



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de
Pavimentos Rígidos en la Ciudad de Pucallpa, 2022

AUTORES:

Davila Barbaran, Willy Leyvi (orcid.org/0000-0002-4659-1577)

Saldaña Gomez, Diego Andre (orcid.org/0000-0002-9618-8436)

ASESOR:

Mag. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (orcid.org/0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico esta tesis primeramente a Dios por sobre todas las cosas, y de manera especial a mis padres por su apoyo incondicional hacia mi persona para lograr mis objetivos propuestos, y que hoy estoy cumpliendo, a mi pequeño hijo que es mi motor y motivo para seguir cumpliendo mis demás metas.

Diego Saldaña

Esta tesis se la dedico a Dios y a mis padres que con su apoyo de siempre pude cumplir con mis metas propuestas, de manera incondicional en mi proceso de ser un profesional.

Willy Dávila

Agradecimiento

Agradecemos a nuestro asesor de tesis por el apoyo brindado para poder sustentar y obtener nuestro título profesional, y de manera infinita a nuestros padres que siempre han estado en altos y bajos, ya que gracias a ellos estamos logrando muchos objetivos y metas como es hoy en día uno de ellos nuestro Título profesional.

Índice de contenidos.

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	6
III.METODOLOGÍA.....	12
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra y muestreo.....	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5 Procedimientos.....	15
3.6 Método de análisis de datos.....	16
3.7 Aspectos éticos.....	16
IV.RESULTADOS.....	17
V.DISCUSIÓN.....	32
VI.CONCLUSIONES.....	36
VII.RECOMENDACIONES.....	39
. REFERENCIAS.....	41
ANEXOS.....	47
PANEL FOTOGRÁFICO.....	84

Índice de tablas.

Tabla 01. Resultados del análisis de respuesta estructural mecanicista para el diseño de pavimento rígidos en el Jr. Manco Cápac Cuadra 1, Pucallpa.	19
Tabla 02. Resultados de ensayos Estándar de laboratorio.	21
Tabla 03. Resultados de ensayos Especiales de laboratorio.	21
Tabla 04. Propiedades mecánicas del concreto hidráulico.	22
Tabla 05. Nivel de Trafico y carga equivalente de diseño.	22
Tabla 06. Parámetros geomecánicas de las capas estructurales del pavimento rígido.	24

Índice de gráficos y figuras.

Figura 1. Plano de ubicación del área de estudio.	18
Figura 2. Sección típica de pavimento para análisis.	20
Figura 3. Espesores de estructuras del pavimento a analizar.	20
Figura 4. Secuencias de diseño de las metodologías mecanicistas.	23
Figura 5. Presión de carga de diseño y su ubicación.	24
Figura 6. Modelo de la estructura de pavimentos en el programa PLAXIS.	25
Figura 7. Discretización de la sección de análisis (mallas tipo triangular), Plaxis V.8.2.	26
Figura 8. Condiciones iniciales de la sección del pavimento sin nivel freático, Plaxis V.8.2.	27
Figura 9. Valores del esfuerzo total en condiciones no drenadas de la sección del pavimento rígido.	27
Figura 10. Establecimiento de las fases de cálculo de la sección del pavimento, Plaxis V.8.2.	28
Figura 11. Ubicación de la carga de presión para el cálculo de esfuerzos y deformaciones en pavimentos de concreto hidráulico.	28
Figura 12. Esfuerzos verticales en el eje central de la sección de pavimentos, Plaxis V.8.....	29
Figura 13. Resultados de desplazamiento verticales $U_{yA=3.15 \text{ mm}}$, $U_{yA=3.0 \text{ mm}}$, Plaxis V8.2.....	30
Figura 14. Deformación de la estructura del pavimento en el programa Plaxis V.8.2.....	30

RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo general analizar la respuesta estructural con enfoque mecanicista en el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa, 2022. En el presente fueron identificadas las condiciones de funcionalidad con el programa PLAXIS, usando el análisis por métodos numéricos mediante los elementos finitos. Por ello es importante colocar como variables de entrada que inicia caracterizando el material, definiéndose las variables con las que el suelo cuenta y que son requeridas por el software para hacer la simulación del comportamiento mecánico de estos; una vez que ya se ha definido la geometría del modelo, los parámetros de los materiales y condiciones de frontera para el este, se procede a generar una simulación de las condiciones estáticas del sitio. El programa ofrece información útil que una vez que pasa por la calibración nos sirve para encontrar el posible comportamiento y la caracterización de los tipos de falla y los asentamientos que se producen en la carpeta de rodadura.

El estudio fue de tipo aplicado y diseño cuasiexperimental, para un mejor sustento de la investigación se recurrió a autores, quienes con sus aportes ayudaron a llevar adelante el proyecto de tesis.

Se realizaron trabajos en campo como calicatas, posteriormente a ensayos de laboratorio para obtener los parámetros que necesitamos en el uso del software Plaxis V 8.2 y poder realizar nuestras investigaciones correspondientes obteniendo nuestras respuestas estructurales.

Palabras clave: enfoque mecanicista, elementos finitos, condiciones de frontera, calicatas.

ABSTRACT

The general objective of this thesis is to analyze the structural response with a mechanistic approach in the design of rigid pavements in the city of Pucallpa, 2022. In the present, the functionality conditions were identified with the PLAXIS program, using analysis by numerical methods through the finites elements. For this reason, it is important to place as input variables that begin by characterizing the material, defining the variables that the soil has and that are required by the software to simulate their mechanical behavior; Once the geometry of the model, the parameters of the materials and boundary conditions for the east have been defined, a simulation of the static conditions of the site is generated. The program offers useful information that once it goes through the calibration, it helps us to find the possible behavior and the characterization of the types of failure and the settlements that occur in the rolling layer.

The study was of an applied type and quasi-experimental design, for a better support of the research, authors were used, who with their contributions helped to carry out the thesis project.

Work was carried out in the field such as test pits, after laboratory tests to obtain the parameters that we need in the use of the Plaxis V 8.2 software and to be able to carry out our corresponding investigations obtaining our structural responses.

Keywords: mechanistic approach, finite elements, boundary conditions, pits.

I. INTRODUCCIÓN

En Colombia el 2015 hicieron un estudio para diseñar y construir pavimento rígido, donde su objetivo fue definir una estructura que debe respaldar la el aguante al momento que actúan las cargas impuestas por el tránsito de los vehículos en diversas calles y avenidas, puesto que compararon el método AASHTO con el método PCA para dar el valor correcto a las losas, después de todos los estudios y análisis que hicieron dieron por recomendación no emplear el método AASHTO indicando que la altura de la capa de rodadura no cumplió con las variables parametrizadas de desgaste y fatiga; en cambio con el método PCA se encontraron un valor adecuado para las losas. De esa manera hicieron un estudio a estos fenómenos para ver de qué manera pueden perfeccionar la condición de los componentes de la capa del afirmado en carreteras con suelos arcillosos y así implementarlas para dar solución a este tipo de problemas. De tal modo buscan otras respuestas más confiables, y plantean un patrón digital utilizando un software que lo realice de manera más fácil ejecutar una simulación de predicción, y así tengan un resultado más concreto, teniendo en cuenta este auge que han tenido los métodos numéricos en los últimos años y con la rapidez que se obtiene en la determinación de los estados tenso-deformacionales en las estructuras del pavimento, así como su potencialidad en la resolución de ecuaciones.

A nivel mundial es más importante considerar los periodos de ciclo vital de los pavimentos rígidos, tal es el caso que en México se considera un ciclo vital de 20 a 25 años, en Norteamérica los llevan a períodos de 30 a 40 años y en el continente europeo que sean diseñados para 50 años o más. Parte de los las estructuras de los pavimentos rígidos son las capas de rodadura que las exponen a distintas cargas de tránsito que son producto del pase de diversos vehículos, los cuales tienden a realizarse respecto a los esfuerzos por flexión y por cortante. El pavimento rígido como fracción fundamental en la carpeta tiene que proveer una correcta resistencia para evitar que se den fisuras y mantener la retracción del fraguado.

En el Perú el pavimento de concreto fue introducido en la ciudad de Lima a partir del año 1922, las calzadas de las principales Avenidas Alfonso Ugarte y la urbanización Santa Beatriz, Lobatón y otras fueron realizadas con las técnicas modernas de su época, de igual forma se construyó la actual Av. Venezuela, que

conectaba Lima-Callao y la Carretera Central, que es el tramo a Chosica. Entre los años 1946 y 1947, en la Carretera Chorrillos-Pisco, se usó una máquina asfáltadora que legó desde Panamá, que sirvió para extender la mezcla, los ingenieros de la época, realizando cambios dejaron una zona sin secreciones, muy blanda y de buena condición. Otras obras representativas fueron la Carretera Tarma-Oroya entre 1951 y 1952, la Carretera Neshuya-San Alejandro, así como las zonas de pistaje en los Aeropuertos de Tacna, Chiclayo, Pucallpa, Trujillo entre otros.

Actualmente la ingeniería civil respecto a las vías se está realizando a pasos agigantados a nivel de sus investigaciones y desarrollándose con las modernas tecnologías y de esta manera el desarrollo de las obras de pavimentaciones, buscando facilitar el acceso a la población con transporte competitivo y sostenible, que pueda permitir que los distintos cascos urbanos y rurales sean integrados para lograr el desarrollo de nuestro país. El pavimento rígido viene siendo una manera que promete tener mayores beneficios competitivas ante otros tipos de concreto hidráulico, siendo la más importante el precio de realizar la construcción de pavimentos con el uso de concreto puede ser similar al que realizarlo con asfaltado respecto al precio de inicio en la obra, rescatando las principales sugerencias, estimaciones y correcto desarrollo constructivo, utilizando las normas y manuales patentados.

El aporte de las investigaciones en la región Ucayali con respecto a las metodologías de diseños de pavimentos de concreto hidráulico no son conocidos o no se han implementado de acuerdo a los avances tecnológicos y nuevos métodos de diseño; las entidades públicas que son los entes directos para la aplicación eficiente y funcional en la elaboración de los proyectos de vías, se han visto parametrizadas por las normativas y experiencias empíricas pasadas. En la actualidad casi el 100% de las vías urbanas que se construyen en la ciudad de Pucallpa son de concreto hidráulico con una sub base mejorada de material clasificado; este procedimiento constructivo en algunas ocasiones tiene resultados positivos a lo largo del horizonte del proyecto; sin embargo se ha podido observar gran parte de estas vías están deterioradas sin cumplir su periodo de vida útil, las deficiencias o patologías identificadas en este tipo de

pavimentos son materia de evaluación y análisis para el conocimiento de las causas que lo originan.

Dado que las construcciones estructurales de pavimento de cemento hidráulico son caracterizados por tener una mayor inversión en comparación con los pavimentos flexibles, es muy necesario plantear métodos de diseños modernos que reflejen el verdadero comportamiento de esfuerzo deformación de las estructuras que las componen; la presente investigación tomara como base los datos de campo y las respuestas que se obtienen se realizará un balance cuantitativa de varios modelos estándar que se vienen empleando en los proyectos de inversión pública.

Como **formulación del problema general** se menciona:

¿Cómo el Análisis de la Respuesta Estructural con Enfoque Mecanicista incide en el Diseño de Pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa, 2022?

Como **formulación de problemas específicos** se menciona:

¿Cuáles son las propiedades geomecánicas de los materiales de las capas y el nivel tráfico para el diseño de pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa – 2022?

¿Cuáles son los valores iniciales de entrada de datos y la definición de las condiciones de contorno para el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa – 2022?

¿Cuáles son las respuestas estructurales en la sección estructural del pavimento mediante el software Plaxis V 8.2, en el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa – 2022?

Dicha investigación es teóricamente plausible, ya que es adecuado su desarrollo y obtener soluciones que reduzcan diversos problemas como por ejemplo las fallas en juntas, irregularidades de juntas, fisuras, agujeros, mala calidad del concreto etc.) para que los tesisistas realicen investigaciones posteriores, como se sugiere anteriormente, para el buen estado de conservación de estos métodos

Como **hipótesis general** se menciona:

El Análisis de la Respuesta Estructural con Enfoque Mecanicista incidirá en el Diseño de Pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa 2022.

Como hipótesis específicas se menciona:

La Determinación de las propiedades geomecánicas de los materiales de las capas y el nivel tráfico incidirá en el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa 2022

La Estimación de los valores iniciales de entrada de datos y la definición de las condiciones de contorno influirá en el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa 2022.

El Cálculo de las respuestas estructurales en la sección estructural del pavimento mediante el software Plaxis V8.2, contribuirá en el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa – 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Como los **antecedentes internacionales**, se pueden elegir los aportes de distintos autores para mejorar y poder sustentar un proyecto de investigación, por lo que es esencial estudiar detenidamente todos lo concerniente de la investigación relacionados con el desarrollo del tema:

L. Miranda (2018). Tuvo como objetivo llevar a cabo la simulación de las diferentes capas del pavimento y obtener respuestas estructurales de éste. Esta investigación fue de tipo aplicada. La población y muestra se obtuvieron en diversas carreteras del país El Salvador. Las herramientas usadas para esta investigación fueron los datos recolectados y software de los elementos finitos. Dicho tanteo que se obtuvieron, permitió obtener un concepto sobre la actual posición del mismo ya que el tanteo de esfuerzos calculados por otro programa no pase el 50% de la medida separación del pavimento. Se concluyó que dicha pavimentación presentó una excelente calidad. No obstante, cabe destacar que el cálculo de esfuerzos con el programa ApRigid utilizando un proceso de ajuste lineal variado, también conocido como regresión lineal múltiple es mayor al 50% del MR, esta variante con el programa ApRigid puede ser adjudicado al programa que fue creado con la consideración de las características del país en el cual fue creado y estableciendo que las cargas calculadas para los ejes tándem y eje simple son de 162 KN y 52 KN respectivamente.

A. Godoy y R. Ramírez (2006). Tuvieron como finalidad hacer una evaluación de distintas construcciones de concreto hidráulico en diversas calles y avenidas de la ciudad Asunción, para determinar en qué estado fueron hallados, así como las recomendaciones de solución a sus patologías. Se hizo trabajo de manera aplicada y experimentada. La zona de investigación fueron diversas calles y avenidas en la ciudad de Asunción. Los instrumentos utilizados fueron la recolección de base de datos y ensayos en laboratorio. Como principales resultados la altura promedio de las carpetas es de 10,2 cm (superando los 10 cm que es el mínimo especificado en dicho proyecto), aunque personalmente se obtuvieron alturas de carpetas de rodadura de hasta 16% menos a los que se especificaron como también las juntas transversales y longitudinales, muestran totalmente deficiencias de sellado de alta severidad. Se concluyó que el espesor de las losas es deficiente en relación a las cargas repetidas y que estas juntas transversales fueron deficientemente hechas o debido a la obstrucción de las mismas con material inexplicables.

P. Garnica y A. Correa (2004). Tuvieron como objetivo conseguir un desempeño eficiente de dichas construcciones que permitan optimizar los precios de la rehabilitación y el mantenimiento, especialmente el valor de intervención de quienes utilizan dicho pavimento. Fue una investigación de tipo aplicada. La población y muestreo se realizaron en diversos tramos de prueba y representativos en el país de México. Los elementos que han sido usados para la recolectar los datos han sido las fichas de los registros recopilados del laboratorio. Se concluyó que Los conceptos mecanicistas que fueron mencionados en dicho proyecto son realizados de esa manera en pavimentos nuevos y a los ya construidos anteriormente, y consideramos el asunto de la rehabilitación usando sobre carpetas.

O. Reyes y J. Camacho (2004) tuvieron como finalidad la determinación de las deformaciones, esfuerzos radiales y en (y) también llamados verticales en las distintas capas estructurales del pavimento empleando el programa de elementos finitos que fue el Plaxis V 7.2 el cual analiza cómo se comporta la capa de grava no tratada como un material no lineal. Los pavimentos rígidos son estructuras constituidas por un conjunto de capas que están puestas una encima de otra, las cuales son diseñadas y construidas para soportar las deflexiones, esfuerzos y deformaciones que les generan las cargas del tráfico vehicular. La estructura de que fue analizada del pavimento, se divide en tres capas: la primera, una mezcla de asfalto, la segunda una grava que no fue tratada y la última viene a ser el suelo de soporte o también llamada subrasante. El estudio de la información se concentró en la capa de grava no tratada.

Como **antecedentes nacionales** tenemos diversos aportes, ciertamente sabemos que el desarrollo de las construcciones de pavimentos se va desarrollando de manera continua, avanzando de esta manera y mejorando proyecto tras proyecto.

W. Saldaña (2018). Tuvo como objetivo diseñar el pavimento rígido en la ciudad de Cajamarca, puntualmente en la Avenida Industrial en el año 2018. Fue diseñado de manera que se adaptó al trabajo no experimental descriptiva. Se tomó como población el Barrio Mollepampa en Cajamarca con la muestra de la Av. Industrial. Los instrumentos que sirvieron para recolectar datos fueron guía de observación y formatos de laboratorio. Como principales resultados se obtuvo que el resultado obtenido en el laboratorio dio un CBR igual a 11.40% como mínimo valor y de

15.70% como valor máximo, también se obtuvo que la investigación de tránsito en la carpeta de rodadura de la Av. Industrial, obtuvo un IMDA equivalente a 1362 veh/día. Se concluyó que realizando esta investigación se conseguirá mejoras respecto al tránsito en la avenida Industrial.

E. Díaz y G. Espinoza (2020). Tuvieron como objetivo la determinación del diseño apropiado del pavimento rígido para los tipos de suelos de arenas limosas sujeto al desgaste respecto a la influencia de sucesos de climas extremos y cíclicos en la mencionada vía del Bajo Piura. Fue un estudio de tipo aplicada y con enfoque contable. La población y muestreo fue de la Vía de Evitamiento de Bajo Piura. Los instrumentos empleados fueron las recopilaciones documentarias. Los resultados principales determinaron que la capa está compuesta por un suelo muy fino arenoso y limoso (SM) de plasticidad muy baja y su límite líquido (LL<50). Además, de acuerdo a la curva respecto a la granulometría del suelo, se confirma que se trata de un suelo fino levemente graduado. Se concluyó que los suelos finos, más que todo los limos y arenas de plasticidad baja se hacen muy inconstantes una vez que tienen contacto con el agua, en pocas palabras son muy sensibles a la erosión.

O. Sánchez (2019), tuvo como objetivo el diseño de los pavimentos utilizados en la carretera Ayacucho – Abancay usando el método Aashto 93 para realizar la mejora de dicha vía. Fue una investigación de tipo aplicada. Se tomó como muestra de investigación la vía de Ayacucho – Abancay. Los instrumentos que se usaron fueron la recopilación de documentos, manuales, tesis y los ensayos realizados en laboratorio. Como resultado, la sub base que existe está formada por suelos de tipo granular producto de desmontes y los desgastes de las rocas y/o cerros del periodo cuaternario. Los resultados de los ensayos granulométricos fueron que los materiales corresponden a los tipos A-1 = 13% A-2=25%, A-4=19%, A-5=11%, A-6=3%, A-7-5=5%, A-7-6 =5% y Roca=19%. Se concluyó que en unos 10 años posteriores debe realizarse un nuevo estudio del pavimento como medir lo rugoso que es, y sus daños como son los agrietamientos, parchados y ahuellamiento para saber en qué situación se encuentra el pavimento y tomar las medidas correctivas.

S. Villanueva (2021). Tuvo como objetivo buscar y efectivizar un estudio y realización del pavimento rígido realizando combinaciones binarias de los suelos propuesto por el método de Roth Fuchs y comprobado por el análisis matricial de suelos. La investigación fue de tipo cuantitativo. La población y muestra fueron de cuatro canteras no muy lejos de la ciudad. Los datos utilizados fueron la recolección de archivos web e informes de la Municipalidad de Pachitea. Los principales resultados de los ensayos realizados, cuyos parámetros de diseño del módulo granulométrico que corresponde al suelo grueso es de 40% y 60% de suelo fino o material ligante, el cual nos dará un porcentaje de CBR mayor del 80%. Se concluyó que la base tendrá una capacidad alta al momento de efectuar el diseño del concreto hidráulico en cumplimiento a las condiciones mínimas decretados en el reglamento peruano vigente para la base granular.

Como **antecedentes locales** tenemos aportes en lo que respecta al diseño de pavimento rígido y respuestas estructurales.

