



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con
deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San
Martin 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Manrique Pinedo, Kevin Marlon (orcid.org/0000-0002-5513-1548)

Núñez Vigo, Jhordan James (orcid.org/0000-0003-4490-0003)

ASESOR:

Msc. Paredes Aguilar, Luis (orcid.org/0000-0002-1375-179X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado a mis padres por el inmenso esfuerzo y sacrificio que hicieron al apoyarme moral y económicamente, para poder hacer posible y así concluir mis estudios universitarios, a mis hermanas y toda mi familia, por su cariño y su compañía que me impulsan a seguir adelante.

Kevin Manrique

Está dedicado a mis padres Abner Núñez, Laura Vigo por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mi expectativa, por los consejos, valores y principios que siempre me inculcaron. Y a aquellas personas que de una u otra forma influyeron a que pueda lograr cada etapa de mi vida como futuro profesional.

Jhordan Núñez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis docentes universitarios, por brindarnos sus enseñanzas y sabiduría, por su servicio al trabajo educativo, que nos llenaron de saberes necesarios y fundamentales para nuestro futuro como profesionales. Así mismo a la Universidad Cesar Vallejo por brindarnos la oportunidad de desarrollar capacidades y competencias. A mi jefe y compañeros de trabajo la oportunidad que me brindaron para desarrollar mi trabajo de investigación.

Kevin Marlon

Agradezco a Dios por bendecirme con la vida, y por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. A mis padres: Abner Núñez y Laura Vigo por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mi expectativa, por los consejos, valores y principios que siempre me inculcaron. A nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Jhordan Núñez

Índice de contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	8
3.1. Tipo y diseño de investigación	8
3.2. Variables de operacionalización.....	9
3.3. Población, muestra y muestreo.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN	19
VI. CONCLUSIONES	23
VII. RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIAS.....	26
ANEXOS	31

Índice de tablas

Tabla 1. Población y muestra	10
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
Tabla 3. Resumen de Coordenadas UTM	14
Tabla 4. Resumen estadístico de deflexiones	14
Tabla 5. Resumen estadístico del detro - Análisis modular	15
Tabla 6. Resumen del estudio de suelos y pavimentos PGV	16
Tabla 7. Resumen estadístico del número estructural efectivo.	16
Tabla 8. Sectores homogéneos definidos	17
Tabla 9. Condición estructural del pavimento	18

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1. Diseño no experimental y la relación de sus variables.	8
Figura 1. Inicio en el km 00+000	35
Figura 2. km 01+000	35
Figura 3. km 02+000	36
Figura 4. km 03+000	36
Figura 5. km 04+000	37
Figura 6. km 05+000	37
Figura 7. km 06+000	38
Figura 8. km 07+000	38
Figura 9. km 08+000	38
Figura 10. km 09+000	39
Figura 11. km 10+000 – Plaza de San Pedro de Cumbaza	40
Figura 12. km 11+000	40
Figura 13. km 12+000	40
Figura 14. km 13+000	41
Figura 15. km 14+000	42
Figura 16. km 15+000	42
Figura 17. km 16+000	43
Figura 18. km 17+000	43
Figura 19. Final en el km 17+040 – Plaza de San Roque de Cumbaza	43
Figura 20. Ubicación del área de estudio	51
Gráfico 2. Deflexión central máxima obtenida	53
Gráfico 3. Número estructural efectivo S _{Nefec}	58
Gráfico 4. Sectores homogéneos	63
Figura 21. Equipo Deflectómetro de impacto liviano	67

RESUMEN

La presente investigación titulada “Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021” tuvo como objetivo general realizar la evaluación del tratamiento superficial bicapa deflectómetro de impacto liviano carretera SM 116. En esta investigación, el tipo de diseño del estudio es no experimental, la cual se realiza sin manipular predeterminadamente las variables, tanto como la variable dependiente como independiente, presenta un enfoque cuantitativo descriptivo, porque sigue una secuencia y es demostrativo también se basó en recolectar datos para comprobar si son ciertas o no las hipótesis en función al control numérico y los comportamientos. La muestra de nuestro proyecto de investigación serán 87 puntos de estudio lo cual se distribuye cada 200 metros a tres bolillos de los 17.04 km de la población de estudio, tal como se basa en el Manual de carreteras EG MTC 2014 (Evaluación estructural por deflectometría). En conclusión, después de haber realizado la evaluación del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano, el número estructural efectivo S_{Nefec} es menor al número estructural del diseño de pavimento S_{Nreq} en los sectores “1; 2; 3; 4; 5”, por lo que de acuerdo a lo obtenido la condición estructural del pavimento existente presenta INSUFICIENCIA ESTRUCTURAL, y en el sector “6” presenta SUFICIENCIA ESTRUCTURAL.

Palabras clave: Deflectómetro de impacto liviano, tratamiento superficial, suelo, pavimento

ABSTRACT

The present investigation entitled "Structural determination of the bilayer surface treatment with light impact deflectometer on the SM 116 highway, San Martin 2021" had as general objective to carry out the evaluation of the light impact deflectometer bilayer surface treatment on the SM 116 highway. The type of study design is non-experimental, which is carried out without predetermined manipulation of the variables, both as the dependent and independent variables, presents a descriptive quantitative approach, because it follows a sequence and is demonstrative, it was also based on collecting data to check if they are the hypotheses based on numerical control and behaviors are certain or not. The sample of our research project will be 87 study points which is distributed every 200 meters to three loops of the 17.04 km of the study population, as based on the Manual of highways EG MTC 2014 (Structural evaluation by deflectometry). In conclusion, after having carried out the evaluation of the bilayer surface treatment with a light impact deflectometer, the effective structural number SN_{efec} is less than the structural number of the pavement design SN_{req} in sectors "1; two; 3; 4; 5", so that according to what was obtained, the structural condition of the existing pavement presents **STRUCTURAL INSUFFICIENCY**, and in sector" 6 "it presents **STRUCTURAL SUFFICIENCY**.

Keywords: Light impact deflectometer, surface treatment, soil, pavement

I. INTRODUCCIÓN

En la **realidad problemática**, se expone el **ámbito internacional**, el uso de ensayos in situ para el cálculo de compactación de suelo siempre ha sido una constante las obras de infraestructura vial, estos ensayos son conocidos como destructivos para el pavimento asociados también a altos costos como por ejemplo la operación de Densímetros Nucleares y la baja productividad con el equipo de Cono de Arena. Con la incorporación de nuevos métodos y equipos, se pretende mejorar las condiciones de eficiencia y rapidez para la recolección de datos, siendo un criterio de comparación con las condiciones reales de diseño. (Salamanca, 2020). Por otro lado, en el **ámbito nacional**, en la actualidad en el Perú, utilizamos de manera habitual la Viga Benkelman y el deflectómetro de impacto (FWD y HWD) con la finalidad de deducir la severidad del pavimento para así proceder a evaluar su estado real, trazar una rehabilitación y registrar la eficacia dentro del origen constructivo, no obstante, el no controlar la calidad de las capas al equipo provoca gran cantidad de data, almacenando muchos más datos de lo necesario para su revisión. A consecuencia de ello se tuvo que desarrollar dispositivos de fácil uso, económico y que brinde resultados de forma confiable en el área de la ingeniería, los cuales defieren de las practicas empíricas. Asimismo, cabe recalcar que una propuesta significativa para el control de la calidad en cuanto a pavimentos en el Perú es efectuar un control alífero y de bajo coste, de la rigidez conseguida en las labores de compactación en la construcción de un afirmado (Jiménez 2017). **En el ámbito local**, el desarrollo de una buena compactación del suelo es un procedimiento constructivo muy importante en la ingeniería civil, ya que logra mejorar sus propiedades y sus características de firmeza, la compresibilidad y la relación esfuerzo en la deformación de los suelos, donde se toma en cuenta realizar el control de calidad de los materiales, como el grado de compactación; con una técnica que nos den resultados confiables, en un tiempo corto. Por lo cual el objetivo de esta investigación es dar uso al deflectómetro de impacto liviano, utilizando como itinerario el grado de compactación logrado a través de módulos resilientes del paquete estructura del pavimento (Berrocal 2019). Luego de haber revisado estos antecedentes y viendo la necesidad de realizar un proyecto de investigación con respecto a la evaluación del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro

de impacto liviano, se ha realizado la siguiente **formulación del problema** ¿Es posible realizar la evaluación del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021? Con la cual se elaboraron los siguientes **problemas específicos**. ¿Cuál es la ubicación del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021? ¿Cuáles son las deflexiones del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021? ¿Cuáles son los módulos elásticos del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021? ¿Se calcula el número estructural efectivo del tratamiento superficial bicapa en la carretera SM 116, San Martín 2021? ¿Se obtiene tramos homogéneos del tratamiento superficial bicapa en la carretera SM 116, San Martín 2021? ¿Se analiza de resultados obtenidos del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021? Para la investigación se presentó la **justificación teórica** con la presente investigación se busca una nueva alternativa en cuanto al estudio del suelo o la capacidad portante de una carretera y el estado en el que se encuentra, obteniendo resultados 100% confiables y en menos tiempo y con menos gasto presupuestal para su respectivo estudio de acuerdo al Manual de carreteras - MTC. Como **justificación práctica** este proyecto tiene como objetivo minimizar los costos y el tiempo de estudio de una carretera con la finalidad de tener mejores resultados en corto plazo, y también un posible diseño para una futura rehabilitación del TSB; la **justificación por convivencia** de este proyecto a desarrollar es para insertar nuevas ideas a la región y ver que hay otra opción de hacer un estudio en carretera y de la misma manera tener estudios en corto plazo y con la confiabilidad que se necesita, también argumentando lo importante que se minimiza el costo al realizar con este equipo LWD; como **justificación social** está orientado a concientizar a la sociedad sobre el impacto ambiental que puede generar perforar partes de la carretera, ya que con el método convencional que se emplea, así mismo dirigido a los ingenieros y empresas relacionadas a este rubro que hay una manera diferente de obtener resultados correctos en un corto plazo. Por último, tenemos la **justificación metodológica** en dicho proyecto de investigación acudiremos y citaremos diversos aportes científicos y tesis para respaldar la investigación correspondiente. en la

parte técnica se hará el uso del equipo deflectómetro de impacto liviano. Con respecto al **objetivo general**. Realizar la evaluación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021. Con el fin de lograr cumplir con dicho objetivo, se analizaron los siguientes **objetivos específicos**. Obtener las coordenadas UTM del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021. Obtener las deflexiones del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021. Obtener los Módulos elásticos de la capa existente del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021. Determinar el Número Estructural efectivo del tratamiento superficial bicapa en la carretera SM 116, San Martín 2021. Sectorizar en tramos homogéneos por metodología de diferencias acumuladas el tratamiento superficial bicapa en la carretera SM 116, San Martín 2021 y analizar los resultados obtenidos del tratamiento superficial bicapa en la carretera SM 116, San Martín 2021. Finalmente se presenta una **hipótesis general**. Es posible evaluar el tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021. De igual manera se presenta una **hipótesis específica**. Se adquiere las coordenadas UTM del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021. Se adquiere las deflexiones del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021. Se adquiere el módulo elástico de la capa existente del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021. Se calcula el número estructural efectivo del tratamiento superficial bicapa en la carretera SM 116, San Martín 2021. Se obtiene tramos homogéneos por metodología de diferencias acumuladas del tratamiento superficial bicapa en la carretera SM 116, San Martín 2021 y se analiza los resultados obtenidos del tratamiento superficial bicapa en la carretera SM 116, San Martín 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales según: ROGRGUÉZ (2018), en su investigación titulada *Verificación de los módulos elásticos de las bases granulares obtenido a través del deflectómetro de impacto liviano (LWD)*. Tuvo como objetivo de investigación conocer el alcance de los módulos elásticos de las bases granulares obtenido a gracias al equipo LWD mediante el uso de celdas de presión. Fue un estudio de tipo diseño experimental. Los principales resultados fueron la comparación medición indirecta y directa para determinar la variabilidad de las mediciones producto del ensayo y las variables asociados a las capas de suelo. El estudio concluyó que el deflectómetro de impacto liviano tiene una alta repetividad ante la misma configuración de carga lo cual corrobora el estado de la práctica del equipo. Las celdas de presión también presentan alta repetividad, sin embargo, está es mayor se aplica una carga directamente sobre las celdas a diferencia de una carga que se aplica a 175 cm de distancia, el estudio demostró que las tensiones verticales no se propagan horizontalmente de igual manera a una distancia equivalente. Según IGNACIO (2019), en su investigación titulada *Verificación de esfuerzos verticales en bases granulares mediante el equipo deflectómetro de impacto liviano (LWD)*. (Artículo científico). Revista THX Ingeniería. La presente investigación busca verificar si el estado de esfuerzos que se calculan para las capas granulares de una estructura de pavimento, en base al módulo elástico retro-calculado a partir de mediciones de LWD, corresponden a los esfuerzos producidas por la carga del LWD. Concluyó que: La utilización de celdas de presión en la base granular y subrasante permitió verificar el módulo elástico obtenido a gracias a las con el equipo LWD. Según LEON (2015), en su investigación titulada *Estudio de tratamiento superficial Slurry Seal para conservación de pavimentos flexibles, incorporando gravas finas para mejorar características de textura superficial*. Se concluyó que es posible conocer las características detalladas, usos y ventajas con las que cuenta la lechada asfáltica para determinar si es la alternativa que más se ajusta a los requerimientos de una situación dada. **Como antecedentes nacionales** se tiene según: QUIÑONEZ (2015). En su investigación titulada *Uso del deflectómetro de impacto liviano (LWD), para la aplicación del retro cálculo en carreteras no asfaltadas, caos practico: Proyecto regional Cuzco*. Tuvo como objetivo aplicar la metodología de retro -

