMPRESIÓN: 03/04/2020

Nota:

Para mayor información la entidad deberá verificar el estado actual de la vigencia de inscripción del proveedor en la página web del RNP: www.rnp.gob.pe - opción [¿Cómo se inscribe?](#)

[Retornar](#)

[Imprimir](#)

I. INTRODUCCION

En estos ensayos que se realizan en el sitio para determinar los parámetros más significativos en el diseño de pavimentos. En la evaluación estructural de los pavimentos a **Base Granular**, se consideran como parámetros más significativos las deflexiones y deformaciones obtenidas como respuesta de un firme flexible ante la aplicación de una carga sobre la superficie del pavimento. Aunque existen otras medidas que puedan dar una idea del estado estructural del pavimento, la deflexión en superficie es, sin duda, la que ofrece las posibilidades de análisis más amplias.

La Viga Benkelman es un equipo que fue desarrollado durante el ensayo de la "Western Association of State Highway Organizations" (WASHO) en 1952. Se trata de un dispositivo bastante simple, que funciona aplicando la conocida "regla de la palanca". Este método se puede considerar simple y su principio de aplicación es ampliamente conocido y consiste en medir el desplazamiento vertical del pavimento ante la aplicación de una carga estática o de lenta aplicación.

Este equipo se usa junto con un camión cargado; el ensayo se realiza colocando el extremo de la viga entre las dos ruedas gemelas del camión, midiendo la recuperación vertical de la superficie del pavimento cuando el camión avanza y se retira.

En el presente informe se muestran los trabajos de evaluación de deflectometría a **Base Granular** con el propósito de analizar el comportamiento del Proyecto: "Comparación de Flexiones en Pavimentos Flexibles con Sub Rasante Estabilizada Mediante los Métodos Tradicionales y Gensintéticos".

Para las pruebas de deflexión se ejecutaron en intervalos de 25m, los ensayos de control de deflexiones se realizaron intercalados en el carril derecho e izquierdo de los siguientes tramos:

- Km 0+000 - km 0+110: Huella derecha (Calle Melitón Carbajal)
- Km 0+010 - km 0+110: Huella izquierda (Calle Melitón Carbajal)



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Eugenio Díaz Fernández
ING. CIVIL
REG. C.R. 19474

II. OBJETIVOS

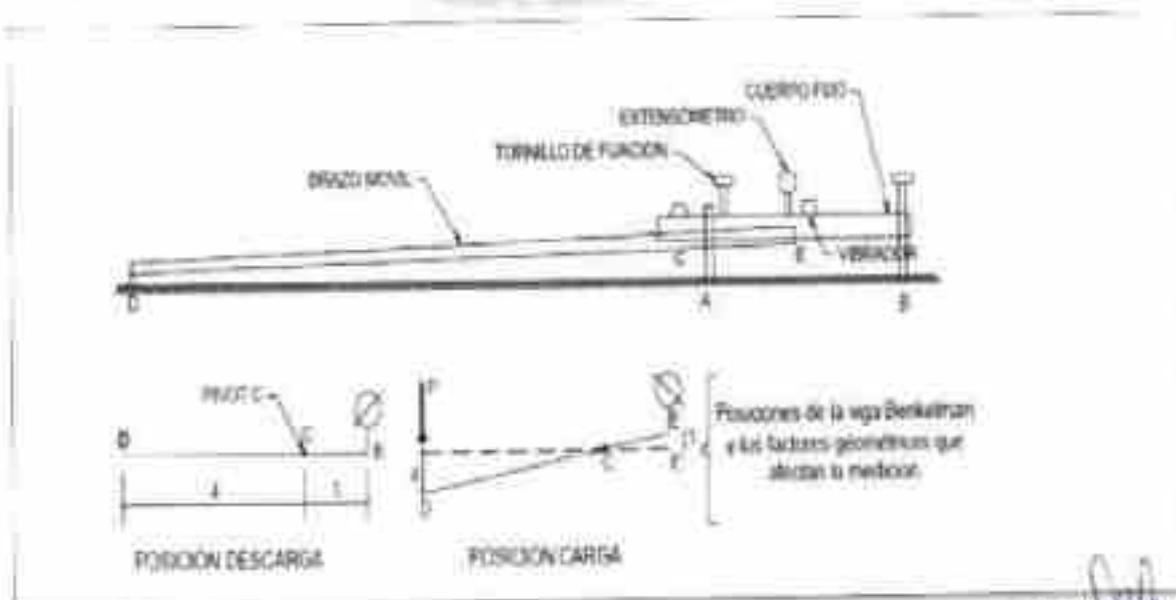
- Detallar el procedimiento para determinar simultáneamente con una Viga Benkelman la Deflexión Recuperable y el Radio de Curvatura de un pavimento flexible, producidos por una carga estática. A tal fin se utiliza un camión donde la carga, tamaño de llantas, espaciamento entre ruedas duales y presión de inflado están normalizadas.
- Determinar la deflexión vertical y puntual de una superficie del pavimento bajo la acción de una carga normalizada, transmitida por medio de ruedas gemelas de un eje simple.

III. UBICACIÓN GEOGRAFICA

- Distrito: Chiclayo
- Provincia: Chiclayo
- Departamento: Lambayeque

IV. MEDICION DE DEFLEXIONES**LA VIGA VENKELMAN**

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura:



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Simulador de Pruebas
REC. 01

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

Para realizar el ensayo de la Viga Benkelman, se trabajó según la norma del MTC E 1002-2000 con una viga de un brazo con sus correspondientes diales registradores (a 0,01 mm y recorrido 12 mm) y las siguientes dimensiones fundamentales:

- Longitud del primer brazo de ensayo, desde el pivote al punto de prueba = 2,440m.
- Longitud del primer brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago de su dial registrador = 0,610m.
- Longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote a la punta de prueba = 2,190m.
- Longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago de su dial registrador = 0,5475m.

NOTA: Se permite el empleo de vigas con dimensiones diferentes siempre y cuando no sean tan reducidas que el radio de acción de la carga no afecte permanentemente la posición de sus patas.

V. TRABAJOS REALIZADOS POR CONTROL DE CALIDAD (QC)**5.1 Procedimiento en el Campo**

5.1.1 El punto del pavimento a ser ensayado deberá ser marcado convenientemente con una línea transversal al camino. Sobre dicha línea será localizada el punto de ensayo a una distancia prefijada del borde.

5.1.2 La rueda dual extrema del camión deberá ser colocada sobre el punto seleccionado, para la correcta ubicación de la misma, deberá marcarse en la parte trasera extrema del camión una guía vertical en correspondencia con el eje de carga. Desplazando suavemente el camión, se hace coincidir la guía vertical con la línea transversal indicada en 5.1.1 de modo que simultáneamente el punto quede entre ambas llantas de la rueda dual.

5.1.3 Se coloca la viga sobre el pavimento, detrás del camión, perpendicularmente al eje de carga, de modo que la punta de prueba del primer brazo coincida con el punto de ensayo y la viga no roce contra las llantas de la rueda dual.

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Ejecución: Tarea Pavimentos
TITULO CIVIL
REG. 101-20020

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

5.1.4 Se liberan los seguros de los brazos y se ajusta la base de la vida por medio del tornillo trasero, de manera que los dos brazos de medición queden en contacto con los diales.

5.1.5 Se ajustan a los diales de modo que sus vástagos tengan un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se giran las esferas de los diales hasta que las agujas queden en cero y se verifica la lectura golpeándolos suavemente con un lápiz. Girar la esfera si es necesario y repetir la operación hasta obtener la posición 0 (cero).

5.1.6 Se hace avanzar suave y lentamente el camión, se pone en marcha el cronometro y vibrador y se leen los diales cada 60 segundos. Cuando dos lecturas sucesivas de cada uno de ellos no difieran en más de 0.01 mm, se da por finalizada la recuperación, registrándose las últimas lecturas observadas (L0 y L25).

5.1.7 Con el fin de medir la temperatura del pavimento se practica un orificio (antes de comenzar el ensayo y simultáneamente con el trazado de la línea), cuyas dimensiones serán: 4cm de profundidad y 10 mm de diámetro, aproximadamente, emplazado sobre la línea paralela al eje del camino, que pasa por el punto de determinación de la deflexión y a 50cm del mismo, en el sentido de avance del camión. Se llena con aceite no menos de 10 minutos antes de iniciar el ensayo, se inserta el termómetro y se lee la temperatura, restando el mismo antes del desplazamiento del camión.

5.1.8 El rango de temperatura de trabajo deberá quedar dentro de los siguientes límites:

Límite inferior: 5°C

Límite superior: 35°C

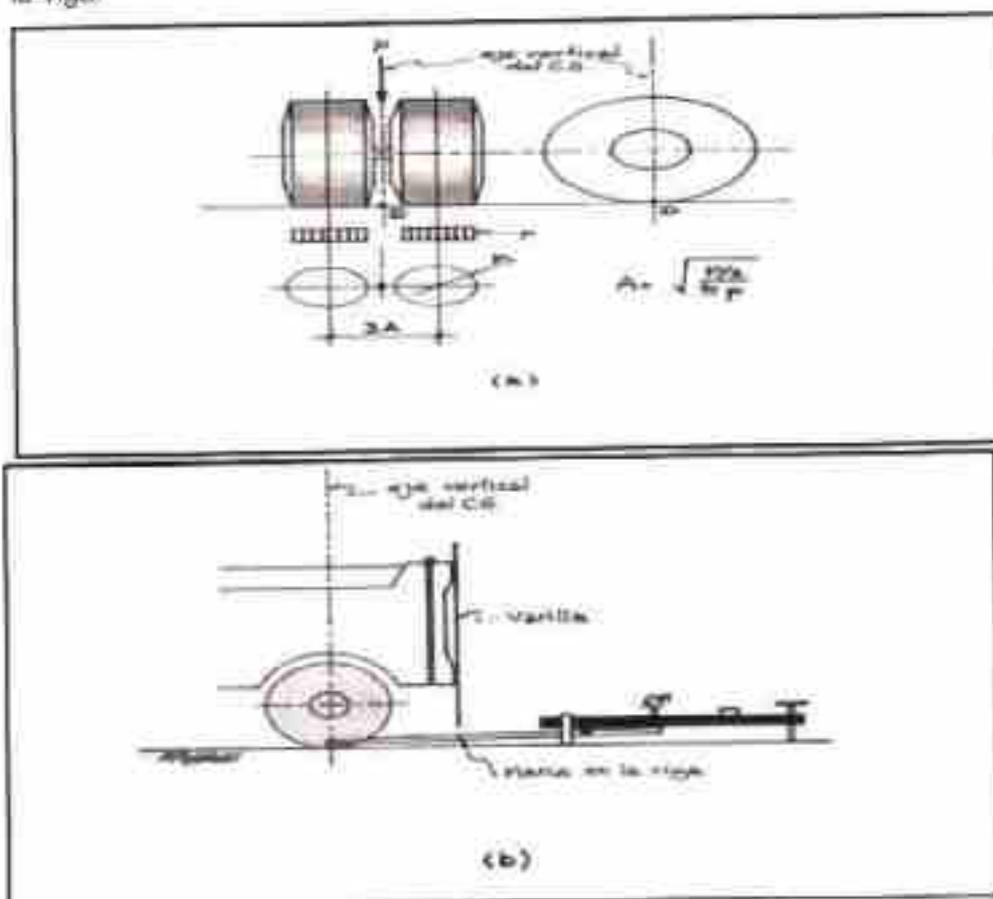
5.1.9 Tampoco deberá efectuarse el ensayo si, aun cuando no se detectara deformación plástica mediante el procedimiento recién indicado, se constata que el radio de acción de la carga del camión afecta las patas de la regla, para lo cual se procederá de la siguiente forma:

5.1.10 Una vez registradas las lecturas de los diales, se hace retroceder lentamente el camión observando el dial del primer brazo. Cuando se observe que el dial comienza a desplazarse acusando la deformación producida por la carga, se

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundaria U. de Yumbina
19610
19610

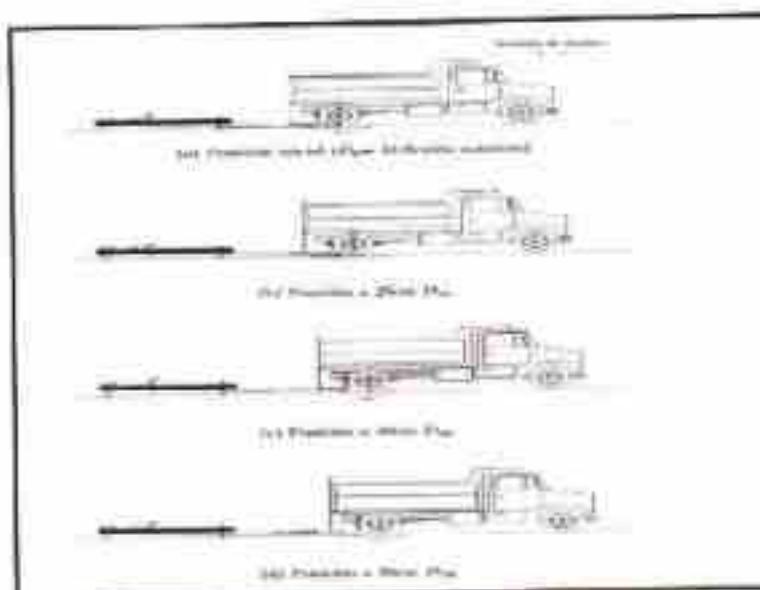
marca sobre el pavimento la posición de la guía vertical mencionada en el párrafo 5.1.2 y se detiene el retroceso del camión.

5.1.11 Se mide la distancia entre la punta de prueba del primer brazo y la marca practicada sobre el pavimento, de acuerdo con lo indicado antes. Sea de esa distancia, si es mayor de 2,40m, la acción de la carga del camión afecta las patas de la viga.



Como norma se realiza la primera marca adicional a una distancia tal que la deflexión que se obtenga en ese punto sea la mitad de la deflexión máxima (obtenida en la marca inicial). La segunda marca adicional se realiza al doble de la distancia de la primera marca adicional. Estas dos distancias se determinarán específicamente para cada proyecto de evaluación que se emprenda. Esto deberá hacerse por medio de tanteos previos, antes de comenzar la recolección de los ensayos, pero no deberá hacerse modificaciones mientras que las deflexiones tomadas en la primera marca adicional estén en el rango entre 35% y 65% de la deflexión máxima.

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Sede: Lima
Servicios de Laboratorio
SAC
CALLE 1414
MOLINO HERMIN



Esquematización del proceso de medición con la Viga Benkelman.

Para este ensayo de Viga Benkelman se realizaron los ensayos mencionados a nivel de Terreno Natural, definiendo in-situ los puntos cada 25m intercalado (lado derecho - lado izquierdo), para el ensayo de Viga Benkelman.

5.2 Equipos

Para realizar la evaluación de la estructura del pavimento de Terreno Natural se usó 01 equipo de viga benkelman y 01 camión:

Equipo

El camión carga corresponde a 8,200 kilos del Eje Trasero de una capacidad de 12 tn, modelo KKER380T42H, con placa M1H - 861, con neumáticos de 10x20 pulg. de 12 lonas en óptimo estado, con 80 psi de presión de inflado.

Los diales de desplazamiento vertical empleado corresponde a la marca BAKER, modelo JOBA con divisiones de 0.01 mm.

Termómetro para medir la temperatura del pavimento.

Viga Benkelman de marca FORNEY Modelo LA-2251, de un brazo, con una relación de 1:2.

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Normativo Interno Formulario
LHO - 001
Fecha: 01/05/2019

5.3 Participaciones diversas

Dentro de las diversas actividades que se desarrollaron en la obra, el personal de Control de Calidad ha participado en las siguientes actividades de capacitación en seguridad:

- Charlas de seguridad y coordinación matutinas diarias con el personal antes del inicio de las labores.
- Charlas específicas de las labores propias en campo: Realización de ensayo de deflectometría.

VI. DEFLECTOGRAMA

El defectograma constituye un elemento fundamental para el análisis de la variabilidad de la capacidad estructural, ya que las deflexiones permiten revelar la desuniformidad de su capacidad estructural.

La primera desuniformidad, en el sentido transversal se revela en muchos casos por las mayores deflexiones de la huella externa con respecto a la interna de un mismo carril, atribuidas principalmente a una reducción del confinamiento lateral asociada a la terminación del pavimento, y a condiciones más adversas del suelo, principalmente en lo que hace a sus contenido de humedad y grado de densificación.

Por este motivo, las determinaciones se han conducido a la huella externa del carril, considerando crítico a una distancia del borde variable en función del ancho de la calzada.

La desuniformidad en el sentido longitudinal se revela en la gran dispersión de valores individuales, aun para determinaciones muy próximas entre sí, debido a la variabilidad de las propiedades de los materiales y del proceso constructivo.

Para interpretar los resultados no se puede considerar los valores individuales; surge la necesidad de establecer una deflexión que represente adecuadamente cada sección y por ende de una evaluación estadística.

Con este propósito, los resultados obtenidos se vuelcan en un gráfico en función de la progresivas, que se denomina defectograma, en el que se incluyen todos los datos de interés, obtenidos; deflexiones corregidas y radios de curvatura, como del relevamiento de condición son presentados en correspondencia con las progresivas de medición, permitiendo una visión global del conjunto de datos obtenidos en campo.

Atestado y autorizado
en el nombre de SEMP ASFALTOS S.A.C.
Sociedad por Acciones
C.R. 15015
RUC 20509010100

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

El principal objetivo de la medición de deflexiones radica en poder diferenciar secciones de distinta capacidad estructural en un mismo tramo. Por tanto, es en base al deflectograma que se procede a:

Diferenciar secciones de distinta capacidad estructural y/o comportamiento, considerando deflexiones, fallas observadas y estructura del pavimento, las que son procesadas estadísticamente luego.

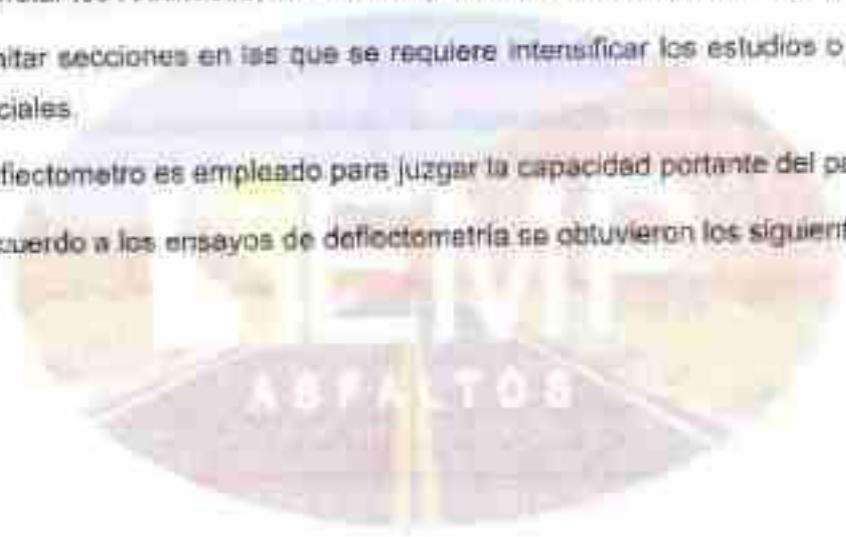
Eliminar valores extremos: aislados, no representativos y que distorsionan los resultados.

Obtenidos los parámetros estadísticos, ubicar las perforaciones requeridas para interpretar los resultados, en zonas representativas de buen y mal comportamiento.

Delimitar secciones en las que se requiere intensificar los estudios o realizar estudios especiales.

El deflectómetro es empleado para juzgar la capacidad portante del pavimento.

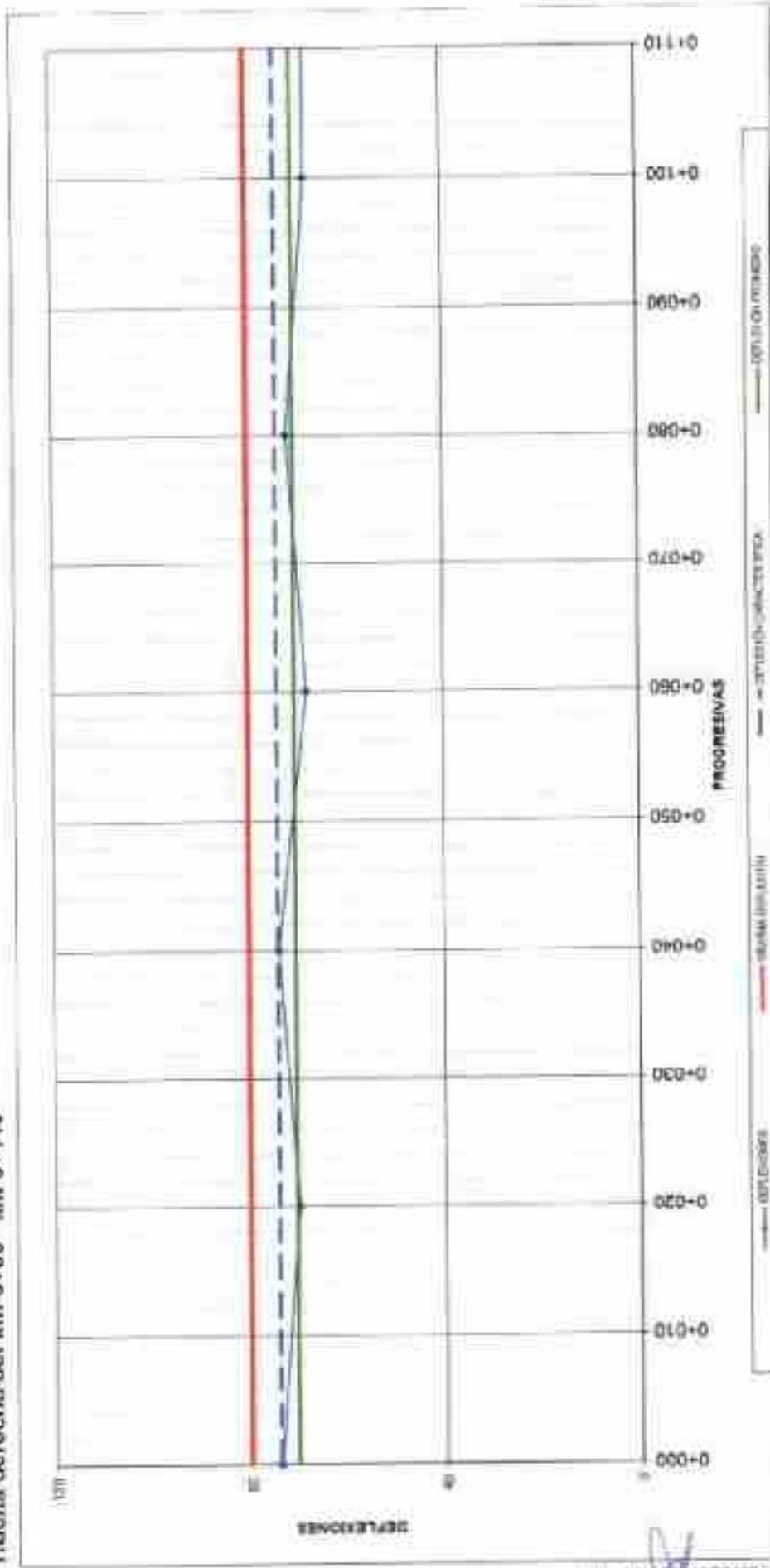
De acuerdo a los ensayos de deflectometría se obtuvieron los siguientes resultados:



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Servidario Jorge Fernández
RUC: 20101101101
Mód. 100 - 10228



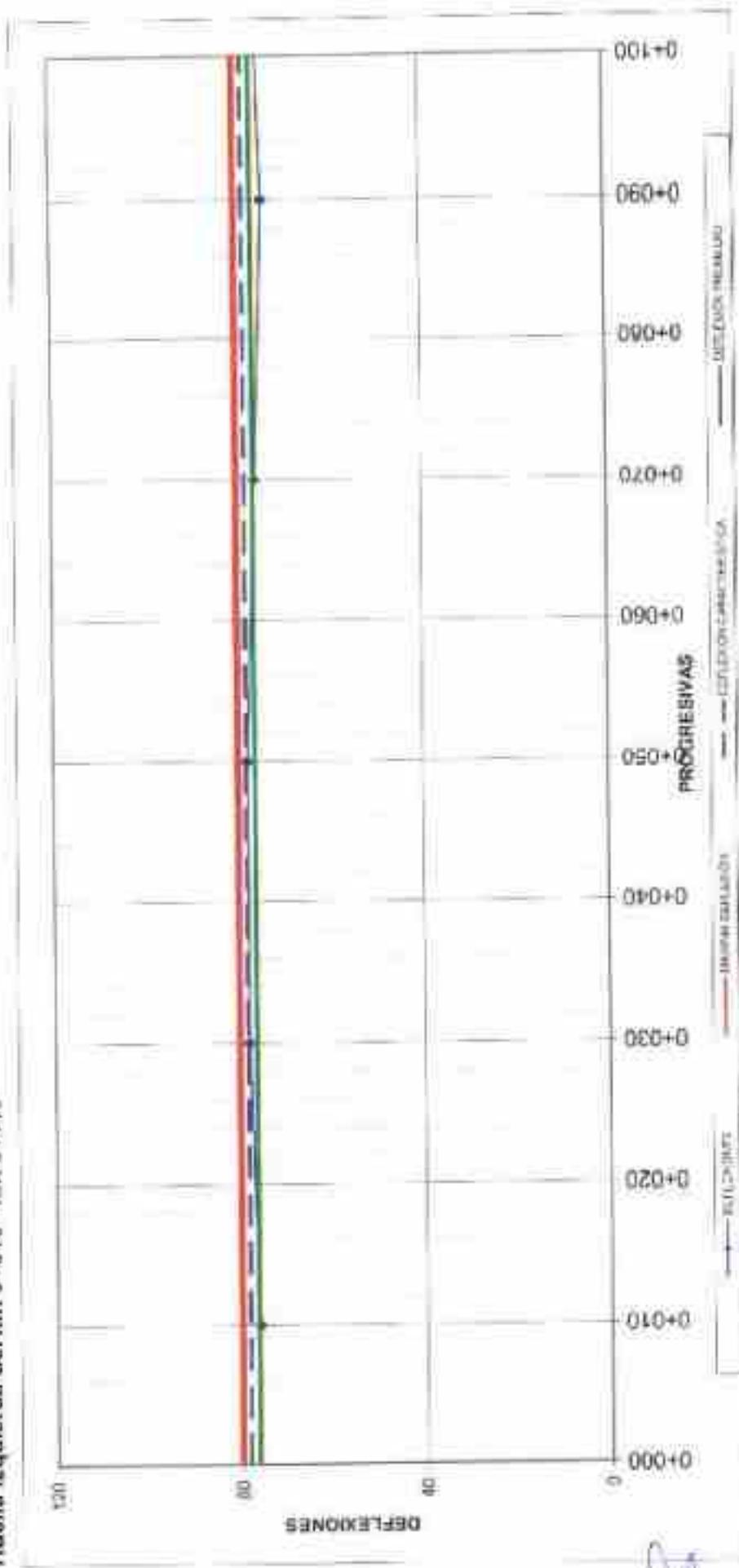
Huella derecha del km 0+00 - km 0+110



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC
Sociedad Anónima
Registros de Propiedad
DPT. CIVIL
R.M. Q. 19978



Huella izquierda del km 0+010 - km 0+110




 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC
 S.A.C.
 Av. Vicente Rasso 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)
 Servicios de Laboratorios Chichayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 350
 E-mail: servicios_lab@hotmail.com



VI. CONCLUSIONES

- La metodología con la viga benkelman tiene mayor uso o relevancia en los trabajos a nivel de rehabilitación, mantenimiento y mejoramiento de pavimentos por su bajo costo de aplicación.
- La medición de las deflexiones, como respuesta de un pavimento flexible ante la aplicación de una carga sobre el pavimento, es la base para la evaluación estructural.
- Se realizó las deflexiones a nivel de Base Granular, donde la deflexión máxima es de 80 mm, las cuales reflejan una respuesta global del estado de la carretera. Su medición es simple, rápida, económica y "no destructiva", es decir no se alteran el equilibrio ni la integridad del sistema.
- Se puede observar de los gráficos anteriores que en los tramos Huella derecha y Huella izquierda la deflexión característica es menor a la deflexión admisible (80 mm), por tanto, el tramo cumple con las deflexiones admisibles.



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Viana Fernández
ING. CIVIL
REG. ETP 140218



VII. BIBLIOGRAFIA

- Asphalt Institute (1977), "Asphalt Overlays and Pavement Rehabilitation", Manual series 17 (MS-17).
- Burmister, D.M. (1943), "The General Theory of stress and Displacements in Layered Systems and Applications to the Design of Airport Runways", Proceedings, HRB, vol.23.
- Hoffman M.S. y Del Aguila P.M., "Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos Basados en la Interpretación de Curvas de Deflexiones".
- CGRA (1962), "Pavement Evaluation Studies in Canada", International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Proceedings.



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Signature: 
ING. CIVIL
M.S. CH. 10229



VIII. ANEXOS

9.1 Ensayos de Deflectometría



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Sociedad Anónima
RUC: 205109278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Roca, Lote 1, Fundo El Centro (N. Costado de la Cuarta Apeyana - Prolongación Biolografía)

Servicios de Laboratorios Chiloje - EMR Aylfym

942 852 622 - 954 311 476 - 918 928 250

E-mail: se-servicios_lab@totalmail.com

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN

(MTO E. 1002-A.37M 3.4284)

PROYECTO : "Comenzamos Pavimentación Flexibles con Sistema Ranzana Estabilizada Metálica los Módulos Tradicionales y Geosintéticos"

LUBRICACIÓN : Calle Mélio Cartaja y Cesar Velasco - Chiloje

NIVEL : Roca Granítica

TRAMO : Calle Melior Cartaja

CARTEL : Huella derecha

SOLICITANTE : Ing. Domingo Ventura Gómez

Carga Eje : 8000 Kg

Presión : 90 psi

Factor Conversion : Indefinida

Factor Estacional : 1

Deflexión Máxima : 80 (1100) mm

Fecha	Progresiva (Km)	LECTURAS DEL PRIMER OMI						FACTOR DE CORRECTA DE VIGA	TEMPERATURAS		PARAMETROS DE EVALUACIÓN				OBSERVACIONES
		L-0 0.03 mm R=0	L-25 0.03 mm R=25	L-75 0.01 mm R=25	L-100 0.01 mm R=100	L-350 0.01 mm R=225	L-500 3.01 mm R=500		Amb °C	Ranzana °C	DD (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	PC (mm)		
13/06/2011	0+000	0.0	7.0	11.0	10.0	21.0	25.0	19.0	22	-28.0	74	52	277		
13/06/2011	0+020	0.0	8.0	12.0	17.0	22.0	25.0	15.0	22	20.0	71	14	170		
03/06/2011	0+040	0.0	8.0	13.0	18.0	24.0	26.0	17.0	22	23.0	74	10	222		
13/06/2011	0+060	0.0	8.0	14.0	19.0	24.0	28.0	14.0	22	20.0	68	20	174		
13/06/2011	0+080	0.0	10.0	13.0	19.0	25.0	27.0	16.0	23	20.0	72	12	166		
13/06/2011	0+100	0.0	10.0	14.0	17.0	26.0	29.0	14.0	23	20.0	65	10	154		
13/06/2011	0+120	0.0	10.0	14.0	14.0	27.0	29.0	14.0	23	20.0	62	10	174		

Número de Corrección

Fuente de Deflexiones

Deflexión Promedio

Desviación Estándar

Deflexión Característica

Número de Corrección	1
Fuente de Deflexiones	494
Deflexión Promedio	71
Desviación Estándar	279
Deflexión Característica	74



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Viceroy Rizzo Lora 2, Fundo El Centro | Al Frentón de la Quinta Arce | Pisco | Perú

Tel: +51 1 853 822 - 954 131 476 - 999 929 760

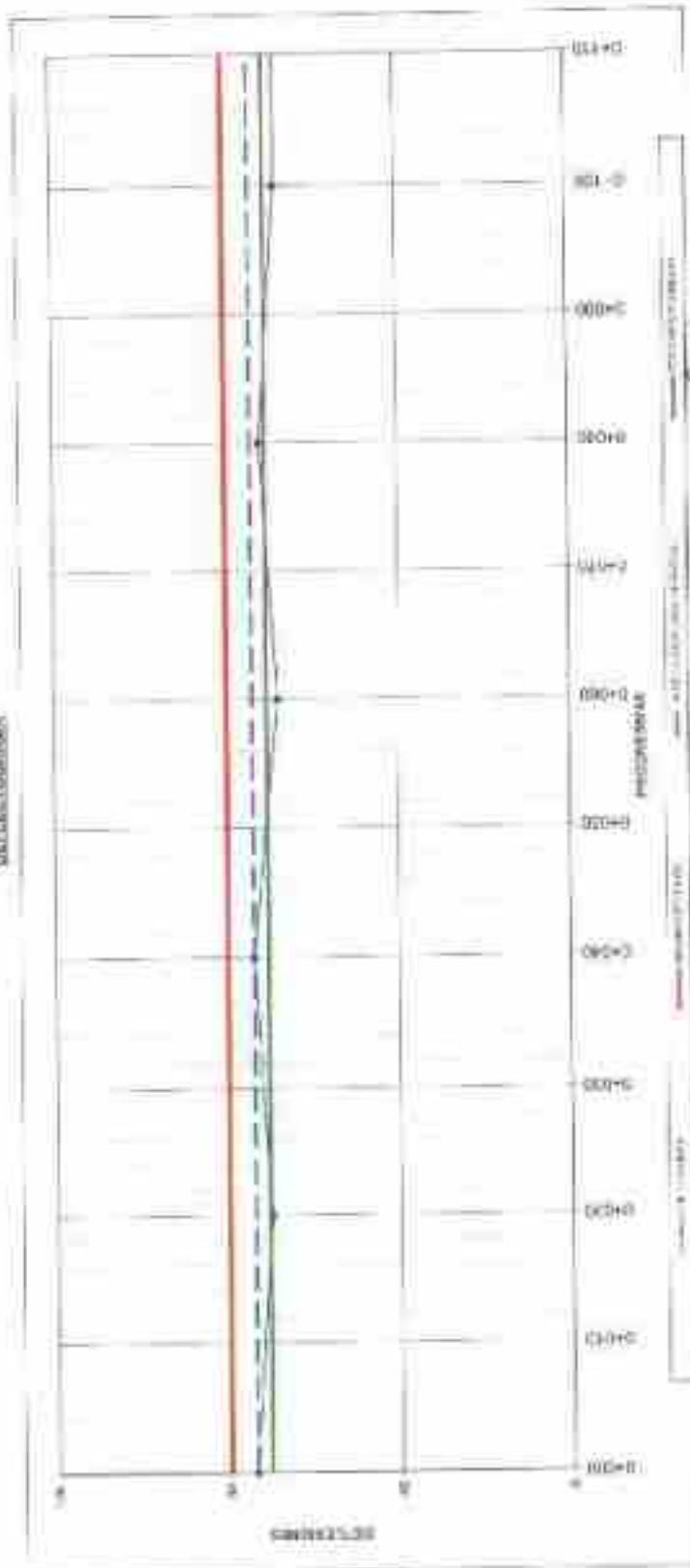
Correo: servicios_lab@lsemper.com

MEDIDA DE LA RIGIDEZ Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIDA BENKELMAN