S. Huillcas y J. Miranda (2021), tuvieron como objetivo determinar el diseño correcto y eficiente para pavimento rígido en la avenida Manantay de San Fernando. Fue una investigación de tipo aplicada; la zona a estudiar estaba conformada por la longitud y ancho de la vía. La muestra obtenida fue la de 1 km. Desde los 0.00 km. a + 1.00 km en la Av. Manantay. Tomaron una muestra no probabilística y fija. Se usaron fichas, formatos de trabajo de campo para obtener los datos recolectados y la técnica documental. Según las respuestas al calcular el diseño del pavimento, se obtuvo una altura de 20 cm, con un relleno de 15 cm. Se concluyó que dicho diseño del pavimento fue hecho utilizando por la metodología AASHTO 93 y Guía para construcción de carreteras del MTC.

J. Meléndez (2018), tuvo como objetivo diseñar el concreto a nivel de carpeta de asfalto en la carretera Tingo María – Aguaytía – Pucallpa, tramo: dv. aeropuerto Pucallpa, teniendo en cuenta las técnicas consideradas que fueron dadas en la normativa del MTC y la norma AASTHO 93; ha sido una investigación de tipo aplicada y el área a estudiar fueron en los distritos Callería y Campo Verde, en la región Ucayali.

Se aplicaron las normativas que ya se tenía respecto a la mecánica de suelos como es la E.050, investigación de tránsito, diseño geométrico, diseño del concreto entre otros. Los resultados demostraron que se puede lograr a partir de un análisis preciso y aplicando las teorías, estudios y diseños correspondientes a la altura del pavimento a nivel asfáltico del tramo estudiado.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

La tipología de la investigación va ser de manera aplicada, ya que estamos buscando la solución de un problema concreto y cual es fácil de identificar (Bunge,1971). De la misma manera, correspondiente a un diseño cuasiexperimental - transversal, ya que el estudio se va realizar con una sola medida, aplicando un solo estímulo y después realizar la medición en una variable, para observar cual es el nivel de efecto en estas variables. (Carrasco, 2006.Pag. 63).

Su diagrama es el siguiente:

G x O

Donde:

G: Grupo

O: variable

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable cuantitativa I:

Respuesta Estructural con Enfoque Mecanicista.

La respuesta estructural, viene hacer la segunda fase en el proceso del diseño de un pavimento con enfoque mecanicista, se procede calculando de lo que se va llamar las respuestas estructurales en la sección de la estructura de un pavimento. Estas respuestas estructurales radican en identificar los esfuerzos distribuidos, deflexiones y deformaciones unitarias. El cálculo se realiza considerando primordialmente al pavimento como un medio de capas superpuestas, también llamadas multicapas, en donde la manera de comportarse de los materiales se apoya netamente en la teoría de la elasticidad.

Variable cuantitativa II:

Diseño de Pavimento de Rígido.

Son los que están formados por una carpeta de rodadura hecha de concreto Hidráulico sobre una base. Al tener una rigidez mayor pueden distribuir las cargas verticales sobre un área de mayor tamaño y con presiones muy diminutas. Las carpetas se van a apoyar en la subrasante, si es o no de buena calidad y el tránsito es o no ligero, o bien, sobre una carpeta del material seleccionado, llamada sub-base. Esta capa no posee funciones respecto a estructuras, utilizándose como una superficie de apoyo, capa drenante, plataforma de trabajo, etc. Y la cual se forma por materiales granulares o bien estabilizada con el uso del cemento Portland, o también puede ser por concreto pobre.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Población:

Comprendido por una (01) calicata extraída del Jr. Manco Cápac Cuadra 1, de la ciudad de Pucallpa.

Muestra:

Muestra intencionada no pirobalística, que se considera en función a lo que proponga el quien investiga, se seleccionó la extracción de muestras de una (01) calicata. La muestra es equivalente al tamaño de la población.

Muestreo

En el muestreo se optó por realizar un ensayo de corte directo al material conformante de la sub base mejorada, un ensayo estándar para caracterizar la subrasante y un ensayo Proctor modificado.

Unidad de Análisis

La unidad de análisis fue la respuesta estructural de la sección del pavimento rígido.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnicas

Para esta investigación por ser de forma cuasiexperimental fue empleada la técnica de la Observación; el investigador presencié todos los trabajos de campo, laboratorio y procesar la información.

Instrumentos

Se emplearon como instrumentos la Ficha de recolección de datos: hojas de cálculo, gráficos en Excel, Ficha de campo, de igual manera emplear las normativas de pavimentos urbanos CE.010.

3.5. Procedimientos:

El programa de trabajo para la presente investigación se realizó en tres fases: trabajos de campo, ensayos de laboratorio y procesamiento de datos. Se inspeccionó el área a estudiar y se ubicó un punto de investigación en el Jr. Manco Cápac cuadra 1 de la ciudad de Pucallpa, luego se procedió con la excavación de una calicata a una profundidad de 1.50m, para luego extraer las muestras alteradas de suelo que fueron llevadas al laboratorio de la empresa consultora VARINCO SAC. Luego y bajo los parámetros normativos se realizó los ensayos de caracterización de la muestra de suelo arcilloso y ensayo de compresión simple no confinada que corresponderá a la subrasante. Para la sub base mejorada se llevó muestras de material mejorado para sub-base, compuestas por hormigón y ligante, los cuales se realizaron los ensayos de caracterización y el ensayo de corte directo. Por último, en gabinete se procedió con el procesamiento de los datos adquiridos de los ensayos de caracterización y parámetros geomecánicas para el análisis de la respuesta estructural en el programa de elementos finitos Plaxis V.8.2., con las respuestas del análisis se evaluaron e interpretaron los resultados para el cumplimiento del objetivo.

3.6. Método de análisis de datos:

El método del estudio finalmente será deductivo; el cual se basa en la búsqueda y procesamiento de la información cuantitativa sin objetar el conocimiento que existe en torno al problema que se está estudiado.

3.7. Aspectos éticos:

La presente investigación se va a realizar bajo los estándares de calidad y respetar las propiedades intelectuales de los datos recolectados, de igual manera desarrollándose con las pautas y los métodos convencionales sin tratar de alterar estas mismas.

Consentimiento informado

Toda información y datos que fueron recolectados, tanto como los ensayos en el laboratorio realizados están bajo el conocimiento y consentimiento del profesional involucrado al desarrollarse el estudio. El gerente general de la empresa consultora VARINCO S.A.C. realizó la firma del documento del consentimiento informado, esta recolección de datos fue exclusivos para la realización del trabajo de investigación sin fines de lucro.

Beneficencia

El aporte de la presente investigación será muy relevante para los profesionales que son involucrados para el desarrollo de los proyectos de iguales características en la ciudad de Pucallpa -Ucayali.

No mal eficiencia

Fueron realizados bajo las medidas de seguridad del personal involucrado en el proceso para obtener los datos de campo, así como los procedimientos normativos de calidad y eficacia en el desarrollo de los ensayos de laboratorio.

IV. RESULTADOS

Ubicación y descripción del área de estudio.

El estudio fue realizado en el departamento de Ucayali provincia Coronel Portillo, distrito de Callería, exactamente en el Jirón Manco Cápac desde el Jr. Maya de Brito hasta la Avenida Colonización, el lugar de estudio presenta una carpeta de rodadura de pavimento rígido.



Figura 1. Plano de ubicación del área de estudio

Fuente: Expediente Técnico Jr. Manco Capac

Trabajo en campo.

Se realizó una calicata de 1 m de largo x 1 m de ancho x 1.5 m de profundidad, Las calicatas son unas excavaciones de prueba con la finalidad de verificación de una forma más rápida respecto al estado real del suelo. Permiten el examen de los lados horizontales y verticales expuestos a raíz que va avanzando la excavación y también permiten recolectar una amplia variedad de tamaños y tipos de muestras. Realizar una calicata permite:

- La realización de clasificar un suelo.
- Determinar de forma correcta que medida de la pared lateral de la excavación es constante.
- Ubicar específicamente el nivel freático.
- Determinar la influencia de la filtración de agua subterránea en la estructura y saber si éstas pueden tener efectos secundarios en la estructura o no sufre afectaciones.
- Valorar si lugar a trabajar se puede recortar, apisonar y nivelar fácilmente o no.

- Se determinará si el material de relleno está presente en el sitio o no y especificando su profundidad.
- Determinar la resistencia del suelo.
- Saber si la condición de la zona a trabajar es viable

Según los objetivos enmarcados en esta investigación se obtuvo lo siguiente: Para los resultados del O.G.: Analizar la respuesta estructural con enfoque mecanicista en el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa, 2022.

Tabla 1. Resultados del análisis de respuesta estructural mecanicista para el diseño de pavimento rígidos en el Jr. Manco Cápac Cuadra 1, Pucallpa

Estructura	Losa de C°	Sub Base	Subrasante
Esf. Vericales (kN/m²)	12.05	50.05	72.37
Deformacion Total (mm) *	3.15	3.0	-
Deflexion maxima (mm) **	1.26	-	-
Tipo de Calculo	Analitico	modelo numerico	modelo numerico
% Absorcion de carga	98.26%	92.77%	89.54%

* Calculo con modelacion Numerica, Plaxis V8.2.

* Calculo Analitico, Ionnides (1985).

Según la tabla 1, se presenta el resumen de los resultados obtenidos de los esfuerzos, deformaciones y deflexiones realizados con el programa de métodos numéricos Plaxis V.8.2 y la formula analítica planteada por Ionnides et.al, (1985), se observa que las capas que tiene un valor de rigidez (módulo de elasticidad, E) más altos son los que presentan mayor capacidad absorción de cargas que en este caso sería la losa de concreto y sub base mejorada, sin embargo la subrasante presenta un esfuerzo vertical transmitido de $S_v=72.37 \text{ Kn/cm}^2$, este valor es mayor al valor de la resistencia al corte no drenado $C_u=66 \text{ kN/m}^2$, lo que permite recomendar la necesidad de mejorar es capa estructural del pavimento. Las deformaciones máximas alcanzadas con los modelos numéricos son $D_{\max}=3.15\text{mm}$, y en comparación con el cálculo del modelo analítico es de $D_{\max}=1.26\text{mm}$, esta variación nos indica una diferencia en el orden del 40% y originados por el tipo de modelo constitutivo empleado en el análisis; esto valores de deformaciones no indican que se debe elevar la capacidad de soporte de las

capas estructurales adyacentes a la losa de concreto, que presentan un CBR de 36% y 7% respectivamente.

Para el O.E. 1: Determinar las propiedades geomecánicas de los materiales de las capas y el nivel de tráfico para el diseño de pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa – 2022. Para la presente investigación se ha tomado como muestra la sección de la estructura de Pavimento rígido del Jr. Manco Cápac cuadra 1, tal como se puede mostrar en la figura 2, así mismo en la figura 3 se muestra los espesores asumidos en los diseños convencionales que se emplean en la ciudad de Pucallpa.

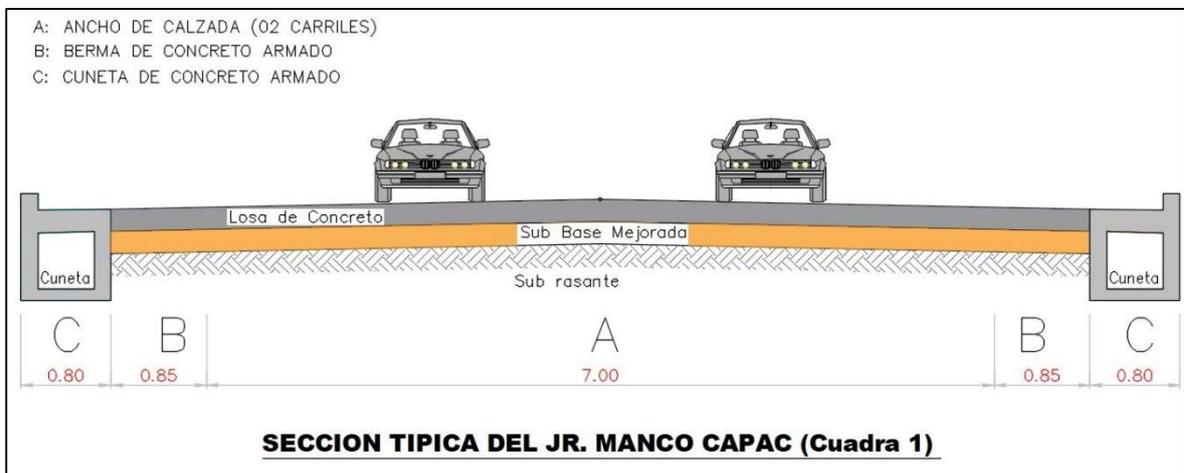


Figura 2. Sección típica de pavimento para análisis
 Fuente: Expediente Técnico Jr. Manco Capac

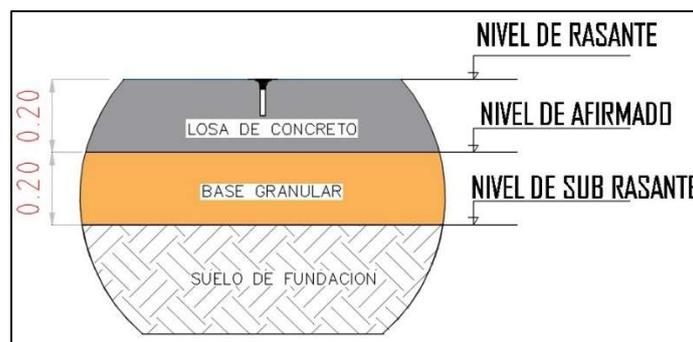


Figura 3. Espesores de estructuras del pavimento a analizar.
 Fuente: Expediente Técnico Jr. Manco Capac

Las propiedades geomecánicas de la sub rasante y sub base mejorada, se han determinado mediante los ensayos de laboratorio de las empresas VARINCO SAC

y GEOTECNICA EIRL de la ciudad de Pucallpa cuyos resultados se muestran en la tabla 2 y 3.

Tabla 2. Resultados de ensayos Estándar de laboratorio

Estrato del pavimento	Granulometria			Clasificacion S.U.C.S.			Limites de Consistencia				Peso Volumetrico
	% Gravas	% Arenas	% Finos	SUCS	AASHTO	Descripcion	W (%)	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	(gr/cm3)
Sub Base Mejorada	20.22	55.44	24.33	SC	A-2-7	Arena Arcillosa con Gravas	-	43.61	24.76	18.85	(ver proctor modificado)
Sub Rasante	0.0	0.19	99.81	CL	A-7-6	Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	12.50	24.13	13.39	10.74	1.37

Tabla 3. Resultados de ensayos Especiales de laboratorio

Estrato del pavimento	Proctor Modificado		CBR		Corte Directo		Compresion simple no confinada	
	OCH (%)	M.D.S. (gr/cm ³)	al 100% de MDS	al 95% de MDS	∅°	C (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Consistencia
Sub Base Mejorada	6.39	2.19	53	36	37.42	0.00	-	-
Sub Rasante	8.6	1.57	14	7	-	-	0.66	Mediana

La tabla 2, nos muestra los resultados de la caracterización geotécnica de la sub base mejorada y la sub rasante, este resultado nos indica que se tiene un suelo de fundación compuesta de arcilla de baja plasticidad, así mismo la sub base mejorada es un material clasificado que cumple con los requisitos mínimos para tratamiento de sub base en pavimentos rígidos; en la tabla 3, se puede observar una diferencia notable de los CBR de la sub rasante y la sub base mejorada, los valores de los parámetros de resistencia para el material clasificado nos indica un valor de ángulo de fricción equivalente a 37.42° y para la sub rasante una resistencia al corte no drenado de 0.66 kg/cm².

La tabla 4, nos muestra los parámetros físico mecánicos de la losa de concreto de 20 cm de espesor para el diseño pavimento del Jr. Manco Cápac cuadra 1, la calle tiene una clasificación de vía colectora y por requerimiento estructural para obtener un espesor de pavimento de 20cm el módulo de rotura considerado es 50.04Kg/cm² para un concreto de resistencia $F'c=245\text{Kg/cm}^2$, equivalente a 627psi. El valor típico del módulo de elasticidad del concreto se encuentra en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E.060 del Concreto, cuyo valor está dado por:

$$E = 15000 \cdot \sqrt{F'c}$$

Tabla 4. Propiedades mecánicas del concreto hidráulico.

Estrato del pavimento	Concreto Hidraulico				
	Espesor (cm)	F'c (Kg/cm ²)	fr (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	μ
Losa de Concreto	20	245	44.10	234787	0.20

Para el determinar el nivel de tráfico en el Jr. Manco Cápac cuadra 1, se ha tomado como referencia el estudio de tráfico realizado en la zona de estudio, cuyos resultados se muestran en la tabla 5, así mismo con la referencia del estudio de tráfico se ha determinado el número de aplicaciones acumuladas de cargas equivalentes a un eje simple de 18,000 libras (80 kN) que se usó en la determinación del espesor de pavimento.

Tabla 5. Nivel de Trafico y carga equivalente de diseño

Indice Medio Diario Anual (veh/dia)	% de vehiculos de mayor incidencia			Vehiculos pesados			Carga Equivalente (kN)
	categoria	tipo	%	categoria	tipo	veh/dia	
3,395	L	Motocar	84.81	N	Camiones	153	80

Para el O.E. 2: Estimar los valores iniciales de entrada de datos y definir las condiciones de contorno para el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa – 2022.

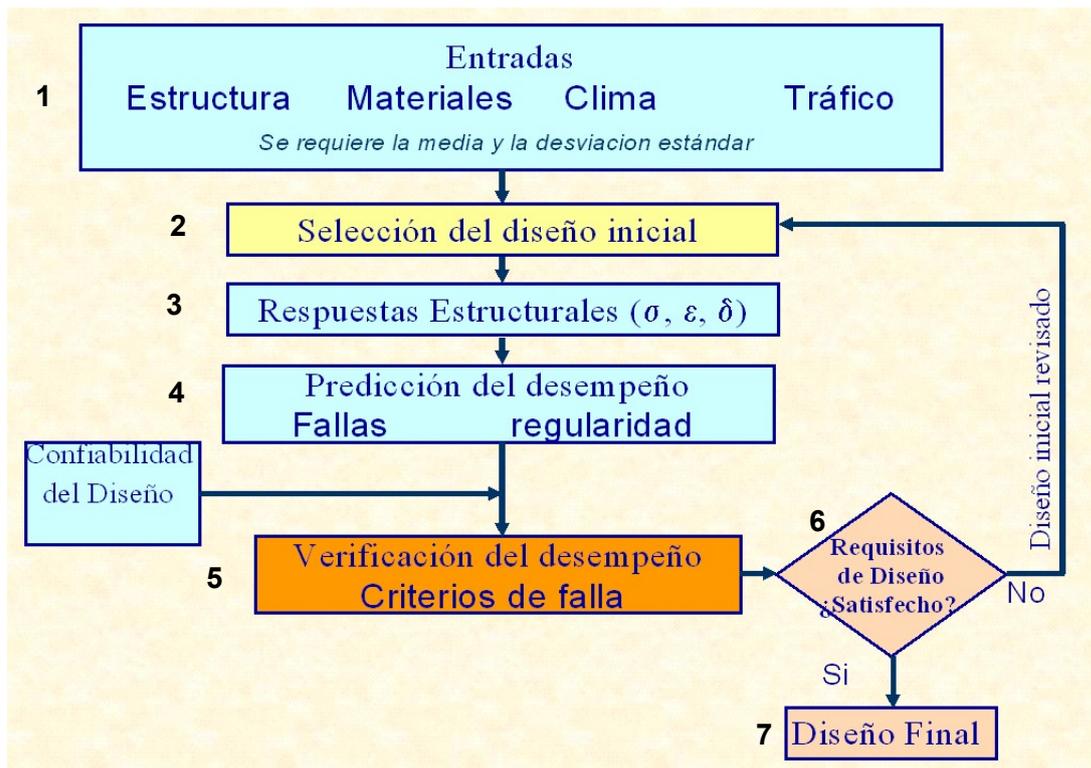


Figura 4. Secuencias de diseño de las metodologías mecanicistas.
Fuente: P. Garnica & A. Correa, 2004, pág. 24

De la figura 4, se muestra los componentes claves para el diseño aplicando las metodologías mecanicistas, para la presente investigación se analizó hasta el nivel 3; así mismo los datos de entrada empleados se muestran en las tablas 2, 3 y 4. Los valores iniciales de entrada de datos se trabajaron en el sistema de unidades del programa de cómputo Plaxis V.8.2, para este caso se ha planteado tres capas estructurales compuestas por las losa de concreto, sub base mejorada y las subrasante; la sección del pavimento es la que se muestra en la figura 2, a continuación se muestra en la tabla 5 con los valores asumidos en el análisis. Para la estimación de la presión de carga que ejerce la rueda sobre la losa del pavimento rígido se estableció un área rectangular equivalente de 0.34mX0.34m, tal como se puede observar en la fig. 5, el resultado de la presión de carga nos da un valor de 692.04 kN/m².