calculo en un proyecto de infraestructura vial y dar a saber el proceso y uso del equipo. Se concluyó que el equipo LWD, no necesita de mediciones de referencia y utilizado para hacer evaluaciones estructurales del pavimento, almacenando los datos obtenidos y procesarlas mediante su software, los resultados son usados como parámetros en una disposición de gestión de obra vial. Según JIMÉNES (2017). En su investigación titulada *Comparación en campo con deflectómetro liviano en la evaluación de rigidez in situ usado en el control de compactación*. (artículo científico) Tuvo como objetivo realizar una comparación del procedimiento que propuso Marradi et al en el año 2011 en el uso del equipo deflectómetro de impacto liviano (LWD) como equipo de control de compactación, y el análisis de los resultados obtenidos con densímetro nuclear (DN). Se concluyó que es importante implementar este procedimiento como una opción perfecta para el control de compactación. **Como antecedentes regionales**, según: BERROCAL (2019). En su investigación titulada *Comparación del control de compactación In Situ, utilizando el deflectómetro de peso liviano (LWD) comparado a los resultados del método nuclear y método del cono de arena para un tramo del proyecto Tocache-Juanjuí, en la región de San Martín*. Tuvo como objetivo determinar si los resultados obtenidos con el equipo LWD que pueden ser utilizados para el control de compactación en obra con la misma seguridad con la que se realizan los ensayos de densímetro nuclear y el cono de arena. Fue un estudio de tipo de diseño no experimental, la población del estudio estuvo conformada por la subbase granular, la muestra conformada por 20 puntos de estudio cada uno por los equipos (LWD, densímetro nuclear y cono de arena), la herramienta empleada para el desarrollo fue la observación, cuestionarios realizados, entre otros. Se concluyó que en futuras investigaciones se debe considerar que el tipo de material que se está colocando puede ser la subrasante o la subbase distribuidos entre 15 y 30 cm respectivamente. Según CONDEZO TORRES (2020), en su investigación titulada *Análisis del Comportamiento funcional y estructural de la carretera Lamas - Pamashto y Bellavista – Ledoy con tratamientos superficiales* tuvo como objetivo la investigación y evaluación del comportamiento estructural y funcional de la carretera Lamas – Pamashto y Bellavista – Ledoy con tratamientos superficiales. Es una investigación experimental y se realizará en campo y gabinete, población las carreteras de Lamas - Pamashto con tratamiento superficial Bicapa y la

carretera Bellavista – Ledoy con Slurry Seal. Instrumentos utilizados. Ensayos, revisión de libros, e información a la entidad PEHCBM. Se concluyó que en cuanto a la serviciabilidad que ofrece la vía al usuario, se apreció que el Slurry Seal tiene mejor comportamiento funcional frente al tratamiento superficial Bicapa, asegurando una mejor vida útil del pavimento, mejor grado de confort al manejar, esto puede explicarse que el Slurry Seal presenta pocos vacíos ya que su granulometría le proporciona un bajo índice de vacío lo cual le da una mejor permeabilidad a lo que no es el tratamiento superficial bicapa. **Teorías relacionadas a la variable independiente cuantitativa**. Deflectómetro de impacto liviano. **Definición conceptual**. Según QUIÑONEZ, Daniel (2015). Es un equipo de impacto portátil, el cual realiza pruebas o ensayos no destructivos en el pavimento, fue creado para realizar mediciones in-situ de módulos elásticos de bases, subbases y subrasante de pavimento de materiales no ligados. **Definición operacional**. Es un equipo para ser usado en carreteras no pavimentadas o pavimentadas con bajo volumen de tránsito, que te determina los módulos resilientes de las capas existentes. QUIÑONEZ, Daniel (2015) **Dimensiones:** Descripción, funcionamiento y mediciones. Según Jiménez (2017). El equipo tiene tres tipos de carga, 10, 15 y 20 Kg correspondientemente, con eso es posible simular un esfuerzo ejercido por el paso de una rueda de eje equivalente a 80km/hora con una duración de hasta 30ms. Según Rodríguez (2018). El deflectómetro mide la fuerza aplicada por caída libre del peso y luego este valor se divide por el área de plato con la finalidad de conocer la presión aplicada y simultáneamente se mide a deformación del suelo ante esta carga. Según Quiñonez (2015). Se refiere a una serie de operación, verificación y demostración de la funcionabilidad del equipo a fin de tener condiciones óptimas de operatividad. Este paso es primordial ya, que las mediciones con el equipo de deflectómetro de impacto liviano son registrados en un geófono, que recoge toda la información obtenida en campo. Es inevitable verificar el óptimo estado de todas las partes del equipo, que llevan a los resultados. Esto está relacionado con las acciones necesarias para dar la seguridad al personal y al equipo que está operando ya, que estas mediciones se realizan en el pavimento o la carretera de estudio. **Indicadores:** Carga, plato de carga, geófono, operación, actividad de campo, toma de datos, módulos elásticos y deflexiones, coordenadas UTM, sectorización por

diferencias acumuladas. Según Quiñonez (2015). El equipo tiene un geófono de precisión o un sensor de velocidad sísmica, que mide la velocidad con la que se deforma el pavimento evaluado a causa de un impacto producido por la carga. Según Manual de carreteras – MTC (2014) El módulo elástico es la medida de la rigidez de la subrasante del suelo, luego de la aplicación de las cargas, cuando los materiales granulares y las capas existentes tienen un comportamiento elástico resiliente. Según Quiñonez (2015) La deflexión es un desplazamiento vertical del pavimento y su superficie, por la producción de una aplicación de una carga, las capas se deflactan formándose deformaciones y esfuerzos. Según la AASHTO (1993). La sectorización por diferencias acumuladas es un procedimiento analítico que se basa en un hecho matemático, se limitan entre puntos de cambio en el sentido de la pendiente. **Variable dependiente cuantitativa.** Tratamiento superficial bicapa. **Definición conceptual.** Según Trujillo, Erika (2018). Los TSB consiste en la aplicación de dos riegos de forma alternada y distribuida de ligante bituminoso y gravilla en forma intercalada sobre una superficie acondicionada previamente. Es de mucha utilidad para vías de bajo tráfico, caminos rurales. **Definición operacional:** Consiste en la aplicación de múltiples riegos sobre una capa granular, mayormente usados en carreteras de bajo tránsito. TRUJILLO, Erika (2018). **Dimensiones:** Parámetros básicos, bases, operación y conservación. Según el Manual de carreteras – MTC (2014). Los parámetros básicos de este estudio deberán dar la información del índice medio diario anual (IMDA) para los diferentes tramos viales de la materia de un estudio. Es provechoso para ello que los estudios ya proporcionen la identificación de sectorización de tramos homogéneos. **Indicadores:** CBR, tráfico vial, número estructural efectivo, base, subbase, subrasante, rugosidad, evaluación estructural por deflectometría, renovación superficial. Según el Manual de carreteras - MTC. (2014). El valor del número estructural efectivo es una muestra de la capacidad estructural del pavimento, el cual depende del espesor de las capas existentes y su calidad de la estructura del pavimento y del módulo elástico de la subrasante. Según AASHTO (1993), la ecuación número estructural efectivo no tiene una solución única, hay muchas combinaciones de los espesores de cada capa que le dan una solución confiable. Según Quiroz, Gonzales. La rugosidad es la cantidad de irregularidades en la superficie del pavimento que afecta el confort y la calidad de rodado.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Este proyecto de investigación presenta un **enfoque cuantitativo descriptivo**, porque sigue una secuencia y es demostrativo también se basó en recolectar datos para comprobar si son ciertas o no las hipótesis en función al control numérico y a los comportamientos y se comprobaron teorías. **El tipo de diseño del estudio** que se le atribuye a la investigación es **no experimental transeccional**, la cual se realiza sin manipular predeterminadamente las variables, tanto como la variable independiente (Deflectómetro de impacto liviano) y como tampoco se manipuló la variable dependiente (Tratamiento superficial bicapa). En otras palabras, a las variables no es posible manipularlas porque ocurren, no se tiene control directo y no se puede influir en ellas, porque sus efectos ya sucedieron. Se observa los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para luego analizar los resultados. Asimismo, el proyecto de investigación corresponde a una investigación tipo aplicada, pues se basa en investigaciones ya aplicadas en donde se propone realizar la evaluación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano. El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema. Se debe visualizar la manera práctica y concreta de contestar las preguntas del proyecto investigación, al mismo tiempo cumplir con los objetivos fijados. (Wentz, 2014).

Gráfico 1: Diseño no experimental y la relación de sus variables.



Fuente: Elaboración propia

3.2. Variables de operacionalización

Variable independiente cuantitativa. Deflectómetro de impacto liviano. En cuanto a la operacionalización de variables se encuentra la **definición conceptual** según (Quiñonez, 2015). Es un equipo de impacto portátil, el cual realiza pruebas o ensayos no destructivos en el pavimento, fue creado para realizar mediciones in-situ de módulos elásticos de bases, subbases y subrasante de pavimento de materiales no ligados. **Definición operacional.** Es un equipo para ser usado en carreteras no pavimentadas o pavimentadas con bajo volumen de tránsito, que te determina los módulos resilientes de las capas existentes. Quiñonez (2015). Para ello se ha planteado establecer **dimensiones** para esclarecer el objetivo de estudio, entre ellos: **a)** Descripción, **b)** funcionamiento y **c)** mediciones. Seguidamente se procedió con los **indicadores** los cuales sirven de herramientas para lograr las dimensiones, para ellos se planearon estudios como: Carga, plato de carga, geófono, operación, actividad de campo, toma de datos, modulo elásticos y deflexiones, coordenadas UTM, sectorización por diferencias acumuladas. Finalmente, la **Escala de medición** será de Intervalo. Variable dependiente cuantitativa. Tratamiento superficial bicapa. como **definición conceptual** tenemos según Trujillo (2018). Los TSB se basa en la aplicación de dos riegos de forma alternada y distribuida y consta de un ligante bituminoso y gravilla en forma intercalada y distribuida sobre una superficie acondicionada previamente. Es de mucha utilidad para vías de bajo tráfico, caminos rurales. Posteriormente se elaboró la **definición operacional** tenemos según Trujillo (2018). Consiste en la aplicación de múltiples riegos sobre una capa granular, mayormente usados en carreteras de bajo tránsito. Seguidamente se tiene las **dimensiones** de la variable dependiente las cuales son: **a)** Parámetros básicos, **b)** bases, **c)** operación y conservación. Se continuó con los **indicadores** que son el CBR, el tráfico vial, el número estructural efectivo, la base, subbase, la subrasante, la rugosidad, evaluación estructural por deflectometría, renovación superficial. para concluir la escala de medición para esta variable también será de Intervalo.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población se deduce como el conjunto unidades y de análisis cuyas características o propiedades se van a estudiar en un lugar o periodo determinado, puede ser finita o infinita de acuerdo a su dimensión (Fernández, 2014). En nuestro proyecto de investigación la población fue el tramo del 0+000 km al 17+040 km de la carretera SM - 116 ubicado en la región San Martín.

Muestra

Una muestra es un conjunto de unidades de muestreo primarias, que debe ser representativo y debe tener un tamaño mínimo apropiado, de la cual puede hacerse deducciones sobre la población. (Fernández, 2014). La muestra de nuestro proyecto de investigación serán 87 puntos de estudio lo cual se distribuye cada 200 metros a tres bolillos de los 17.04 km de la población de estudio, tal como se basa en el Manual de carreteras EG MTC 2014 (Evaluación estructural por deflectometría)

Tabla 1. Población y muestra

Población	Muestra	Población	Muestra
Kilómetros	Puntos de estudio	Kilómetros	Puntos de estudio
0+000-1+000 km	6	9+000-10+000 km	5
1+000-2+000 km	5	10+000-11+000 km	5
2+000-3+000 km	5	11+000-12+000 km	5
3+000-4+000 km	5	12+000-13+000 km	5
4+000-5+000 km	5	13+000-14+000 km	5
5+000-6+000 km	5	14+000-15+000 km	5
6+000-7+000 km	5	15+000-16+000 km	5
7+000-8+000 km	5	16+000-17+000 km	5
8+000-9+000 km	5	17+000-17+040 km	1
<i>Fuente: Elaboración propia</i>		TOTAL	87 puntos

Muestreo

El muestro aplicado tal y como se basa en el Manual de carreteras EG MTC – 2014 (Evaluación estructural por deflectometría)

Unidad de análisis

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

En un trabajo de investigación se dispone de distintos tipos de instrumentos para calcular las variables de interés, la cual en muchas ocasiones llega a combinarse con diferentes técnicas de recolección de datos (Hernández, 2014). Esta investigación tomó como técnica las pruebas estandarizadas basándose en las normas del Manual de carreteras EG MTC - 2014 (Evaluación estructural por deflectometría), para realizar el ensayo con deflectómetro de impacto liviano, además se utilizó la observación para el análisis, control y evaluación del proceso y resultados.

Instrumento

Para crear un instrumento, el proceso es transformar la variable en subvariable y lograr el mismo significado, pero con cualidades más sencillas que su variable general, luego con los indicadores y finalmente con los ítems o reactivos y sus respectivas categorías (Hernández, 2014). Los instrumentos que se utilizaron para analizar las variables de estudio fueron estudiados en la empresa GALVK CONSULTORES utilizando los formatos establecidos en función a las normas del Manual de carreteras EG MTC - 2014, AASHTO 93. Se utilizó las fichas de registro para transcribir los datos obtenidos.

Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos	Instrumento	Fuente
Coordenadas UTM	Ficha de registro	GEÓFONO
Deflectometría con LWD	Ficha de registro	MANUAL DE CARRETERAS GE MTC - 2014
Retro análisis modular con LWD	Ficha de registro	ASSHTO 93
Determinación del número estructural efectivo	Ficha de registro	ASSHTO 93
Sectorización por diferencias acumuladas	Ficha de registro	GALKV CONSULTORES

Fuente: Elaboración propia

Validez

Es el grado de asertividad y eficacia en el cual un instrumento mide a la variable que se está estudiando. (Hernández, 2014).

En esta investigación los formatos que se emplearon ya se encuentran estandarizados por las normas del Manual de carreteras EG MTC - 2014, AASHTO 93.

Confiabilidad

Para hacer confiable un instrumento de medición se debe regir en que su aplicación reiterativa al mismo objeto o sujeto arroje los mismos resultados. (Hernández, 2014).

Para la presente investigación los equipos que se emplearon funcionaron adecuadamente y calibrados según los parámetros que exige la norma.

3.5. Procedimientos

Dado de que se busca realizar una evaluación estructural del tratamiento superficial bicapa con defleómetro de impacto liviano, se procede a hacer el ensayo de campo de deflectometría con el equipo, según la norma de carreteras EG MTC – 2014, en los 87 puntos de estudios sobre la carretera SM – 116 para obtener las deflexiones, dato que se utilizará de igual manera para obtener por retrocalculo los módulos elásticos del propio tratamiento

superficial, paralelamente gracias al geófono que tiene incorporado el equipo, obtendremos las coordenadas UTM que nos servirá para saber exactamente donde está ubicado el proyecto de investigación, después continuáramos con el proceso de determinación del número estructural efectivo según la guía de diseño AASHTO de 1993, de los 87 puntos de estudio. Por consiguiente, se procede a calcular los sectores homogéneos por metodología de diferencias acumuladas tal y como recomienda la guía de diseño ASSTHO de 1993. Por último, se hace el análisis de los resultados obtenidos.