15/05/2023 - 15/05/2023

PROYECTO	Compañías de Pavimentos Pavimentos Flexibles con Sub Base y Estabilizada Métrica de Métodos Tradicionales y Geométricos
UBICACIÓN	Calle Millo Carhuay y Calle Viceroy - Chiclayo
NIVEL	Bases Gruesas
TRAMO	Calle Millo Carhuay
CARTEL	Hoja derecha
ENCARGADO	Ing. Domingo Valencia Guerrero
Carga Eje (kg)	10000
Pavión (GE)	50
Factor Correctivo	Indizado
Deflexión Máxima	BD 1/108 mm

DEFLECTOGRAMA



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Calle A. Diaz Salcedo
 PUNTO DE MEDIDA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Calle A. Diaz Salcedo
 PUNTO DE MEDIDA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Miraflores Lote 3, Fundo El Ceñudo de la Quinta Arellano - Prodigación Biológica

Servicios de Laboratorio Chiriquí - P.O. Adjuntos

948 857 622 - 954 331 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_smp@totalmail.com

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIDA BENKELMAN

MTC E-1002 AS 70.0.4001

PROYECTO : Comparación de Flexímetros o Fajillas con Sub Base III Estabilizada Mediante los Métodos: Frecuencia y Geométrico

UBICACIÓN : Calle Mito Carhuja y Calle Varayo - Chiriquí

BASE : R-25

TRAMO : Calle Melón Carhuja

CARRIL : Huella circular

SOLICITANTE : Ing. Domingo Verdugo Guerrero

Carga Eje : 8200 kg

Presión : 0.6 MPa

Factor Corrección : Indicado

Factor Extracción : 1

Deflexión Máxima : 80 1/100 mm

Fecha	Proyector (mm)	LECTURAS DEL PRIMER DIA						FACTOR DE CORRECCIÓN DE VIDA	TEMPERATURAS		PARAMETROS DE EVALUACIÓN			OBSERVACIONES	
		L=6 8.91 mm R=25	L=12 17.8 mm R=50	L=18 26.7 mm R=75	L=24 35.6 mm R=100	L=30 44.5 mm R=150	L=36 53.4 mm R=200		Amb °C	Substrato °C	D0 (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	R0 (mm)		
12/08/2021	D=010	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	23.0	23.0	75	58	17.4			
12/08/2021	D=030	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	2.0	23.0	23.0	75	62	18.8			
12/08/2021	D=060	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	2.0	23.0	23.0	75	66	19.6			
12/08/2021	D=075	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	2.0	23.0	23.0	75	66	19.6			
12/08/2021	D=090	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	2.0	23.0	23.0	75	66	19.6			
12/08/2021	D=110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	23.0	23.0	75	66	19.6			
Número de lecturas								Suma de Deflexiones		Deflexión Promedio			Deflexión Característica		
								178		75			75		
								1.51		75					

Carlos A. Diaz Salcedo
Ingeniero en Geotecnia

Carlos A. Diaz Salcedo
Ingeniero en Geotecnia



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



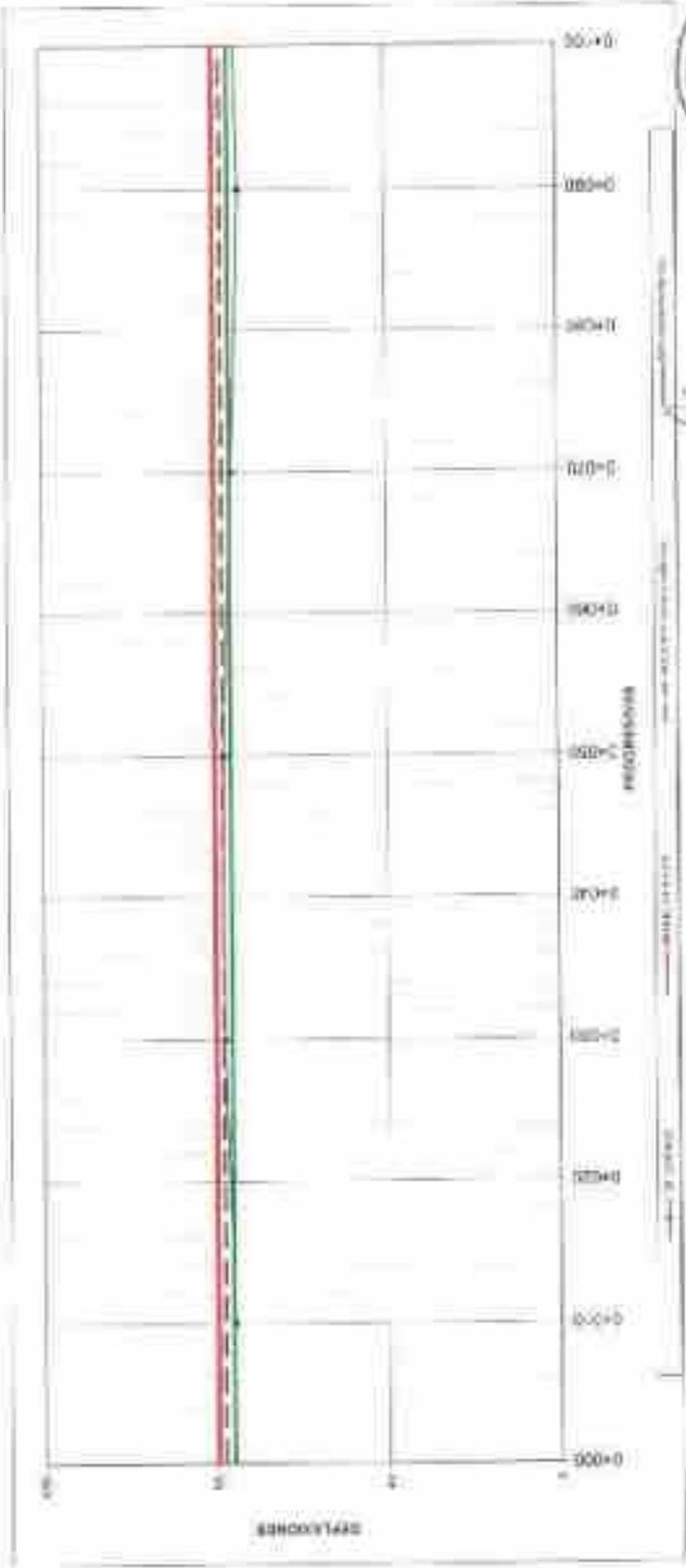
Av. Viceroy Huac Libre 1, Fajardo II, Distrito del Cercado de Lima, Perú
 Av. Viceroy Huac Libre 1, Fajardo II, Distrito del Cercado de Lima, Perú
 Teléfono: (01) 432 5122 - 994 131 476 - 998 908 210
 E-mail: ventas@semp.com.pe

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN

ARTICULO 1003.0310.0.0027

PROYECTO	Compañía de Fieles en Pavimentos Fieles del Sub Desarrollo Estabilizada Modano de Múltiples Troncales y Casaplatas
UBICACIÓN	Calle Mito Carrizo y Tercer Vialón - Chiclayo
NIVEL	Baja General
TRAMO	Calle Mito Carrizo
CARRIL	Vereda Izquierda
SOLISTANTE	Jg. Domingo Verdugo Quispe
Carga Eje	40 kN
Prestación	30 mm
Factor Conservación	1.0000
Deflexión Máxima	1.130 mm

SELECCIONAR



[Signature]
 Gerente General
 Ing. Carlos Díaz Saa yedra

[Signature]
 César A. Díaz Saa yedra
 INGENIERO LABORATORISTA

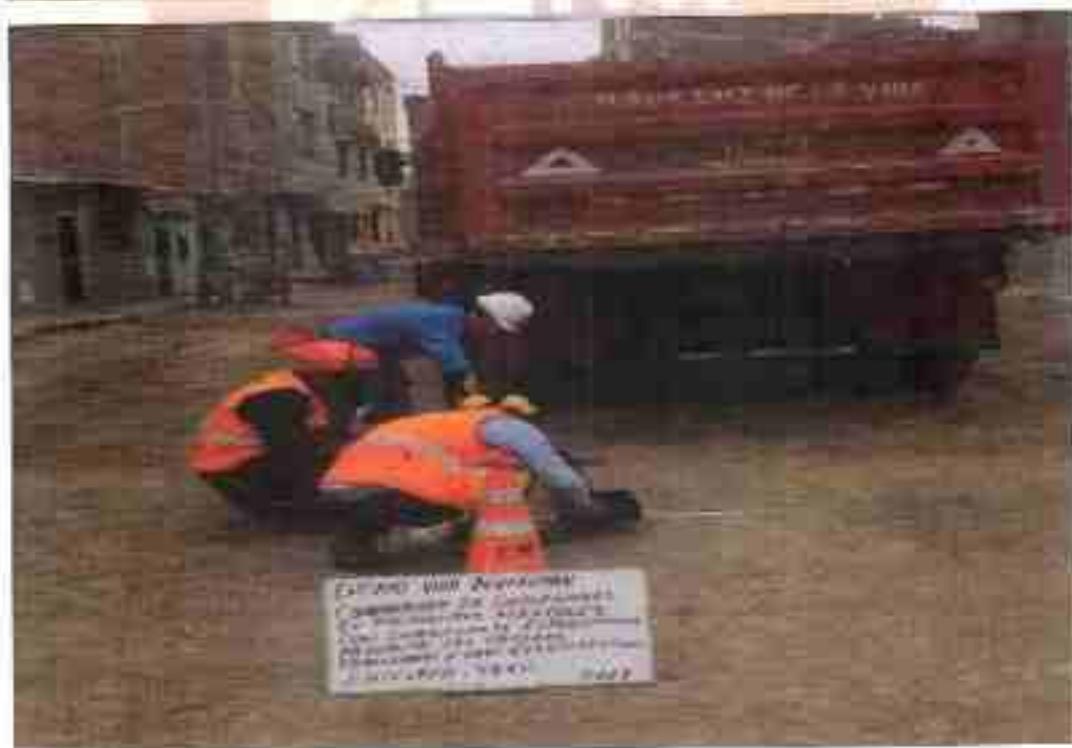
9.2 Panel Fotográfico



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC
Sociedad Anónima
Calle 10 de Agosto 1000
Lima, Perú
1000



PANEL FOTOGRAFICO



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Sesquiano Heredia Hernandez
ING. CIVIL

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com



PERU

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA CONCIENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA CONCIENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

SOLICITUD DE TRÁMITE PARA RENOVACIÓN DE MARCAS

Estimado, SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

REGISTRO RENOVADO

La Resolución de Renovación será notificada a su casilla electrónica. Los datos remitidos en la solicitud son los siguientes:

RESUMEN DEL TRAMITE

Trámite N° : 2021-SEL-0000012401
 Procedimiento : Renovación de Registros de Marcas
 Materia : SIGNOS DISTINTIVOS
 Fecha de envío: 2021-04-23 18:02:01
 Doc. Referencia : EXPEDIENTE N°: 894428-2021; CERTIFICADO N°: P00171245
 Observaciones :

DOCUMENTOS ADJUNTOS

Documentos :

DOCUMENTOS DE PAGO

Documentos : (Banco: BANCO DE LA NACION, Fecha: 2021-04-23, OP: 063230)

DATOS DEL CERTIFICADO

Titular : SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Denominación : EMP ASFALTOS
 Tipo de Signo : MARCA DE PRODUCTO
 Certificado N° : P00171245
 Tipo de presentación : Mixta
 Clases : 19
 Fecha de vencimiento : 2020-12-22

Para el seguimiento de sus trámites virtuales puede realizarlo accediendo a la Plataforma de Servicios en Línea del INDECOPI.