Tabla 6. Parámetros geomecánicos de las capas estructurales del pavimento rígido.

Tipo de Material	Losa de C°	Sub Base	Subrasante
SUCS	-	SC	CL
Espesor (m)	0.2	0.2	1.6
CBR (%)	-	36	7
E (kN/m ²)	23,392,819	70000	4500
μ	0.2	0.3	0.495
P.E. Seco (kN/m ³)	24	21.8	13.7
P.E. Saturado (kN/m ³)	-	23.18	15.41
Cohesion (kN/m ²)	-	0.008	66
Ang. Friccion (°)	-	37	0
Modelo Constitutivo	Lineal Elastico	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Condicion inicial	No poroso	Drenado	No Drenado

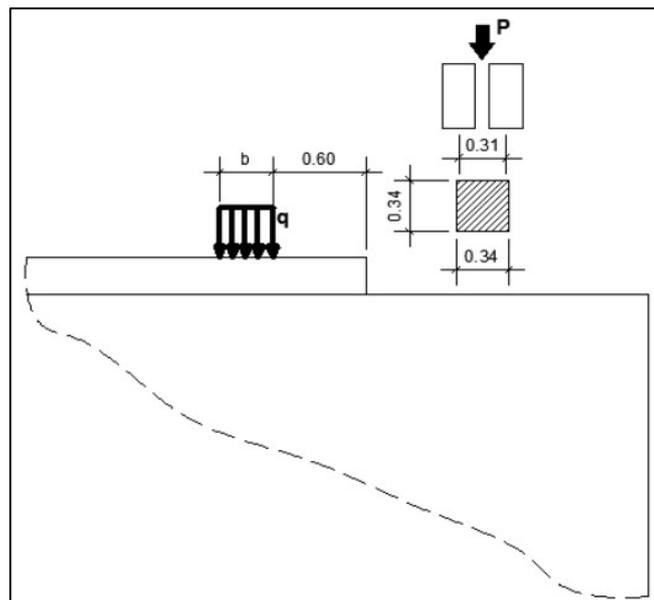


Figura 5. Presión de carga de diseño y su ubicación.
Fuente: F. Hernández, 2014, pág. 70.

Para el desarrollo de la modelación de la estructura de pavimento rígido, se inició creando un sistema tricapa, donde la capa superior está constituida por una losa de concreto, la intermedia por una sub base con material mejorado y la inferior por una capa de suelo de soporte o subrasante. Las cargas de los vehículos para el

desarrollo de la investigación son semiejes estándar de 80kN, que son esquematizadas como una presión de contacto de 692 kN/m². De acuerdo a la tabla 6, se han empleado modelos constitutivos por cada capa del pavimento, siendo importante señalar que el criterio de elección fue en base al comportamiento real del suelo frente a la acción de las cargas de diseño en la ciudad de Pucallpa, que en este caso el suelo de fundación presenta un suelo arcilloso de baja plasticidad en condiciones no drenadas, lo que es contrario a la capa de la sub base mejorada, ya que este tipo de material presenta valores mayores del coeficiente de permeabilidad. El coeficiente de Poisson asumido está en función a las condiciones drenadas y no drenadas del material del suelo.

Las condiciones de frontera en el modelo analizado por elementos finitos fueron asumiendo que el suelo está representado como un semi-espacio infinito, modelado a través de un subdominio con geometría rectangular. La idealización de las condiciones de contorno se considera la restricción de los desplazamientos en las direcciones horizontales $U_1=0$ (eje x) y $U_2=0$ (eje y) en los bordes como se puede observar en la figura 6. los desplazamientos verticales en dicho contorno no se restringieron permitiendo que los esfuerzos y desplazamiento en esa dirección se propaguen hasta el final del continuo sin generar distorsiones en el modelo numérico.

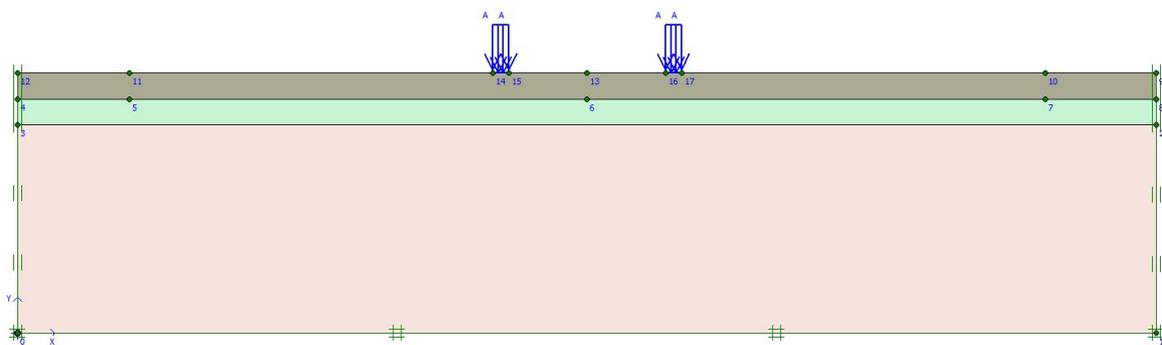


Figura 6. Modelo de la estructura de pavimentos en el programa PLAXIS
Fuente: Desarrollo en el programa PLAXIS

En la figura 6, se muestra dos cargas de presión que actúa sobre la losa de pavimentos rígido, estas representan la carga de presión de las llantas del vehículo asumiendo una carga equivalente de 80 kN, y la separación de las cargas están a una distancia de 1.20 m medidos desde la cara interior; así mismo se ha calculado un ancho equivalente de 0.12 m para efectos de no variar la carga de presión en el programa Plaxis.

Para el O.E. 3: Calcular las respuestas estructurales en la sección estructural del pavimento mediante el software Plaxis V.8.2, para el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa – 2022.

Las respuestas estructurales de la sección del pavimento con enfoque mecanicista se basaron en analizar tres parámetros principales: esfuerzos, deformaciones unitarias y deflexiones; como primer paso y definido las condiciones de contorno se realiza la discretización de la sección de análisis mediante el enmallado tipo triangular en el programa de elementos finitos Plaxis V.8.2, tal como se puede apreciar en la figura 7.

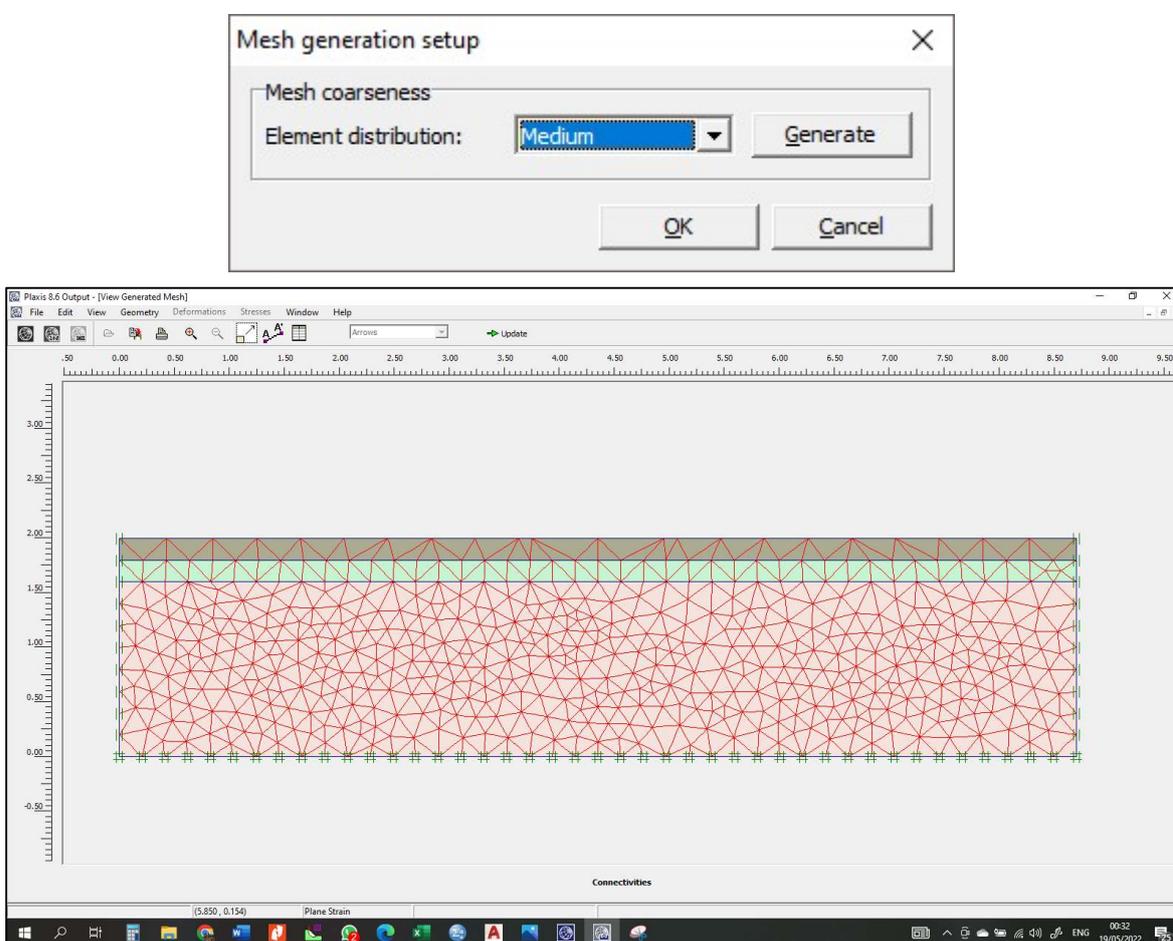


Figura 7. Discretización de la sección de análisis (mallas tipo triangular), Plaxis V.8.2.
Fuente: Desarrollo en el programa PLAXIS

Como segundo paso se estableció las condiciones iniciales del modelo, estableciéndose que no hay presencia de nivel freático por debajo de la sub rasante, tal como se puede apreciar en la figura 8.

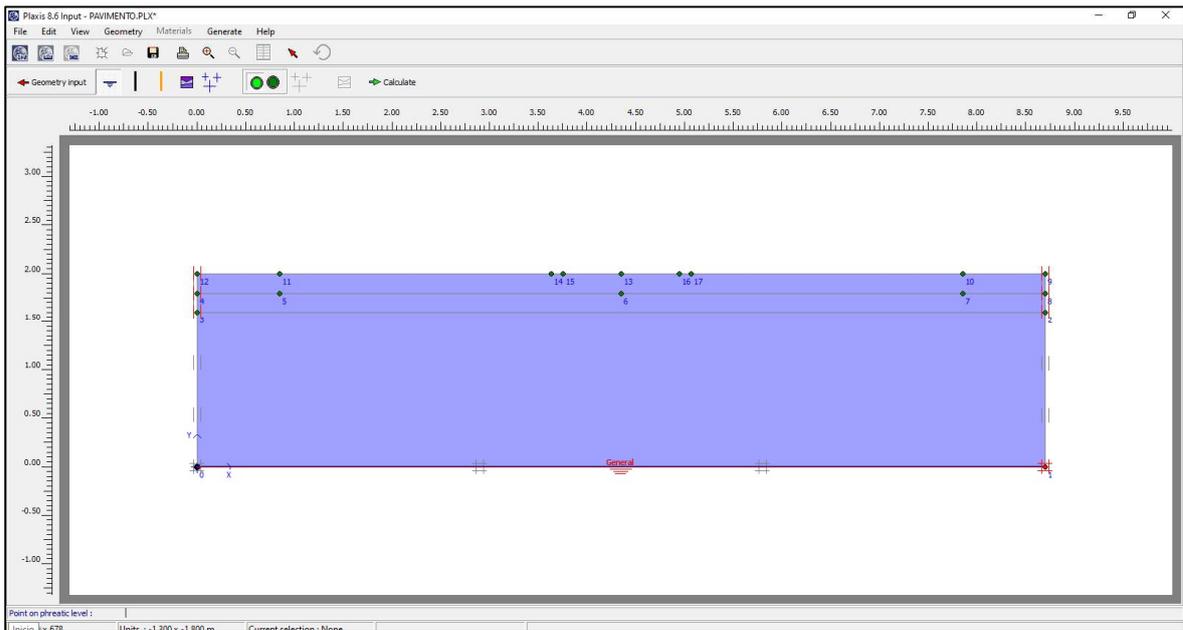


Figura 8. Condiciones iniciales de la sección del pavimento sin nivel freático, Plaxis V.8.2
Fuente: Desarrollo en el programa PLAXIS

El tercer paso se presenta los esfuerzos Geostáticos definidos con los parámetros geomecánicas de cada capa del pavimento rígido, siendo su valor del esfuerzo total en el nivel de fondo de la sub rasante de 10.36 kN/m^2 , tal como se puede apreciar en la figura 9.

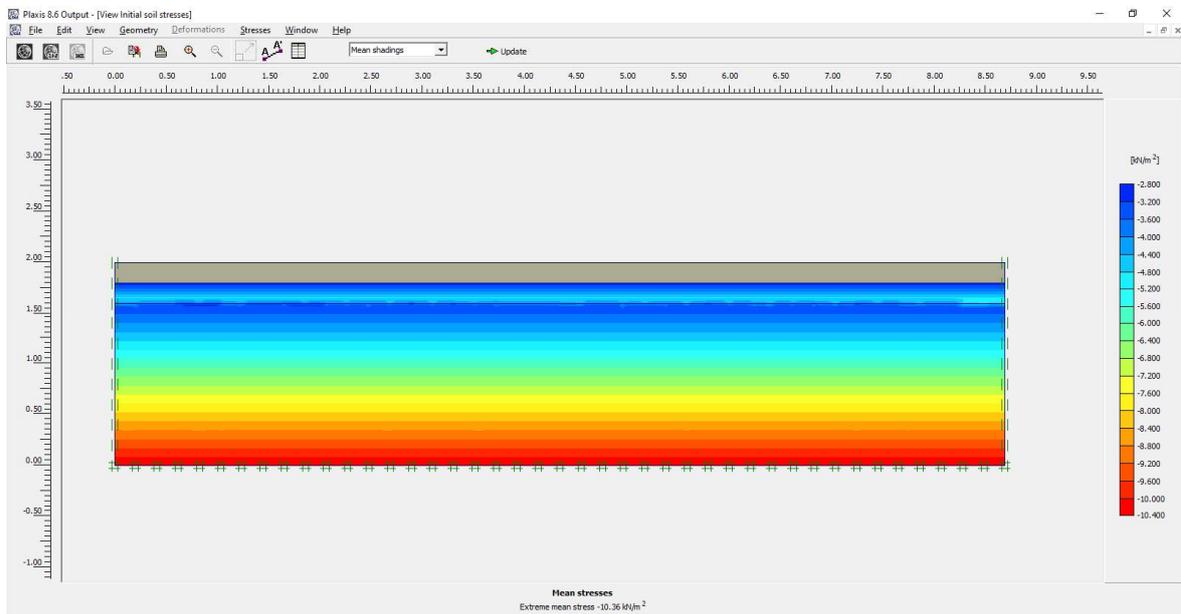


Figura 9. Valores del esfuerzo total en condiciones no drenadas de la sección del pavimento rígido.
Fuente: Desarrollo en el programa PLAXIS

La simulación de la interacción de las cargas de presión ejercida por las llantas del vehículo, se realizaron en una sola etapa, y se definió tres puntos de control para

establecer los desplazamientos verticales por efecto de las cargas, tal como se puede observar en la figura 10.

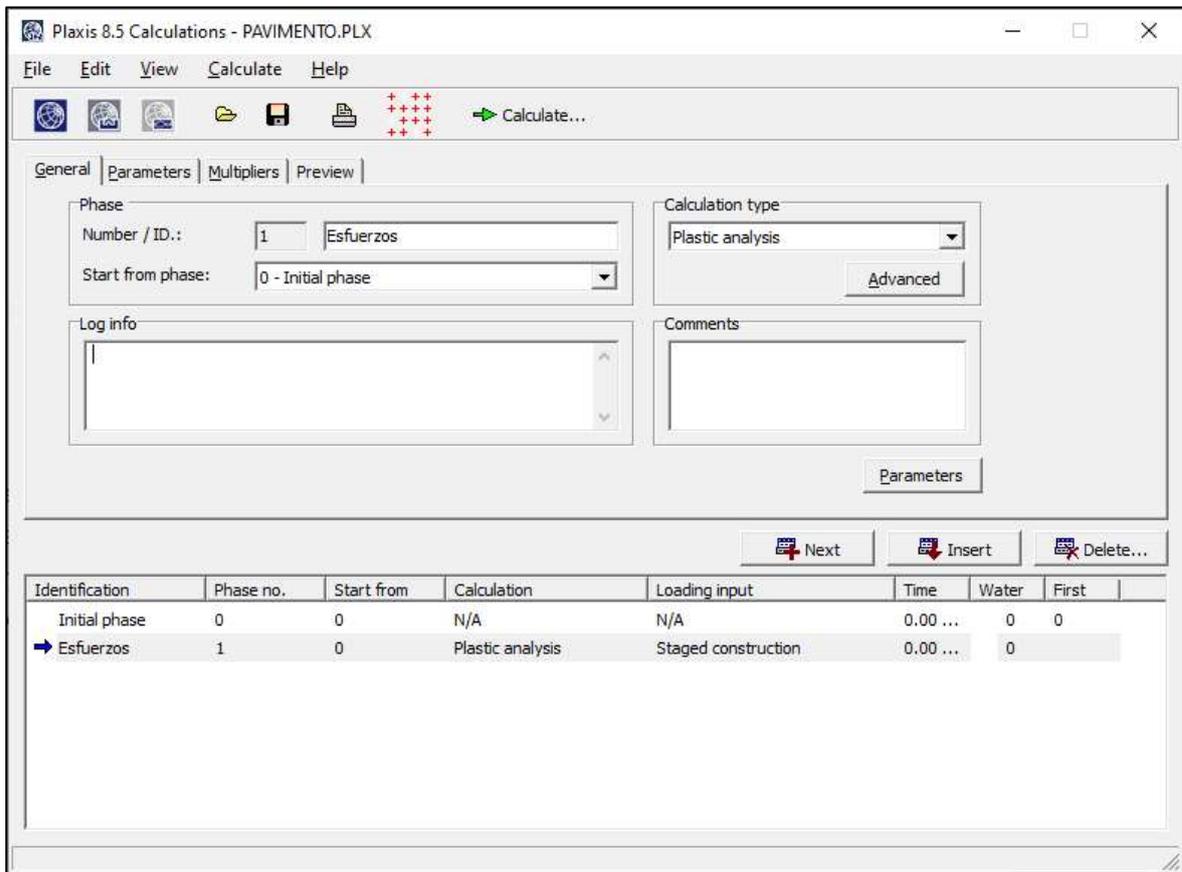


Figura 10. Establecimiento de las fases de cálculo de la sección del pavimento, Plaxis V.8.2.