3.6. Método de análisis de datos

En la presente investigación se tomaron formatos estipulados de acuerdo a las normas, los datos recolectados se pasan a Microsoft Excel para poder facilitar la sistematización de información, organizar y presentar en cuadros la estadística descriptiva de los resultados. Para la obtener las coordenadas UTM, las deflexiones y los módulos elásticos del pavimento serán respaldados por el manual de carreteras EG MTC – 2014 y la guía de diseño ASSHTO de 1993. Para la determinación del número estructural efectivo se respaldará en la guía de diseño ASSHTO de 1993. Para el cálculo de sectores homogéneos se respaldará por metodología de diferencias acumuladas tal y como recomienda la guía de diseño ASSHTO de 1993.

3.7. Aspectos éticos

Para el presente proyecto se cumplió estrechamente con los requisitos de la norma de manual de carreteras EG MTC – 2014, ASSHTO 93 y a su vez con la guía de productos observables de la Universidad Cesar Vallejo, ya que se empleó para la recopilación de información valiosa y así garantizar los derechos de autores de las referencias bibliográficas que se utilizaron.

IV. RESULTADOS

4.1. Coordenadas UTM – Ubicación del proyecto.

Tabla 3: Resumen de coordenadas UTM

N°	Longitud	Latitud	N°	Longitud	Latitud	N°	Longitud	Latitud
1	-76.391222	-6.475187	30	-76.39109	-6.445228	59	-76.41478	-6.413883
2	-76.391437	-6.473503	31	-76.38976	-6.444689	60	-76.41491	-6.412565
3	-76.390407	-6.472138	32	-76.39044	-6.442807	61	-76.41544	-6.411027
...
27	-76.392068	-6.450596	56	-76.4132	-6.416274	85	-76.43625	-6.385832
28	-76.391753	-6.449091	57	-76.41408	-6.415208	86	-76.4374	-6.386058
29	-76.391743	-6.446964	58	-76.41385	-6.414183	87	-76.43829	-6.385816

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por GALKV CONSULTORES

Interpretación: Se muestran los siguientes resultados, las coordenadas UTM, fueron obtenidas por el equipo Deflectómetro de impacto liviano en cada uno de los puntos de estudio sobre la carretera, a través del software Anydyn V3.4.37.0, la información fue proporcionada por GALKV CONSULTORES. La ubicación del proyecto o área de estudio corresponde a la vía departamental SM-116, Tramo: PE-5N – (Pte. Cumbaza) – Dv. San Roque de Cumbaza – San Martín. Esta vía departamental tiene una longitud total de 17.04 kilómetros. En la figura N°20 se puede observar la ubicación del área de estudio y el detalle de las coordenadas UTM se presentan en los Anexos adjuntos al proyecto de investigación.

4.2. Mediciones deflectométricas

Table 4: Resumen estadístico de deflexiones

NUMERO	PROMEDIO	Deflexión Central D0 (μm)			
		MAX. OBTENI.	MIN. OBTENI.	DESV. ESTAND.	COEF. VARIACION
87	181.59	370.83	68.53	48.44	0.27

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por GALKV CONSULTORES

Interpretación: Se muestra el resumen estadístico de las mediciones deflectométricas obtenidas con el equipo deflectómetro de impacto liviano sobre la carretera SM – 116, a través del software Anydyn V3.4.37.0. Las mediciones de las deflexiones sobre la superficie existente fueron realizadas por GALKV CONSULTORES y por los presentes tesisistas, el cual consideró para la evaluación correspondiente, las especificaciones recomendadas por el manual de usuario del equipo y el MANUAL DE CARRETERAS EG MTC – 2014. En el gráfico N°21 se presenta el deflectograma de la deflexión central máxima (D0) obtenida, el detalle de las mediciones deflectométricas se presentan en los Anexos adjuntos al proyecto de investigación.

4.3. Retro - Análisis de módulos elásticos

Tabla 5: Resumen estadístico del retro - Análisis modular

Módulo elástico Compuesto Capa Granular (Mpa)					
NUM.	PROMED.	MAX. OBTENIDO	MIN. OBTENIDO	DESV. ESTAND.	COEF. VARIACI.
87	141.47	348.37	63.8	42.09	0.3

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por GALKV CONSULTORES

Interpretación: Se muestran el resumen estadístico del Retro – Análisis de módulos elásticos. Metodología que describe la caracterización del material granular en términos del módulo elástico del pavimento. Para el módulo elástico, el equipo deflectómetro de impacto liviano determina la rigidez estática, calculado a partir de los valores máximos de fuerza y deflexión, a través del software Anydyn V3.4.37.0. La información fue proporcionada por GALKV CONSULTORES. El detalle del retro – análisis modular se presentan en los Anexos adjuntos al presente proyecto de investigación.

4.4. Determinación del Número Estructural Efectivo.

Tabla 6: Resumen del estudio de suelos y pavimentos PGV.

SM - 116: Morales - San Roque				
Sector	Base Granular	Sub base granular	Mejor. con material CBR>40%	Espesor material granular
km. 00+000 - km. 3+000	15	15	0	30
km. 3+000 - km. 10+000	25	0	0	25
km. 10+000 - km. 17+040	20	0	0	20

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por PEHCBM

Tabla 7: Resumen estadístico del número estructural efectivo.

Número Estructural Efectivo SNe fec					
NUM.	PROM.	MAX. OBT.	MIN. OBT.	DESV. EST.	COF. VAR.
87	1.25	1.74	0.93	0	0.14

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por GALKV CONSULTORES

Interpretación: El valor del número estructural efectivo SNe fec es un indicativo de la capacidad estructural del pavimento, para el presente proyecto de investigación se ha utilizado la fórmula AASHTO 93 que correlaciona el Módulo elástico y el espesor total de la estructura del pavimento. En la tabla 6 se presenta los resúmenes del estudio de suelos y pavimentos del CONTRATO DE GESTIÓN POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED REGIONAL BAJO MAYO – SAN MARTIN, realizado por Consorcio Vial San Martín, espesores totales considerados para el cálculo del SNe fec, información proporcionada por el PEHCBM el cual adjuntaremos en Anexos. En la tabla 7 se muestran el resumen estadístico de la determinación del número estructural efectivo. La información fue proporcionada por GALKV CONSULTORES. En el gráfico N° 22 se presenta la descripción del número estructural efectivo del tramo estudiado, se presentan en los Anexos adjuntos al proyecto de investigación.

4.5. Sectorización por diferencias acumuladas

Tabla 8: Sectores homogéneos definidos

TRAMOS HOMOGENEOS - SM-116						
Sector	Inicio	Fin	Longitud	SNefec	Desv. Est.	Coef. Var.
1	0	3200	3200	1.56	0.1	6.34
2	3200	4400	1200	1.25	0.18	14.51
3	4400	7200	2800	1.23	0.07	5.94
4	7200	9400	2200	1.11	0.08	7.47
5	9400	10800	1400	1.28	0.18	13.97
6	10800	17040	6240	1.16	0.09	7.63

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por GALKV CONSULTORES

Interpretación: En la tabla 8 se presenta los siguientes resultados, los sectores homogéneos definidos por la metodología de diferencias acumuladas tal y como que recomienda la guía de diseño AASHTO 93, los sectores homogéneos se localizan entre puntos con cambios en el sentido de la pendiente, el sector 1 del 0.0 km al 3.2 km con una longitud de 3.2 km y un SNefec de 1.56, el sector 2 del 3.2 km al 4.4 km con una longitud de 1.2 km y con un SNefec de 1.25, el sector 3 del 4.4 km al 7.2 km con una longitud de 2.8 km y con un SNefec de 1.23, el sector 4 del 7.2 km al 9.4 km con una longitud de 2.2 km y con un SNefec de 1.11, el sector 5 del 9.4 km al 10.8 km con una longitud de 1.4 km y con un SNefec de 1.28, el sector 6 del 10.8 km al 17.04 km con una longitud de 6.240 km y con un SNefec de 1.16. La información fue proporcionada por GALKV CONSULTORES, en el grafico N° 23 se presenta la sectorización de por diferencias acumuladas del tramo evaluado teniendo en cuenta el número estructural efectivo SNefec como respuesta del pavimento y el detalle de los sectores homogéneos definidos se presentan en los Anexos adjuntos al proyecto de investigación.

4.6. Análisis de los resultados obtenidos

Tabla 9: Condición estructural del pavimento

CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE						
Sector	Inicio	Fin	Longitud	SNefec	SNreq	Observaciones
1	0+000	3+200	3200	1.56	1.6	INSUFICIENCIA
2	3+200	4+400	1200	1.25	1.45	INSUFICIENCIA
3	4+400	7+200	2800	1.23	1.45	INSUFICIENCIA
4	7+200	9+400	2200	1.11	1.45	INSUFICIENCIA
5	9+400	10+800	1400	1.28	1.45	INSUFICIENCIA
6	10+800	17+040	6240	1.16	1.03	SUFICIENCIA

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por GALKV CONSULTORES y PEHCYBM

Interpretación: En la tabla 9 se presentan los valores del número estructural efectivo SNefec obtenidos mediante retro – cálculo, estos valores son comparados con el número estructural del diseño de pavimento SNreq obtenido del CONTRATO DE GESTIÓN POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED REGIONAL BAJO MAYO – SAN MARTIN, realizado por Consorcio Vial San Martin. Con respecto a la condición estructural del pavimento, se puede ver en la tabla 9 que, el número estructural efectivo SNefec es menor al número estructural del diseño de pavimento SNreq en los sectores “1; 2; 3; 4; 5”, por lo que de acuerdo a lo obtenido la condición estructural del pavimento existente, presenta **INSUFICIENCIA ESTRUCTURAL**, y en el sector “6” presenta **SUFICIENCIA ESTRUCTURAL**. La información fue proporcionada por GALKV CONSULTORES y el detalle de la condición estructural del pavimento se presentan en los Anexos adjuntos al proyecto de investigación.

V. DISCUSIÓN

Los Resultados alcanzados de la evaluación en el km 00+000 – 17+040 del tramo de la carretera SM 116 con el equipo Deflectómetro de Impacto Liviano fueron trabajados y extraídos del software, en el laboratorio GALKV CONSULTORES E.I.R.L, en la cual su investigación tiene referencia a Rodríguez (2018) donde señala en su estudio sobre los módulos elásticos de las bases granulares obtenidos con el equipo LWD, que dio como resultado conocer el alcance de los módulos elásticos de las bases granulares los cuales fueron tomadas desde dicho equipo, fue un estudio experimental y los resultados que se obtuvieron fueron de comparación de medición directa e indirecta, determinando la variabilidad del producto del ensayo y sus variables asociadas a las capas del suelo. Esto llevó a una conclusión de que el equipo Deflectómetro de Impacto Liviano tiene una alta repetitividad ante la misma configuración de carga lo cual corrobora el estado de práctica del equipo le da confiabilidad más que necesaria para realizar los tipos de estudios en carreteras bicapa y así obtener módulos elásticos en menos tiempo e igual de efectivos. Por otro lado, Ignacio (2019) refuerza dicha teoría con respecto al equipo Deflectómetro de Impacto Liviano (artículo científico) en la cual hace una aclaración y le da una sostenibilidad con respecto a la lectura del Equipo, sumando a ello el hecho de que con este aparato tecnológico se puede obtener coordenadas UTM, las cuales son de suma importancia ya que ello te da el sistema operativo del equipo y se usa como los puntos de referencias de la ruta tratada, las Deflexiones la cual también son arrojados por el software del equipo así como los Módulos resilientes, el cual se obtiene mediante el análisis del software, y una vez realizado ello se trabaja con los datos arrojados por el sistema para lograr un trabajo óptimo. Por otro lado, tenemos a León (2015) en la cuál en su investigación habla sobre la superficie Slurry Seal sobre la conservación de pavimentos flexibles, incorporando gravas finas para mejorar las características de textura superficial. Esto llevó a conclusiones en las cuales es posible conocer las particularidades a detalle, los usos y primacías con las que cuenta la lechada asfáltica para establecer si es la alternativa que más se ajusta a las exigencias de una situación dada. De tal modo tenemos a Quiñonez (2015) donde habla acerca de las carreteras no asfaltadas y el uso del equipo Deflectómetro para la aplicación del retro cálculo y que tan eficaz es el equipo. El proyecto fue realizado y puesto a prueba en Cuzco y como se

mencionó el objetivo principal era aplicar la metodología del retro cálculo en un proyecto de infraestructura vial y dar a saber el proceso y uso del equipo, al final del estudio se concluyó que el equipo LWD no necesita de mediciones de referencia y utilizado para hacer evaluaciones estructurales del pavimento, almacenando los datos obtenidos y procesándolos mediante su software, las cuales usa parámetros en una disposición de gestión de obra vial. Y siendo este el caso podemos llegar a conclusiones simples en las que el equipo LWD sirve principalmente para poder tomar datos de bicapas y en carreteras no asfaltadas, dando mejores resultados y en menos tiempo, así mismo cuidando el medio ambiente ya que no es un equipo que cause daños al pavimento o a la naturaleza. Por otro lado, tenemos a Jiménez (2017) en donde habla sobre la comparación en campo del LWD en la evaluación de rigidez in situ usado en el control de compactación. Donde su objetivo principal fue realizar una comparación con Marradj et al en el año 2011 en el uso del equipo Deflectómetro de Impacto Liviano (LWD) asumiendo que fue un equipo de control de compactación, y el análisis de los resultados obtenidos con densímetros nuclear (DN). Donde se llegó a la conclusión de que el equipo de Deflectómetro de Impacto Liviano es de suma importancia al implementarlo como un procedimiento fundamental y como una opción perfecta para el control de compactación. Con ello entonces deducimos que el equipo tiene una función importante en cuanto a un estudio previo como también o un post – estudio en el cual se pueden determinar de forma precisa el desgaste de un pavimento bicapa y dar recomendaciones de ser necesarias o hasta podríamos hablar de un posible re – diseño. Dentro de ello es inevitable no mencionar a Berrocal (2019) el cual habla y refuerza el tema de comparación del control de compactación In Situ, utilizando el Deflectómetro de impacto liviano y al mismo tiempo comparando los resultados del método nuclear y a ello lo añadieron el cono de arena para dicho estudio que tuvo lugar en Tocache – Juanjuí, en la región de San Martín, Tuvo como objetivo determinar si los resultados obtenidos con el equipo LWD que pueden ser utilizados para el control de compactación en obra con la misma seguridad con la que se realizan los ensayos de densímetro nuclear y el cono de arena. Donde se aplicó un estudio de tipo de diseño no experimental, conformado como población una subbase granular, teniendo una muestra conformada por 20 puntos de estudio; cada uno por los equipos (LWD, densímetro nuclear y cono de arena), la herramienta usada para el