Recuerde que a través de esta plataforma podrá realizar sus trámites y recibir sus notificaciones electrónicas.

Enlace de la Plataforma de Servicios en Línea: <https://servicio.indecopi.gob.pe/psel>





RUC N° 20487357465

REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES

CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN PARA SER PARTICIPANTE, POSTOR Y CONTRATISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Domiciliado en: CALLE JUAN PABLO II 682 URBANIZACION LAS BRISAS / LAMBAYEQUE-CHICLAYO-CHICLAYO (Según información declarada en la SUNAT)

Se encuentra con inscripción vigente en los siguientes registros:

PROVEEDOR DE BIENES

Vigencia : Desde 04/02/2017

PROVEEDOR DE SERVICIOS

Vigencia : Desde 04/02/2017

EJECUTOR DE OBRAS

Vigencia para ser participante, postor y contratista : Desde 21/05/2016

Capacidad Máxima de Contratación : 900,000.00 (NOVECIENTOS MIL Y 00/100)

FECHA IMPRESIÓN: 01/06/2020

Nota:

Para mayor información la Entidad deberá verificar el estado actual de la vigencia de inscripción del proveedor en la página web del IRI: www.mrg.gob.pe - opción [ver estado de inscripción](#)

[Retornar](#)

[Imprimir](#)

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA EMPLEANDO VIGA BENKELMAN A NIVEL CARPETA ASFALTICA

PROYECTO:

"Comparación de Flexiones en Pavimentos Flexibles con Sub Rasante Estabilizada Mediante los Métodos Tradicionales y Geosintéticos".

AGOSTO 2021

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com

INDICE

- I. INTRODUCCION
- II. OBJETIVOS
- III. UBICACIÓN GEOGRAFICA
- IV. MEDICION DE DEFLEXIONES
- V. TRABAJOS REALIZADOS POR CONTROL DE CALIDAD (QC)
 - 5.1 Procedimiento en el Campo
 - 5.2 Equipos
 - 5.3 Participaciones Diversas
- VI. DEFLECTOGRAMA
- VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- VIII. BIBLIOGRAFIA
- IX. ANEXOS
 - 9.1 Ensayos de Deflectometria
 - 9.2 Panel Fotográfico

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Sección Ingeniería
ING. CIVIL
REG. CIP 187079

**MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y
DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA
EMPLEANDO VIGA BENKELMAN A NIVEL
CARPETA ASFALTICA**

PROYECTO:

**"Comparación de Flexiones en Pavimentos
Flexibles con Sub Rasante Estabilizada
Mediante los Métodos Tradicionales y
Geosintéticos".**

AGOSTO 2021

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_leb@hotmail.com

INDICE

- I. INTRODUCCION
- II. OBJETIVOS
- III. UBICACIÓN GEOGRAFICA
- IV. MEDICION DE DEFLEXIONES
- V. TRABAJOS REALIZADOS POR CONTROL DE CALIDAD (QC)
 - 5.1 Procedimiento en el Campo
 - 5.2 Equipos
 - 5.3 Participaciones Diversas
- VI. DEFLECTOGRAMA
- VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- VIII. BIBLIOGRAFIA
- IX. ANEXOS
 - 9.1 Ensayos de Deflectometría
 - 9.2 Panel Fotográfico

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Barranquilla, Distrito Piscoalca
INSC. CIVIL
REG. CIP 140278



I. INTRODUCCIÓN

En estos ensayos que se realizan en el sitio para determinar los parámetros más significativos en el diseño de pavimentos. En la evaluación estructural de los pavimentos a **Carpeta Asfáltica**, se consideran como parámetros más significativos las deflexiones y deformaciones obtenidas como respuesta de un firme flexible ante la aplicación de una carga sobre la superficie del pavimento. Aunque existen otras medidas que puedan dar una idea del estado estructural del pavimento, la deflexión en superficie es, sin duda, la que ofrece las posibilidades de análisis más amplias.

La Viga Benkelman es un equipo que fue desarrollado durante el ensayo de la "Western Association of State Highway Organizations" (WASHO) en 1952. Se trata de un dispositivo bastante simple, que funciona aplicando la conocida "regla de la palanca". Este método se puede considerar simple y su principio de aplicación es ampliamente conocido y consiste en medir el desplazamiento vertical del pavimento ante la aplicación de una carga estática o de lenta aplicación.

Este equipo se usa junto con un camión cargado; el ensayo se realiza colocando el extremo de la viga entre las dos ruedas gemelas del camión, midiendo la recuperación vertical de la superficie del pavimento cuando el camión avanza y se retira.

En el presente informe se muestran los trabajos de evaluación de deflectometría a **Carpeta Asfáltica** con el propósito de analizar el comportamiento del Proyecto: "Comparación de Flexiones en Pavimentos Flexibles con Sub Rasante Estabilizada Mediante los Métodos Tradicionales y Geosintéticos".

Para las pruebas de deflexión se ejecutaron en intervalos de 25m, los ensayos de control de deflexiones se realizaron intercalados en el carril derecho e izquierdo de los siguientes tramos:

- Km 0+025 - km 0+375: Huelia derecha (calle Cesar Vallejo)
- Km 0+050 - km 0+100: Huelia izquierda (calle Cesar Vallejo)

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Beratador: 
ING. CIVIL
REG. CIP 10028

II. OBJETIVOS

- Detallar el procedimiento para determinar simultáneamente con una Viga Benkelman la Deflexión Recuperable y el Radio de Curvatura de un pavimento flexible, producidos por una carga estática. A tal fin se utiliza un camión donde la carga, tamaño de llantas, espaciamiento entre ruedas duales y presión de inflado están normalizadas.
- Determinar la deflexión vertical y puntual de una superficie del pavimento bajo la acción de una carga normalizada, transmitida por medio de ruedas gemelas de un eje simple.

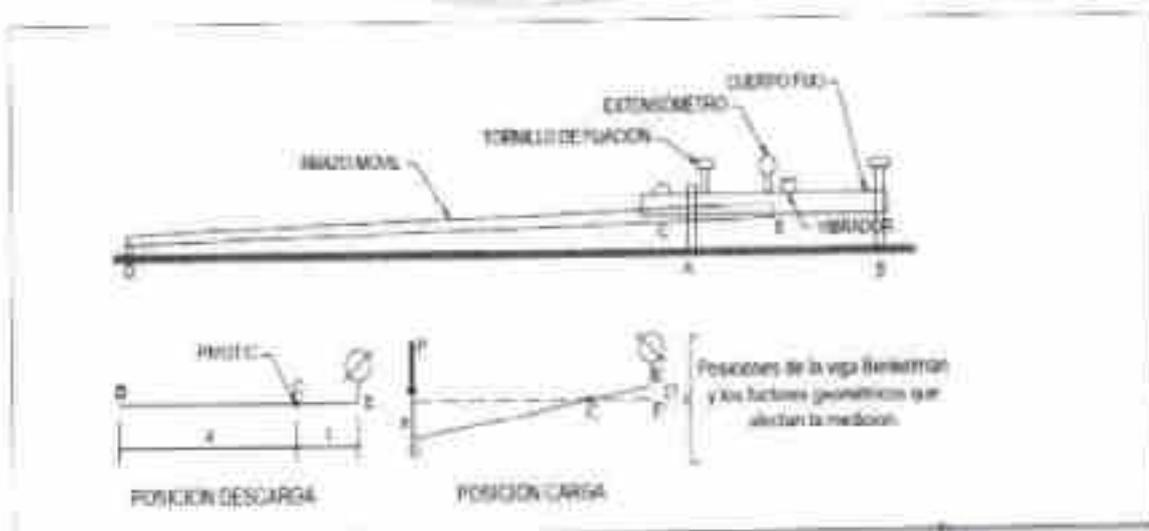
III. UBICACIÓN GEOGRAFICA

- Distrito: Chiclayo
- Provincia: Chiclayo
- Departamento: Lambayeque

IV. MEDICION DE DEFLEXIONES

LA VIGA VENKELMAN

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura:



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secretaría Regional de Permisos
ENCL. CIVIL
R.S. 129 16299

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

Para realizar el ensayo de la Viga Benkelman, se trabajó según la norma del MTC E 1002-2000 con una viga de un brazo con sus correspondientes diales registradores (al 0.01 mm y recorrido 12 mm) y las siguientes dimensiones fundamentales:

- Longitud del primer brazo de ensayo, desde el pivote al punto de prueba = 2,440m.
- Longitud del primer brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago de su dial registrador = 0,610m.
- Longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote a la punta de prueba = 2,190m.
- Longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago de su dial registrador = 0,5475m.

NOTA: Se permite el empleo de vigas con dimensiones diferentes siempre y cuando no sean tan reducidas que el radio de acción de la carga no afecte permanentemente la posición de sus patas.

V. TRABAJOS REALIZADOS POR CONTROL DE CALIDAD (QC)

5.1 Procedimiento en el Campo

5.1.1 El punto del pavimento a ser ensayado deberá ser marcado convenientemente con una línea transversal al camino. Sobre dicha línea será localizada el punto de ensayo a una distancia prefijada del borde.

5.1.2 La rueda dual extrema del camión deberá ser colocada sobre el punto seleccionado, para la correcta ubicación de la misma, deberá colocarse en la parte trasera extrema del camión una guía vertical en correspondencia con el eje de carga. Desplazando suavemente el camión, se hace coincidir la guía vertical con la línea transversal indicada en 5.1.1 de modo que simultáneamente el punto quede entre ambas llantas de la rueda dual.

5.1.3 Se coloca la viga sobre el pavimento, detrás del camión, perpendicularmente al eje de carga, de modo que la punta de prueba del primer brazo coincida con el punto de ensayo y la viga no roce contra las llantas de la rueda dual.

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Sede: Calle 10 de Agosto 1000
Sector: Santa Fe
Calle 10 de Agosto 1000
Calle 10 de Agosto 1000

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

5.1.4 Se liberan los seguros de los brazos y se ajusta la base de la vida por medio del tornillo trasero, de manera que los dos brazos de medición queden en contacto con los diales.