Fuente: Desarrollo en el programa PLAXIS

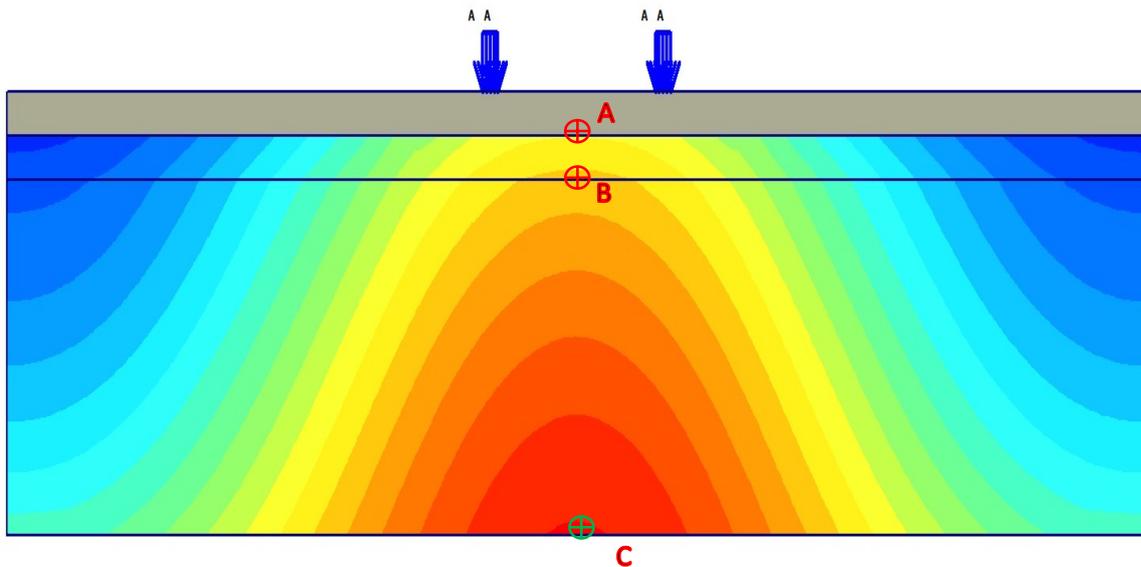
Los resultados del cálculo de los esfuerzos y deformaciones se han asumido teniendo en cuenta la carga de borde como se puede observar en figura 11.



Figura 11. Ubicación de la carga de presión para el cálculo de esfuerzos y deformaciones en pavimentos de concreto hidráulico.

Fuente: F. Guarnica y A. correa, 2004, pag. 26

Para el cálculo del esfuerzo se ha tomado en cuenta los puntos de control en el eje central del pavimento, siendo los resultado lo siguiente: en el punto inferior de la losa se localiza el punto A, siendo el esfuerzo vertical resultante $S_A= 12.05 \text{ kN/m}^2$, el punto B se localiza en la parte inferior de la sub base mejorada, siendo su esfuerzo vertical $S_B=50.05 \text{ kN/m}^2$, y por ultimo el esfuerzo en el punto C ubicado en le borde inferior de la subrasante, siendo su esfuerzo $S_C= 72.37 \text{ kN/m}^2$, tal como se observa en la figura 12.



Vertical total stresses (sig-yy)

Extreme sig-yy -72.37 kN/m^2

Figura 12. Esfuerzos verticales en el eje central de la sección de pavimentos, Plaxis V.8.2.

Fuente: Desarrollo en el programa PLAXIS

Los resultados de las deformaciones calculados por el programa Plaxis V.8.2. en los puntos A, y B, son los siguientes: $D_A=3.15 \text{ mm}$, $D_B=3.0 \text{ mm}$, estos desplazamientos se encuentran ubicado sobre el eje simétrico del pavimento en la dirección Y, como se puede observar en la figura 13.

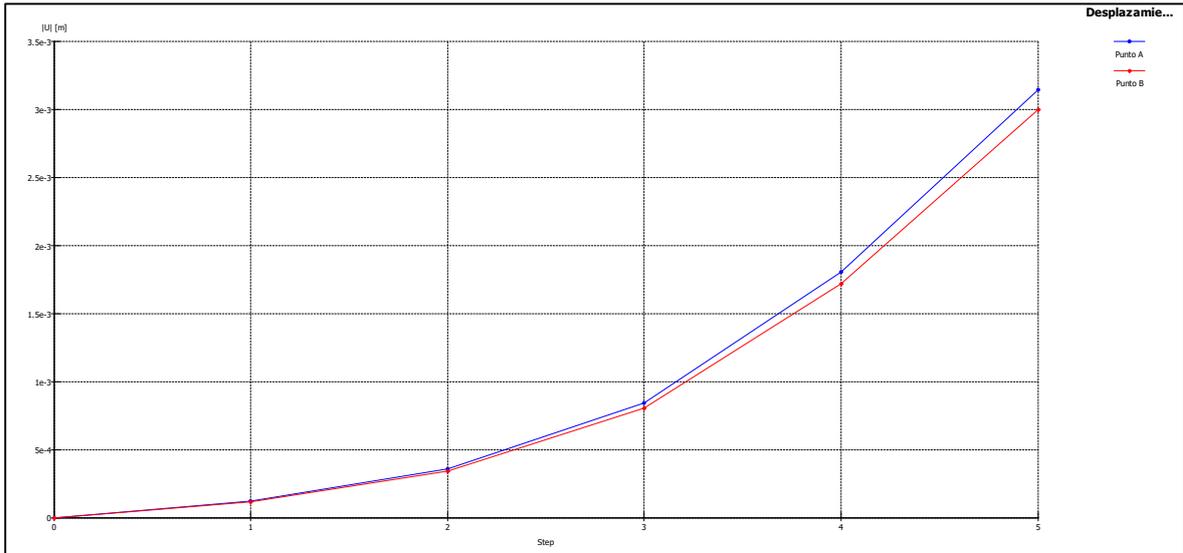


Figura 13. Resultados de desplazamiento verticales $U_{yA}=3.15$ mm, $U_{yA}=3.0$ mm, Plaxis V8.2.

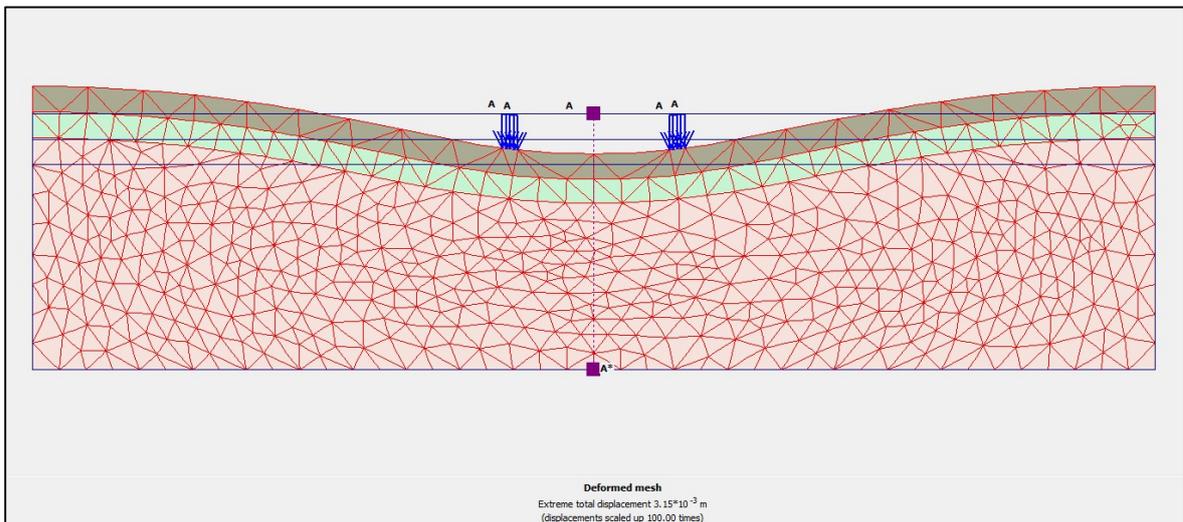


Figura 14. Deformación de la estructura del pavimento en el programa Plaxis V.8.2.
Fuente: Desarrollo en el programa PLAXIS

Como se puede observar en la figura 14, se muestra la deformación de la estructura de pavimento rígido como resultado de la aplicación de las cargas de presión que ejercen sobre la losa de concreto hidráulico de espesor de 20cm, alcanzado una deformación máxima vertical en el eje de 3.15mm.

Para el cálculo de la deflexión del pavimento rígido, se ha tomado en cuenta el planteamiento de la ubicación de la carga de presión de las ruedas del vehículo que en el presente estudio se ha definido como carga de borde, así mismo se ha aplicado la formula analítica definida por Ioannides et.al., 1985, cuya ecuación es la siguiente:

$$D_B = \frac{\sqrt{(2 + 1.2\mu)P}}{\sqrt{Eh^3k}} \left[1 - \frac{(0.76 + 0.4\mu)a}{L} \right]$$

Donde:

Sc: Esfuerzo debido a una carga de borde.

P: Carga concentrada.

h: espesor de losa.

a: Radio del área de contacto.

L: Radio de rigidez relativa.

D_B = Deflexión en el borde.

k: Módulo de reacción de la subrasante

E: Modulo de Elasticidad.

μ : coeficiente de Poisson

El radio de rigidez relativa está definido por:

$$L = \left[\frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)k} \right]^{0.25}$$

Reemplazando datos se tiene:

$$L = 76.54$$

$$D_B = 1.26 \text{ mm.}$$

De acuerdo a lo calculado con las fórmulas analíticas, se obtuvo una deflexión máxima de 1.26 mm de la losa de concreto para un espesor de 20cm, con un $F^1c = 245 \text{ Kg/cm}^2$.

V. DISCUSIÓN

Con respecto al objetivo general, analizar la Respuesta Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de Pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa, 2022 se determinaron las propiedades geomecánicas de los materiales y el nivel de tráfico obteniendo un tipo de suelo arcilloso de baja plasticidad, con CBR de 7%, muy impermeable y un IMDA 3395 veh/día difiriendo con la investigación de E. Díaz y G. Espinoza (2020) que tuvieron como objetivo la determinación del diseño apropiado del pavimento rígido para los tipos de suelos de arenas limosas sujeto al desgaste respecto a la influencia de sucesos de climas extremos y cíclicos en la mencionada vía del Bajo Piura, los resultados principales determinaron que la capa está compuesta por un suelo muy fino arenoso y limoso (SM) de plasticidad muy baja y su límite líquido ($LL < 50$). Además, de acuerdo a la curva respecto a la granulometría del suelo, se confirma que se trata de un suelo fino levemente graduado. Se concluyó que los suelos finos, más que todo los limos y arenas de plasticidad baja se hacen muy inconstantes una vez que tienen contacto con el agua, en pocas palabras son muy sensibles a la erosión.

De acuerdo al objetivo 1 dado, se ha planteado 3 capas estructurales en la sección de pavimento rígido. La primera capa consta de una losa de concreto con espesor de 20 cm, y una resistencia f_c de 245 kg/cm² módulo de elasticidad 23×10^6 . La segunda capa es una sub base mejorada dosificada, con un ángulo de fricción, de ángulo de fricción 37.42° , peso volumétrico y la tercera capa que es la subrasante, considerada un suelo arcilloso de baja plasticidad "CL", con un C_u = resistencia al corte no drenado 0.66 kg/cm² de consistencia media y obteniendo un $cbr = 7\%$. Estos resultados nos demuestran que la subrasante en Pucallpa está empleada a suelos arcillosos de consistencia blanda a mediana, la cual resulta casi impermeable, sin embargo, difiriendo con W. Saldaña (2018) que tuvo como objetivo el diseño de pavimento rígido en la ciudad de Cajamarca, teniendo como resultado un tipo de arena bien graduada con arcilla "SC", también llamada arena arcillosa, la cual resulta ser un material muy permeable, la cual comparado con el suelo de la ciudad de Pucallpa estudiado resulta ser de mayor capacidad de soporte.

De acuerdo al objetivo 2 de nuestra investigación, los valores iniciales de entrada de datos se trabajaron en el sistema de unidades del programa de cómputo Plaxis V.8.2, las fuerzas y cargas de los móviles para desarrollar la investigación son

semiejes de categoría estándar equivalentes a 80kN, que son simplificadas como una presión de contacto de 692 kN/m^2 , siendo un suelo arcilloso de baja plasticidad en condiciones no drenadas, lo que es contrario a la capa de la sub base mejorada, ya que este tipo de material presenta valores mayores del coeficiente de permeabilidad y siendo una capa de concreto de 20 cm, Por lo que difiere O. Reyes y J. Camacho (2004) que tuvieron como objetivo la determinación de las deflexiones, deformaciones, esfuerzos radiales y verticales en las capas de la estructura de pavimento que fueron empleados por el software PLAXIS 7.2, que puede analizar cómo se comporta la capa de grava no tratada como un material no lineal. Los pavimentos rígidos son estructuras que se constituyen por un conjunto de capas sobrepuestas, las cuales son diseñadas y construidas para que soporten los esfuerzos y deformaciones que son generadas por las cargas del tráfico de los vehículos. La estructura de que fue analizada del pavimento, se divide en tres capas: la primera, una mezcla de asfalto, la segunda una grava que no fue tratada y la última viene a ser el suelo de soporte o también llamada subrasante. El estudio de la información se concentró en la capa de grava no tratada.

Concerniente al objetivo 3, sobre los cálculos de las respuestas estructurales en la sección del pavimento mediante el software Plaxis 8.2, las respuestas estructurales de la sección del pavimento con enfoque mecanicista se basaron en analizar tres parámetros principales: esfuerzos, deformaciones unitarias y deflexiones, estableciéndose que no hay presencia de nivel freático por debajo de la sub rasante siendo su valor del esfuerzo total en el nivel de fondo de la sub rasante de 10.36 kN/m^2 . Los resultados de las deformaciones calculados por el programa Plaxis V.8.2. en los puntos A, y B, son los siguientes: $D_A=3.15 \text{ mm}$, $D_B=3.0 \text{ mm}$, se obtuvo una deflexión máxima de 1.26 mm de la losa de concreto para un espesor de 20cm, con un $F'c= 245 \text{ Kg/cm}^2$, por lo que difiere de la investigación de L. Miranda (2018) respecto al momento de calcular las deflexiones realizado con el programa EverFE, en el cual se consideró el módulo de reacción de la subrasante obtenido con el nomograma de AASHTO 93 y en otros cuatro puntos muy representativos de las propiedades geomecánicas del tramo que fue estudiado; permitió concluir que el cuenco de deflexiones 105 calculadas es similar a las deflexiones obtenidas en campo aunque con un desfase que varía entre $40\mu\text{m}$ y $50\mu\text{m}$, cabe destacar que el gradiente de temperatura juega un papel muy importante en la variación de

deflexiones. Ya que no se conoce la gradiente de temperatura exacto del día del ensayo de FWD y la manera en que este variaba según el desarrollo del mismo, por lo tanto, fue modelada para un gradiente de temperatura equivalente a cero, considerando que la temperatura en la base y en la superficie de la losa en algún momento del día llegaran a tener el mismo valor.

VI. CONCLUSIONES

Como conclusión al objetivo general , analizar la respuesta estructural con enfoque mecanicista en el diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa, 2022, podemos concluir, que los esfuerzos calculados con el método numérico nos permiten elegir el modelo constitutivo de cada capa estructural, así mismo el análisis con el método numérico de elementos finitos se realiza de forma acoplada con todas la capas del pavimento, las deformaciones alcanzadas nos demuestran valores mayores en comparación con el cálculo analítico, por lo que los valores geomecánicas de la sub base mejorada y la sub rasante deberán ser mejoradas para obtener mejor respuesta estructural ante las deformaciones.

Con respecto al objetivo específico 1, determinar las características geomecánicas de los materiales de las capas y el nivel de tráfico para el diseño de pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa – 2022, se concluye que los parámetros varían depende del tipo de suelo que se analiza y respecto el valor de fuerza que se efectúa al pavimento, básicamente nos referimos a los espesores de cada capa, ya que son propiedades fundamentales del pavimento. De ese modo para tener un valor de entrada definimos que distribución de carga ejecutaremos, al obtener los resultados de tráfico y las características de los materiales de cada capa, podemos esos valores llevarlo al programa Plaxis y obtener los esfuerzos y deformaciones del pavimento. Para tener una información correcta de la caracterización de los vehículos se considera las distancias entre ejes y llantas, los más importante es tener el valor de presión de inflado.

Respecto al objetivo 2, estimar lo valores de entrada y definir los valores de contorno para el diseño de pavimento rígido en la ciudad de Pucallpa, 2022. Se puede decir que los limites exteriores del pavimento se colocara en la base ya que se considera la condición de contorno con valor cero, por lo que no existe nivel freático en dicho modelamiento, por lo que la sub-rasante es un material impermeable. Al incluir los valores de entrada al programa Plaxis, conseguiremos como resultado los bulbos de esfuerzos y las deformaciones por cada capa, ya que estará sometida a una fuerza de 80KN.

Respecto al objetivo 3, calcular las respuestas estructurales en la sección estructural del pavimento mediante el software Plaxis 8.2 se concluye que no hay

presencia de nivel freático por debajo de la sub rasante, para el cálculo del esfuerzo se ha tomado en cuenta los puntos de control en el eje central del pavimento, siendo los resultado lo siguiente: en el punto inferior de la losa se localiza el punto A, siendo el esfuerzo vertical resultante $S_A = 12.05 \text{ kN/m}^2$, el punto B se localiza en la parte inferior de la sub base mejorada, siendo su esfuerzo vertical $S_B = 50.05 \text{ kN/m}^2$, y por último el esfuerzo en el punto C ubicado en le borde inferior de la subrasante, siendo su esfuerzo $S_C = 72.37 \text{ kN/m}^2$ de acuerdo a lo calculado con las fórmulas analíticas, se obtuvo una deflexión máxima de 1.26 mm de la losa de concreto para un espesor de 20cm, con un $F'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$.

VII. RECOMENDACIONES

Como recomendación general: se ha podido observar que el cálculo estructural de las capas del pavimento a través del método numérico de elementos finitos nos dan de forma más objetiva el comportamiento estructural de la sección del pavimento rígido, por lo que se recomienda realizar el análisis a través de los métodos constitutivos que corresponda al verdadero comportamiento de cada material conformante, así mismo plantear un modelo estructural con las condiciones de contorno y cargas actuantes lo más real posible a fin de obtener resultados más confiables en el proceso de diseño de pavimento de concreto hidráulico en la ciudad de Pucallpa.

Recomendación específica 1: Para estimar las propiedades geomecánicas y el nivel de tráfico es necesario conocer las condiciones naturales del terreno donde se va efectuar nuestro proyecto, ya que son primordial, las cargas máximas obtenidos desde la antigüedad hasta ahora, el contenido de humedad, las propiedades del suelo, las obras que se ejecutarán a lo largo de los años ya que eso transmitirán cargas al suelo. En tal razón recomendamos que es necesario conocer todas las propiedades y características que tiene dicho suelo antes de elaborar un proyecto. En tal razón recomendamos

Como recomendaciones específicas 2, se debe tener en cuenta que es muy importante tener un planteamiento del modelo estructural que se pretende analizar, en tanto los resultados reales dependerá del comportamiento del pavimento rígido; por lo que recomendamos; al momento de plantear un análisis mediante un modelamiento numérico, el profesional responsable deberá conocer cómo actuará dichas estructuras planteada, y en función a este se deberá plasmarlo en un software de modelamiento numérico.

Recomendación específica 3: se debe hacer uso de elementos finitos ya que es mas preciso en sus resultados, al mismo tiempo, gracias al programa computacional se logra una visión mas transparente y extenso de cada problema, en especial designando gran ayuda en la optimización de soluciones y descubrimientos de los problemas de diseño.