desarrollo fue la observación, cuestionarios realizados, etc. De esa manera se concluyó que en futuras investigaciones se debería considerar que el tipo de material que se esté coloca pueda ser en la subrasante o la subbase, sean distribuidas entre 15 y 30 cm respectivamente. tomando así una vez más el hecho de que el equipo LWD viene a ser muy importante y a cumplir una función única en los estudios de pavimentos bicapa. A esto debemos incluir a Condezo Torres (2020) en una de sus investigaciones habla sobre el comportamiento funcional y estructural de la carretera Lamas – Pamashto y Bellavista – Ledoy con tratamientos superficiales en el cual tuvo como objetivo principal investigar y evaluar el comportamiento estructural de la carretera con tratamientos superficiales. La investigación fue experimental y se realizó en campo y gabinete, se contó cómo la población a la carretera de Lamas – Pamashto con tratamiento superficial Bicapa y la carretera Bellavista – Ledoy con Slurry Seal. Se utilizaron instrumentos como ensayos, revisión de libros e información de la entidad PEHCBM. Esto llevó a la conclusión que en cuanto a la serviciabilidad que ofrece la vía al usuario, se apreció que el Slurry Seal tiene mejor comportamiento funcional frente al tratamiento superficial bicapa asegurando una mejor vida útil del pavimento, mejor grado de confort al conducir, esto es debido a que el Slurry Seal presenta pocos o casi nada de vacíos ya que su granulometría le proporciona un bajo índice de vacío lo cual le da un permeabilidad, algo muy diferente al tratamiento superficial bicapa. En base a esto podemos deducir que el equipo LWD tiene una función importante en el cuanto al estudio de un pavimento bicapa, ya que su capacidad de tomar datos con el software hace que recolecte la información necesaria, y en este caso fue lo que hicimos con el tramo 00+000 – 17+040 de la carretera SM 116, donde se obtuvo 87 tomas de puntos para dicho estudio y se logró recolectar la información correcta , precisa y contundente, logrando procesar los datos del sistema en gabinete y obteniendo lo planteado desde el proyecto de tesis hasta el desarrollo; y gracias a ello se pudo obtener conocimientos adicionales sobre el equipo y su respectivo manejo. Como parte final de ello citamos llegamos a la conclusión de que cada autor da un punto de vista positivo con el equipo LWD, haciendo de ella una prueba contundente del uso en cuanto a los estudios de pavimentos bicapa, ya que el dispositivo gracias a su software nos da resultados como coordenadas UTM; Deflexiones, Módulos Elásticos y con ellos se puede obtener Número Estructural,

Sectorización por diferencias Acumulada. Y gracias a todos estos datos podemos llegar a identificar como se encuentra el estado de pavimento en el punto tratado.

VI. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de las coordenadas UTM mediante el equipo Deflectómetro de impacto liviano a través del software Anydyn V3.4.37.0, nos permitieron saber la Ubicación del proyecto y tener una perspectiva más clara del área de estudio, que corresponde a la vía departamental SM – 116, Tramo: PE-5N – (Pte. Cumbaza) – Dv. San Roque de Cumbaza – San Martín. Esta vía departamental tiene una longitud total de 17.04 kilómetros.
- Las mediciones deflectométricas se obtiene gracias al el equipo deflectómetro de impacto liviano sobre la carretera SM – 116 a través del software Anydyn V3.4.37.0, que nos permitieron saber el promedio de las deflexiones siendo 181.59 respectivamente, también el máximo valor obtenido 370.83 y el valor mínimo obtenido 68.53, valores que posteriormente serán usando para el retro - análisis modular del pavimento.
- El valor del módulo elástico del pavimento se obtiene por el equipo deflectómetro de impacto liviano a través del software Anydyn V3.4.37.0, calculado a partir de los valores máximos de fuerza y la deflexión, siendo el promedio de estas 141.47, el valor máximo obtenido 348.37 y el valor mínimo obtenido 63.80, valores que posteriormente serán usado para el cálculo del número estructural efectivo del pavimento.
- El presente proyecto de investigación para el valor del Número estructural efectivo S_{Nefec} se ha utilizado la formula AASHTO 93 que correlaciona el Módulo elástico y el espesor total de la estructura del pavimento, obteniendo así de los 87 puntos de estudio el promedio 1.25, el valor máximo obtenido 1.74 y el valor mínimo obtenido 0.93. Estos valores representan el número estructural actual del pavimento.
- De los sectores homogéneos definidos por la metodología de diferencias acumuladas se obtuvieron los siguientes sectores localizados entre el sector 1 del 0.0 km al 3.2 km con una longitud de 3.2 km y un S_{Nefec} de 1.56, el sector 2 del 3.2 km al 4.4 km con una longitud de 1.2 km y con un S_{Nefec} de 1.25, el sector 3 del 4.4 km al 7.2 km con una longitud de 2.8 km y con un S_{Nefec} de 1.23, el sector 4 del 7.2 km al 9.4 km con una longitud de 2.2 km y con un S_{Nefec} de 1.11, el sector 5 del 9.4 km al 10.8 km con una longitud de 1.4 km y con un S_{Nefec} de 1.28, el

sector 6 del 10.8 km al 17.04 km con una longitud de 6.240 km y con un SNefec de 1.16 respectivamente.

- Los valores del número estructural efectivo SNefec obtenidos mediante retro – cálculo se comparan con el número estructural del diseño de pavimento SNreq deduciendo así que el número estructural efectivo SNefec es menor al número estructural del diseño de pavimento SNreq en los sectores “1; 2; 3; 4; 5”, por lo que de acuerdo a lo obtenido la condición estructural del pavimento existente presenta **INSUFICIENCIA ESTRUCTURAL**, y en el sector “6” presenta **SUFICIENCIA ESTRUCTURAL**.

VII. RECOMENDACIONES

- Con el desarrollo del presente proyecto de investigación, en particular con la evaluación del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano y verificando la condición estructural del pavimento existente, se recomienda hacer nuevas evaluaciones de por nivel de servicio, el estudio geotécnico en los puntos críticos sobre la carretera, para saber los valores actuales de las subrasante, estudio de tráfico para saber el índice medio diario actual (IMD), estudio de serviciabilidad (PSI) para la comodidad de circulación, el confort de la vía, calculando a la vez toda la infraestructura del todo el tramo.
- Se recomienda en futuras investigaciones realizar evaluaciones con el equipo deflectómetro de impacto liviano en las carreteras regionales afirmadas, ya que el equipo no solo sirve para hacer evaluaciones sobre carreteras pavimentadas de bajo tránsito, sino que también para carreteras afirmadas. Se recomienda que, en las evaluaciones de deflexiones sobre la carretera, contar con los equipos de protección personal EPP, y trabajar con vigías con conos y señales de tránsito en la parte delantera y posterior del punto de estudio para que desvíen o controlen el tránsito para brindar una mayor seguridad al momento de realizar el ensayo.

REFERENCIAS

- ARRIOLA, Marie y FARIAS, José. En su investigación titulada. *Propuesta metodológica para verificación del grado de compactación de suelos con un deflectómetro de impacto liviano (LWD)*. Tesis de pregrado. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima – Perú – 2020. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/10397>
- AVILA, Edison, ALBARRACÍN, Flavio y BOJORQUE, Jaime. En su investigación titulada. *Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso*. Artículo científico. Revista Maskana. Cuenca – Ecuador – 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.11>
- BAROUNIS, Nick y SMITH, Tom. En su investigación titulada. *Characterisation of in situ soil base don the resilient soil modulus obtained using Light Weight Deflectometer (LWD)*. Artículo científico. Revista Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium. Christchurch - New Zealand – 2017. Disponible en: [NZGS Symposium 20 Barounis4-3.pdf](#)
- BERROCAL, Charo. En su investigación titulada. *Comparación del control de grado compactación In Situ, utilizando el deflectómetro de peso liviano (LWD) comparado a los resultados del método nuclear y método del cono de arena para un tramo del proyecto Tocache – Juanjuí, En la región San Martín*. Tesis de pregrado. Universidad Continental. Huancayo – Perú – 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/6352>
- CASIA, Juan. En su investigación titulada. *Evaluación estructural de pavimentos flexibles usando deflectómetro de impacto en la carretera tarma – La Merced*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú – 2015. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/413>

GUZMÁN, Edwin. En su investigación titulada. *Factores para el ajuste de módulos de retrocálculo de pavimentos flexibles*. Artículo científico. Revista Ciencia, Innovación y Tecnología (RCIYT). Tunja – Colombia – 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.38017/2390058X.76>

GUZZARLAPUDI, Sunny. En su investigación titulada. *Comparative studies of light weight deflectometer and Benkelman beam deflectometer in low volumen roads*. Artículo científico. Revista Journal of traffic and transportation engineering. Surat – India – 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.09.005>

GIUNTOLI, Silvia. En su investigación titulada. *Field performance ecaliation od unbound granular materials using the fast falling weight deflectometer*. Artículo científico. Revista 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure. Zadar - Croatia – 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.5592/CO/cetra.2018.791>

HERNANDEZ, Roberto, *Metodologia de la investigacion*, 6ª ed. México, McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2014, ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.

JIMÉNES, Milton. En su investigación titulada. *Comparación en campo con deflectómetro liviano en la evaluación de rigidez in situ usado en el control de compactación*. Artículo científico. Revista I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos. Lima – Perú – 2017. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/3994>

MANUAL DE CARRETERAS. SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS. R.D. N° 10 – 2014-

MTC/14. Disponible en:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf

KUTTAH, Dina. En su investigación titulada. *Determining the resilient modulus of Sandy subgrade usig cyclic light weight deflectometer test*. Artículo científico. Revista Trasportation Geotechnies 27. Linköping – Sweden – 2021. Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1533123/FULLTEXT01.pdf>

KURNIAWATI, Siti y PRATUDA, Hakas. En su investigación titulada. *Quality assessment of road pavement using light weight Deflectometer*. Artículo científico. Revista Advances in Engineering. Indonesia – 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.2991/icosite-19.2019.16>

KUMAR, Vishal y Sanjeev. En su investigación titulada. *Feasibility of Light Weight Deflectometer Measured Surface Deflection on Flexible Pavement for Quality Assessment*. Artículo científica. Revista SSRG International Journal of Civil Engineering. Bihar – India – 2020. Disponible en: [10.14445/23488352/IJCE-V7I7P110](https://doi.org/10.14445/23488352/IJCE-V7I7P110)

KUMAR, Prakash y Dr. Praveen. En su investigación titulada. *Review of falling Weight Deflectometer for Assessment of Flexible Pavement*. Artículo científico. Revista E.L.K Asia Pacific Journals of engineering and structural development. India – 2018. Disponible en: <https://www.elkjournals.com/MasterAdmin/UploadFolder/REVIEW%20OF%20FALLING%20WEIGHT%20DEFLECTOMETER%20FOR%20ASSESSMENT%20OF%20FLEXIBLE%20PAVEMENT-2-3/REVIEW%20OF%20FALLING%20WEIGHT%20DEFLECTOMETER%20FOR%20ASSESSMENT%20OF%20FLEXIBLE%20PAVEMENT-2-3.pdf>

QUIÑONEZ, Daniel. En su investigación titulada. *Uso del deflectómetro de impacto liviano (LWD), para la aplicación del retrocalculo en carreteras no*

asfaltadas, caso práctico: Proyecto Regional Cuzco. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú – 2015. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/4387>

RIVERA, Julián, ALDERETE, Natalia, BRISUELA, Luciano y VILLANUEVA, Martin. En su investigación titulada. *Diseño de pavimento urbanos por retrocálculo según guía AASHTO 93 mediante la utilización del deflectómetro liviano de impacto*. Artículo científico. Revista científica Infraestructura Vial. La Plata – Argentina – 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/iv.v16i27.14554>

RODRIGUEZ, Jairo. En su investigación titulada. *Evaluación del módulo resiliente fundamentado en la Deflectometría y la geotecnia para optimizar diseños y costos en pavimentos reciclados de la carreta Yanango – Puente Herrería*. Tesis de grado. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima – Perú – 2020. Disponible: <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/10774>

RODRÍGUEZ, Ignacio. En su investigación titulada. *Verificación del módulo elástico de bases granulares obtenido a través del deflectómetro de impacto liviano*. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica de Chile – Santiago – Chile – 2018. Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/21881>

SALAMANCA, Eliana. En su investigación titulada. *Curvas de calibración para el control de la calidad de compactación usando equipo LWD en capas granulares en un proyecto de infraestructura vial*. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá – Colombia – 2020. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/47174>

THENOUX, Guillermo y RODRÍGUEZ, Ignacio. En su investigación titulada. *Verificación de esfuerzos verticales en bases granulares mediante deflectómetro de impacto liviano (LWD) y celdas de presión*. Artículo científico. Revista THX Ingeniería – Santiago – Chile – 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329880181_Verificacion_del_Mo

dulo de Bases Granulares obtenido a traves del Deflectometro de Impacto Liviano LFWD empleando Celdas de Presion

ZHANG, Junhui. En su investigación titulada. *Using portable falling weight deflectometer to determine treatment depth of subgrades in highway reconstruction of Southern China*. Artículo científico. Revista Transportation Safety and Environment. China – 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/tse/tdaa005>

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente	Es un equipo de impacto portátil, el cual realiza pruebas o ensayos no destructivos en el pavimento, fue creado para realizar mediciones in-situ de módulos elásticos de bases, subbases y subrasante de pavimento de materiales no ligados. (Quiñonez, 2015).	Es un equipo para ser usado en carreteras no pavimentadas o pavimentadas con bajo volumen de tránsito, que te determina los módulos resilientes de las capas existentes. (Quiñonez, 2015).	Descripción	Carga, plato de carga, geófono.	Intervalo
Deflectómetro de impacto liviano			Funcionamiento	Operación, actividad de campo, toma de datos,	Intervalo
			Mediciones.	Modulo elásticos y deflexiones, Coordenadas UTM, Sectorización por diferencias acumuladas	Intervalo
Variable dependiente	Los TSB consiste en la aplicación de dos riegos de forma alternada y distribuida de ligante bituminoso y gravilla en forma intercalada sobre una superficie acondicionada previamente. La vida útil viene a ser desde los 10 años larga que la de monocapa. Es de mucha utilidad para vías de bajo tráfico, caminos rurales. (Trujillo, 2018).	Consiste en la aplicación de múltiples riegos sobre una capa granular, mayormente usados en carreteras de bajo tránsito. (Trujillo, 2018).	Parámetros básicos	CBR, tráfico vial, Número estructural efectivo	Intervalo
Tratamiento superficial bicapa			Bases	Base, subbase, subrasante	Intervalo
			Operación y conservación	Rugosidad, evaluación estructural por deflectometría, renovación superficial.	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Registro fotográfico