5.1.5 Se ajustan a los diales de modo que sus vástagos tengan un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se giran las esferas de los diales hasta que las agujas queden en cero y se verifica la lectura golpeándolos suavemente con un lápiz. Girar la esfera si es necesario y repetir la operación hasta obtener la posición 0 (cero).

5.1.6 Se hace avanzar suave y lentamente el camión, se pone en marcha el cronometro y vibrador y se leen los diales cada 60 segundos. Cuando dos lecturas sucesivas de cada uno de ellos no difieran en más de 0,01 mm, se da por finalizada la recuperación, registrándose las últimas lecturas observadas (L0 y L25).

5.1.7 Con el fin de medir la temperatura del pavimento se practica un orificio (antes de comenzar el ensayo y simultáneamente con el trazado de la línea), cuyas dimensiones serán: 4cm de profundidad y 10 mm de diámetro, aproximadamente, emplazado sobre la línea paralela al eje del camino, que pasa por el punto de determinación de la deflexión y a 50cm del mismo, en el sentido de avance del camión. Se llena con arena no menos de 10 minutos antes de iniciar el ensayo, se inserta el termómetro y se lee la temperatura, retirando el mismo antes del desplazamiento del camión.

5.1.8 El rango de temperatura de trabajo deberá quedar dentro de los siguientes límites:

Límite inferior: 5°C

Límite superior: 35°C

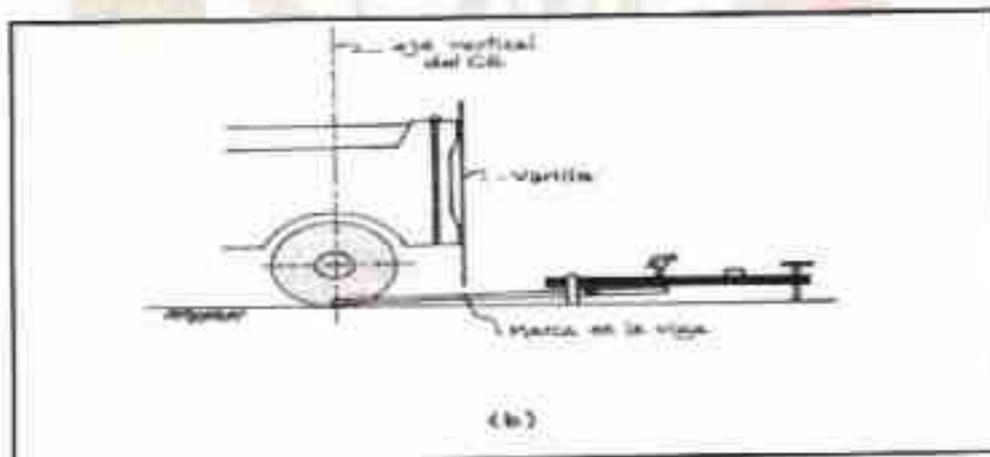
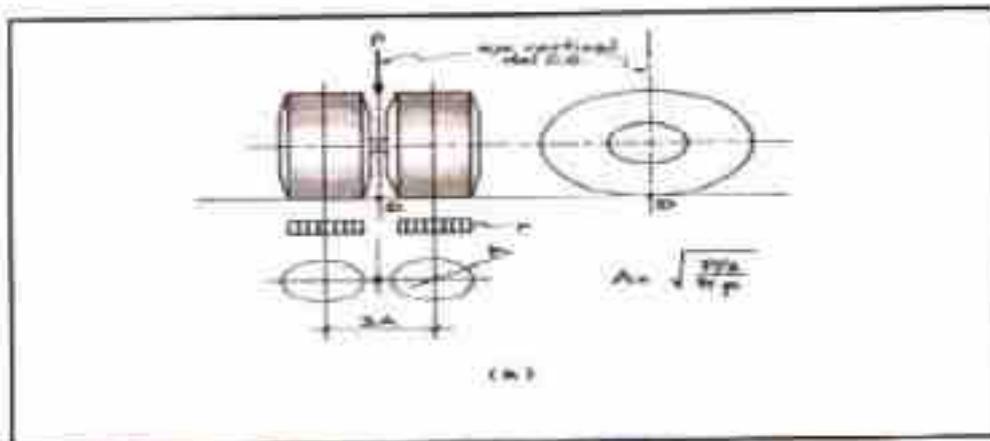
5.1.9 Tampoco deberá efectuarse el ensayo si, aun cuando no se detectara deformación plástica mediante el procedimiento recién indicado, se constatare que el radio de acción de la carga del camión afecta las patas de la regla, para lo cual se procederá de la siguiente forma:

5.1.10 Una vez registradas las lecturas de los diales, se hace retroceder lentamente el camión observando el dial del primer brazo. Cuando se observe que el dial comienza a desplazarse acusando la deformación producida por la carga, se

SEMP
SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.S.
SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. CIVIL
REG. COM. 100184

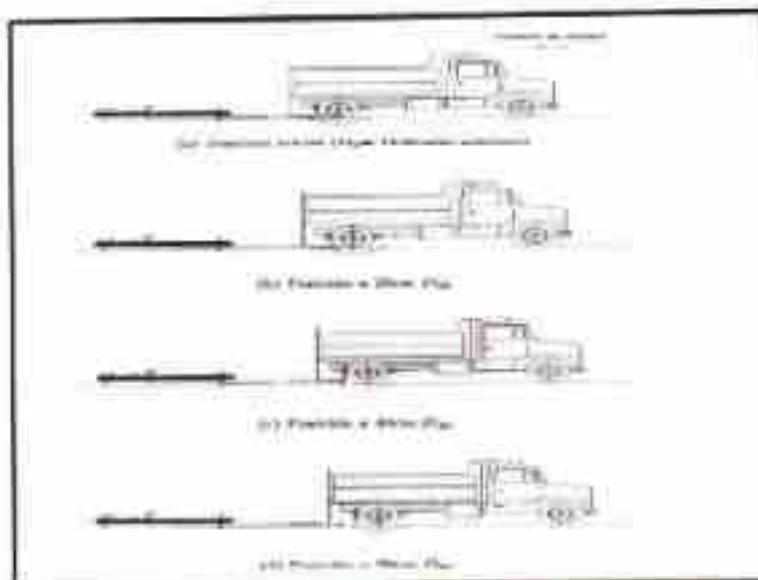
marca sobre el pavimento la posición de la guía vertical mencionada en el párrafo 5.1.2 y se detiene el retroceso del camión.

5.1.11 Se mide la distancia entre la punta de prueba del primer brazo y la marca practicada sobre el pavimento, de acuerdo con lo indicado antes. Sea de esa distancia, si es mayor de 2.40m, la acción de la carga del camión afecta las patas de la viga.



Como norma se realiza la primera marca adicional a una distancia tal que la deflexión que se obtenga en ese punto sea la mitad de la deflexión máxima (obtenida en la marca inicial). La segunda marca adicional se realiza al doble de la distancia de la primera marca adicional. Estas dos distancias se determinarán específicamente para cada proyecto de evaluación que se emprenda. Esto deberá hacerse por medio de tanteos previos, antes de comenzar la recolección de los ensayos, pero no deberá hacerse modificaciones mientras que las deflexiones tomadas en la primera marca adicional estén en el rango entre 35% y 65% de la deflexión máxima.

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.S.
Ejecutivo: Diego Vercellotti
ING. CIVIL
465-746000



Esquemática del proceso de medición con la Viga Benkelman

Para este ensayo de Viga Benkelman se realizaron los ensayos mencionados a nivel de Terreno Natural, definiendo in-situ los puntos cada 25m intercalado (lado derecho - lado izquierdo), para el ensayo de Viga Benkelman.

5.2 Equipos

Para realizar la evaluación de la estructura del pavimento de Terreno Natural se usó 01 equipo de viga benkelman y 01 camión:

Equipo

El camión cargo corresponde a 8,200 kilos del Eje Tracem de una capacidad de 12 tn, modelo KKER380T42H, con placa M1H - 861, con neumáticos de 10x20 pulg. de 12 lonas en óptimo estado, con 80 psi de presión de inflado.

Los diales de desplazamiento vertical empleado corresponde a la marca BAKER, modelo JO8A con divisiones de 0.01 mm.

Termómetro para medir la temperatura del pavimento.

Viga Benkelman de marca FORNEY Modelo LA-2251, de un brazo, con una relación de 1:2.

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundario Huelga Ferrnón
ING. CIVIL
RUC 201118578

5.3 Participaciones diversas

Dentro de las diversas actividades que se desarrollaron en la obra, el personal de Control de Calidad ha participado en las siguientes actividades de capacitación en seguridad:

- Charlas de seguridad y coordinación matutinas diarias con el personal antes del inicio de las labores.
- Charlas específicas de las labores propias en campo. Realización de ensayo de deflectometría.

VI. DEFLECTOGRAMA

El deflectograma constituye un elemento fundamental para el análisis de la variabilidad de la capacidad estructural, ya que las deflexiones permiten revelar la desuniformidad de su capacidad estructural.

La primera desuniformidad, en el sentido transversal se revela en muchos casos por las mayores deflexiones de la huella externa con respecto a la interna de un mismo carril, atribuidas principalmente a una reducción del confinamiento lateral asociada a la terminación del pavimento, y a condiciones más adversas del suelo, principalmente en lo que hace a sus contenido de humedad y grado de densificación.

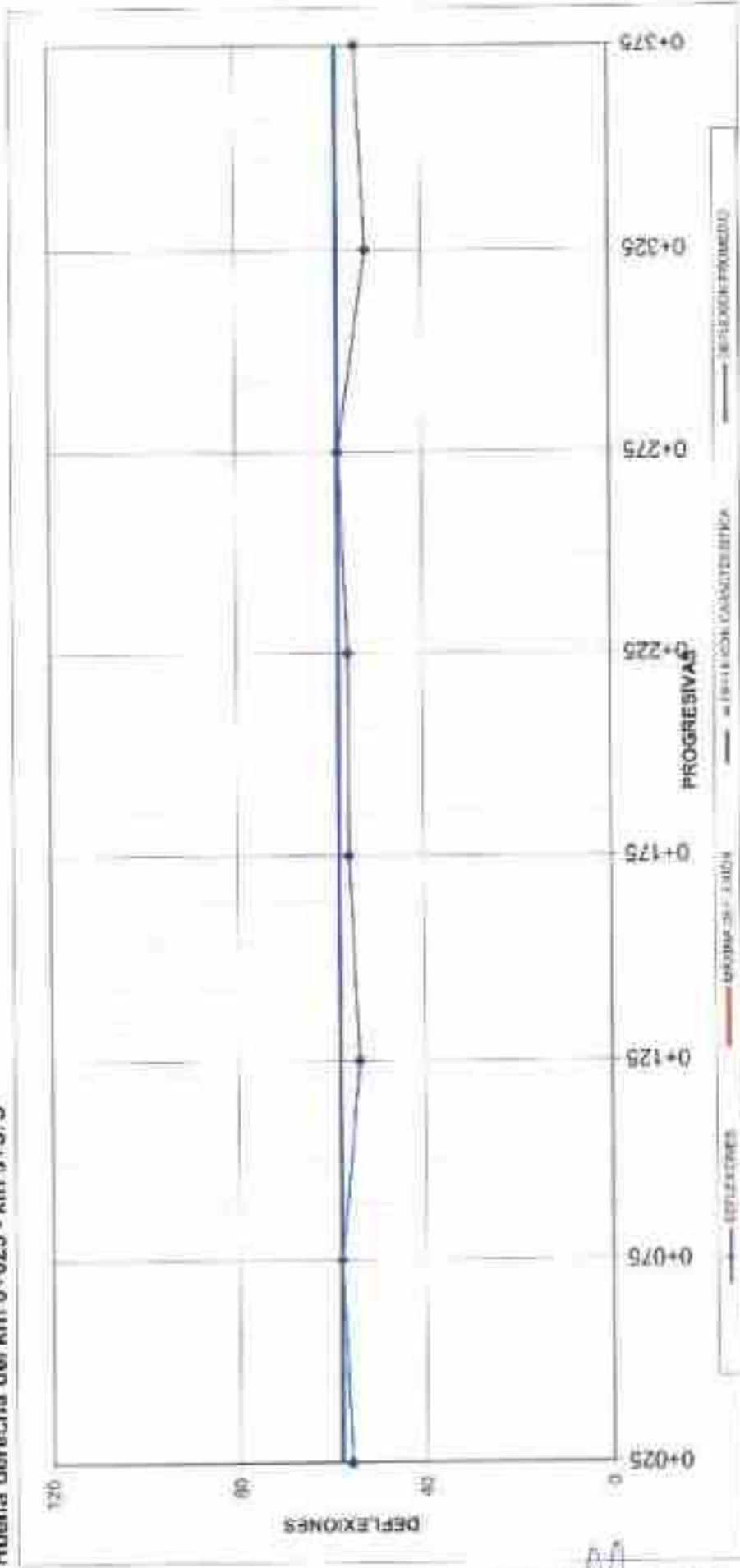
Por este motivo, las determinaciones se han conducido a la huella externa del carril, considerando crítico a una distancia del borde variable en función del ancho de la caizada.

La desuniformidad en el sentido longitudinal se revela en la gran dispersión de valores individuales, aun para determinaciones muy próximas entre sí, debido a la variabilidad de las propiedades de los materiales y del proceso constructivo.

Para interpretar los resultados no se puede considerar los valores individuales, surge la necesidad de establecer una deflexión que represente adecuadamente cada sección y por ende de una evaluación estadística.

Con este propósito, los resultados obtenidos se vuelcan en un gráfico en función de la progresivas, que se denomina deflectograma, en el que se incluyen todos los datos de interés, obtenidos; deflexiones corregidas y radios de curvatura, como del

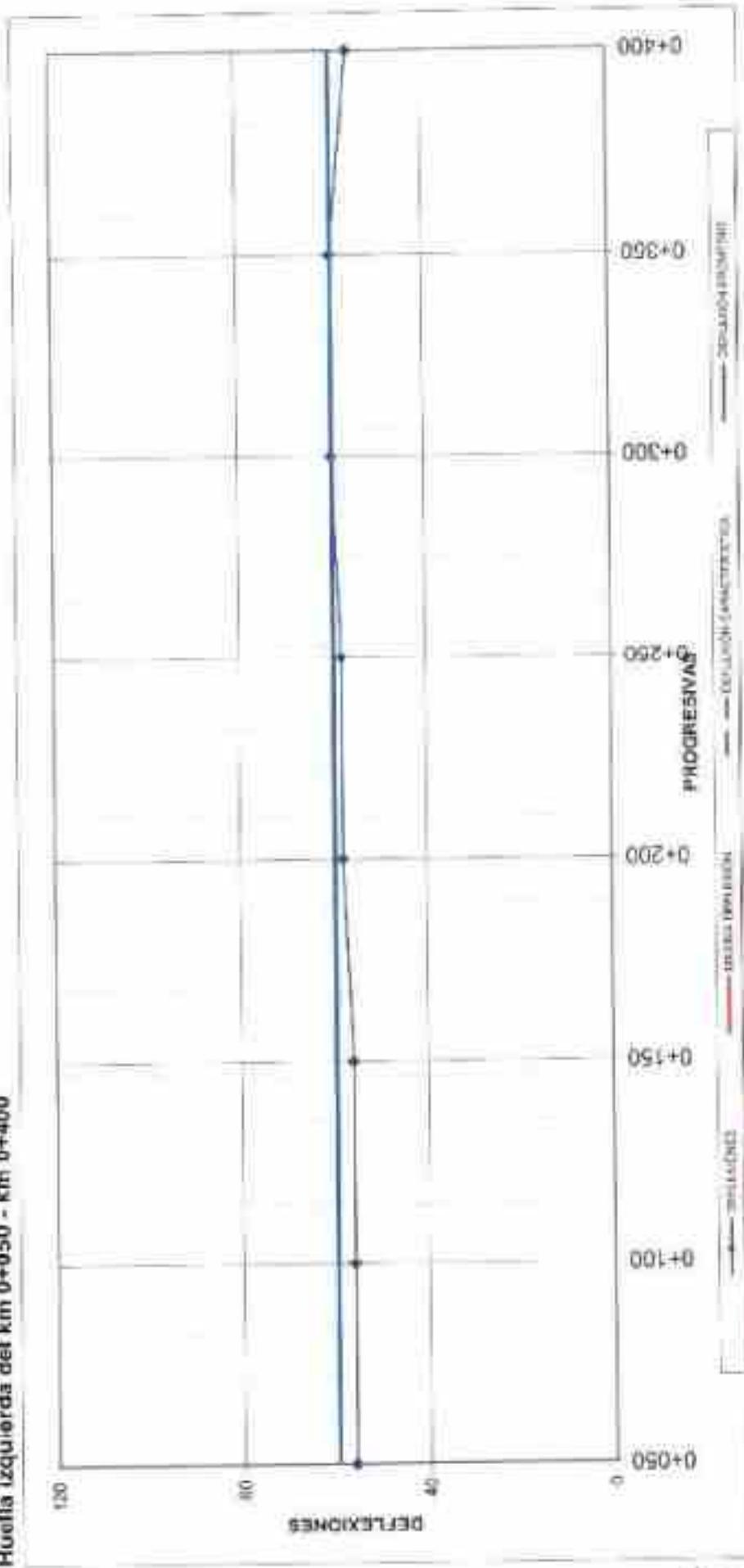
Huella derecha del km 0+025 - km 0+375



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC
 Inge. Oscar Torres
 Inge. Oscar Torres
 INGENIERO
 REG. Nº 14574



Huella izquierda del km 0+050 - km 0+400



VI. CONCLUSIONES

- La metodología con la viga Benkelman tiene mayor uso o relevancia en los trabajos a nivel de rehabilitación, mantenimiento y mejoramiento de pavimentos por su bajo costo de aplicación.
- La medición de las deflexiones, como respuesta de un pavimento flexible ante la aplicación de una carga sobre el pavimento, es la base para la evaluación estructural.
- Se realizó las deflexiones a nivel de Carpeta Asfáltica, donde la deflexión máxima es de 60 mm, las cuales reflejan una respuesta global del estado de la carretera. Su medición es simple, rápida, económica y "no destructiva", es decir no se alteran el equilibrio ni la integridad del sistema.
- Se puede observar de los gráficos anteriores que en los tramos Huella derecha y Huella izquierda la deflexión característica es menor a la deflexión admisible (60 mm), por tanto, el tramo cumple con las deflexiones admisibles.



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Recepcionista: María Fernández
ING. CIVIL
REG. C.O. 10000



VII. BIBLIOGRAFIA

- Asphalt Instituto (1977), "Asphalt Overlays and Pavement Rehabilitation", Manual series 17 (MS-17).
- Burmister, D.M. (1943), "The General Theory of stress and Displacements in Layered Systems and Applications to the Design of Airport Runways", Proceedings, HRB, vol.23.
- Hoffman M.S. y Del Aguila P.M., "Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos Basados en la Interpretación de Curvas de Deflexiones".
- CGRA (1962), "Pavement Evaluation Studies in Canada", International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Proceedings.



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundario Bolognesi, Fernández
3903, Chiclayo
404 0115278



VIII. ANEXOS

9.1 Ensayos de Deflectometría



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC
Becerra, Víctor Zoraida
DNI: 4198
REG. IN. 10000



9.2 Panel Fotográfico



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC
Secretaría de Infraestructura
DIRECCIÓN GENERAL
REG. CIVIL



VIII. ANEXOS

8.1 Ensayos de Deflectometría



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Ingeniero *[Firma]*
ING. CIVIL
RUC. CP. 140276



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Riquelme 1, Fundo El Carrizal (Cantón de la Cruz Alta, Azuay - Investigación Geotécnica)

Servicios de Laboratorio - Ovale - EMP Azuay

948 032 627 - 056 131 876 - 098 928 450

www.servicios_geotecnica.com

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN

ISO 9001:2015 CERTIFICADO

PROYECTO	Comparación de Fierres en Pavimentos Flexibles con Sub Base en Estabilización Mediante los Métodos Tradicionales y Geotécnicos	
UBICACIÓN	Calle Milla, Cuyaba y Cesar Vallejo - Chichico	
NIVEL	Carpeta asfáltica	
TRAMO	Calle Cesar Vallejo	
CARRIL	Huelga Derecha	
SOLICITANTE	Srg. Domingo Velasco Guzmán	
	Carga Eje : 8200	70
	Presión : 80	25
	Factor Corrección : Individual	
	Factor Estacional : 1	
	Deflexión Máxima : 60	1/100 mm

Fecha	Progresiva (Km)	LECTURAS DE PRIMER DIAL					FACTORES DE CORRECCIÓN DE VIGA	TEMPERATURAS		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN			OBSERVACIONES
		L-8 0.01 mm R=0	L-15 0.01 mm R=15	L-75 0.01 mm R=75	L-100 0.01 mm R=100	L-250 0.01 mm R=250		L-500 0.01 mm R=500	Amb °C	Superficie °C	DO (0.01 mm)	QPS (0.01 mm)	
12/08/2021	0+025	0	3.3	11.0	21.0	28.2	2.0	23	28.8	56	58	57.1	
12/08/2021	0+075	0	4.3	10.0	22.0	34.0	2.0	23	28.8	58	60	21.6	
12/08/2021	0+125	0	5.3	11.0	18.0	34.0	2.0	23	28.8	58	44	21.2	
12/08/2021	0+175	0	3.3	7.0	16.0	28.0	2.0	21	25.0	55	50	52.1	
12/08/2021	0+225	0	5.0	11.0	18.0	28.0	2.0	23	28.8	58	46	31.3	
12/08/2021	0+275	0	4.3	11.0	18.0	28.0	2.0	25	28.8	58	50	59.1	
12/08/2021	0+325	0	6.0	15.0	15.0	27.0	2.1	23	18.0	52	40	29.0	
12/08/2021	0+375	0	7.0	12.0	14.0	31.0	2.8	21	31.1	54	40	22.3	
		Número de Controles					3						
		Número de Deflexiones					114						
		Deflexión Proyectada					58						
		Deflexión Estimada					31.7						
		Deflexión Característica					38						

SECCIÓN DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ing. César A. Díaz Saavedra
 Ing. Geotécnica



SECCIÓN DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Viceroy Hurtado 1218, Fintada El Cerrito (A), Comuna de la Ojeda, Antioquia - Páramo (Antioquia)

Sección de Laboratorios Chile - EMP Chile

ES-43 952 622 - 954 131 006 - 980 528 250

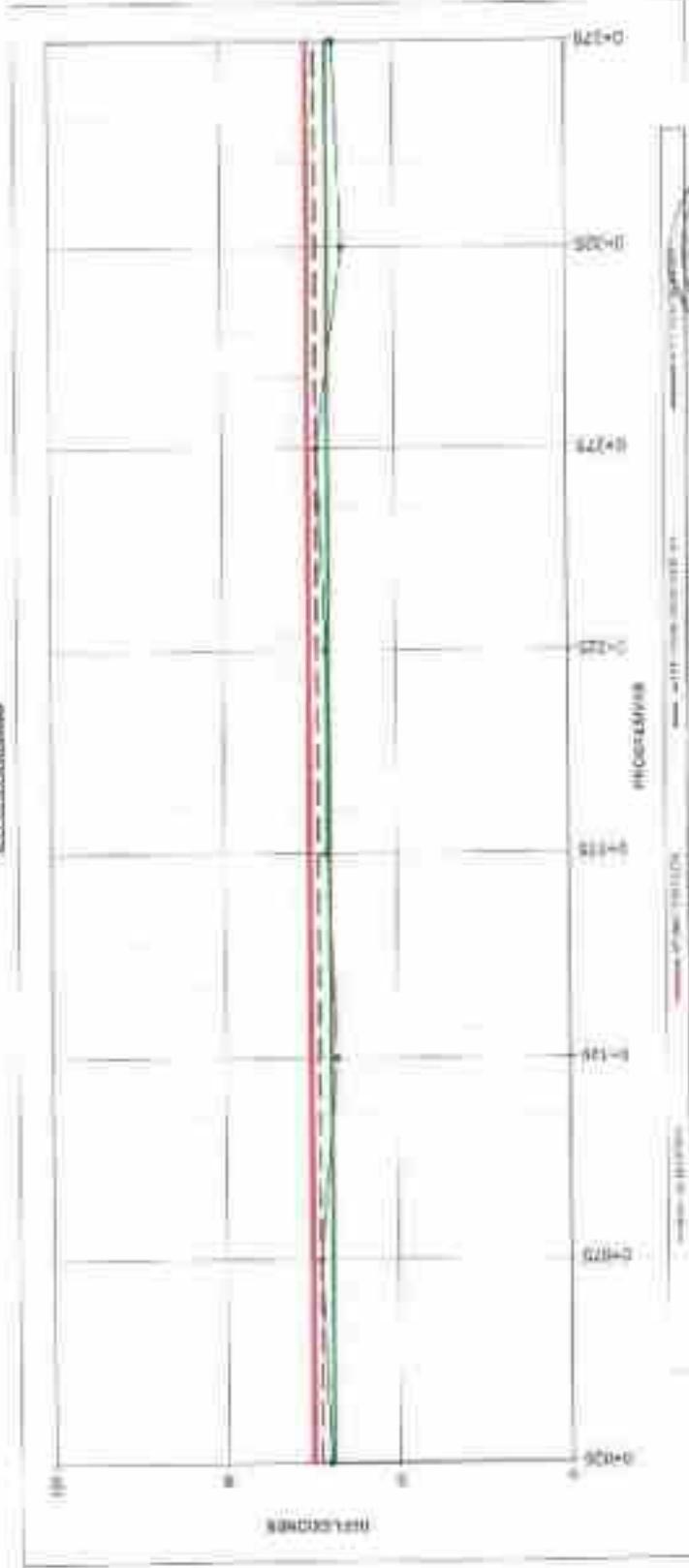
Email: ventas@semp.cl

MEDIDA DE LA DEFLEXION Y DETERMINACION DEL RADIO DE CURVATURA DE LA PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN

Forma: 102, 103, 104

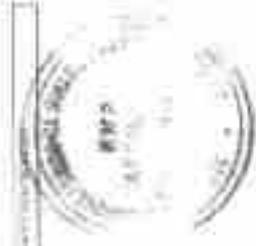
PROYECTO	Construcción de Viviendas en Poblamiento Textil en el Barrio Barón de la Estación Moderna en Módulos 1, 2, 3, 4 y 5
UBICACIÓN	Calle Millo, Cerrito y Cesar Vallejo - Ofiteño
NIVEL	Calleja edificada
TIPO DE TRAZO	Calle Cesar Vallejo
CARGA	Tráfico pesado
SOLICITANTE	Ing. Fátima Verónica Guzmán
CARGA EJE	40
PROFUNDIDAD	300
FACTOR CORRECCION	Indicada
DEFLEXION MAXIMA	0,60
	1/100 mm

RESULTADOS



LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Díaz Saavedra
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Bonifacio Huelmo Vermeiren
 ING. CIVIL
 INSC. Nº 10000



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Riquelme Luján, Fundo El Cerrito (M. Costado de la Cuarta Av. y Av. - Prolongación (siguiente))

Servicios de Laboratorios Chiriquí - EMP Av. Pinar

948852 632 - 954 131 479 - 998 028 250

E-mail: semp@semp.com

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RÁPIDO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN

(MTC E 1000 A-1910-1010)

PROYECTO: "Comparación de Pisos en Pavimentos Flexibles con Sub Base en Estructura Macromélica Tradicional y Geotextilizada"

UBICACIÓN: Calle Mito Cortés y Cesar Vallejo - Chiriquí

NIVEL: Carretera asfáltica

TRAMO: Calle Cesar Vallejo

CANTIL: Huerta coqueña

SOLICITANTE: Ing. Domingo Ventura Guevara

Carga Eje: 8200

Frecuencia: 30

Factor Conversión: Indicado

Factor Estacional: 1

Deflexión Máxima: 60 1/100 mm

Fecha	Progresivo (km)	LECTURAS DEL PRIMER DIAL							FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA VIGA	TEMPERATURAS		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN				OBSERVACIONES
		L-8 8.0 mm R=0	L-28 0.01 mm R=25	L-33 8.01 mm R=30	L-75 0.1 mm R=30	L-100 8.01 mm R=100	L-358 8.01 mm R=258	L-500 8.01 mm R=500		Amb °C	Resorte °C	DD (0.01 mm)	DD5 (0.01 mm)	RI (mm)		
12/08/2011	0+050	0.0	2.0	11.0	12.0	16.0	21.0	30.0	2.0	26.0	56	52	281			
12/08/2011	0+100	0.0	2.0	10.0	13.0	16.0	21.0	28.0	2.0	26.0	56	52	281			
12/08/2011	0+150	0.0	3.0	17.0	14.0	18.0	21.0	26.0	2.0	26.0	56	46	215			
12/08/2011	0+200	0.0	7.0	16.0	16.0	19.0	21.0	29.0	2.0	25.0	56	44	243			
12/08/2011	0+250	0.0	1.0	11.0	11.0	16.0	20.0	29.0	2.0	26.0	56	50	281			
12/08/2011	0+300	0.0	3.0	15.0	16.0	21.0	22.0	31.0	2.0	26.0	62	50	273			
12/08/2011	0+350	0.0	4.0	16.0	16.0	21.0	24.0	30.0	2.0	26.0	62	52	273			
12/08/2011	0+400	0.0	5.0	17.0	15.0	20.0	26.0	28.0	2.0	26.0	56	46	273			

SEMP
SERVICIOS DE LABORATORIOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
César A. Díaz Sastre
INGENIERO LABORATORISTA

SEMP
SERVICIOS DE LABORATORIOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Ingeniero Cesar A. Diaz Sastre
INGENIERO LABORATORISTA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

av. Vicuña Mackay 1100, El Centro, (Al Costado de la Quinta Ardiato - Intersección Bolívar)

SEMP - Servicios de Laboratorios S.A.C. - EMP AVILLOS

TEL: 011 252 532 - 954 133 676 - 928 928 250

F: 011 252 532 532 / 011 252 532 532

MEDIDA DE LA DEFLEXION Y DETERMINACION DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENMELMAN

08/11/2010 05:10:14:053

PROYECTO	Comparación de Pavimentos de Puentes con S&B Records Establecidos Mediante los Múltiples Indicadores y Coordinados
UBICACION	Calle Milla Carballi y Cesar Vallejo - Chiclayo
NIVEL	Deposito asfáltico
TRAMO	Calle Cesar Vallejo
Carretera	Huayta Grande
SOLICITANTE	Ing. Fernando Venzura Estrella
Carga Esp. (ccm)	40
Pesadas (00)	400
Factor Corrección	Iniciada
Deflexión Máxima (00)	1210 mm

DEFLECTOGRAMA



GERENTE DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Fernando Venzura Estrella
 08/11/2010 05:10:14:053

SEMP - SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 César A. Díaz Saavedra
 INGENIERO MECANICO



9.2 Panel Fotográfico



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC
Sebastián Rivera Pineda
ING. CIVIL
MTC 12010000



PANEL FOTOGRAFICO



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.S.
Sociedad por Acciones
Sociedad P. y C. Fernández
ING. CIVIL
405 124 18578

Av. Vicente Russo Lote 1, Finca El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com



SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Suavilino D. de la Fuente
ING. CIVIL
REG. N.º 16028





PERU

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

SOLICITUD DE TRÁMITE PARA RENOVACIÓN DE MARCAS

Estimado, **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

REGISTRO RENOVADO

La Resolución de Renovación será notificada a su casilla electrónica. Los datos remiidos en la solicitud son los siguientes:

RESUMEN DEL TRÁMITE

Trámite N° : 2021-SEL-0000012401
 Procedimiento : Renovación de Registros de Marcas
 Materia : SIGNOS DISTINTIVOS
 Fecha de envío : 2021-04-23 18:02:01
 Doc. Referencia : EXPEDIENTE N°: 894428-2021; CERTIFICADO N°: P00171245
 Observaciones :

DOCUMENTOS ADJUNTOS

Documentos :

DOCUMENTOS DE PAGO

Documentos : (Banco: BANCO DE LA NACION, Fecha: 2021-04-23, OP: 063230)

DATOS DEL CERTIFICADO

Título : **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**
 Denominación : EMP ASFALTOS
 Tipo de Signo : MARCA DE PRODUCTO
 Certificado N° : P00171245
 Tipo de presentación : Mista
 Clases : 19
 Fecha de vencimiento : 2020-12-22

Para el seguimiento de sus trámites virtuales puede realizarlo accediendo a la Plataforma de Servicios en Línea del INDECOPI.

Recuerde que a través de esta plataforma podrá realizar sus trámites y recibir sus notificaciones electrónicas.

Enlace de la Plataforma de Servicios en Línea: <http://servicios.indecopi.gob.pe/SEL>



Este es un código QR que contiene información de un documento electrónico emitido por INDECOPI. Para acceder a este documento, escanee el código QR con su dispositivo móvil y acceda a la Plataforma de Servicios en Línea del INDECOPI. Si desea más información, consulte el sitio web de INDECOPI.

<http://servicios.indecopi.gob.pe/SEL>

El Documento: 1403209605



RUC N° 2048735746E

REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES**CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN
PARA SER PARTICIPANTE, POSTOR Y CONTRATISTA****SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SOCIEDAD
ANONIMA CERRADA**Domiciliado en: CALLE JUAN PABLO II 682 URBANIZACION LAS BRISAS /LAMBAYEQUE-CHICLAYO-
CHICLAYO (Según información declarada en la SUNAT)*Se encuentra con inscripción vigente en los siguientes registros:***PROVEEDOR DE BIENES**

Vigencia : Desde 04/02/2017

PROVEEDOR DE SERVICIOS

Vigencia : Desde 04/02/2017

EJECUTOR DE OBRASVigencia para ser participante, postor y
contratista : Desde 21/05/2016

Capacidad Máxima de Contratación : 900,000.00 (NOVECIENTOS MIL Y 00/100)

FECHA IMPRESIÓN: 01/06/2020

Nota:Para mayor información la Entidad deberá verificar el estado actual de la vigencia de inscripción del proveedor en la página web
del RNP: www.rnp.gob.pe - opción [Ver datos de inscripción](#)[Retornar](#)[Imprimir](#)