VIII. REFERENCIAS

- Javier Paúl Morales Olivares, (2004). Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando Sobrecapas de refuerzo (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/rehabilitacion%20concreto%20MORALE S.pdf>.
- Álvaro Javier Godoy Oddone, Raúl Francisco Ramírez Dittrich. Patología de pavimentos rígidos de la ciudad de asunción. Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/godoy%20patologia.pdf>
- Carolina Izquierdo Velásquez, (2019). Análisis mecanicista para evaluar el pavimento de la trocha 12 - vía de acceso al pozo Trogon, municipio de Guamal – meta (tesis para obtener título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos). Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/izquierdo%20mecanicista.pdf>
- Oscar Alejandro Sánchez Vásquez, (2019). Diseño de pavimento empleando el método Aashto 93 para el mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay. tramo: Ayacucho km. 0+000 – km. 50+000 (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/sanchez%20aashto%2093.pdf>
- Condorchoa Anculle Ceferino Godofredo, (2019). “Factor clima y su relación con el deterioro de pavimentos rígidos en Ica año 2019 (Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Vial con mención en Carreteras, Puentes y Túneles). Recuperada de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/VIAL_T030_21447627_M%20Condorchoa%20Anculle,%20Ceferino%20Godofredo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/VIAL_T030_21447627_M%20Condorchoa%20Anculle,%20Ceferino%20Godofredo%20(1).pdf)
- Óscar Javier Reyes Ortiz, Javier Fernando Camacho Tauta, (2004). Comparación del cálculo de una estructura de pavimento flexible por elementos finitos y cálculo teórico. Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/reyes%20nva%20granada.pdf>

- Edgar Diaz Asencios, Gustavo Adolfo Espinoza Martínez, (2020). Propuesta de diseño de pavimentos rígidos para subrasantes arenas limosas susceptibles a erosión en el proyecto vía de evitamiento del bajo Piura (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Diaz_AE.pdf
- RNE norma CE.010 Pavimentos Urbanos (2010). Que, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de conformidad con la Ley N.º 27792, tiene competencia para formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, a cuyo efecto dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento. Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CE.010PUrbanos.pdf>
- Lucy Mercedes Viloría Oquendo, (2020). Diseño de la estructura de pavimento rígido para la vía ubicada en la carrera 8 entre las calles 4 y 10 del municipio de malambo, atlántico (Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de especialista en ingeniería de pavimentos). Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/viloria%20dise%C3%B1o%20pav.pdf>
- Ender Jhobany Orduz Duarte, (2017). Simulación de una estructura de pavimento apoyada en una subrasante arcillosa fracturada por desecación. estudio de aplicación en vías de la sabana del occidente de Bogotá (Tesis presentada para cumplir con los requisitos legales para obtener el Título de Magister en Infraestructura Vial). Recuperada de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/08_Orduzender2017.pdf
- Lilian Margarita Miranda Granados, (2018). Modelación de pavimentos de concreto hidráulico para la obtención de la respuesta estructural del mismo (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/07_Modelaci%C3%B3n%20de%20pavimentos%20de%20concreto%20hidr%C3%A1ulico%20para%20la%20obten

[ci%C3%B3n%20de%20la%20respuesta%20estructural%20del%20mismo.pdf](#)

- Wilmer Saldaña Huamán, (2018). Diseño Del Pavimento Rígido Para La Avenida Industrial En El Distrito De Cajamarca, Cajamarca-2018 (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Salda%C3%B1a_HW.pdf
- José Francisco Alvarado Alvarado, (2013). Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido Bajo la modalidad de formaleta deslizante. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/LIBRO%20MANUAL%20LOSAS.pdf>
- Diego H. Calo, (2012). Diseño Y Construcción De Pavimentos De Hormigón (jornadas de actualización técnica diseño y construcción de pavimentos de hormigón). Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DISE%C3%91O%20PAVIMENTOS%20RIGIDOS%20-%20diego%20calo.pdf>
- Ministerio de transportes y obras públicas, (2012). Manual de construcción de pavimentos rígidos - normas para pavimentos rígidos. Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/LIBRO%20PAV%20RIGIDO.pdf>
- Serafín Cipriano Villanueva Eduardo, (2021). Análisis y diseño de pavimento rígido de la calle principal del distrito de Panao, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco – 2020 (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/villanueva.pdf>
- Víctor Manuel Bonilla Ureña Juan Antonio Quintana Rodríguez Francisco Javier Carrión Viramontes Luis Álvaro Martínez Trujano Jorge Alberto Hernández Figueroa Héctor Miguel Gasca Zamora Andrés Hernández Guzmán Mario Montes Zea, (2017). Análisis del comportamiento estructural

de un pavimento de concreto estructuralmente reforzado continuo (PCERC), (Esta investigación es el producto final del proyecto de tesis del M. C. Víctor Manuel Bonilla Ureña, de la Universidad Autónoma de Querétaro). Recuperada de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/libri%20bonilla.pdf>

- Fabián Andrés Gutiérrez Alfaro, (2018). Modelado mediante elementos finitos del fenómeno de consolidación con mechas drenantes (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de [UTFSM modelación de elementos finitos.pdf](#)
- Ortiz Medina, Henschell Gabriel, (2020). Análisis del clima para la predicción de grados de desempeño empleando el método SUPERPAVE en la carretera - tramo Chincha Alta – Huancavelica (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7334>
- Mamani Barriga, Jey Day; Rivera Zamora, Jhon, (2018). Análisis y modelamiento en muros de contención de concreto armado mediante el uso del programa Plaxis 2D en la carretera HV-101 km. 28 + 950 Salcabamba - Huancavelica – Perú (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5298>
- Perales Vergara, Joffre Christopher, Arce Huamaní, Roberto Carlos, (2021). Aplicación de geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro ubicado en el distrito de San Juan de Miraflores, provincia y departamento de Lima (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8799>
- Coronel Tenorio, Rony Heli; Hoyos Estela, Osnar, (2019). Aplicación de geosintéticos en el diseño del tramo km 0+000 al km 5+000 de la carretera Santa Rosa - Puerto Churo ubicado en el distrito de Pion provincia de Chota departamento de Cajamarca (tesis para obtener título profesional de

ingeniera civil). Recuperada de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/6529>

- María Isabel Cogollo Forero. Angie Yurley Silva Bernal, (2018). Modelación numérica de pavimentos rígidos mediante modulación convencional y de losas cortas (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22413/1/tesis%20Modelaci%C3%B3n%20num%C3%A9rica%20de%20pavimentos%20r%C3%ADgidos%20mediante%20modulaci%C3%B3n%20convencional%20y%20de%20losas%20cortas..pdf>
- Granda Hinostroza Carol Gisbel, (2018). Evaluación de la condición del pavimento rígido por el método pci en el anillo vial tramo chaupimarca – yanacancha – pasco – 2018 (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/622/1/T026_70871624_T.pdf
- Rafael Alexander Gaspar Pérez García, (2010). diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea el guayabal, municipio de estanzuela del departamento de Zacapa (tesis para obtener título profesional de ingeniera civil). Recuperada de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3151_C.pdf
- Carmen Pilar Inciarte Melean, (2012). Análisis comparativo de métodos de diseño y construcción de pavimentos de concreto hidráulico según normas aplicadas en México, reino unido y España (tesis para obtener el grado de maestro en ingeniería). Recuperada de <https://es.slideshare.net/RafaelMateo/tesis-60966259>

ANEXOS

REGISTRO DE EXCAVACION (N.T.P. 339.150)

CALICATA : **C-01**

SERVICIO : TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL CON ENFOQUE MECANICISTA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, 2022 **Tec. Campo :** Victor Vargas Zevallos
REVISADO : Ing. Pablo Valderrama Saavedra
SOLICITA: Bach. Diego A. Saldaña Gomez & Bach. Willy L. Davila Barbaran **UTM:** Este= 550603.50 Norte= 9072588.91
UBICACIÓN : Calleja / Coronel Portillo / Ucayali **PROFUNDIDAD TOTAL (m) :** 1.50
FECHA : 30/03/2022 **PROF. NIVEL FREATICO (m) :** No presenta

REGISTRO DE EXCAVACIONES DE CALICATAS					
PROF. (m)	Simbolo	Descripcion	Codigo de Muestra	Clasificac. SUCS	Observaciones
0.10		Material de relleno, mezcla de ligante mas hormigon	M-01	-	Afirmado existente
0.20					
0.30					
0.40		Arcilla inorganica de baja plasticidad de color rojo con betas blancas	M-02	CL	suelo natural de subrasante
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10		Arcilla inorganica de baja plasticidad de color rojo con betas blancas	M-03	CL	
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					



Foto N°01:
Registro de excavacion en la calicata C-01


Pablo E. Valderrama Saavedra
 Ing. Civil - Especialista en Geotecnia
 CIP N° 124923 / RUC: 10001302707
 Ing° Responsable

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NTP. 139.128 / ASTM-D422 / MTC E 107)

PROYECTO : TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL CON ENFOQUE MECANICISTA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, 2022

UBICACIÓN : Calleja / Coronel Porfiro / Ucayalli//

Peso Muestra (gr) : 215.60

Califica: Tec: lab: Victor Vargas Zevallos

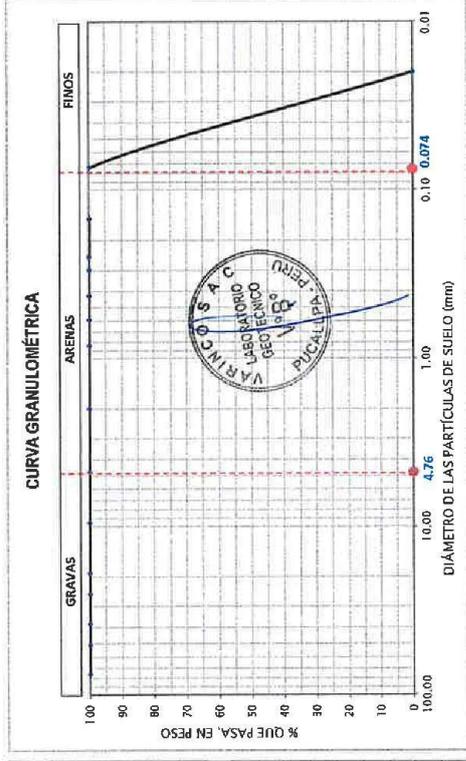
Muestra: M-3

Fecha: Mar-22

C-01

SOLICITA : Bach. Diego A. Saldaña Gomez & Bach. Willy L. Davila Barbaran

TAMIZ #	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
No 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
No 20	0.840	0.00	0.00	0.00	100.00
No 30	0.590	0.00	0.00	0.00	100.00
No 40	0.426	0.00	0.00	0.00	100.00
No 50	0.297	0.00	0.00	0.00	100.00
No 60	0.250	0.10	0.05	0.05	99.95
No 100	0.149	0.12	0.06	0.10	99.90
No 200	0.074	0.18	0.08	0.19	99.81
FONDO	0.020	215.20	99.81	100.00	0.00
PESO TOTAL DE LA MUESTRA =		215.60			



Resultados del Tamizado:
% GRAVAS = 0.00
% ARENAS = 0.19
% FINOS = 99.81
Clasificación: Finos
Tipo de Arena
Peso Total : 0.40 g
Arena Gruesa: 0.00 g
Arena Fina: 0.40 g
Clasificación: Arena Fina

CLASIFICACION DEL SUELO	
SUCS ASTM M-145	ASHTO M-145
CL	A-7-6
Descripción:	Descripción:
ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD	SUELOS ARCILLOSOS

Tamaño Max. (mm) =	Cu =	Cc =
--------------------	------	------

Observaciones:
- La clasificación del material fino se realiza por el ensayo de consistencia.

[Signature]
Pablo E. Valeriano Saavedra
Ing. Civil - Especialista en Geotecnia
CIP Nº 124623/RUC: 10001302707

Jefe de Laboratorio

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL CON ENFOQUE MECANICISTA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, 2022

UBICACIÓN: Calera / Coronel Portillo / Ucayali

PROFUND.: 1.50 mts

SOLICITA: Bach: Diego A. Saldaña Gómez & Bach: Willy L. Davila

FECHA: Mar-22

CAUCATA: C-01

Estrato: E-03

N° de muestra	N° de golpes	Peso vasiija +		Peso de la vasiija (gr)	Peso del agua (gr)	Peso del suelo seco (gr)	Contenido de agua (%)
		suelo hum. (gr)	suelo seco (gr)				
1	10	32.54	28.10	16.20	3.44	12.50	25.67
2	17	36.70	34.05	19.66	4.64	18.40	25.22
3	26	36.32	34.82	15.70	4.50	19.12	23.64
4	36	42.69	37.70	15.94	4.90	21.76	22.62

N° de vasiija	Peso vasiija +		Peso de la vasiija (gr)	Peso del agua (gr)	Peso del suelo seco (gr)	Contenido de agua (%)
	suelo hum. (gr)	suelo seco (gr)				
1	47.53	47.22	45.16	0.26	2.06	13.59
2	47.96	47.70	45.60	0.26	2.10	12.36
3	48.22	48.82	46.00	0.40	2.82	14.18

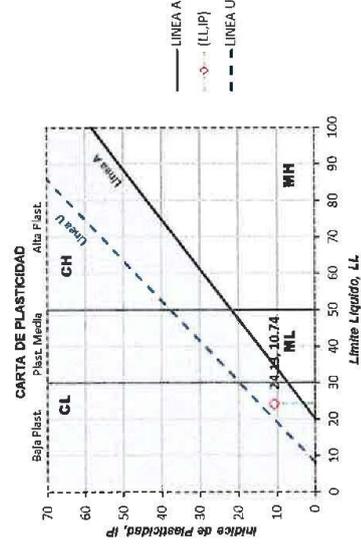
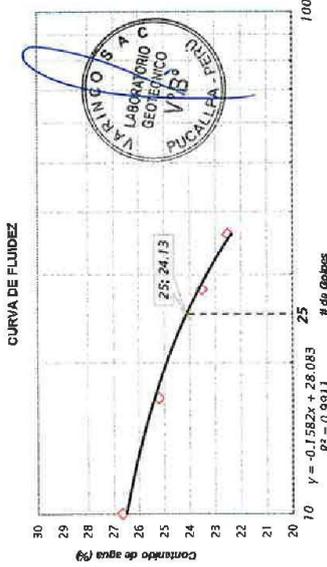
N° de vasiija	Peso vasiija +		Peso de la vasiija (gr)	Peso del agua (gr)	Peso del suelo seco (gr)	Contenido de agua (%)
	suelo hum. (gr)	suelo seco (gr)				
1	80.20	82.10	25.30	7.10	55.80	12.50

N° de vasiija	Peso del suelo +		Peso específico	Volumen Probeta	Peso Volumétrico	
	Parafina (gr)	Parafina (gr)				(gr/cm3)
2	27.40	26.80	23.46	500.00	520.00	1.37

Muestra	SUCS	Simbolo	Descripcion
M-02	CL		ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD

INDICE PLASTICO (NTP 339-129)	
LL (%)	24.13
IP (%)	10.74

Observaciones:
La muestras inalteradas fueron extraidas por el Laboratorio.



[Signature]
Pablo E. Valderama Saavedra
Ing. Civil - Especialista en Geotecnia
CIP N° 124923/RUC: 10001902707

ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

(NTP 339.147)

PROYECTO: TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL CON ENFOQUE MECANICISTA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, 2022

UBICACIÓN: Calle 7 Coronel Pombo / Ucayali

SOLICITA: Bach. Diego A. Saldívar Gómez & Bach. Willy L. Davis Betancur

FECHA: 06/04/2022

Ing. Responsable: Ing. Pablo E. Valderrama Saavedra

DATOS DE LA MUESTRA

ID Ensayo: EGSNC-002-2022	Tipo de Muestra:	Influencia:
Calicote: C-01	Clasificación SUCS:	CL
Prof. (m): 1.50	Clasificación ASSTHD:	A-7-E
Fecha: Abr-22	Muestra: M-03	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA

Dámetro inicial (D _i), cm:	5.40	Gravedad específica(G _s):	-
Área inicial (A _i), cm ² :	22.90	Densidad húmeda (γ _w), g/cm ³ :	2.11
Altura inicial (H _i), cm:	10.60	Densidad seca (γ _d), g/cm ³ :	1.77
Volumen inicial (V _i), cm ³ :	242.76	Contenido de agua (w), %:	19.59%
Peso de la muestra (M), g:	512.20		



Nº	Tiempo, seg.	Carga axial, kgf	Deformación axial, ΔL, mm x 10 ⁴	Deformación axial, mm	Deformación unitaria, ε %	Área corregida, cm ²	Esfuerzo axial, σ (kg/cm ²)
1	0	0.00	0	0.00	0.000	22.90	0.00
2	5	1.05	220	0.22	0.208	22.95	0.06
3	10	3.29	330	0.33	0.311	22.97	0.14
4	15	6.35	490	0.49	0.434	23.00	0.28
5	20	7.96	540	0.54	0.508	23.02	0.34
6	25	8.67	610	0.61	0.575	23.03	0.39
7	30	10.36	680	0.68	0.642	23.05	0.45
8	35	12.21	790	0.79	0.745	23.07	0.53
9	40	13.07	850	0.85	0.802	23.08	0.57
10	45	14.97	960	0.96	0.906	23.11	0.65
11	50	16.25	1050	1.05	0.991	23.13	0.70
12	55	17.71	1180	1.18	1.094	23.16	0.76
13	60	18.76	1230	1.23	1.160	23.17	0.81
14	65	20.40	1340	1.34	1.264	23.20	0.88
15	70	21.22	1420	1.42	1.340	23.21	0.91
16	75	22.88	1520	1.52	1.434	23.24	0.98
17	80	23.74	1630	1.63	1.536	23.25	1.02
18	85	24.92	1750	1.75	1.651	23.26	1.07
19	90	26.63	1860	1.86	1.783	23.32	1.14
20	95	27.43	2010	2.01	1.896	23.34	1.17
21	100	28.21	2110	2.11	1.991	23.37	1.21
22	105	29.24	2230	2.23	2.104	23.38	1.25
23	110	30.81	2320	2.32	2.182	23.41	1.32
24	115	31.04	2430	2.43	2.292	23.44	1.32
25	120	31.58	2500	2.50	2.358	23.45	1.34
26	125	32.33	2670	2.67	2.518	23.48	1.38
27	130	33.12	2690	2.69	2.538	23.50	1.41
28	135	33.81	2800	2.80	2.642	23.52	1.43
29	140	34.43	2920	2.92	2.795	23.55	1.46
30	145	35.03	3020	3.02	2.849	23.57	1.49
31	150	35.91	3170	3.17	2.981	23.61	1.52
32	155	36.69	3290	3.29	3.104	23.64	1.55
33	160	37.05	3430	3.43	3.230	23.67	1.59
34	165	37.94	3590	3.59	3.358	23.70	1.60
35	170	38.71	3710	3.71	3.500	23.73	1.63
36	175	39.46	3860	3.86	3.642	23.77	1.66
37	180	40.16	4020	4.02	3.792	23.81	1.69

Pablo E. Valderrama Saavedra
Pablo E. Valderrama Saavedra
Ingl. - Especialista en Geotecnia
170197277

ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

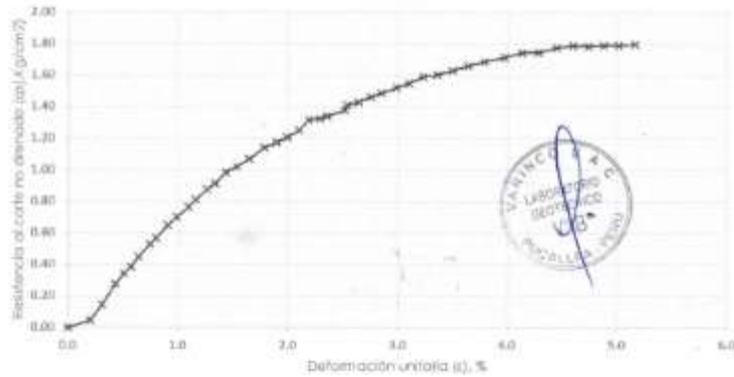
(NTP 339.167)

PROYECTO: TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL CON ENFOQUE MECANICISTA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, 2022							
UBICACION: Calleja / Coronel Porfirio / Ucayali							
SOLICITA: Bach. Diego A. Saldana Gomez & Bach. Wily L. Davis Babaran							
FECHA: 6/04/2022				Ing° Responsable: Ing. Pablo E. Valderrama Saavedra			
38	185	40.88	4210	4.21	3.972	23.85	1.71
39	190	41.82	4380	4.38	4.132	23.99	1.74
40	195	41.75	4540	4.54	4.283	23.93	1.74
41	200	42.50	4710	4.71	4.443	23.97	1.77
42	205	42.87	4870	4.87	4.594	24.01	1.79
43	210	42.88	5030	5.02	4.736	24.04	1.79
44	215	43.00	5170	5.17	4.877	24.05	1.79
45	220	43.13	5310	5.31	5.009	24.11	1.79
46	225	43.34	5470	5.47	5.180	24.15	1.79
Ensayado por: Ing. Pablo E. Valderrama Saavedra				Revisado Por: Ing. Pablo E. Valderrama S.			
Fecha: 6/04/2022				Fecha: 6/04/2022			

Observaciones

- La muestra fue provista e identificada por el solicitante.