ANEXO 2: Registro fotográfico

A continuación, se presenta el registro fotográfico de las mediciones deflectométricas realizadas con el equipo Deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116 – San Martín

Figura N°1: Inicio en el km 00+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°2: km 01+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°3: km 02+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°4: km 03+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°5: km 04+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°06: km 05+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°07: km 06+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°08: km 07+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°09: km 08+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°10: km 09+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°11: km 10+000 – Plaza de San Pedro de Cumbaza



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°12: km 11+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°13: km 12+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°14: km 13+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°15: km 15+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°16: km 16+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°17: km 17+000



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°19: Final en el km 17+040 – Plaza de San Roque de Cumbaza



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: Resultados de la prueba realizada con el equipo

ANEXO 3: Resultados de la prueba realizada con el equipo



Raison sociale : LAB DIAG
SARL au capital de 80 000 €
LOT 311 - 14, rue de la Perdrix
Tremblay en France
5934 Roissy CH De Gaulle CEDE
Tél : 01.49.89.29.94

Rincent Île de France Nord



Plataformas evaluadas Pruebas de deflectómetro portátil - Minidyn™

R.S.: GALKV CONSULTORES EIRL
RUC. 20494195381
Jr. Prolongación Alerta
N° 437 - Tarapoto - Perú

Responsable de Ensayo : Gulliver Flores Torres
Teléfono : +51 982 328 626
Email : gerencia@galkv.com.pe

INFORMACIÓN GENERAL

Cliente: MANRIQUE PINEDO KEVIN MARLON Fecha de pruebas: 10/09/2021
Sitio de SM-690: MORALES-SAN ANTONIO-SAN ROQUE Número de archivo : GALKV/LWD/SM-690
Localidad: REGIÓN SAN MARTÍN Fecha del informe de prueba: 14/12/2021

APARATO METROLÓGICO Y VERIFICACIÓN

Modelo: Minidyn 2 Fecha de calibración: 04/02/2021
Número de serie : DYN120C Rango de medición: 10 á 250 MPa
Altura de caída: 75 cm Masa : 10 kg Diámetro de la placa: 300

NATURALEZA DEL APOYO PROBADO

Fecha de pruebas: 10/09/2021 Naturaleza de soporte: Terreno Natural
Estado de soporte: Despejado Naturaleza del material: Tratamiento Superficial

RESUMEN DE RESULTADOS

Número de pruebas: 87 **dulo Edyn2 moderado = 142.3 MPa**
Umbral de recepción Edyn2 (MPa): N.C. **Edyn2 min = 63.8 MPa**
Número de puntos por encima del umbral de aceptación : 87 **Edyn2 max = 250 MPa**

Comentarios :

Responsable de prueba :
JEAN PAUL RODAS TENAZOA

Validación :
Gulliver FLORES TORRES



Plataformas evaluadas

Raison sociale : LAB DIAG
SARL au capital de 80 000 €
LOT 311 - 14, rue de la Perdrix
Tremblay en France
95934 Roissy CH De Gaulle CEDEX
Tél : 01.49.89.29.94

R.S.: GALKV CONSULTORES EIRL
RUC. 20494195381
Jr. Prolongación Alerta
N°437 - Tarapoto - Perú

Responsable de Ensayo : Gulliver Flores Torres
Teléfono : +51 982 328 626
Email : gerencia@galkv.com.pe

RESULTADOS DE LA PRUEBA

N° ensa	Longitud	Latitud	Módulo Efectivo (Mpa)	Módulo Efectivo (Mpa)	Módulo Efectivo (Mpa)	Fmax	Umax 4	Umax 5	Umax 6	Edyn2
1	-76.391222	-6.475187	218.9	216.6	208.2	8.40	111.8	113.9	118.3	214.6
2	-76.391437	-6.473503	136.7	132.5	150.2	8.27	177.3	182.7	159.1	139.8
3	-76.390407	-6.472138	174.2	182.1	175.7	8.23	138.3	134.0	136.6	177.3
4	-76.388090	-6.471797	125.3	114.2	112.4	8.47	197.9	215.6	220.8	117.3
5	-76.386201	-6.472031	154.0	161.0	157.3	8.27	159.4	148.2	153.3	157.4
6	-76.384571	-6.472202	167.6	171.6	172.1	8.40	147.3	143.7	142.6	170.4
7	-76.383133	-6.471754	177.8	183.5	188.2	8.30	136.8	132.1	129.1	183.2
8	-76.382768	-6.470411	210.4	213.4	219.0	8.20	114.2	112.3	109.3	214.3
9	-76.382318	-6.469110	140.1	139.6	142.2	8.03	169.4	168.5	164.7	140.6
10	-76.382253	-6.468428	177.8	189.7	192.3	8.23	135.6	127.2	125.7	186.6
11	-76.382726	-6.468022	237.4	241.7	247.5	8.30	102.4	100.7	97.5	242.2
12	-76.380941	-6.468437	159.0	154.1	157.9	8.23	151.5	156.9	152.5	157.0
13	-76.379271	-6.468450	168.2	160.9	163.0	8.37	145.6	150.2	150.0	164.0
14	-76.378449	-6.467883	192.5	186.4	188.2	8.33	127.3	129.7	128.9	189.0
15	-76.379976	-6.466968	142.3	141.8	142.2	8.23	169.9	168.9	168.4	142.1
16	-76.381723	-6.466564	189.5	212.7	205.7	8.13	125.3	113.4	115.7	202.6
17	-76.383046	-6.465306	181.5	183.9	142.2	8.37	133.3	133.1	173.2	169.2
18	-76.384736	-6.464018	148.5	152.4	155.2	8.27	162.9	159.6	154.7	152.0
19	-76.385980	-6.463230	123.1	121.0	115.2	8.13	195.1	195.8	205.7	119.8
20	-76.387182	-6.461814	107.3	111.6	110.7	8.27	224.5	218.4	220.5	109.9
21	-76.388305	-6.460506	131.7	140.9	141.4	8.37	186.2	172.5	173.6	138.0
22	-76.389197	-6.458793	116.1	115.4	116.2	8.10	204.7	205.6	203.3	115.9
23	-76.389989	-6.457300	147.9	151.7	156.0	8.43	165.3	162.4	158.5	151.9
24	-76.390448	-6.455460	173.8	167.7	170.3	8.33	141.2	145.2	142.5	170.6
25	-76.390901	-6.453883	172.4	183.7	186.2	8.10	136.9	131.6	124.6	180.8
26	-76.391691	-6.452281	158.1	175.3	170.1	8.23	152.5	137.5	142.4	167.8
27	-76.392068	-6.450596	146.3	145.2	150.1	8.17	162.3	164.6	160.3	147.2
28	-76.391753	-6.449091	128.0	137.9	139.8	8.00	183.6	170.5	166.7	135.2
29	-76.391743	-6.446964	109.9	114.2	121.2	8.33	220.5	215.5	200.7	115.1



Plataformas evaluadas

Raison sociale : LAB DIAG
SARL au capital de 80 000 €
LOT 311 - 14, rue de la Perdrix
Tremblay en France
95934 Roissy CH De Gaulle CEDEX
Tél : 01.49.89.29.94

R.S.: GALKV CONSULTORES EIRL
RUC. 20494195381
Jr. Prolongación Alerca
N° 437 - Tarapoto - Perú

Responsable de Ensayo : Gulliver Flores Torres
Teléfono : +51 982 328 626
Email : gerencia@galkv.com.pe

RESULTADOS DE LA PRUEBA

N° ensa	Longitud	Latitud	Módulo Efectivo (Mpa)	Módulo Efectivo (Mpa)	Módulo Efectivo (Mpa)	Fmax	Umax 4	Umax 5	Umax 6	Edyn2
30	-76.391090	-6.445228	155.0	157.2	157.7	7.70	144.0	144.0	144.1	156.6
31	-76.389761	-6.444689	121.4	125.2	130.2	8.33	199.9	195.8	187.2	125.6
32	-76.390444	-6.442807	143.8	145.6	145.2	8.30	169.5	167.6	167.2	144.9
33	-76.390903	-6.441132	206.0	222.3	221.4	8.33	117.8	109.5	110.3	216.6
34	-76.391590	-6.439399	123.5	129.4	132.7	8.27	194.5	187.3	182.4	128.5
35	-76.391882	-6.437774	140.5	145.0	145.0	8.07	169.0	160.6	160.6	143.5
36	-76.391999	-6.436192	122.7	127.2	126.0	8.33	197.9	191.7	194.9	125.3
37	-76.392944	-6.434387	148.7	162.9	160.0	8.33	162.9	148.3	152.9	157.2
38	-76.392767	-6.432826	95.8	102.5	103.0	8.27	252.3	233.5	235.3	100.4
39	-76.393056	-6.431397	90.5	105.2	102.1	8.13	263.2	226.2	234.4	99.3
40	-76.394640	-6.430945	65.0	67.1	59.3	8.07	365.8	351.8	394.9	63.8
41	-76.395677	-6.430127	101.3	111.0	107.9	8.20	237.0	214.9	221.6	106.7
42	-76.396175	-6.428114	140.3	135.7	130.4	8.13	171.3	176.1	179.3	135.5
43	-76.396895	-6.426554	107.5	110.6	101.6	8.20	221.2	215.7	237.5	106.6
44	-76.398525	-6.425979	113.1	109.8	112.6	8.17	213.0	216.8	213.3	111.8
45	-76.399589	-6.425010	86.2	84.7	87.7	8.07	274.4	274.7	269.8	86.2
46	-76.400968	-6.424455	122.2	128.6	125.8	8.10	194.2	184.0	187.3	125.5
47	-76.402618	-6.424163	114.2	105.9	120.3	8.13	208.7	224.5	199.0	113.5
48	-76.404252	-6.424021	107.9	110.1	107.1	8.03	214.8	215.2	221.1	108.4
49	-76.404343	-6.422742	185.3	216.7	188.9	8.07	128.4	109.1	124.5	197.0
50	-76.404989	-6.421180	122.7	132.6	133.9	8.07	193.2	177.3	177.1	129.7
51	-76.406608	-6.420597	323.1	359.9	362.1	8.13	74.1	66.8	64.7	348.4
52	-76.408503	-6.420481	117.1	122.0	115.8	8.07	204.9	194.0	200.0	118.3
53	-76.409840	-6.419625	183.9	214.7	207.1	8.20	130.1	111.7	115.1	201.9
54	-76.411114	-6.418428	170.2	171.8	168.0	8.17	141.8	140.0	140.8	170.0
55	-76.411843	-6.417063	152.9	148.0	163.2	8.10	156.4	160.7	143.1	154.7
56	-76.413195	-6.416274	143.3	128.8	143.8	7.93	162.3	181.2	160.7	138.6
57	-76.414075	-6.415208	103.5	99.6	94.5	7.90	228.4	227.4	245.2	99.2
58	-76.413853	-6.414183	174.9	180.7	196.1	8.07	135.2	129.8	120.7	183.9



Plataformas evaluadas

Raison sociale : LAB DIAG
SARL au capital de 80 000 €
LOT 311 - 14, rue de la Perdrix
Tremblay en France
95934 Roissy CH De Gaulle CEDEX
Tél : 01.49.89.29.94

R.S.: GALKV CONSULTORES EIRL
RUC. 20494195381
Jr. Prolongación Alerta
N°437 - Tarapoto - Perú

Responsable de Ensayo : Gulliver Flores Torres
Teléfono : +51 982 328 626
Email : gerencia@galkv.com.pe

RESULTADOS DE LA PRUEBA

N° enca	Longitud	Latitud	Módulo Efectivo (Mpa)	Módulo Efectivo (Mpa)	Módulo Efectivo (Mpa)	Fmax	Umax 4	Umax 5	Umax 6	Edyn2
59	-76.414784	-6.413883	123.7	119.5	115.1	7.97	189.7	194.3	203.3	119.4
60	-76.414909	-6.412565	97.7	101.5	105.9	8.07	238.8	232.7	224.5	101.7
61	-76.415442	-6.411027	98.5	107.1	90.8	7.90	233.2	217.8	251.3	98.8
62	-76.416427	-6.410298	118.7	111.3	123.4	8.07	201.8	210.9	189.8	117.8
63	-76.416650	-6.408758	106.9	107.7	109.9	8.00	222.2	214.4	213.0	108.2
64	-76.418033	-6.407490	201.1	201.1	211.6	7.87	114.3	115.1	108.1	204.6
65	-76.419442	-6.406953	89.3	88.4	99.9	8.07	264.1	267.2	233.9	92.5
66	-76.418912	-6.405292	113.9	118.4	138.7	8.00	204.3	194.4	170.3	123.7
67	-76.418183	-6.403703	114.0	135.2	135.8	8.17	208.8	178.8	174.1	128.3
68	-76.419351	-6.402394	122.7	124.3	133.6	8.10	194.7	190.6	176.3	126.9
69	-76.420725	-6.401390	116.2	105.2	117.0	8.00	199.8	218.8	204.4	112.8
70	-76.422270	-6.400564	139.6	144.5	146.4	8.13	169.2	163.9	163.4	143.5
71	-76.423146	-6.398987	196.4	172.9	168.1	8.10	121.3	138.6	139.4	179.1
72	-76.424677	-6.397707	117.0	107.1	116.2	8.13	203.5	220.6	205.4	113.4
73	-76.424657	-6.396096	132.8	143.3	150.4	8.17	178.3	166.7	160.4	142.2
74	-76.425365	-6.395220	139.0	121.1	140.6	8.10	172.4	193.5	167.8	133.6
75	-76.426563	-6.396454	149.2	154.3	144.1	8.10	159.1	153.0	163.5	149.2
76	-76.426740	-6.395496	109.0	110.7	112.4	8.30	222.4	219.1	215.2	110.7
77	-76.426889	-6.393620	80.4	71.2	79.9	8.13	293.9	335.4	295.4	77.2
78	-76.427687	-6.392046	129.9	112.5	126.0	8.10	183.6	211.1	185.7	122.8
79	-76.428794	-6.390804	81.9	82.3	84.0	8.17	295.1	289.2	282.7	82.7
80	-76.429773	-6.389274	148.9	157.5	162.4	8.23	162.8	151.4	147.4	156.3
81	-76.431164	-6.390076	106.4	113.5	116.7	7.90	217.6	203.3	197.6	112.2
82	-76.432940	-6.389631	123.5	124.1	116.3	8.13	191.6	189.8	205.2	121.3
83	-76.433884	-6.388238	118.5	119.3	122.8	8.07	200.8	198.4	190.6	120.2
84	-76.435369	-6.387405	94.1	107.2	90.6	7.97	244.8	222.7	251.8	97.3
85	-76.436253	-6.385832	95.9	95.1	101.5	7.93	244.6	241.7	226.2	97.5
86	-76.437399	-6.386058	112.1	115.0	107.5	7.90	204.9	200.6	216.0	111.5
87	-76.438293	-6.385816	130.5	128.2	141.5	7.97	179.0	180.3	166.2	133.4



Plataformas evaluadas

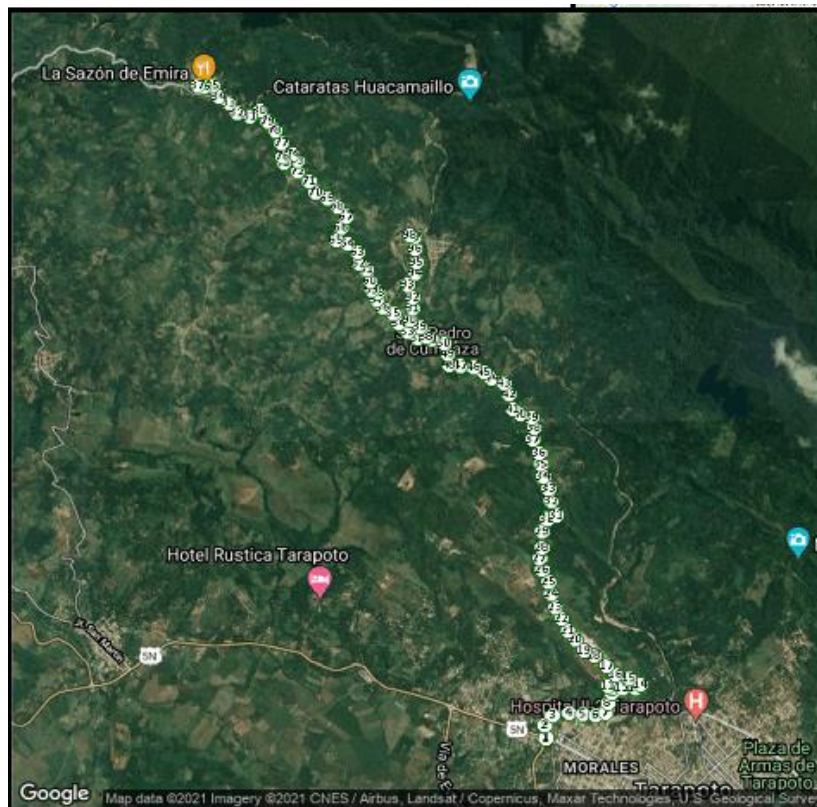
Pruebas de deflectómetro portátil - Minidyn™

Raison sociale : LAB DIAG
SARL au capital de 80 000 €
LOT 311 - 14, rue de la Perdrix
Tremblay en France
5934 Roissy CH De Gaulle CEDEX
Tél : 01.49.89.29.94

R.S.: GALKV CONSULTORES EIRL
RUC. 20494195381
Jr. Prolongación Alerta
N° 437 - Tarapoto - Perú

Responsable de Ensayo : Gulliver Flores Torres
Teléfono : +51 982 328 626
Email : gerencia@galkv.com.pe

DISEÑO DE PRUEBAS



ANEXO 4: Ubicación del área de estudio

ANEXO 4: Ubicación del área de estudio

Figura N°20: Ubicación del área de estudio

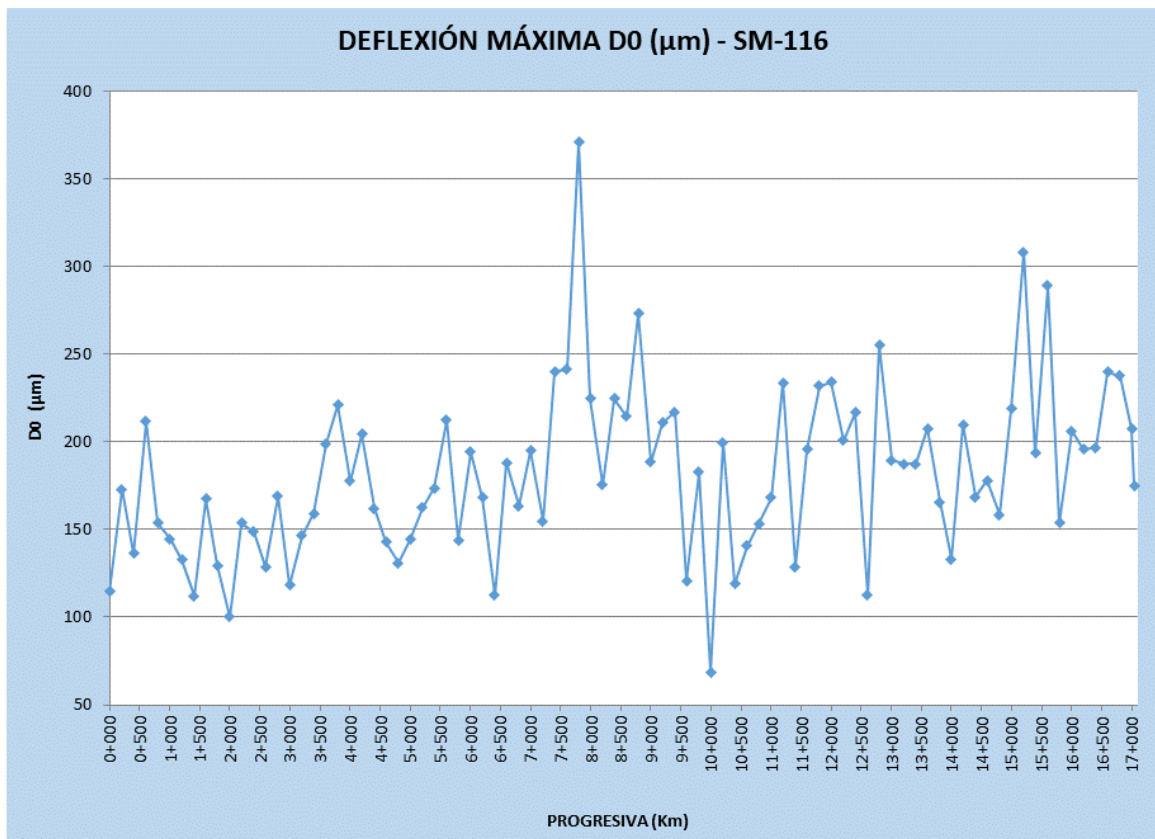


Fuente: Google Earth.

ANEXO 5: Deflectograma

ANEXO 5: Deflectograma

Gráfico 02: Deflexión central máxima obtenida



Fuente: GALKV CONSULTORES.

ANEXO 6: Número estructural

ANEXO 6: Número estructural



RETROCÁLCULO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES CON LWD ANÁLISIS ELÁSTICO - PAVIMENTOS

Proyecto: "Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021"

Tramo: SM-690. MORALES--SAN ROQUE

Sector: SM-116

Snreq: --

CARGA APLICADA 10kN

FECHA ENSAYADA : 10/09/2021

Progresiv a (Km)	Carril	P (kN)	a (cm)	PAVIMENTO EXISTENTE				D0 (µm) R=0	Dmax Corr. µm	Stress (Kpa)	Ep (Mpa)	SNefec
				MEJ. CON MATERIAL CBR>40%	SUB BASE GRAN.	BASE GRAN.	HT Pav. (cm)					
0+000	Único	8.40	15	0.0	15.0	15.0	30.0	115	130.7	118.84	214.60	1.67
0+200	Único	8.27	15	0.0	15.0	15.0	30.0	173	200.5	116.95	139.80	1.45
0+400	Único	8.23	15	0.0	15.0	15.0	30.0	136	158.6	116.48	177.30	1.57
0+600	Único	8.47	15	0.0	15.0	15.0	30.0	211	239.2	119.78	117.30	1.37
0+800	Único	8.27	15	0.0	15.0	15.0	30.0	154	178.0	116.95	157.43	1.51
1+000	Único	8.40	15	0.0	15.0	15.0	30.0	145	164.8	118.84	170.43	1.55
1+200	Único	8.30	15	0.0	15.0	15.0	30.0	133	153.1	117.42	183.17	1.59
1+400	Único	8.20	15	0.0	15.0	15.0	30.0	112	130.7	116.01	214.27	1.67
1+600	Único	8.03	15	0.0	15.0	15.0	30.0	168	199.7	113.65	140.63	1.45
1+800	Único	8.23	15	0.0	15.0	15.0	30.0	130	150.6	116.48	186.60	1.60
2+000	Único	8.30	15	0.0	15.0	15.0	30.0	100	115.6	117.42	242.20	1.74
2+200	Único	8.23	15	0.0	15.0	15.0	30.0	154	178.7	116.48	157.00	1.51
2+400	Único	8.37	15	0.0	15.0	15.0	30.0	149	170.1	118.36	164.03	1.53
2+600	Único	8.33	15	0.0	15.0	15.0	30.0	129	147.8	117.89	189.03	1.60
2+800	Único	8.23	15	0.0	15.0	15.0	30.0	169	196.7	116.48	142.10	1.46
3+000	Único	8.13	15	0.0	15.0	15.0	30.0	118	139.1	115.06	202.63	1.64
3+200	Único	8.37	15	0.0	0.0	25.0	25.0	147	167.7	118.36	169.20	1.29
3+400	Único	8.27	15	0.0	0.0	25.0	25.0	159	184.3	116.95	152.03	1.24
3+600	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	199	234.2	115.06	119.77	1.15
3+800	Único	8.27	15	0.0	0.0	25.0	25.0	221	256.2	116.95	109.87	1.11
4+000	Único	8.37	15	0.0	0.0	25.0	25.0	177	203.1	118.36	138.00	1.20
4+200	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	205	241.9	114.59	115.90	1.13
4+400	Único	8.43	15	0.0	0.0	25.0	25.0	162	184.1	119.31	151.87	1.24
4+600	Único	8.33	15	0.0	0.0	25.0	25.0	143	164.3	117.89	170.60	1.29
4+800	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	131	154.9	114.59	180.77	1.32
5+000	Único	8.23	15	0.0	0.0	25.0	25.0	144	167.7	116.48	167.83	1.28
5+200	Único	8.17	15	0.0	0.0	25.0	25.0	162	190.5	115.53	147.20	1.23
5+400	Único	8.00	15	0.0	0.0	25.0	25.0	174	207.8	113.18	135.23	1.19
5+600	Único	8.33	15	0.0	0.0	25.0	25.0	212	243.9	117.89	115.10	1.13
5+800	Único	7.70	15	0.0	0.0	25.0	25.0	144	179.2	108.93	156.63	1.25
6+000	Único	8.33	15	0.0	0.0	25.0	25.0	194	223.3	117.89	125.60	1.17
6+200	Único	8.30	15	0.0	0.0	25.0	25.0	168	194.0	117.42	144.87	1.22
6+400	Único	8.33	15	0.0	0.0	25.0	25.0	113	129.3	117.89	216.57	1.40
6+600	Único	8.27	15	0.0	0.0	25.0	25.0	188	217.9	116.95	128.53	1.17
6+800	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	163	194.0	114.12	143.50	1.22
7+000	Único	8.33	15	0.0	0.0	25.0	25.0	195	223.9	117.89	125.30	1.16
7+200	Único	8.33	15	0.0	0.0	25.0	25.0	155	177.8	117.89	157.20	1.26
7+400	Único	8.27	15	0.0	0.0	25.0	25.0	240	278.5	116.95	100.43	1.08
7+600	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	241	284.1	115.06	99.27	1.08
7+800	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	371	440.3	114.12	63.80	0.93

Proyecto: "Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021"

Tramo: SM-690. MORALES--SAN ROQUE

Sector: SM-116

Shreq: --

CARGA APLICADA 10kN

FECHA ENSAYADA : 10/09/2021

Progresiva (Km)	Carril	P (kN)	a (cm)	PAVIMENTO EXISTENTE				D0 (µm) R=0	Dmax Corr. µm	Stress (Kpa)	Ep (Mpa)	SNefec
				MEJ. CON MATERIAL CBR>40%	SUB BASE GRAN.	BASE GRAN.	HT Pav. (cm)					
8+000	Único	8.20	15	0.0	0.0	25.0	25.0	225	262.2	116.01	106.73	1.10
8+200	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	176	206.8	115.06	135.47	1.20
8+400	Único	8.20	15	0.0	0.0	25.0	25.0	225	262.6	116.01	106.57	1.10
8+600	Único	8.17	15	0.0	0.0	25.0	25.0	214	251.4	115.53	111.83	1.12
8+800	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	273	324.1	114.12	86.20	1.03
9+000	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	189	222.9	114.59	125.53	1.17
9+200	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	211	248.2	115.06	113.47	1.13
9+400	Único	8.03	15	0.0	0.0	25.0	25.0	217	258.8	113.65	108.37	1.11
9+600	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	121	143.3	114.12	196.97	1.35
9+800	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	183	216.7	114.12	129.73	1.18
10+000	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	69	80.7	115.06	348.37	1.64
10+200	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	200	237.0	114.12	118.30	1.14
10+400	Único	8.20	15	0.0	0.0	25.0	25.0	119	139.0	116.01	201.90	1.37
10+600	Único	8.17	15	0.0	0.0	25.0	25.0	141	165.2	115.53	170.00	1.29
10+800	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	153	181.4	114.59	154.70	1.25
11+000	Único	7.93	15	0.0	0.0	25.0	25.0	168	202.9	112.23	138.63	1.20
11+200	Único	7.90	15	0.0	0.0	25.0	25.0	234	283.3	111.76	99.20	1.08
11+400	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	129	152.7	114.12	183.90	1.32
11+600	Único	7.97	15	0.0	0.0	25.0	25.0	196	235.4	112.71	119.43	1.15
11+800	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	232	275.5	114.12	101.70	1.09
12+000	Único	7.90	15	0.0	0.0	25.0	25.0	234	283.8	111.76	98.80	1.08
12+200	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	201	238.5	114.12	117.80	1.14
12+400	Único	8.00	15	0.0	0.0	25.0	25.0	217	259.2	113.18	108.17	1.11
12+600	Único	7.87	15	0.0	0.0	25.0	25.0	113	137.0	111.29	204.60	1.37
12+800	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	255	302.9	114.12	92.53	1.05
13+000	Único	8.00	15	0.0	0.0	25.0	25.0	190	227.1	113.18	123.67	1.16
13+200	Único	8.17	15	0.0	0.0	25.0	25.0	187	219.6	115.53	128.33	1.17
13+400	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	187	221.4	114.59	126.87	1.17
13+600	Único	8.00	15	0.0	0.0	25.0	25.0	208	248.6	113.18	112.80	1.12
13+800	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	166	194.9	115.06	143.50	1.22
14+000	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	133	157.4	114.59	179.13	1.31
14+200	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	210	247.1	115.06	113.43	1.13
14+400	Único	8.17	15	0.0	0.0	25.0	25.0	168	197.6	115.53	142.17	1.21
14+600	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	178	210.4	114.59	133.57	1.19
14+800	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	159	187.5	114.59	149.20	1.23
15+000	Único	8.30	15	0.0	0.0	25.0	25.0	219	252.6	117.42	110.70	1.12
15+200	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	308	363.0	115.06	77.17	0.99
15+400	Único	8.10	15	0.0	0.0	25.0	25.0	193	228.8	114.59	122.80	1.16
15+600	Único	8.17	15	0.0	0.0	25.0	25.0	289	338.9	115.53	82.73	1.01
15+800	Único	8.23	15	0.0	0.0	25.0	25.0	154	179.0	116.48	156.27	1.25

Proyecto: "Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021"

Tramo: SM-690. MORALES--SAN ROQUE

Sector: SM-116

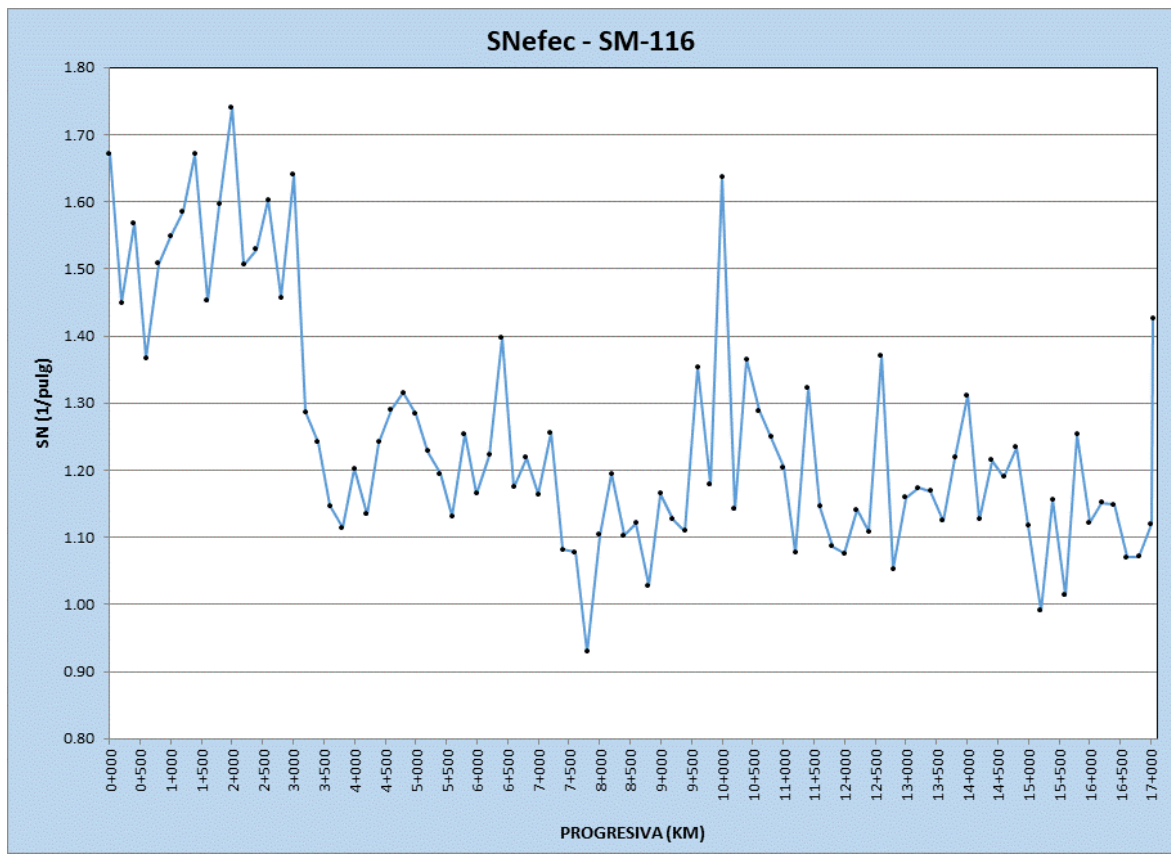
Snreq: --

CARGA APLICADA 10kN

FECHA ENSAYADA : 10/09/2021

Progresiva (Km)	Carril	P (kN)	a (cm)	PAVIMENTO EXISTENTE				D0 (µm) R=0	Dmax Corr. µm	Stress (Kpa)	Ep (Mpa)	SNefec	
				MEJ. CON MATERIAL CBR>40%	SUB BASE GRAN.	BASE GRAN.	HT Pav. (cm)						
16+000	Único	7.90	15	0.0	0.0	25.0	25.0	206	250.0	111.76	112.20	1.12	
16+200	Único	8.13	15	0.0	0.0	25.0	25.0	196	230.3	115.06	121.30	1.15	
16+400	Único	8.07	15	0.0	0.0	25.0	25.0	197	233.4	114.12	120.20	1.15	
16+600	Único	7.97	15	0.0	0.0	25.0	25.0	240	288.3	112.71	97.30	1.07	
16+800	Único	7.93	15	0.0	0.0	25.0	25.0	238	286.7	112.23	97.50	1.07	
17+000	Único	7.90	15	0.0	0.0	25.0	25.0	207	251.2	111.76	111.53	1.12	
17+040	Único	7.97	15	0.0	15.0	15.0	30.0	175	210.6	112.71	133.40	1.43	
								NUMERO	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00
								PROMEDIO	181.59	213.71	115.31	141.47	1.25
								MAX. OBTENIDO	370.83	440.31	119.78	348.37	1.74
								MIN. OBTENIDO	68.53	80.71	108.93	63.80	0.93
								DESV. ESTANDAR	48.44	58.09	2.08	42.09	0.18
								COEF. VARIACION	0.27	0.27	0.02	0.30	0.14


Gráfico 03: Número estructural efectivo SNefec



Fuente: GALKV CONSULTORES.

ANEXO 7: Diferencias acumuladas

ANEXO 7: Diferencias acumuladas

 DETERMINACIÓN TRAMOS HOMOGÉNEOS MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS										Area Total (At)
										21.28
										Longitud Total (Lp)
										17.040
										F*
										1.248843977
Proyecto: "Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021"										
Tramo: SM-690. MORALES-SAN ROQUE										
Especialist. Oscar Rivera Valdivia Fecha (dd/mm/aa): 10/09/21 Estructura: TSB										
Número de Intervalo	Prog (Km)	SNefec	Caract.	Distancia intervalo km	Prog (Km)	Distancia Acumulada km	Valor de respuesta promedio	Área del intervalo Actual	Área Acumulada	Zx
1	0	1.67	1.253							0.00
2	200	1.45	1.253	200	200	200	1.56	312.12	312.12	0.62
3	400	1.57	1.253	200	400	600	1.51	301.81	613.93	1.14
4	600	1.37	1.253	200	600	1200	1.47	293.58	907.50	1.58
5	800	1.51	1.253	200	800	2000	1.44	287.48	1194.99	1.96
6	1000	1.55	1.253	200	1000	3000	1.53	305.61	1500.60	2.52
7	1200	1.59	1.253	200	1200	4200	1.57	313.42	1814.02	3.15
8	1400	1.67	1.253	200	1400	5600	1.63	325.69	2139.71	3.91
9	1600	1.45	1.253	200	1600	7200	1.56	312.32	2452.03	4.54
10	1800	1.60	1.253	200	1800	9000	1.52	304.79	2756.82	5.09
11	2000	1.74	1.253	200	2000	11000	1.67	333.64	3090.46	5.93
12	2200	1.51	1.253	200	2200	13200	1.62	324.71	3415.18	6.68
13	2400	1.53	1.253	200	2400	15600	1.52	303.51	3718.69	7.21
14	2600	1.60	1.253	200	2600	18200	1.57	313.13	4031.82	7.85
15	2800	1.46	1.253	200	2800	21000	1.53	305.99	4337.80	8.41
16	3000	1.64	1.253	200	3000	24000	1.55	309.74	4647.55	9.01
17	3200	1.29	1.253	200	3200	27200	1.46	292.73	4940.28	9.44
18	3400	1.24	1.253	200	3400	30600	1.26	252.91	5193.19	9.47
19	3600	1.15	1.253	200	3600	34200	1.19	238.91	5432.10	9.36
20	3800	1.11	1.253	200	3800	38000	1.13	226.16	5658.26	9.13
21	4000	1.20	1.253	200	4000	42000	1.16	231.71	5889.97	8.95
22	4200	1.13	1.253	200	4200	46200	1.17	233.72	6123.69	8.79
23	4400	1.24	1.253	200	4400	50600	1.19	237.62	6361.30	8.66
24	4600	1.29	1.253	200	4600	55200	1.27	253.22	6614.52	8.70
25	4800	1.32	1.253	200	4800	60000	1.30	260.64	6875.16	8.81
26	5000	1.28	1.253	200	5000	65000	1.30	259.94	7135.10	8.91
27	5200	1.23	1.253	200	5200	70200	1.26	251.23	7386.34	8.92
28	5400	1.19	1.253	200	5400	75600	1.21	242.32	7628.65	8.85
29	5600	1.13	1.253	200	5600	81200	1.16	232.64	7861.30	8.68
30	5800	1.25	1.253	200	5800	87000	1.19	238.64	8099.94	8.57
31	6000	1.17	1.253	200	6000	93000	1.21	241.98	8341.92	8.49
32	6200	1.22	1.253	200	6200	99200	1.19	238.76	8580.68	8.38
33	6400	1.40	1.253	200	6400	105600	1.31	261.97	8842.64	8.50
34	6600	1.17	1.253	200	6600	112200	1.29	257.19	9099.83	8.57
35	6800	1.22	1.253	200	6800	119000	1.20	239.27	9339.10	8.47
36	7000	1.16	1.253	200	7000	126000	1.19	238.28	9577.38	8.35
37	7200	1.26	1.253	200	7200	133200	1.21	242.04	9819.42	8.28
38	7400	1.08	1.253	200	7400	140600	1.17	233.76	10053.19	8.12
39	7600	1.08	1.253	200	7600	148200	1.08	215.92	10269.10	7.78
40	7800	0.93	1.253	200	7800	156000	1.00	200.74	10469.84	7.29
41	8000	1.10	1.253	200	8000	164000	1.02	203.37	10673.21	6.82
42	8200	1.20	1.253	200	8200	172200	1.15	229.90	10903.11	6.63
43	8400	1.10	1.253	200	8400	180600	1.15	229.84	11132.96	6.43



**DETERMINACIÓN TRAMOS HOMOGÉNEOS
MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS**

Area Total (At)
21.28
Longitud Total (Lp)
17.040
F*
1.248843977

Proyecto: "Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martin 2021"

Tramo: SM-690. MORALES-SAN ROQUE

Especialist. Oscar Rivera Valdivia **Fecha (dd/mm/aa):** 10/09/21 **Estructura:** TSB

Número de Intervalo	Prog (Km)	SNefec	Caract.	Distancia intervalo km	Prog (Km)	Distancia Acumulada km	Valor de respuesta promedio	Área del intervalo Actual	Área Acumulada	Zx
44	8600	1.12	1.253	200	8600	189200	1.11	222.44	11355.40	6.15
45	8800	1.03	1.253	200	8800	198000	1.07	214.91	11570.31	5.80
46	9000	1.17	1.253	200	9000	207000	1.10	219.32	11789.63	5.50
47	9200	1.13	1.253	200	9200	216200	1.15	229.18	12018.81	5.29
48	9400	1.11	1.253	200	9400	225600	1.12	223.61	12242.42	5.03
49	9600	1.35	1.253	200	9600	235200	1.23	246.34	12488.76	5.00
50	9800	1.18	1.253	200	9800	245000	1.27	253.20	12741.96	5.03
51	10000	1.64	1.253	200	10000	255000	1.41	281.55	13023.51	5.35
52	10200	1.14	1.253	200	10200	265200	1.39	277.98	13301.49	5.63
53	10400	1.37	1.253	200	10400	275600	1.25	250.76	13552.24	5.64
54	10600	1.29	1.253	200	10600	286200	1.33	265.43	13817.67	5.80
55	10800	1.25	1.253	200	10800	297000	1.27	253.84	14071.51	5.84
56	11000	1.20	1.253	200	11000	308000	1.23	245.36	14316.87	5.80
57	11200	1.08	1.253	200	11200	319200	1.14	228.16	14545.03	5.58
58	11400	1.32	1.253	200	11400	330600	1.20	240.06	14785.09	5.48
59	11600	1.15	1.253	200	11600	342200	1.23	246.94	15032.03	5.45
60	11800	1.09	1.253	200	11800	354000	1.12	223.22	15285.25	5.19
61	12000	1.08	1.253	200	12000	366000	1.08	216.20	15471.45	4.85
62	12200	1.14	1.253	200	12200	378200	1.11	221.66	15693.11	4.57
63	12400	1.11	1.253	200	12400	390600	1.12	224.95	15918.06	4.32
64	12600	1.37	1.253	200	12600	403200	1.24	248.00	16166.07	4.31
65	12800	1.05	1.253	200	12800	416000	1.21	242.38	16408.45	4.23
66	13000	1.16	1.253	200	13000	429000	1.11	221.19	16629.64	3.95
67	13200	1.17	1.253	200	13200	442200	1.17	233.32	16862.96	3.78
68	13400	1.17	1.253	200	13400	455600	1.17	234.31	17097.27	3.63
69	13600	1.12	1.253	200	13600	469200	1.15	229.37	17326.64	3.42
70	13800	1.22	1.253	200	13800	483000	1.17	234.27	17560.91	3.27
71	14000	1.31	1.253	200	14000	497000	1.27	253.01	17813.92	3.30
72	14200	1.13	1.253	200	14200	511200	1.22	243.83	18057.75	3.24
73	14400	1.21	1.253	200	14400	525600	1.17	234.10	18291.86	3.09
74	14600	1.19	1.253	200	14600	540200	1.20	240.41	18532.26	2.99
75	14800	1.23	1.253	200	14800	555000	1.21	242.38	18774.64	2.92
76	15000	1.12	1.253	200	15000	570000	1.18	235.16	19009.80	2.77
77	15200	0.99	1.253	200	15200	585200	1.05	210.81	19220.61	2.38
78	15400	1.16	1.253	200	15400	600600	1.07	214.74	19435.35	2.03
79	15600	1.01	1.253	200	15600	616200	1.09	217.07	19652.42	1.70
80	15800	1.25	1.253	200	15800	632000	1.13	226.74	19879.17	1.47
81	16000	1.12	1.253	200	16000	648000	1.19	237.58	20116.75	1.35
82	16200	1.15	1.253	200	16200	664200	1.14	227.43	20344.18	1.13
83	16400	1.15	1.253	200	16400	680600	1.15	230.04	20574.22	0.93
84	16600	1.07	1.253	200	16600	697200	1.11	221.88	20796.10	0.65
85	16800	1.07	1.253	200	16800	714000	1.07	214.14	21010.24	0.30
86	17000	1.12	1.253	200	17000	731000	1.10	219.12	21229.36	-0.01
87	17040	1.43	1.253	40	17040	748040	1.27	50.94	21280.30	0.00

RESUMEN TRAMOS HOMOGÉNEOS MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS

Proyecto:

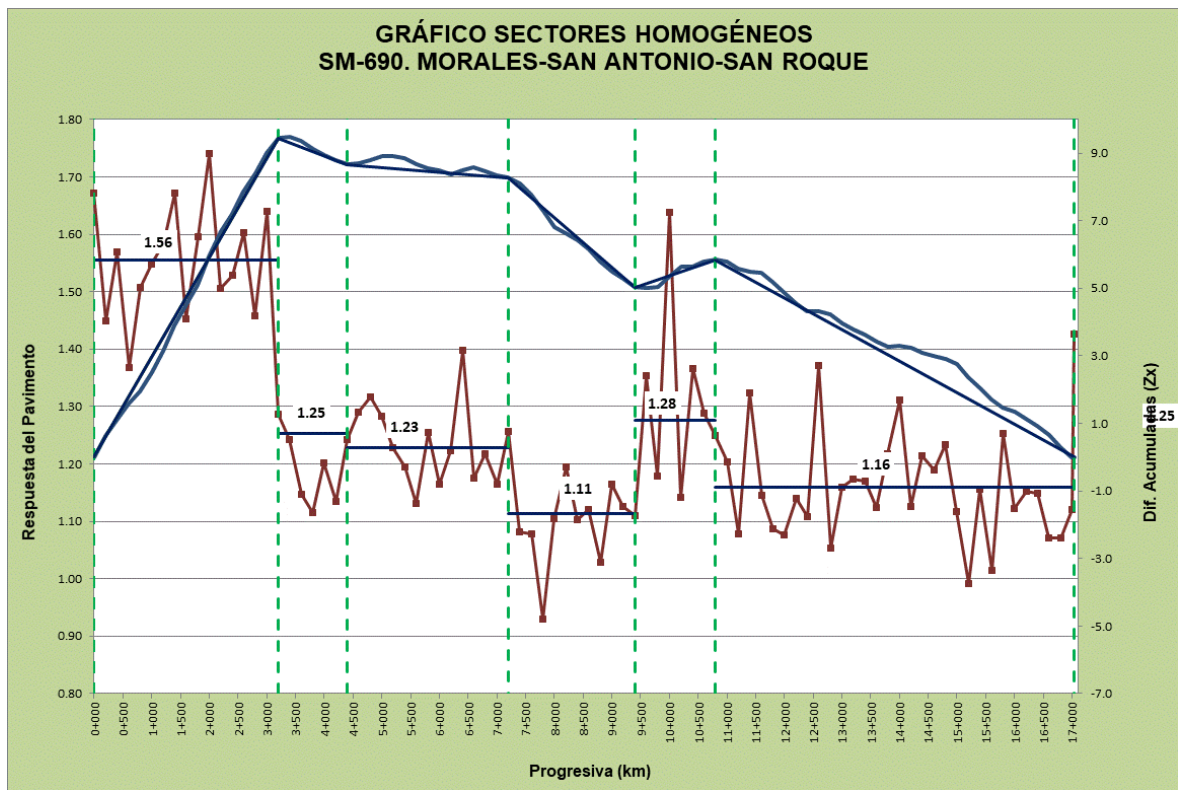
“Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021”

Tramo: SM-690. MORALES-SAN ROQUE

TRAMOS HOMOGÉNEOS - SM-116

Sector	Inicio	Fin	Longitud	S _{Nefec}	Desv. Est.	Coef. Var.
1	0+000	3+200	3200	1.56	0.10	6.34
2	3+200	4+400	1200	1.25	0.18	14.51
3	4+400	7+200	2800	1.23	0.07	5.94
4	7+200	9+400	2200	1.11	0.08	7.47
5	9+400	10+800	1400	1.28	0.18	13.97
6	10+800	17+040	6240	1.16	0.09	7.63


Gráfico 04: Sectores homogéneos



Fuente: GALKV CONSULTORES.

ANEXO 8: Condición del pavimento

ANEXO 8: Condición del pavimento

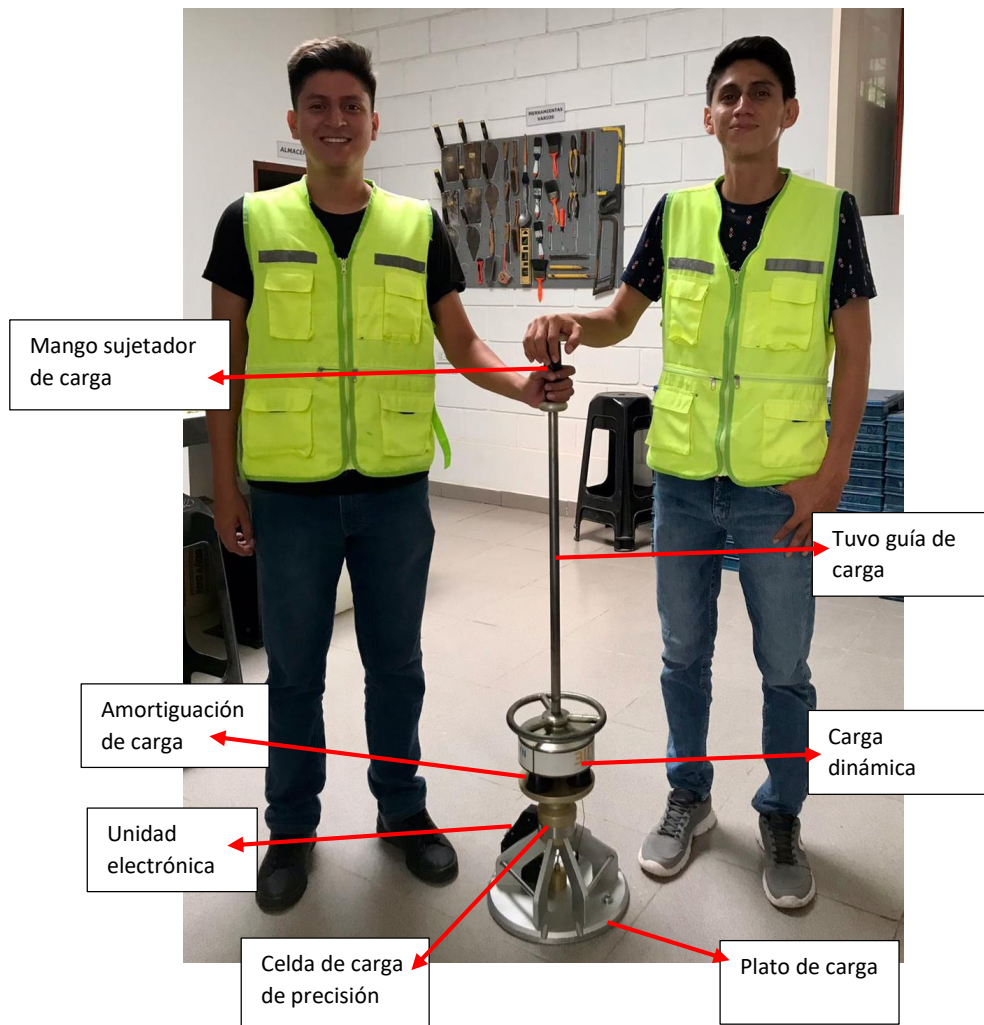
	RESUMEN TRAMOS HOMOGÉNEOS MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS
Proyecto: "Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martin 2021"	
Tramo: SM-690. MORALES-SAN ROQUE	

TRAMOS HOMOGENEOS - SM-116						
Sector	Inicio	Fin	Longitud	Snefec	Snreq	Observaciones
1	0+000	3+200	3200	1.56	1.60	INSUFICIENCIA
2	3+200	4+400	1200	1.25	1.45	INSUFICIENCIA
3	4+400	7+200	2800	1.23	1.45	INSUFICIENCIA
4	7+200	9+400	2200	1.11	1.45	INSUFICIENCIA
5	9+400	10+800	1400	1.28	1.45	INSUFICIENCIA
6	10+800	17+040	6240	1.16	1.03	SUFICIENCIA

ANEXO 9: Deflectómetro de impacto liviano

ANEXO 9: Deflectómetro de impacto liviano

Figura N°21: Equipo Deflectómetro de impacto liviano LWD



ANEXO 10: Espesores del pavimento

ANEXO 10: Espesores del pavimento

Resumen del estudio de suelos y pavimentos PGV.

SECTOR	SM - 690: MORALES - SAN ROQUE			
	BASE GRANULAR	SUB BASE	MEJORAMIENTO	ESPEJOR MATERIAL
Km. 00+000 – km. 3+000	15	15	0	30
Km. 3+000 – km. 10+000	25	0	0	25
Km. 10+000 – km. 17+000	20	0	0	20
OBSERVACION	INFORMACIÒN FORMATO SIC 24 - ESTRUCTURA DE PAVIMENTO - CARRETERAS PAVIMENTADAS			

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por PEHCBM.

Número estructural requerido

SUB TRAMO	SM - 690: MORALES - SAN ROQUE	
	PROGRESIVA	NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO
I	Km. 00+000 – km. 3+000	1.6
II-a	Km. 3+000 – km. 10+000	1.45
II-b	Km. 10+000 – km. 17+000	1.03
OBSERVACION	INFORMACIÒN FORMATO SIC 24 - ESTRUCTURA DE PAVIMENTO - CARRETERAS PAVIMENTADAS	

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por PEHCBM

ANEXO 11: Software Anydyn V3.4.37.0.

ANEXO 11: Software Anydyn V3.4.37.0.

Anydyn V3.4.37.0

Project: **MORALES_S** | Report: **07:22:22** | Project and report info

GPS status: 1/2 | Sat: [Red] | Prec: ~3m

Points

N° Pt	Date	Módulo
1	07:26:16	215
2	07:35:45	140
3	07:37:41	177
4	07:39:54	117
5	07:42:20	157
6	07:44:01	170
7	07:47:29	183
8	07:49:04	214
9	07:50:58	141
10	07:52:59	187
11	07:55:01	242
12	07:58:40	157
13	08:00:16	164
14	08:01:52	189
15	08:03:25	142
16	08:04:59	203
17	08:07:25	169
18	08:09:13	152
19	08:10:46	120

Hardware: Connection: **Disconnected**

Sensors: 1>2

Hook high	Hook low
Plate ground	Plate in car
Grue remote	Hyd motor
MC valve	DC valve

Mean: **142 MPa**

Exit F12 | Config | Supprimer | Export

Map: Chirapa Manús, Cataratas Huacamaillo, Canto del Río Amazon, S. Pedro de Cuzco, Rumizapa, Hotel Rustico Tarapoto, Catarata de Ahuashiyacu, Tarapoto

Force/Displacement (kN) vs Time (ms)

Módulo: **215**

Quality: [Red]

Infos

Fmax: [Red]

Umax: **0.118**

ANEXO 12: Certificado de calibración

ANEXO 12: Certificado de calibración



Certificado

2002C01



EMITIDO A: GALKV

CALIBRACION: LWD

Tipo Certificado	Calibración
N° de Certificado	2002C01
Fecha Emisión	04-Febrero-2020
Fecha Calibración	04-Febrero-2020
Aplicado a	Deflectómetro liviano
Responsable	Erwin Kohler
Realizado en	Buenos Aires, Argentina

Identificación del Equipo Certificado

Fabricante:	Rincent
Modelo:	Minidyn
Propiedad de:	GALKV CONSULTORES
Rep. dueño:	Ing. Gulliver Flores

Este equipo ha sido calibrado mediante comparación directa de deflexión contra valores en losa de calibración. La referencia de deflexión se obtuvo con instrumentación norma AASHTO R32.

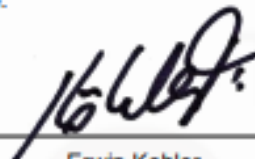
Condición como se encontró el equipo: dentro de tolerancia.

Condición como se dejó: dentro de tolerancia.

Consultas respecto a este certificado de calibración deben dirigirse a info@3ipe.com

Puede verificar la validez de este certificado en www.3ipe.com, escribiendo a info@3ipe.com, o llamando al +56 2 3210 9567. Este certificado fue emitido por la plataforma electrónica 3ipe y fue firmado digitalmente.




Erwin Kohler
Director General 3ipe

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley de Chile 19.799



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

1.2.2.5 Control de calidad

Condiciones de Medición

No se debe efectuar mediciones en las vías afirmadas o no pavimentadas bajo condiciones de precipitaciones debido a la saturación de las capas superficiales y al cambio de sus propiedades de resistencia, pero sobre todo por las condiciones de seguridad para el personal de medición.

Adicionalmente, es importante controlar la uniformidad del área de contacto entre el plato de carga y la superficie para garantizar la calidad de los resultados.

Calibración del Equipo

Para el equipo LWD corresponde un procedimiento de calibración de referencia o absoluta. Se recomienda que el equipo LWD sea calibrado con una frecuencia de dos años o cada 25 mil golpes dados después de la última fecha de calibración. Es importante que todas las calibraciones del LWD se realicen por el fabricante.

Luego de realizada la calibración absoluta en el equipo, los resultados de las lecturas en la celda de carga y sensores de deflexión deben de ser registrados en el respectivo reporte de calibración, con la debida fecha y con la firma del representante autorizado por parte del fabricante.

1.2.3 Viga Benkelman

1.2.3.1 Descripción

La viga Benkelman es un dispositivo mecánico que mide los desplazamientos de un punto de contacto colocado entre las ruedas duales de un camión; está



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PAREDES AGUILAR LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Determinación estructural del tratamiento superficial bicapa con deflectómetro de impacto liviano en la carretera SM 116, San Martín 2021", cuyos autores son NUÑEZ VIGO JHORDAN JAMES, MANRIQUE PINEDO KEVIN MARLON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TARAPOTO, 24 de Enero del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PAREDES AGUILAR LUIS DNI: 01158952 ORCID: 0000-0002-1375-179X	Firmado electrónicamente por: LUPAREDESA el 24- 01-2022 22:25:15

Código documento Trilce: TRI - 0286238