Gráfico esfuerzo - Deformación unitaria



Resistencia a la compresión simple (kN/m ²)	1.32
Deformación en la falla, %	2.10
Tasa de deformación unitaria, %/min	0.94
Duración del ensayo, min	3.75
Consistencia (líquida, 2000)	Mediana
Cohesión no drenada (c _u , kg/cm ²)	0.66

Pablo E. Valderrama Saavedra
Ing. Civil - Especialista en Geotecnia
CIP N° 12419 / INIC 10001302107

Año de Laboratorio

EXPEDIENTE N°: 018-2022 -EPM-V

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO	: TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL CON ENFOQUE MECANICISTA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, 2022
SOLICITA	: Bach. Diego A. Saldafia Gomez & Bach. Willy L. Davila Barba
UBIGACION	: Calleria / Coronel Portillo / Ucayali
CANTERA	:
FECHA	: Abr-2021
MATERIAL DE ENSAYO	: Tierra Roja + Hormigon V° B° : Ing. Pablo E. Valderrama

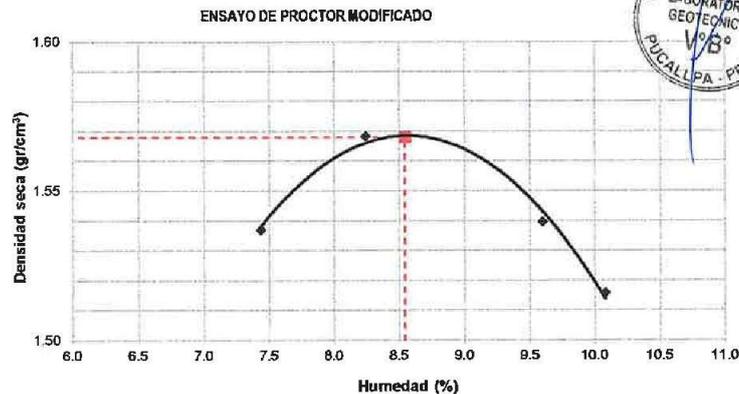
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (NTP 339.141:1999 / ASTM D-1557)

1.- COMPACTACION				
Prueba N°	M-1	M-2	M-3	M-4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11500	11600	11610	11550
Peso molde (gr.)	8885	8650	8690	8885
Peso suelo compactado (gr.)	4815	4950	4920	4865
Volumen del molde (cm ³)	2915.70	2915.70	2915.70	2915.70
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.65	1.70	1.69	1.67

2.- HUMEDAD (%)								
Capas	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Tera N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8
Tara + suelo húmedo (gr.)	60.72	60.74	68.30	61.50	45.68	52.58	46.10	52.50
Tara + suelo seco (gr.)	58.42	58.15	64.95	58.70	43.90	50.05	44.10	50.00
Peso de agua (gr.)	2.30	2.59	3.35	2.80	1.78	2.53	2.00	2.50
Peso de tara (gr.)	25.20	25.56	25.06	24.10	25.06	24.10	25.06	24.10
Peso de suelo seco (gr.)	33.22	32.59	39.89	34.60	18.84	25.95	19.04	25.90
Humedad (%)	6.92	7.95	8.40	8.09	9.45	9.75	10.50	9.85
Humedad Promedio (%)	7.44		8.25		9.60		10.06	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.54		1.57		1.54		1.52	

 Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.57

Optimo Cont. de Humedad (%) : 8.55



Fecha de Emision: Pucallpa, 06 de Abril del 2022


 Pablo E. Valderrama Saavedra
 Ing. Civil - Especialista en Geotecnia
 OIP N° 124923/RUC: 10001302707

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Diego A. Saldaña Gomez & Bach. Willy L. Davila Barbar PROYECTO: TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL CON ENFOQUE MECANICISTA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, 2022
 DIRECCION : Jr. Manco Capac cdra 1
 UBICACION : Calleria / Coronel Portillo / Ucayali
 REFERENCIA : Proyecto de tesis UCV-2022
 FECHA DE RECEPCION : 8/04/2022 FECHA DE INICIO : 8/04/2022

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (NTP 339.145-1999)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Material mejorado de sub base PRESENTACION: 01 saco de polipropileno
 DESCRIPCION : Arena arcillosa de color rojizo CANTIDAD: 80 kg aprox.

DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.57
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.55

DETERMINACION DE LA DENSIDAD Y HUMEDAD

COMPACTACION:

Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	14265	14570	14760
Peso molde (gr.)	8040	8175	8125
Peso suelo compactado (gr.)	6225	6395	6635
Volumen del molde (cm ³)	3852	3852	3852
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.618	1.660	1.722

HUMEDAD (%):

Tara N°	1	2	3
Tara+suelo húmedo (gr.)	79.78	91.12	97.88
Tara+suelo seco (gr.)	75.86	85.98	91.60
Peso de agua (gr.)	3.92	5.14	6.28
Peso de tara (gr.)	25.20	25.56	26.34
Peso de suelo seco (gr.)	50.66	60.42	65.26
Humedad (%)	7.74	8.51	9.62
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.500	1.530	1.571

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración (psig.)	Presión (mm.)	Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
			Dial (Kg)	Presión (Kg/cm ²)	Dial (Kg)	Presión (Kg/cm ²)	Dial (Kg)	Presión (Kg/cm ²)
0.000	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
25 0.025	0.64		6	0.3	15	0.8	16	0.8
50 0.050	1.27		24	1.2	36	1.8	60	3.0
75 0.075	1.91		52	2.7	69	3.5	125	6.4
100 0.100	2.54	70	80	4.1	101	5.2	208	10.6
150 0.150	3.81		109	5.6	159	8.1	343	17.5
200 0.200	5.08	105	127	6.6	193	9.8	422	21.5
250 0.250	6.35		144	7.3	219	11.2	463	23.6
300 0.300	7.62	133	161	8.2	234	11.9	481	24.5
400 0.400	10.16	161	193	9.8	255	13.0		0.0
500 0.500	12.70	182	219	11.1	280	14.3		0.0
			CBR 0.1" = 5.78%		7.36%		15.07%	
			CBR 0.2" = 6.15%		9.33%		20.37%	



DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES DE EXPANSION

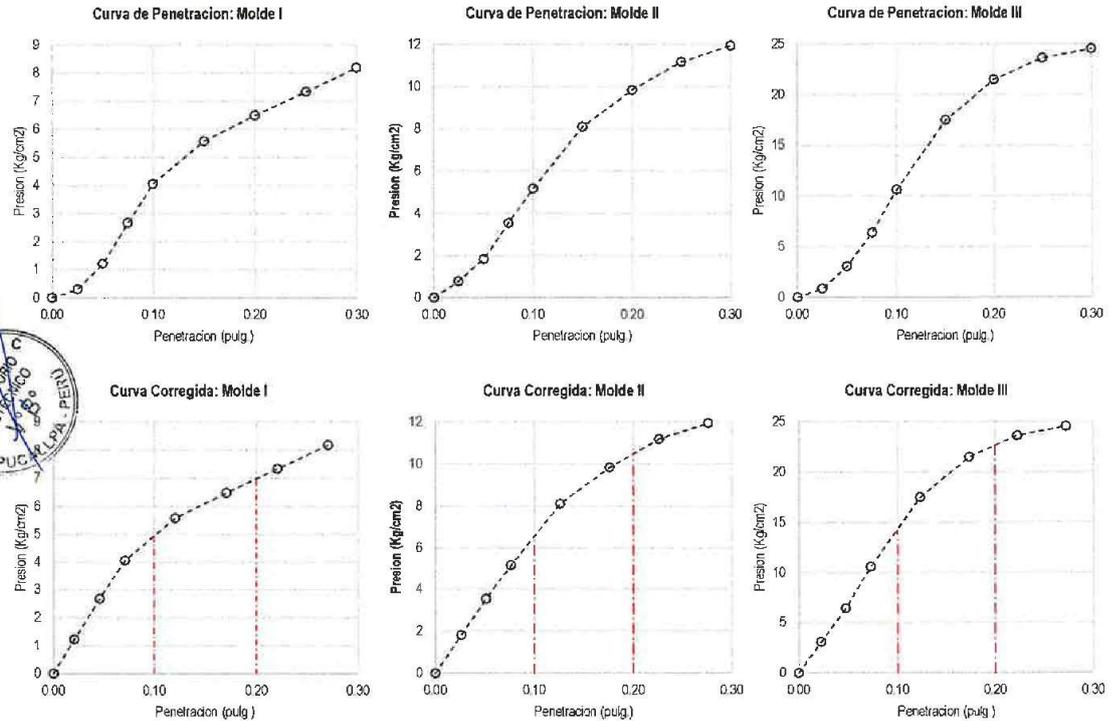
Tiempo Acum. (Hrs.)	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
H _{moide}	127	127	127
0	0.000	0.000	0.000
24	0.300	0.290	0.100
48	0.700	0.380	0.110
72	0.900	0.365	0.110
96	1.600	0.400	0.130
E (%)	1.26%	0.31%	0.10%

Pablo E. Saavedra
Pablo E. Valderrama Saavedra
 Ing. Civil - Especialista en Geotecnia
 CIP N° 124823/RUC: 10001302707

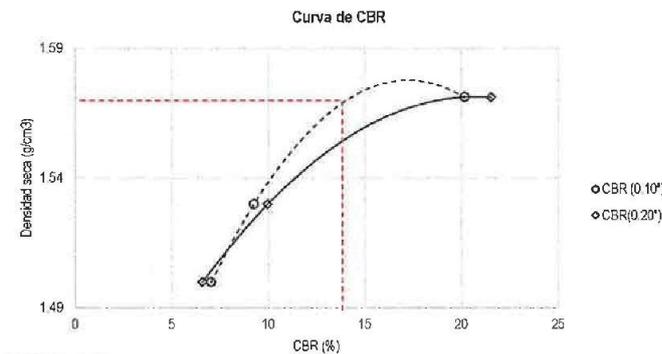
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Diego A. Saldeña Gomez & Bach. Willy L. Davila Barbar
 DIRECCION : Jr. Manco Capac cdra 1
 UBICACION : Calleria / Coronel Portillo / Ucayali
 REFERENCIA : Proyecto de tesis UCV-2022
 FECHA DE RECEPCION : 8/04/2022 FECHA DE INICIO : 8/04/2022

PROYECTO: TESIS: RESPUESTA ESTRUCTURAL CON ENFOQUE MECANICISTA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, 2022



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 7.04%	C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 9.24%	C.B.R. (0.1")-12 GOLPES : 20.20%
C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 6.58%	C.B.R. (0.2")-25 GOLPES : 9.86%	C.B.R. (0.1")-12 GOLPES : 21.54%



C.B.R. (0.1") AL 100% M.D.S. : 14.00%
 C.B.R. (0.2") AL 95% M.D.S. : 7.04%

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada por el solicitante
- Muestra identificada por el personal tecnico del laboratorio VARINCO SAC

REFERENCIA:

- ASTM 1883-05 Standar test method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-compacted soils
- ASTM 1557-02 Standar test method for Laboratory compaction characteristics of soils using modified effort - 56 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

VARINCO S.A.C.
 Jr. Carmen Cabrejos #398
 Pucallpa - Peru
 RUC: 20393792877
 Email: varincosac@gmail.com

Tecn. Lab.: Víctor Vargas Zevallos
 Rev.: Ing. Pablo Valderrama Saavedra

Fecha de Emision: 15/04/2022

El uso de la informacion contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

Pablo E. Valderrama Saavedra
Pablo E. Valderrama Saavedra
 Ing. Civil - Especialista en Geotecnia
 CIP N° 124923/RUC: 10001502707



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LMF-011-2020

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 2175

Solicitante **VALDERRAMA RENGIFO INGENIERIA Y
CONSTRUCCION S.A.C.**

Dirección **JR. CARMEN CABREJOS MZA. 102 LOTE. 16 (ESQUINA
CON JR. BOLOGNESI) UCAYALI - CORONEL PORTILLO -
CALLERIA**

Instrumento de Medición **Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión**

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

Equipo Calibrado
PRENSA DE CBR (DIGITAL)
Alcance de Indicación 0 kgf a 5000 kgf
Marca (o Fabricante) KAIZACORP
Modelo NO INDICA
Número de Serie 2175
Procedencia NO INDICA
Indicador de Lectura DIGITAL
Marca (o Fabricante) CAISUN
Modelo XK 315 A1
Número de Serie 2175
Identificación NO INDICA
Alcance de Indicación 0 kgf a 5000kgf
Resolución 0.1 kgf
Transductor de Fuerza CELDA S
Alcance de Indicación 5 TN
Marca (o Fabricante) ZEMIC
Modelo H3-C3-5.0T-6B
Número de Serie VC146453

Fecha de Calibración 2020-11-17

Ubic. Del Equipo Laboratorio de Fuerza Calibraciones Peru SAC

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración

2020-11-18



ROBERTO QUINTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMF-011-2020

Laboratorio de Fuerza

Pág. 2 de 2

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376 ,
Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión
Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizó patrón calibrado con trazabilidad al SI, calibrado por la Pontificia Universidad Católica del Perú

Con Certificado N° INF - LE 238-19

Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	500	5001.0	5001.0	5001.0	5001.0	-90.0	0.0	0.24
20	1000	1000.4	1000.4	1000.4	1000.4	0.0	0.0	0.28
30	1500	1501.5	1501.5	1501.5	1501.5	-0.1	0.0	0.26
40	2000	2002.3	2002.3	2002.3	2002.3	-0.1	0.0	0.25
50	2500	2503.5	2503.5	2503.5	2503.5	-0.1	0.0	0.25
60	3000	3003.3	3003.3	3003.3	3003.3	-0.1	0.0	0.24
70	3500	3504.4	3504.4	3504.4	3504.4	-0.1	0.0	0.24
80	4000	4005.5	4005.5	4005.5	4005.5	-0.1	0.0	0.24
90	4500	4505.5	4505.5	4505.5	4505.5	-0.1	0.0	0.24
100	50000	5005.5	5005.5	5005.5	5005.5	898.9	0.0	0.24
Lectura máquina en cero		0	0	0	---	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 18.0 °C; Varación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

Evaluación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20% y el 100% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fin del documento



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 321 - 2017***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	17595	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	VALDERRAMA RENGIFO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.	
3. Dirección	Jr. Carmen Cabrejos Mz. 102 Lt. 16 Calleria - Coronel Portillo - UCAYALI.	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	300 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,01 g	
Clase de exactitud	II	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	OHAUS	
Modelo	TRAVELER TA302	
Número de Serie	B624622155	
Capacidad mínima	0,50 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2017-07-21	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2017-07-24


JUAN C. QUISPE MORALES

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 321 - 2017**

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Masa de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego Vipol, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,0 °C	20,9 °C
Humedad Relativa	73 %	71 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	INACAL LM-C-535-2016

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 321 - 2017

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

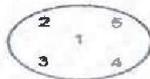
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final
21,0 °C 20,9 °C

Medición Nº	Carga L1 = 150,00 g			Carga L2 = 300,00 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
2	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
3	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
4	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
5	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
6	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
7	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
8	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
9	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
10	149,99	4	-9	299,99	4	-9	
Diferencia Máxima			0	Diferencia Máxima			0
Error Máximo Permisible			± 20	Error Máximo Permisible			± 30

ENSAYO DE EXCENRICIDAD



Posición
de las
cargas

Temperatura Inicial Final
20,9 °C 20,7 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	100,00	99,99	4	-9	-9
2		0,10	5	0		99,99	4	-9	-9
3		0,10	5	0		99,99	4	-9	-9
4		0,10	5	0		100,00	5	0	0
5		0,10	5	0		99,99	4	-9	-9
Error máximo permisible								± 20	

* Valor entre 0 y 10e



Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 321 - 2017

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Inicial Final
20,7 °C 20,9 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,50	0,50	5	0	0	0,50	5	0	0	10
1,00	1,00	5	0	0	1,00	5	0	0	10
10,00	10,00	5	0	0	10,00	5	0	0	10
20,00	19,99	4	-9	-9	20,00	5	0	0	10
50,00	49,99	4	-9	-9	50,00	5	0	0	20
100,00	99,99	4	-9	-9	100,00	5	0	0	20
150,00	149,99	4	-9	-9	149,99	4	-9	-9	20
200,00	199,99	4	-9	-9	199,99	4	-9	-9	30
250,00	249,99	4	-9	-9	249,99	4	-9	-9	30
300,00	299,99	4	-9	-9	299,99	4	-9	-9	30

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0,0000234 \text{ g}^2 + 0,000000000815 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0,00005204 R$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEODINAMICA S.R.L.
AV. UNION MZA. A LOTE. 23 CRUCE CON JR. EGLINTON
CALLERIA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA
RUC: 20393770393
EB01-16

Fecha de Vencimiento :
Fecha de Emisión : 03/05/2022
Señor(es) : DIEGO ANDRE SALDAÑA GOMEZ
DNI : 71788665
Tipo de Moneda : SOLES
Observación :

Cantidad	Unidad Medida	Código	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	03	ENSAYO DE CORTE DIRECTO	300.00	0.00	300.00	0.00

Otros Cargos : S/ 0.00
Otros Tributos : S/0.00
ICBPER : S/ 0.00
Importe Total : S/300.00

SON: TRESCIENTOS Y 00/100 SOLES

(*) Sin impuestos.
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.

Op. Gravada :	S/ 0.00
Op. Exonerada :	S/ 300.00
Op. Inafecta :	S/ 0.00
ISC :	S/ 0.00
IGY :	S/ 0.00
ICBPER :	S/ 0.00
Otros Cargos :	S/ 0.00
Otros Tributos :	S/ 0.00
Monto de Redondeo :	S/ 0.00
Importe Total :	S/ 300.00

Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA S.M.L.
PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES
CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES
ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS
RUC N° 20399220130



“AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERU:200 AÑOS DE LA INDEPENDENCIA”

Pucallpa, 30 de Abril del 2022.

SOLICITA : Bach.Ing°Civil Diego Andre Saldaña Gómez
Bach.Ing°Civil Willy Leyvi Davila Barbaran

ASUNTO : Informe Técnico Ensayo de Corte Directo.

PROYECTO : "Respuesta Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de Pavimentos Rígidos en la Ciudad de Pucallpa 2022".

UBICACION : "Plataforma Granular-Jr.Manco Capac"

Es grato dirigirme a Ud. Con el fin de informarle sobre los trabajos realizados en el laboratorio de la muestra recepcionada procedente de la Plataforma granular del Jr.Manco Capac ; remitidas por el solicitante, acontinuacion se Detallan:

ENSAYOS DE LABORATORIO

Se han realizado de acuerdo a las normas que se indican en la tabla 5 de la Norma Técnica E-050 "Suelos y Cimentaciones", del R.N.E del Reglamento Nacional de Edificaciones.

TABLA N°5 ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYO	NORMA APLICABLE
Ensayo de Corte Directo del material Granular procedente de la Plataforma del Jr.Manco Cápac.	ASTM D-3080- AASHTO-T 236

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Esfuerzo Normal (Kg./Cm2)	1.00 Kg./Cm2		2.00 Kg./Cm2		4.00 Kg./Cm2	
	Resis.	Resid.	Resis.	Resid.	Resis.	Resid.
Esfuerzo Cortante (Kg./Cm2)	1.2085	0.005167	8.33E-05	-2.78E-05	3.109667	0.008611
Fuerza Cortante (Kg.)	9.3440	0.186000	7.032000	0.00100	99.87600	0.310000
Cohesión	0	0	0	0	0.000	0.0008
Ángulo Fricción (°)	0	0	0	0	37.4268	0.0917

Adjunto al presente documento los certificados y panel fotográfico correspondientes para los fines que Ud. crea conveniente

Atentamente.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA S.M.L.
Marcos Chacaltana García
GERENTE



Jr. Ucayali N° 172
Pucallpa
E-mail: geotecnica_pucallpa@hotmail.com

(061) 67-8106
(061) 9623001
RPM - 273888



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

GEOTÉCNICA S.A.S.

PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES

CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES

ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS

RUC N° 20393220130

Ensayo de Corte Directo del Material Granular Plataforma Jr. Manco Capac





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTECNICA S.R.L.
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - OBRAS DE OBRAS
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS
 RUC N° 2009328130

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Ensayo : Calicata N°01-Plataforma Material Granular-Jr.Manco Capac
 Norma : NORMA-E-050-RNE : INFORME-001
 Solicitante : Bach. Ing°Civil Diego Andre Saldaña Gomez y Bach.Ing.Civil Willy Leyvi Davila Barbaran
 Proyecto : "Respuesta Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de Pavimentos Rígidos en la Ciudad de Pucallpa,2022"
 Fecha : 29 de Abril del 2022 Hora : 10:26:01 a.m.
 Exploración : Material Granular en Platafoi Muestra : M-002
 Freático : No se Ubico Estrato : Alterado (GP-GC)
 Cohesión : - Ángulo : -

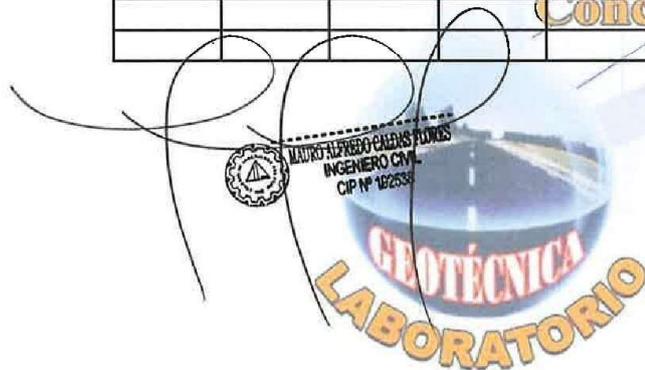
Esfuerzo Normal (Kg/Cm2)	1.00 Kg/Cm2		2.00 Kg/Cm2		4.00 Kg/Cm2	
Etapas	Resis.	Resid.	Resis.	Resid.	Resis.	Resid.
Esfuerzo Cortante (Kg/Cm2)	1.2085	0.005167	8.33E-05	-2.78E-05	3.109667	0.008611
Fuerza Cortante (Kg)	9.3440	0.186000	7.032000	-0.00100	99.87600	0.310000
Cohesión	0	0	0	0	0.000	0.0008
Ángulo Fricción (°)	0	0	0	0	37.4268	0.0917

1.00 Kg/Cm2			2.00 Kg/Cm2			4.00 Kg/Cm2		
Defor. (%)	Esf. Cort. (Kg/Cm2)	Esf. Norm. (Kg/Cm2)	Defor. (%)	Esf. Cort. (Kg/Cm2)	Esf. Norm. (Kg/Cm2)	Defor. (%)	Esf. Cort. (Kg/Cm2)	Esf. Norm. (Kg/Cm2)
0.0500	0.0052	0.000	0.050	0.0003	0.0000	0.0500	0.0086	0.0000
0.3500	0.2596	0.002	0.450	0.4992	0.0080	0.4500	0.7543	0.0060
0.7500	0.4070	0.004	0.850	0.6989	0.0120	0.8500	1.1568	0.0100
1.1500	0.6091	0.004	1.250	0.8131	0.0140	1.2500	1.4421	0.0140
1.5500	0.7676	0.002	1.650	0.9648	0.0160	1.6500	1.7198	0.0160
1.9500	0.8877	0.000	2.050	1.1051	0.0160	2.0500	1.9501	0.0180
2.3500	0.9799	-0.001	2.450	1.2303	0.0180	2.4500	2.1294	0.0200
2.7500	1.0468	-0.005	2.850	1.3161	0.0180	2.8500	2.2832	0.0200
3.1500	1.1056	-0.007	3.250	1.3854	0.0180	3.2500	2.4122	0.0200
3.5500	1.1624	-0.009	3.650	1.4471	0.0180	3.6500	2.5276	0.0200
3.9500	1.1908	-0.013	4.050	1.5024	0.0180	4.0500	2.6308	0.0200
4.3500	1.2057	-0.017	4.450	1.5527	0.0160	4.4500	2.7109	0.0200
4.7500	1.2075	-0.021	4.850	1.5991	0.0160	4.8500	2.7862	0.0180
5.1500	1.2083	-0.025	5.250	1.6457	0.0140	5.2500	2.8593	0.0180
5.5500	1.2067	-0.027	5.650	1.6840	0.0120	5.6500	2.9172	0.0160
5.9500	1.1979	-0.031	6.050	1.7178	0.0120	6.0500	2.9739	0.0160
6.3500	1.1866	-0.035	6.450	1.7490	0.0100	6.4500	3.0224	0.0140
6.7500	1.1566	-0.039	6.850	1.7787	0.0080	6.8500	3.0637	0.0140
7.1500	1.1221	-0.039	7.250	1.8049	0.0080	7.2500	3.0883	0.0120
7.5500	1.1040	-0.041	7.650	1.8239	0.0060	7.6500	3.1040	0.0120
7.9500	1.0833	-0.043	8.050	1.8366	0.0040	8.0500	3.1073	0.0100
8.3500	1.0608	-0.045	8.450	1.8486	0.0020	8.4500	3.0969	0.0100
8.7500	1.0549	-0.045	8.850	1.8597	0.0020	8.8500	3.0834	0.0080
9.1500	1.0461	-0.047	9.250	1.8652	0.0000	9.2500	3.0786	0.0080
9.5500	1.0384	-0.047	9.650	1.8698	0.0000	9.6500	3.0747	0.0080
9.9500	1.0258	-0.049	10.050	1.8711	0.0000	10.0500	3.0634	0.0080
10.3500	1.0184	-0.049	10.450	1.8633	-0.0020	10.4500	3.0502	0.0080

MAURO ALFREDO CAUDAS FLORES
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 192538

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 GEOTECNICA E.I.R.L.
 Marcos Chacaltana García
 GERENTE

10.7500	1.0130	-0.049	10.850	1.8519	-0.0020	10.8500	3.0373	0.0080
11.1500	1.0052	-0.049	11.250	1.8329	-0.0020	11.2500	3.0209	0.0080
11.5500	1.0013	-0.051	11.650	1.8165	-0.0020	11.6500	3.0153	0.0080
11.9500	0.9970	-0.051	12.050	1.8061	-0.0020	12.0500	3.0119	0.0080
12.3500	0.9938	-0.051	12.450	1.7980	-0.0020	12.4500	3.0081	0.0080
12.7500	0.9898	-0.051	12.850	1.7937	-0.0020	12.8500	3.0091	0.0100
13.1500	0.9859	-0.053	13.250	1.7861	-0.0030	13.2500	3.0069	0.0100
13.5500	0.9837	-0.053	13.650	1.7841	-0.0030	13.6500	3.0082	0.0100
13.9500	0.9819	-0.053	14.050	1.7770	-0.0030	14.0500	3.0043	0.0100
14.3500	0.9794	-0.053	14.450	1.7632	-0.0030	14.4500	2.9975	0.0120
14.7500	0.9786	-0.053	14.850	1.7508	-0.0030	14.8500	2.9913	0.0120
15.1500	0.9683	-0.053	15.250	1.7302	-0.0020	15.2500	2.9852	0.0120
15.5500	0.9612	-0.053	15.650	1.7208	-0.0020	15.6500	2.9843	0.0120
15.9500	0.9517	-0.053	16.050	1.7111	-0.0020	16.0500	2.9818	0.0140
16.3500	0.9452	-0.055	16.450	1.6997	-0.0020	16.4500	2.9753	0.0140
16.7500	0.9423	-0.055	16.850	1.6891	-0.0020	16.8500	2.9621	0.0140
17.1500	0.9418	-0.055	17.250	1.6782	-0.0020	17.2500	2.9536	0.0140
17.5500	0.9397	-0.055	17.650	1.6671	-0.0020	17.6500	2.9478	0.0160
17.9500	0.9351	-0.055	18.050	1.6579	-0.0020	18.0500	2.9388	0.0160
18.3500	0.9324	-0.055	18.450	1.6473	-0.0020	18.4500	2.9299	0.0160
18.7500	0.9270	-0.055	18.850	1.6356	-0.0020	18.8500	2.9273	0.0160
19.1500	0.9223	-0.055	19.250	1.6282	-0.0020	19.2500	2.9237	0.0160
19.5500	0.9167	-0.055	19.650	1.6202	-0.0020	19.6500	2.9180	0.0160



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTÉCNICA E.I.R.L.
 Marcos Chacaltana García
 GERENTE

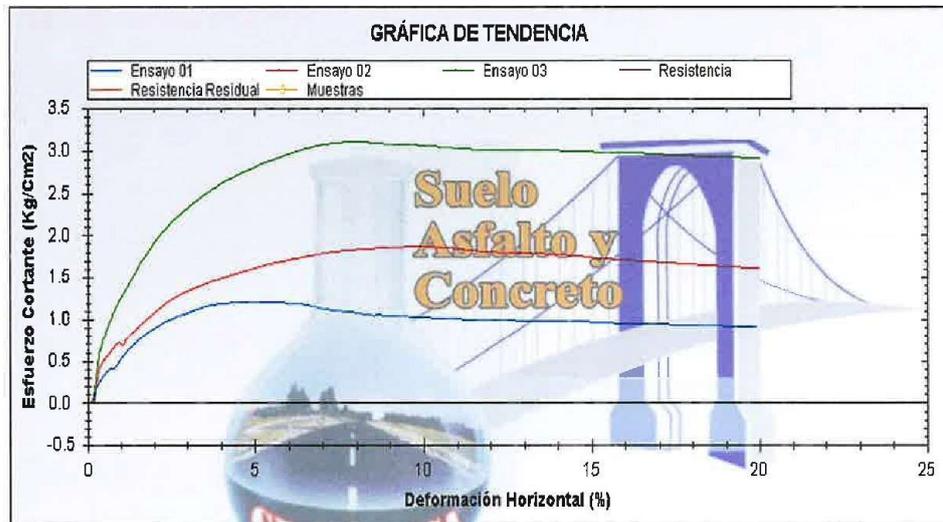


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA E.I.R.L.
PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES
CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES
ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS
RUC N° 20385220130

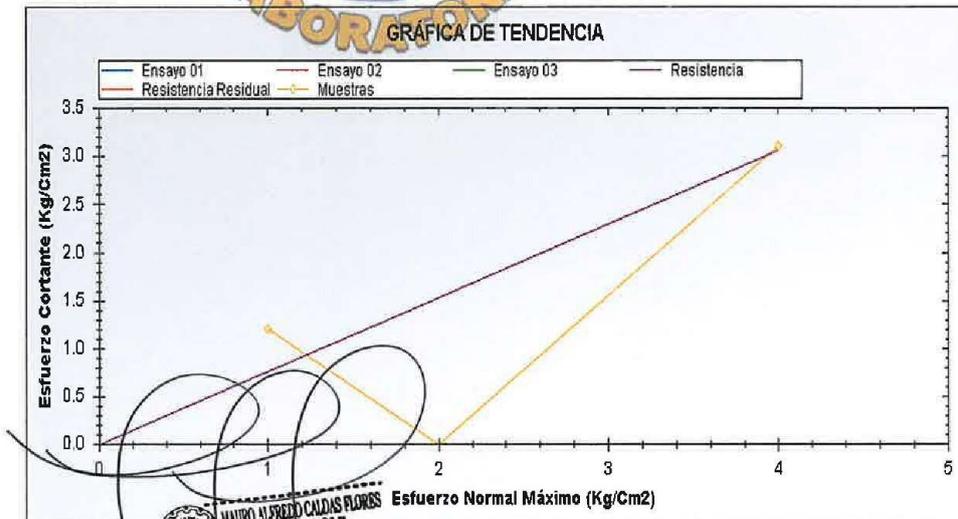
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Ensayo : Calicata N°01-Plataforma Material Granular-Jr.Manco Capac
Norma : NORMA-E-050-RNE : INFORME-001
Solicitantes : Bach. Ing° Civil Diego Andre Saldaña Gomez y Bach. Ing. Civil Willy Leyvi Davila Barbaran
Proyecto : "Respuesta Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de Pavimentos Rigidos en la Ciudad de Pucallpa, 2022"
Fecha : 29 de Abril del 2022 Hora : 10:26:01 a.m.
Exploración : Material Granular en Plataforma Muestra : M-002
Freático : No se Ubico Estrato : Alterado (GP-GC)
Cohesión : 0.0000 Ángulo : 37.4268

ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm2) vs DEFORMACIÓN HORIZONTAL(Cm)



ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm2) vs ESFUERZO NORMAL MÁXIMO(Kg/Cm2)



MAURO ALFREDO CALDAS FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP N° 182538

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA E.I.R.L.
Mauro's Chacallana Garcia
GERENTE

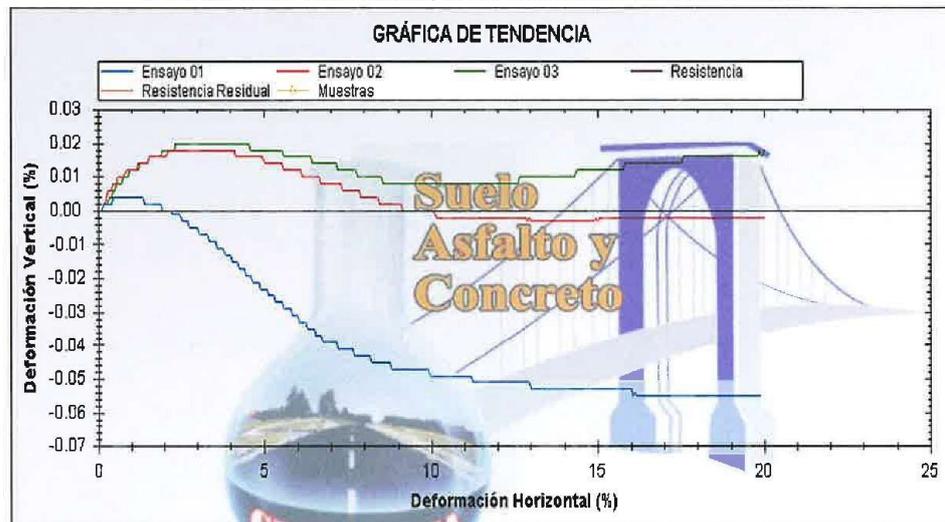


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA S.A.S.
PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES
CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES
ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS
RUC N° 2033220130

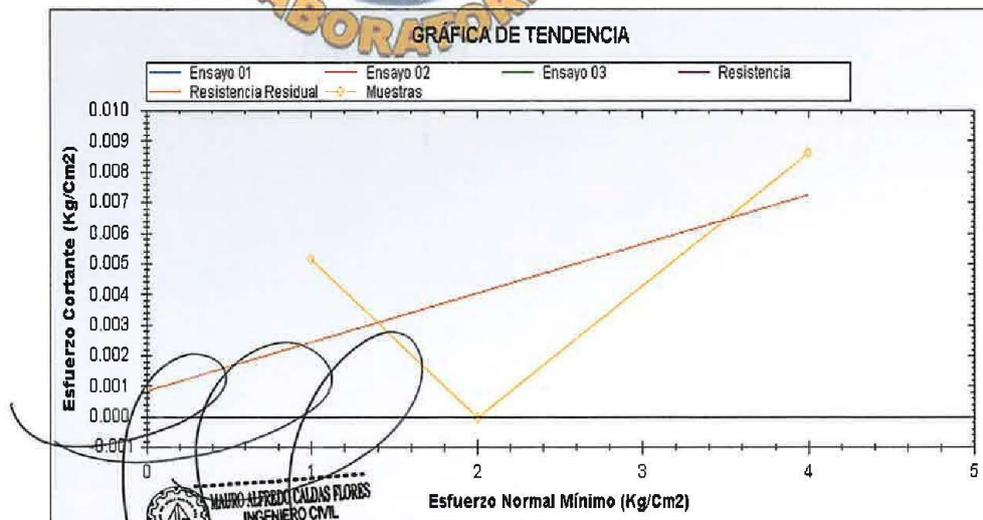
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Ensayo : Calicata N°01-Plataforma Material Granular-Jr.Manco Capac
Norma : NORMA-E-050-RNE : INFORME-001
Solicitante : Bach. Ing°Civil Diego Andre Saldaña Gomez y Bach.Ing.Civil Willy Leyvi Davila
Proyecto : "Respuesta Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de Pavimentos Rigidos en la Ciudad de Pucallpa,2022"
Fecha : 29 de Abril del 2022 Hora : 10:26:01 a.m.
Exploración : Material Granular en Plataf. Muestra : M-002
Freático : No se Ubico Estrato : Alterado (GP-GC)
Cohesión : 0.0008 Ángulo : 0.0917

DEFORMACIÓN VERTICAL(Cm) vs DEFORMACION HORIZONTAL(Cm)



ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm2) vs ESFUERZO NORMAL MÍNIMO(Kg/Cm2)



MANRO ALFREDO CALDAS FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP N° 192538

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA E.I.R.L.
Marco Chacaitana Garcia
GERENTE



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA cm.
PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES
CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES
ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS
RUC N° 20393220130

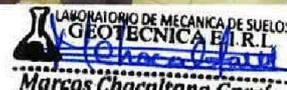
Panel Fotográfico de los Ensayos realizados en Laboratorio.



Supervision del ensayo de Corte Directo en laboratorio "Geotecnia E.I.R.L



 **RAFAEL ALFREDO CALDAS FLORES**
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 182388

 **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**
GEOTECNICA E.I.R.L
Chacaltana
Marcos Chacaltana Garcia
GERENTE DE LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA S.A.S.
PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES
CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES
ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS
RUC N° 2038328130

Suelo
Asfalto y
Concreto

**Certificados de Calibración de los Equipos de
Laboratorio “Geotécnica” Acreditados por INACAL**

GEOTÉCNICA
LABORATORIO

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

DSI PERÚ AUTOMATION E.I.R.L.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Mz. C Lt. 20 Urbanización Cooqip, distrito de San Martín de Porres, provincia Lima, departamento Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 27 de julio de 2019

Fecha de Vencimiento: 26 de julio de 2023

Cédula N° : 0890-2019-INACAL/DA
Contrato N° : 051-2019/INACAL-DA
Registro N° : LC - 017


ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 27 de noviembre de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alusaco de Acreditación y sólo de modificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MFP-0098-2022**

Fecha de Emisión: 2022-04-19

Orden de Trabajo: 0236-00

Expediente: 0958

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Razón Social : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNICA EIRL
Dirección Fiscal : Jr. Ucayali N° 172, Calleria, Coronel Portillo,
Pucallpa, Ucayali

2. INSTRUMENTO : EQUIPO DE CORTE DIRECTO

Marca : ORION
Modelo : NO INDICA
Serie : 11011002
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Cap. Máx. : 5000 kg

3. DATOS DEL INDICADOR : COMPUTADORA PORTATIL

Marca : TOSHIBA
Modelo : NB505
Serie : 6B045586K
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Cap. Máx. : 500 kg
Div. Escala : 0,1 kg

4. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó el día 2022-04-19 en Jr. Ucayali N° 172,
Calleria, Coronel Portillo, Pucallpa, Ucayali en el área
LABORATORIO DE GEOTECNICA.

5. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibrado por el método de comparación directa se utilizó como
referencia la Norma ASTM E4 y ME- 023 del CEM para la
calibración de maquinas generadoras de fuerza Primera edición.

6. TRAZABILIDAD

Calibrado por una celda de Carga trazable a patrones
internacionales.

Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Celda de Carga	INF-LE 036-22

Los resultados son válidos al momento de la calibración, al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, mantenimiento o reglamentaciones vigentes.

Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de DSI Perú Automation E.I.R.L.

El presente certificado carece de validez sin las firmas y sellos de DSI Perú Automation E.I.R.L.

Los resultados reportados en el presente certificado de calibración corresponden únicamente al objeto calibrado, no pudiéndose extender a otro.

Los resultados reportados en el presente certificado de calibración no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Adriano Gálvez Villaseca
Jefe de Laboratorio
DSI PERU AUTOMATION EIRL



Dirección: Cal. El Engranaje N° 248 Urb. Indus. La Milla, San Martín de Porres, Lima

Fecha: Ene/18

Teléfonos: 01 574-5560 / 01 574-8097

Versión 03

Email: Info@dsiperuautomation.com / www.dsiperuautomation.com

Página 1 de 3

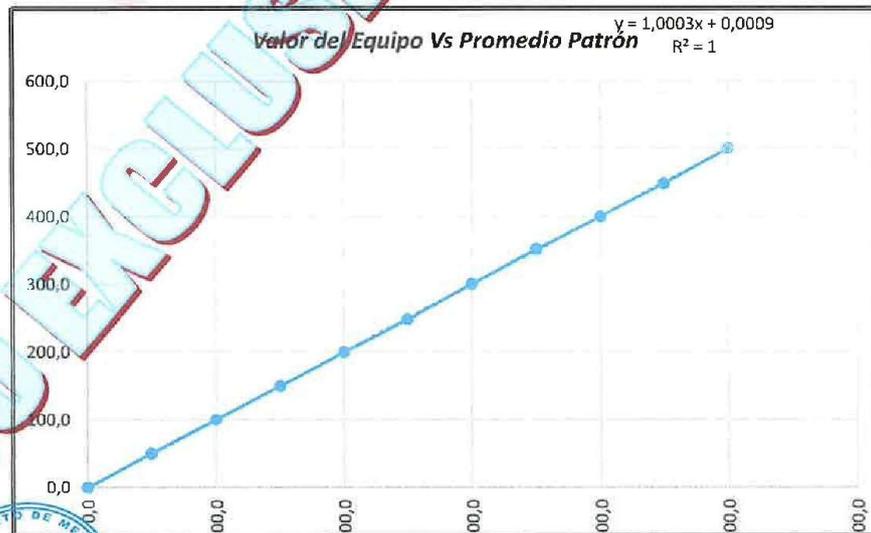
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MFP-0098-2022

7. RESULTADOS

Temperatura : Inicial: 28,3 °C Finall: 28,1 °C
 Humedad Relativa : Inicial: 64 %hr Final: 63 %hr

Nº	Indicación del Equipo	Indicación del Patrón			Promedio Patrón	Valores curva de ajuste	Error		Expandida (k=2)
		Serie 1	Serie 2	Serie 3			E(a) (%)	E(b) (%)	
	kg	kg	kg	kg	kg	kg			
1	50,0	50,3	50,2	50,1	50,2	50,0	0,3	0,4	0,4
2	100,0	100,1	100,5	100,4	100,4	100,0	0,4	0,4	0,2
3	150,0	150,3	150,3	150,3	150,3	150,1	0,2	0,0	0,7
4	200,0	199,4	200,0	199,5	199,6	200,1	0,2	0,3	0,5
5	250,0	248,6	248,3	248,4	248,4	250,1	0,6	0,1	0,4
6	300,0	300,8	300,6	300,1	300,5	300,1	0,2	0,2	0,3
7	350,0	351,9	352,4	351,9	352,1	350,1	0,6	0,1	0,3
8	400,0	399,6	400,0	399,8	399,8	400,1	0,0	0,1	0,3
9	450,0	447,7	449,7	448,7	448,7	450,2	0,3	0,5	0,3
10	500,0	501,7	500,7	500,7	501,0	500,2	0,2	0,2	0,2

Curva de ajuste = 1,000 x Indicación del Equipo + 0,001
 E(a) = |Indicación del Equipo - Promedio Patrón|/Promedio Patrón x 100
 E(b) = |Max. Valor - Min. Valor|/Promedio Patrón x 100



Dirección: Cal. El Engranaje N° 248 Urb. Indus. La Milla, San Martín de Porres, Lima

Fecha: Ene/18 Teléfonos: 01 574-5560 / 01 574-8097

Versión 03

Email: Info@dsiperuautomation.com / www.dsiperuautomation.com

Página 2 de 3

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MFP-0099-2022**

Fecha de Emisión: 2022-04-19

Orden de Trabajo: 0236-00

Expediente: 0958

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTERazón Social : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNICA EIRLDirección: : Jr. Ucayali N° 172, Callería Coronel Portillo,
Pucallpa, Ucayali**2. INSTRUMENTO : MANÓMETRO**

Tipo : ANALÓGICO

Marca : VERTICAL

Modelo : NO INDICA

Serie : 1901S-PS

Identificación : NO INDICA

Procedencia : NO INDICA

Alcance : 0 % a 20 %

Div. de Escala : 0,1 %

Clase de Exactitud : 2 % FS

3. LUGAR DE Y FECHA DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó el 2022-04-19 en las instalaciones del cliente.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓNCalibrado por el método de comparación según el PC-004
"Procedimiento de Calibración de manómetros de deformación
elástica"**5. TRAZABILIDAD**Los patrones utilizados en la calibración son trazables a los patrones
del INACAL-DM.

Los resultados son válidos al momento de la calibración, al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, mantenimiento o reglamentaciones vigentes.

Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de DSI Perú Automation E.I.R.L.

El presente certificado carece de validez sin las firmas y sellos de DSI Perú Automation E.I.R.L.

Los resultados reportados en el presente certificado de calibración corresponden únicamente al objeto calibrado, no pudiéndose extender a otro.

Los resultados reportados en el presente certificado de calibración no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Calibrador de Presión	LFP-287-2020


Adriano Gálvez Villaseca
Jefe de Laboratorio
DSI PERU AUTOMATION EIRL

Fecha: Ene/18
Versión: 03Dirección: Urb. Coopip Mz. C Lt 20, San Martín de Porres, Lima
Teléfonos: 01 574-5560 / 01 574-8097
Email: Info@dsiperuautomation.com / www.dsiperuautomation.com

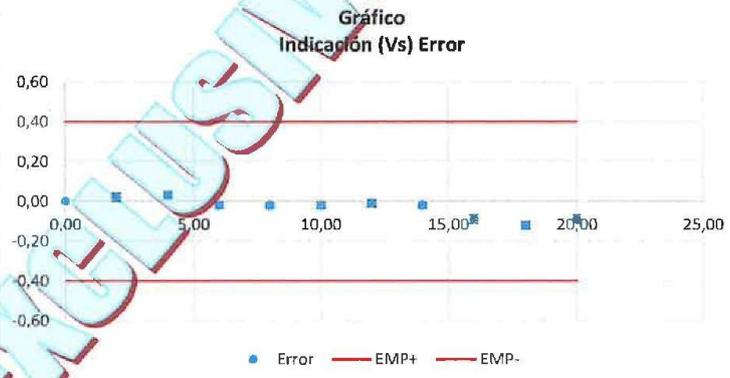
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MFP-0099-2022

6. CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura : Inicial: 24,5 °C ; Final: 24,4 °C
 Humedad Relativa : Inicial: 60,8 %hr ; Final: 61,8 %hr
 Presión Atmosférica : Inicial: 1 007,6 mbar ; Final: 1 007,6 mbar

7. RESULTADOS

N°	Indicación del Equipo a Calibrar	Indicación del Patrón	Error	Incertidumbre (K=2)	Error Máximo Permitido (±)
	%	%	%	%	%
1	0,00	0,00	0,00	0,013	0,40
2	2,00	1,98	0,02	0,021	0,40
3	4,00	3,97	0,03	0,017	0,40
4	6,00	6,02	-0,02	0,015	0,40
5	8,00	8,02	-0,02	0,014	0,40
6	10,00	10,02	-0,02	0,016	0,40
7	12,00	12,01	-0,01	0,017	0,40
8	14,00	14,02	-0,02	0,014	0,40
9	16,00	16,09	-0,09	0,021	0,40
10	18,00	18,12	-0,12	0,018	0,40
11	20,00	20,09	-0,09	0,022	0,40



La incertidumbre reportada es la incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k = 2$ para una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.

8. OBSERVACIONES

Se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO en el equipo.

Fin del Documento



Fecha: Ene/18
Versión: 03

Dirección: Urb. Coopip Mz. C Lt 20, San Martín de Porres, Lima
 Teléfonos: 01 574-5560 / 01 574-8097
 Email: Info@dsiperuautomation.com / www.dsiperuautomation.com



INFORME TÉCNICO

EXPEDIENTE : INF- LE 036 – 22

SOLICITANTE : **DSI PERU AUTOMATION E.I.R.L.**
Calle El Engranaje N°248, Urb. Industrial La
Milla, San Martín de Porres, Lima, Lima
Att: Sr. Daniel Camino A.

TITULO : CALIBRACION DE SISTEMA DE CELDA
DE CARGA
Celda de Carga: ZHEJIANG TUGONG
INSTRUMENT
Capacidad: 2000 kN
N° serie: 20149234
INDICADOR DIGITAL: ZHEJIANG TUGONG
INSTRUMENT
Modelo: STCLY-1
Resolución: 0.1 kN

FECHA : San Miguel, 06 de marzo de 2022.




Ing. Daniel Torrealva D.
Jefe del Laboratorio de
Estructuras Antisísmicas

CALIBRACION DE SISTEMA CELDA DE CARGA

1. GENERALIDADES.

DSI PERU AUTOMATION E.I.R.L. solicitó al Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de un sistema de medición de carga comprendido por una celda de carga y un indicador digital.

Esta operación fue efectuada por personal del Laboratorio de Estructuras. La calibración se efectuó en el Laboratorio de Estructuras el día 01 de abril de 2022.

2. EQUIPO CALIBRADO.

Celda de carga:

- Marca : ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT
- N° serie : 20149234
- Capacidad : 2000 kN(nominal)

Indicador Digital :

- ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT
- Modelo : STCLY-1
- Carga nominal : 2000 kN
- Resolución : 0.1 kN

3 EQUIPO EMPLEADO.

- Marco de reacción de perfiles mecano.
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 87747, 1000 KN, con última calibración de 04 de junio de 2021.
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch6
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 95857, 200 KN, con última calibración de 07 de julio de 2021.
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch3
- Gata hidráulica, LUKAS, 200 t HP 200/200 FNr.: 300
- Bomba hidráulica manual, LUKAS 841200425

4. PROCEDIMIENTO SEGUIDO.

Para la realización de la calibración se tomó como referencia la norma ASTM E74-18 y de acuerdo con el cliente se procedió a aplicar los valores de carga indicados en la página 3/3. El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga a la celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.

5. RESULTADOS.

En la página 3/3 se presentan los resultados de la calibración efectuada.

INF-LE 036-22



Celda calibrada: ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT

N° serie: 20149234

Carga nominal=2000 kN

Indicador Digital: ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT

Modelo: STCLY-1

Resolución: 0.1 kN

Celda patrón: HBM #serie: 87747 Capacidad: 1000 kN

Amplificador usado: MGCplus1 ch6

Informe de Calibración N° 2020-1 87747 de 04 de junio de 2021

Celda patrón: HBM #serie: 95857 Capacidad: 200 kN

Amplificador usado: MGCplus1 ch3

Informe de Calibración N° 2021-1 95857 de 07 de julio de 2021

Celdas patrones calibradas en LEDI-PUCP con patrones trazables al

HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania

Norma de referencia: ASTM E74-18

Fecha calibración: 2022-04-01

Ejecutores: M. Zarzosa R. - S. Llanos I.

PATRÓN (kN)			INDICADOR ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT (kN)		
99.96	99.95	99.96	100.0	100.1	99.9
199.91	199.90	199.91	200.2	200.4	200.0
331.20	331.23	331.21	332.6	332.8	332.5
400.25	400.29	400.26	402.2	402.0	401.9
500.36	500.40	500.37	503.0	502.6	502.9
600.50	600.55	600.52	603.2	603.1	603.1
700.68	700.74	700.70	704.3	704.1	704.1
800.91	800.97	800.93	805.2	804.9	805.0
901.17	901.24	901.19	905.8	905.7	905.6
976.39	976.47	976.41	981.4	980.7	980.7

La ecuación de ajuste por el método de mínimos cuadrados según la norma citada es:

$$\text{DEFLEXIÓN} = A + B (\text{CARGA}) + C (\text{CARGA})^2$$

Siendo los coeficientes:

$$A = -0.8002174710$$

$$B = 1.0069503837$$

$$C = -0.0000013458$$

Obteniéndose como resultado:

$$\text{Desviación Standard } S = 0.2 \quad \text{kN}$$

$$\text{LLF} = 0.5 \quad \text{kN}$$

$$U = 3 \quad \text{kN}$$

Nota: DEFLEXIÓN es la lectura directa del indicador ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT

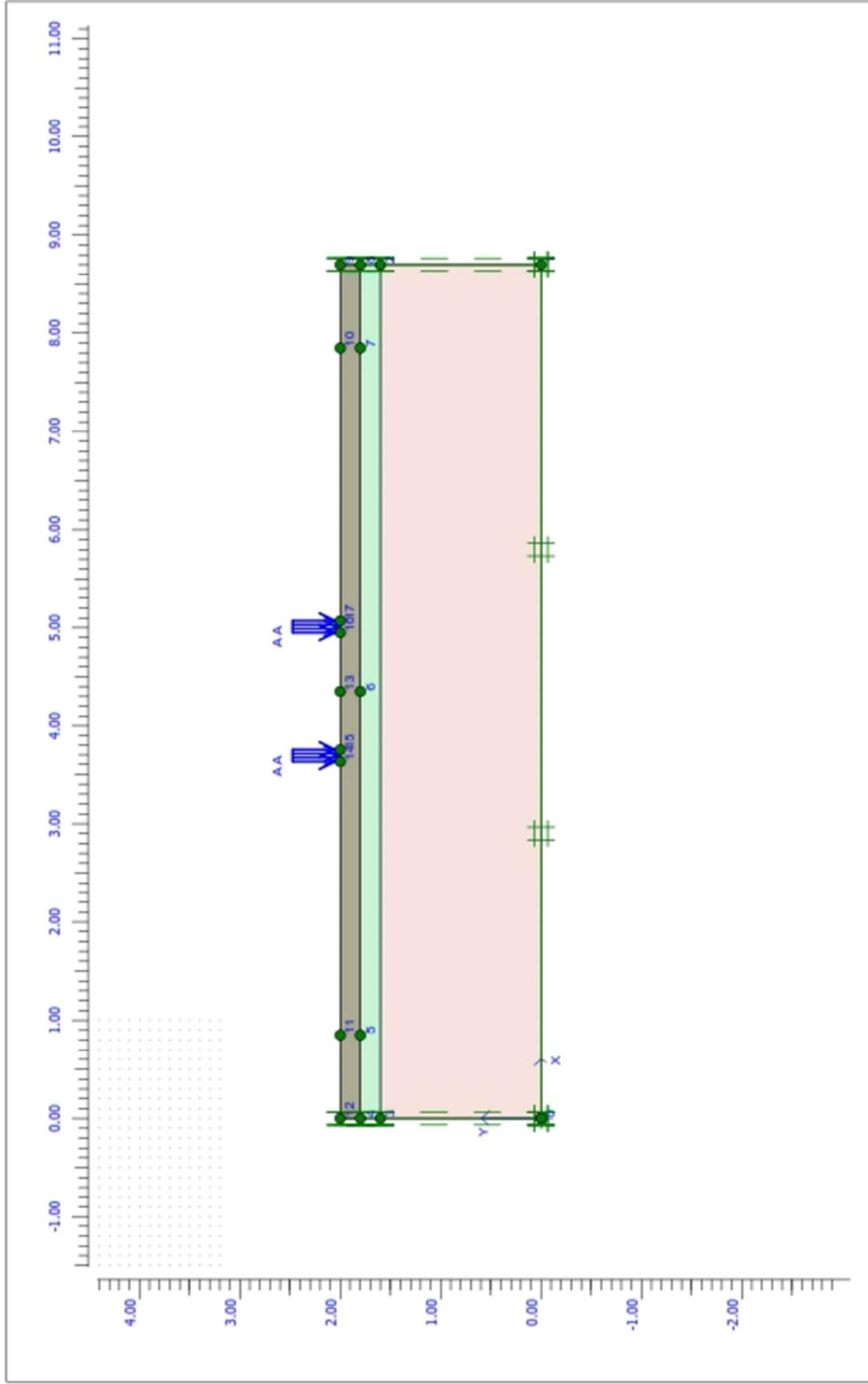
La Incertidumbre expandida, para $k=2$, se ha calculado para 980 kN

Este informe contiene 3 páginas

Prohibida la reproducción parcial de este Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

INF-LE: 036-22





Project description

PAV_RIGIDO_PUCALLPA

Project name

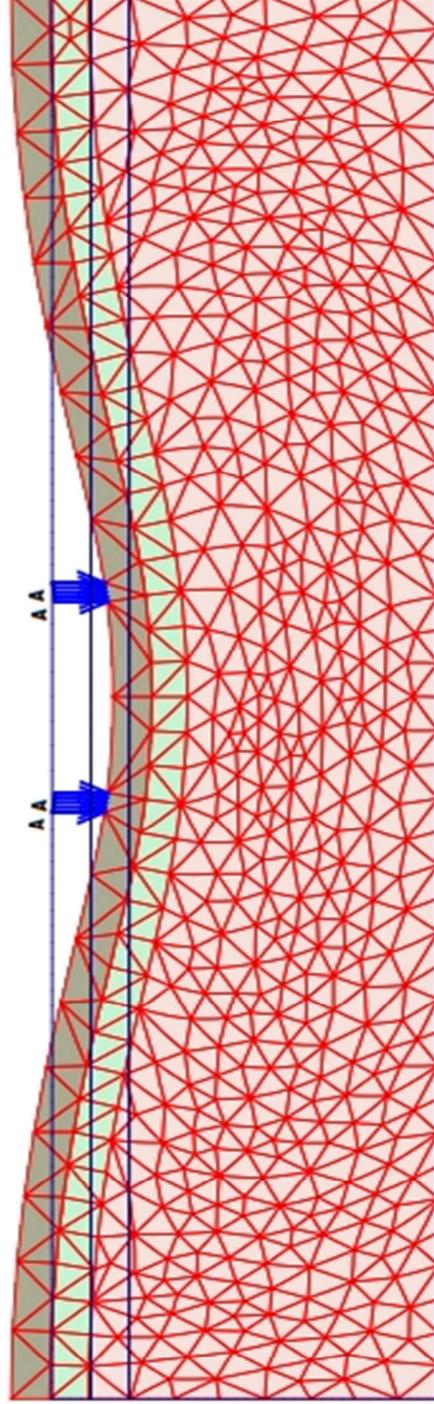
PAVIMENTO.PLX

Date

20/05/2022

User name

Bach. D. Saldaña & W. Davila



Deformed mesh

Extreme total displacement $3.15 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements scaled up 100.00 times)

Project description

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.6.0.1133

Project name

PAVIMENTO

Step

5

Date

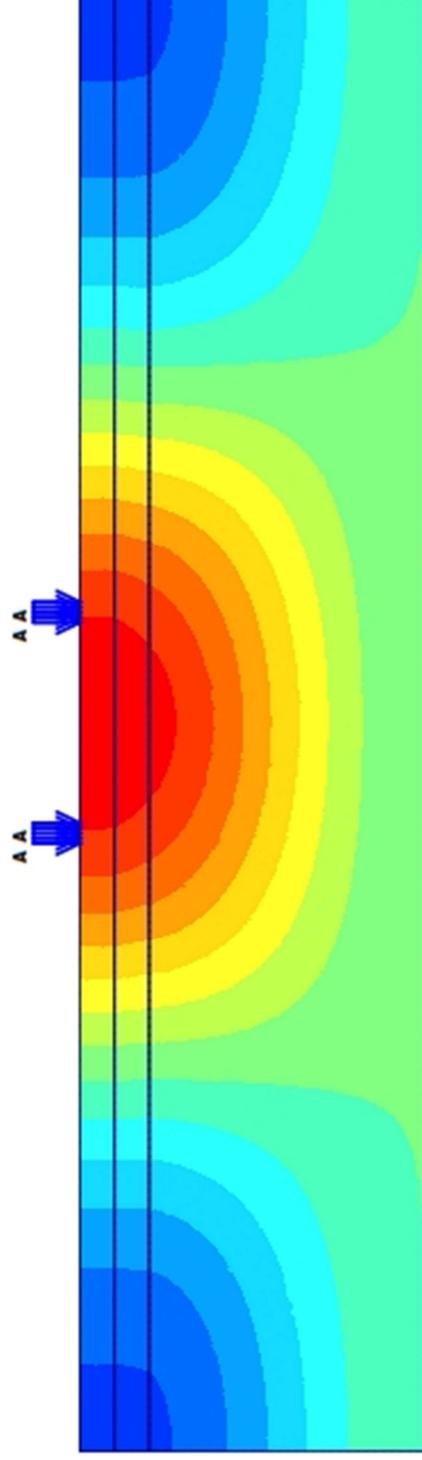
20/05/22

User name

Bach. D. Saldaña & W. Davila

Project description

DEFORMACION_01



Vertical displacements (Uy)

Extreme Uy $-3.15 \cdot 10^{-3}$ m

Project description



Version 8.6.0.1133

DEFORMACIO_2

User name

Bach. D. Saldaña & W. Davila

Date

20/05/22

Step

5

Project name

PAVIMENTO

X. PANEL FOTOGRÁFICO

**Excavación manual de calicata de 1.50 m de profundidad en Jr. Manco
Cápac con Jr. Roca Fuerte**











Ensayos realizados en laboratorios de mecánica de suelos
PROCTOR MODIFICADO



CBR DEL LABORATORIO



LIMITES DE CONSISTENCIA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO





