



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del pavimento mediante los criterios de falla por fatiga y deformación, carretera tramo Santiago de Cao-Magdalena de Cao.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Marreros Garcia, Kevin Arlon (ORCID: 0000-0003-0752-7588)

Melgarejo Cruzalegui, Raúl (ORCID: 0000-0003-4304-1742)

ASESOR:

Mg. Horna Araujo, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial.

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestros padres y hermanos que gracias a ellos estamos logrando alcanzar nuestras metas que nos hemos planteado, con su apoyo que nos brindan para poder seguir progresando en todos los aspectos profesionales y personales, y así poder llegar a la cúspide de nuestros objetivos planteados desde la niñez y alcanzar nuestras ambiciones profesionales y personales.

Dedico este trabajo de investigación que estoy realizando en especial a mi padre, Cristian Marreros y a mi madre Cecilia García, por el apoyo incondicional que me han brindado en todas las etapas de mi vida, ya que por ellos es que estoy logrando alcanzar todas mis metas planteadas en mi camino tanto profesional como personal, gracias a Dios por mantenerme cerca de ellos, ya que ellos estarán siempre respaldándome y deseando lo mejor para mi persona.

Dedico este trabajo de investigación que estoy realizando en especial a mi padre, Godofredo Melgarejo y a mi madre Nercida Cruzalegui, por el apoyo incondicional que me han brindado en todas las etapas de mi vida, ya que por ellos es que estoy logrando alcanzar todas mis metas planteadas en mi camino tanto profesional como personal, gracias a Dios por mantenerme cerca de ellos, ya que ellos estarán siempre respaldándome y deseando lo mejor para mí persona.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento

A nuestra institución que está formándonos como profesionales competentes y de buenos criterios de la problemática que presenta nuestro país, haciendo uso de las herramientas de vanguardia y con todos los servicios que nos brindó y brinda durante toda esta etapa de formación.

A nuestra escuela profesional de Ingeniería Civil que con la malla curricular está brindando una gran labor para prepararnos para la vida laboral y las exigencias que esta implica.

A nuestro director de escuela Dr. Alan Yordan Valdivieso Valverde por el apoyo que nos brinda con total disposición, y conocimientos que brinda para poder realizar el proyecto.

A nuestro asesor Ing. Luis Alberto Horna Araujo que nos apoya con todas las inquietudes, así como también encaminarnos en las sendas correctas de nuestro proyecto.

A todos nuestros maestros de la universidad “César Vallejo”, por todos los conocimientos que nos brindaron a lo largo de nuestra formación académica, gracias maestros.

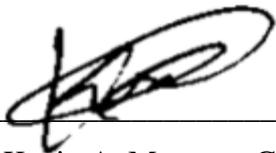
Página del Jurado

Declaratoria de autenticidad

Yo, Kevin Arlon Marreros Garcia y Raúl Melgarejo Cruzalegui, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N° 71583529 y N° 46877893; en efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que la tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 9 de diciembre del 2019



Kevin A. Marreros Garcia



Raúl Melgarejo Cruzalegui

ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	i
Ágradecimiento	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	15
2.1. Tipo y diseño de investigación	15
2.2. Operalización de Variables:.....	17
2.3. Población, muestra y muestreo (incluir criterios de selección)	18
2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad	18
2.5. Procedimiento	19
2.6. Método de análisis de datos	20
2.7. Aspectos éticos.....	20
III. RESULTADOS	21
3.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	21
3.1.1. Alcance:	21
3.1.2. Objetivo	21
3.1.3. Descripción del proyecto.....	21
3.1.4. Descripción de los trabajos:	22
3.2. UBICACIÓN DE LAS CALICATAS.....	23
3.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS	23
3.3.1. Caracterización del suelo:	27
3.3.2. Perfil estratigráfico	28
3.4. ESTUDIO DE TRÁFICO	30
3.4.1. Generalidades	30
3.4.2. Conteo y clasificación vehicular:	30
3.4.3. Metodología	31
3.4.4. Procesamiento de la información	31
3.4.5. Determinación del índice medio diario (IMD).....	32
3.4.6. Determinación del factor de corrección	33
3.4.7. Resultados del conteo vehicular	34
3.4.8. IMDa por estación	36

3.4.9.	Proyección del tráfico.....	38
3.4.10.	Tráfico total	38
3.4.11.	Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo	41
3.4.12.	Clasificación de vehículo	41
3.5.	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CON LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN.	42
3.5.1.	Criterio de falla por fatiga para el tramo 01:.....	43
3.5.2.	Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.	44
3.5.3.	Criterio de falla por fatiga para el tramo 02:.....	46
3.5.4.	Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.	47
3.5.5.	Criterio de falla por fatiga para el tramo 02 eje simple de rueda doble:.....	50
3.5.6.	Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.	50
3.6.	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	53
3.6.1.	Mejora tramo 01:	53
3.6.2.	Mejora tramo 02	54
3.7.	Evaluación de las propuestas.	55
3.7.1.	Criterio de falla por fatiga para el tramo donde se ubica la Tramo 01:	55
3.7.2.	Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.	56
3.7.3.	Criterio de falla por fatiga para el tramo 02:.....	58
3.7.4.	Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.	59
IV.	DISCUSIÓN	63
V.	CONCLUSIONES	64
VI.	RECOMENDACIONES	69
VII.	REFERENCIAS	70
VIII.	ANEXOS	75

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: MATRIZ DE OPERALIZACIÓN DE VARIABLE.	17
CUADRO 2: COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LAS CALICATAS.....	23
CUADRO 3: REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO.	26
CUADRO 4: CÁLCULO DEL MÓDULO DE RESILIENTE.....	27
CUADRO 5: FACTORES DE CORRECCIÓN ESTACIONAL.	33
CUADRO 6: RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR DE E-01.....	34
CUADRO 7: RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR DE E-02.....	35
CUADRO 8: IMD (ÍNDICE MEDIO DIARIO) DE LA E-01.	36
CUADRO 9: IMD (ÍNDICE MEDIO DIARIO) DE LA E-02.	37
CUADRO 10: CÁLCULO DEL TRÁFICO DE DISEÑO ESTACIÓN 01.	39
CUADRO 11: CÁLCULO DEL TRÁFICO DE DISEÑO ESTACIÓN 02.	40
CUADRO 12: NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN, EN EL CARRIL DE DISEÑOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA ESTACIÓN 01 Y ESTACIÓN 02.	41
CUADRO 13: CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL ENCONTRADO EN EL TRAMO 01.	43
CUADRO 14: CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL ENCONTRADO EN EL TRAMO 02 46	46
CUADRO 15: CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL ENCONTRADO EN LA CALICATA 01.	55
CUADRO 16: CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL ENCONTRADO EN LA CALICATA 05.....	58
CUADRO 17: PROPUESTA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO TRAMO SANTIAGO DE CAO PUENTE NAZARENO.....	65
CUADRO 18: CRITERIO DE FALLA EJE TÁNDEM.	66
CUADRO 19: CRITERIO DE DEFORMACIÓN EJE TÁNDEM.	66
CUADRO 20: CRITERIO DE FALLA EJE TRÍDEM.	66
CUADRO 21: CRITERIO DE DEFORMACIÓN EJE TRÍDEM.....	66
CUADRO 22: PROPUESTA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO TRAMO 02.	66
CUADRO 23: CRITERIO DE FALLA EJE TÁNDEM.....	67
CUADRO 24: CRITERIO DE DEFORMACIÓN EJE TÁNDEM.....	67
CUADRO 25: CRITERIO DE FALLA EJE TRÍDEM.....	67
CUADRO 26: CRITERIO DE DEFORMACIÓN EJE TÁNDEM.....	67
CUADRO 27: TASA DE CRECIMIENTO DE VEHÍCULOS LIGEROS.	124
CUADRO 28: TASA DE CRECIMIENTO DE VEHÍCULOS PESADOS.....	125
CUADRO 29: FACTOR DE EJE EJES EQUIVALENTES.....	128
CUADRO 30: FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL Y CARRIL PARA DETERMINAR EL TRÁNSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO.	129
CUADRO 31: ANÁLISIS TRAMO 1 CON EJE TÁNDEM.....	130
CUADRO 32: ANÁLISIS TRAMO 2 CON EJE TÁNDEM.....	131
CUADRO 33: ANÁLISIS TRAMO 2 CON EJE SIMPLE RUEDA DOBLE.	132
CUADRO 34: ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE SIMPLE RUEDA DOBLE.	133
CUADRO 35: ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TÁNDEM.	136
CUADRO 36: ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TRÍDEM.	139

CUADRO 37: ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE SIMPLE DE RUEDA DOBLE.	142
CUADRO 38: ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TÁNDEM	145
CUADRO 39: ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TRÍDEM.	148
CUADRO 40: NÚMERO DE REPETICIONES ACUMULADAS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 T, EN EL CARRIL DE DISEÑO.	151
CUADRO 41: COEFICIENTE ESTÁTICO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR) PARA UNA SOLA ETAPA DE DISEÑO (10 O 20 AÑOS) SEGÚN EL NIVEL DE CONFIABILIDAD SELECCIONADO Y EL RANGO DE TRÁFICO.....	152
CUADRO 42: VALORES RECOMENDADOS DE NIVEL DE CONFIABILIDAD PARA UNA SOLA ETAPA DE DISEÑO (10 O 20 AÑOS) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO.	152
CUADRO 43: ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO.....	153
CUADRO 44:ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO.....	153
CUADRO 45: CALCULO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO PROPUESTO.	154

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	16
FIGURA 2: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.....	44
FIGURA 3: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1.	45
FIGURA 4,VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.....	45
FIGURA 5: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.....	46
FIGURA 6: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.....	48
FIGURA 7: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.....	48
FIGURA 8: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO.	49
FIGURA 9 VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.....	49
FIGURA 10:VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.....	51
FIGURA 11: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1.....	51
FIGURA 12: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.	52
FIGURA 13: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1.....	52
FIGURA 14: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.	56
FIGURA 15: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1.....	57
FIGURA 16: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.	57
FIGURA 17:VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.....	58
FIGURA 18: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.	60
FIGURA 19: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1.....	60
FIGURA 20: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1.	61
FIGURA 21 VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1	61

FIGURA 22: PERFIL DEL PAVIMENTO RECOMENDADO DEL TRAMO 1.....	68
FIGURA 23: PERFIL DEL PAVIMENTO RECOMENDADO DEL TRAMO 2.....	68
FIGURA 24: ECUACIÓN DE EJES EQUIVALENTES	126
FIGURA 25: EJEMPLO DE FACTOR DE EQUIVALENCIA POR EJE Y FACTOR VEHÍCULO CAMIÓN C2 PAVIMENTO FLEXIBLE.	127
FIGURA 26: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1 DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE SIMPLE RUEDA DOBLE	134
FIGURA 27: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE SIMPLE RUEDA DOBLE	134
FIGURA 28: VARIACIÓN DE LA DEFLEXIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE SIMPLE RUEDA DOBLE.....	135
FIGURA 29: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE SIMPLE RUEDA DOBLE.....	135
FIGURA 30: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TÁNDEM.....	137
FIGURA 31: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TÁNDEM.	137
FIGURA 32: VARIACIÓN DE LA DEFLEXIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TÁNDEM	138
FIGURA 33: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TÁNDEM.	138
FIGURA 34 VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TRÍDEM	140
FIGURA 35 VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TRÍDEM	140
FIGURA 36: VARIACIÓN DE LA DEFLEXIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TRÍDEM.	141
FIGURA 37: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 1 CON EJE TRÍDEM	141
FIGURA 38: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE SIMPLE DE RUEDA DOBLE.....	143
FIGURA 39: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE SIMPLE DE RUEDA DOBLE.	143
FIGURA 40: VARIACIÓN DE LA DEFLEXIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE SIMPLE DE RUEDA DOBLE.	144
FIGURA 41: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE SIMPLE DE RUEDA DOBLE.	144
FIGURA 42: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TÁNDEM.....	146

FIGURA 43: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TÁNDEM.	146
FIGURA 44: VARIACIÓN DE LA DEFLEXIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TÁNDEM	147
FIGURA 45: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TÁNDEM.	147
FIGURA 46: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TRÍDEM.....	149
FIGURA 47: VARIACIÓN DE LA DEFORMACIÓN HORIZONTAL DE TRACCIÓN CON LA PROFUNDIDAD EN EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TRÍDEM	149
FIGURA 48: VARIACIÓN DE LA DEFLEXIÓN VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TRÍDEM	150
FIGURA 49: VARIACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PUNTO 1, DE LA PROPUESTA DEL TRAMO 2 CON EJE TRÍDEM.	150
FIGURA 50: AASHTO 93	154
FIGURA 51: MARCACIÓN DE LA CALICATA QUE SE VA A EXCAVAR	155
FIGURA 52: EXCAVACIÓN DE LA CALICATA.	155
FIGURA 53: EXCAVACIÓN DE LA CALICATA.	156
FIGURA 54: CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.....	156

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito la Evaluación del pavimento mediante los criterios de falla por fatiga y deformación de la carretera tramo Santiago de Cao – Magdalena de Cao, tomando en cuenta el mal estado de transitabilidad en el que se encuentra esta carretera, realizaremos el estudio de mecánica de suelos y describiremos la caracterización de estos, realizaremos estudio de tráfico vehicular para poder medir las deformaciones y los esfuerzos que son producidos por efecto de las cargas vehiculares, para esto utilizaremos el software kenpave que fue desarrollado por Huang. Y. H. de la Universidad de Kentucky, también elaboraremos una propuesta de mejoramiento del pavimento evaluado bajo los mismos criterios.

Para poder conocer la caracterización de los suelos y el espesor de las capas de la estructura del pavimento, se realizó 6 calicatas las muestras obtenidas de estas fueron llevadas al laboratorio, se realizó el conteo de tráfico vehicular en dos estaciones, para poder conocer la cantidad de vehículos que circulan diariamente por esta vía y el tipo de vehículo.

Después de haber obtenido los datos del conteo vehicular (tráfico) y los espesores de las capas del pavimento existente llevamos los datos al software Kenpave, determinando que no cumple con los criterios de deformación del Instituto del asfalto, ya que la relación entre la carga permisible y los criterios de falla por deformación es mayor a 1, esto quiere decir que la estructura del pavimento existente no soporta las cargas aplicadas.

Para la estructura del pavimento propuesto, se determinó una estructura inicial haciendo uso del método AASHTO 93, considerando los criterios del manual de carreteras sección suelos y pavimento (MTC9), la cual fue evaluada utilizando los criterios de fallas por fatiga y deformación del Instituto del asfalto. Que nos arrojó en ambos casos menores que la unidad ($N_p/N_f > 1$ y $N_p/N_d > 1$) tanto para el eje simple de rueda doble como para el eje tándem.

Palabras claves: Kempave, Tráfico vehicular, características de suelo, carga permisible

Abstract

The present investigation had as purpose the Evaluation of the pavement by means of the criteria of failure by fatigue and deformation of the highway section Santiago de Cao - Magdalena de Cao, taking into account the bad state of transiability in which this highway is, we will realize the study of mechanics of grounds and we will describe the characterization of these, we will realize study of vehicular traffic to be able to measure the deformations and the efforts that are produced by effect of the vehicular loads, for this we will use in software kenpave that was developed by Huang. Y. H. of the University of Kentucky, we will also elaborate a proposal for the improvement of the pavement evaluated under the same criteria.

To be able to know the characterization of the soils and the thickness of the layers of the structure of the pavement, is to be made 6 pits were made which were taken to the laboratory, the count of vehicular traffic was made, to be able to know the quantity of vehicles that circulate daily by this way and the type of vehicle.

After having obtained the vehicle count data (traffic) we applied the software to the existing pavement structure, it was determined that it does not meet the deformation criteria of the Asphalt Institute, since the relationship between the permissible load and the criteria of deformation failure is greater than 1, this means that the structure of the pavement does not support all loads.

For the proposed pavement structure, an initial structure was determined using the AASHTO 93 method, considering the criteria of the road manual, soil and pavement section (MTC9), which was evaluated using the fatigue failure and deformation criteria of the Asphalt Institute. Which gave us in both cases less than the unit ($N_p/N_f > 1$ and $N_p/N_d > 1$) for both the single double wheel axle and the tandem axle.

Keywords: Kempave, vehicular traffic, characterization of the soils, permissible load

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen diversos medios de transporte, los más usados en el Perú son los de transporte terrestre, en los cuales se encuentran las carreteras, caminos, autopistas, etc. Estos nos permiten optimizar nuestro tiempo de recorrido mediante la utilización de los vehículos, los cuales nos transportan de un lugar a otro en poco tiempo. Un buen diseño de una carretera nos garantiza un buen desempeño y durabilidad de esta. Con el tiempo se ha ido viendo la manera de mejorar las vías de transporte terrestre, una de ellas es la incorporación del pavimento, contamos con dos tipos de pavimentos, los cuales son: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Las pistas de pavimentos flexibles se vienen construyendo desde finales del siglo XIX, tuvieron su aparición previamente en las calles de Europa, seguidamente en los Estados Unidos, y así extendiéndose rápidamente en los demás países según (Chaves, 2009).

Para ello se fueron diseñando diversos métodos para poder mejorar la estructura de la carretera, se determinó colocar una capa asfáltica encima del nivel de afirmado de la pista, para que los distintos tipos de vehículos, que cuentan con diferentes pesos, los cuales son transmitidos hacia el pavimento, puedan circular con comodidad. Según sea el nivel de transitabilidad de una determinada ruta o una vía de comunicación terrestre, estas rutas se deberían mantener en un buen estado de servicio, a medida que transcurre el tiempo y la cantidad de vehículos que pasan por la carretera, provocan que la capa asfáltica se vea deteriorada y esto los perjudica a los vehículos causando molestias a los conductores que transitan por estas pistas.

Esta investigación se realizará en la carretera que une los distritos de Santiago de Cao con Magdalena de Cao, cuya vía consta de 15 km aproximadamente de separación.

La superficie de rodadura presenta fallas en todo el tramo antes mencionado, en algunos tramos de la carretera las fallas son muy pronunciadas, lo que consecuentemente está afectando de una u otra manera a los moradores de la zona y de manera directa a los transportistas que circulan por esta vía, ya que los carros tienen que reducir la velocidad para evitar los baches. Esta zona se ha vuelto más transitable, porque une dos distritos y es menos tiempo de recorrido; debido a las fallas y deformaciones encontradas los vehículos que transitan por la zona están expuestos a sufrir cualquier accidente de tránsito, pues al no percatarse de las diferentes fallas que se

encuentran en la pista, como: grietas, huecos, hundimientos, y deformaciones en el pavimento, pueden sufrir algún accidente.

Parte de la gestión del pavimento consiste en detectar y evaluar los daños del pavimento con anticipación, y de esta manera poder plantear una propuesta de mejora, lo cual será útil para futuras reparaciones que se corresponderán a trabajos de reparación y conservación del pavimento, y no de reconstrucción. Así estaremos previniendo y se estará economizando recursos y dinero, por tal motivo el costo de reparación de un pavimento es cuantiosa a comparación del costo de conservación.

El problema de las fallas por fatiga afecta a las vías de transporte terrestre, esto causa molestia a los moradores que son frecuentes usuarios de esta vía, por consiguiente se ve afectada la economía de estos mismos, puesto que al encontrarse una vía en mal estado, los transportistas se ven obligados a aumentar sus tarifas, para poder afrontar los gastos que implica mantener su unidad de trabajo o a tomar otra ruta y así dejando de circular por esta, ya que la vía se está dañando paulatinamente, a consecuencia de que este tramo que se estudia transitan carros de transporte pesado debido a que en este tramo se encuentra la empresa de Cartavio y Trupal.

A continuación, se presentan los siguientes trabajos previos realizados por diferentes autores, los cuales nos aportan con sus investigaciones realizadas al proyecto de estudio.

Para Horna y Vasquez (2019), en su investigación “Determinación de la resistencia del pavimento, criterios de falla y propuesta de mejoramiento, utilizando el software KENPAVE, en la Av., Teodoro Valcárcel. Trujillo-la libertad”. Tuvieron como objetivo determinar la resistencia del pavimento, criterios por falla y propuesta de mejora utilizando el software Kenpave. Para poder realizar el estudio de mecánica de suelos se llegó a realizar 03 calicatas, conteniendo una carpeta asfáltica de 1” de espesor, luego continúa una capa de material de afirmado con un espesor de 6” aproximadamente, luego sigue con una capa de arena probablemente graduadas con limos SP-SM con cierto suelo orgánico, un tráfico con IMDa de 21845 vehículos, en los criterios de falla por fatiga el $N_p/N_f = 0.02 < 1$ en donde no cumple, en el criterio de falla por deformación el $N_p/N_d = 410.16 > 1$ no cumple, en donde mediante los resultados anteriores se concluye que la estructura del pavimento no soporta las condiciones del tráfico y requiere un mejoramiento, y el cual las dimensiones del mejoramiento de la estructura

viene a ser 4” de la capa de rodadura, 8” de base granular 6” sub base. Estas dimensiones fueron diseñadas la propuesta. Donde $N_p/N_d = 0.73 < 1$ (cumple) y $N_f/N_p = 0.57 < 1$ (cumple).

Zelada Alberto (2019), en su investigación “diseño de 1 km. De pavimento, carretera Juliaca – Puno” tiene como objetivo el diseño de la vía, considerando un tramo de 1 km. se obtuvo los resultados del estudio de suelos con la finalidad de conocer las características físico – mecánicas de la subrasante y las canteras de la cual fue sacado el material que se empleó en la vía. Para ello aplico los conocimientos de mecánica de suelos donde llevo a los estudios de las características del suelo, su granulometría y clasificación así también la aplicación del CBR donde lo uso a un 95% del terreno y el Proctor modificado. Estos resultados de los estudios referidos anteriormente son los siguientes: su clasificación del suelo según SUCS de la subrasante tenemos un suelo de arcilla de baja plasticidad (CL) así como la clasificación AASHTO fue un suelo arcilloso de regular a malo A-6 (8), el contenido de humedad de este suelo es de un 16.2% con una densidad máxima de 1.86 gr/cm³, posteriormente el CBR a 95% arrojó un porcentaje de resistencia relativo en una muestra idealizada fue de 7% de porcentaje. Después de haber realizado estos estudios se planteó los estudios pluviométricos, donde se calculó que las precipitaciones oscilan entre un 1.6 y 32.8 mm según la estación de Juliaca y en la zona de la región puno las precipitaciones están oscilando entre 1.7 y 29.7 mm. Luego de ello se llevó a un estudio de tráfico donde llego a determinar que el flujo de tráfico en la carretera es en su mayoría de automóviles que ascendían a 12 315 vehículos, en este estudio llego a determinar que su tasa de crecimiento y porcentaje de volumen son los siguientes: Vehículo pesado 8.5 de volumen y una tasa de crecimiento de 4.8, en cambio los vehículos livianos es de 91.5 de volumen y un crecimiento de 1.29 lo que llevo a calcular el crecimiento promedio que es de 1.59, lo que llevo a lo que nos llevó a el resultado final de su proyecto que es una carpeta asfáltica de 10 cm de espesor una base de 25 cm a 30 cm de espesor. Y una sub-base de 35cm a 30 cm de espesor. Dicho resultado nos permitió saber que las vías o carreteras en las cuales la capa asfáltica que se ha construido es delgada o de baja rigidez y no absorben el esfuerzo, por consiguiente, las capas granulares son las que soportan todo el esfuerzo aplicado casi a su totalidad, debido a esto la magnitud de los esfuerzos pueden llegar a generar elevados valores de deformaciones permanentes en el asfalto.

Para Parillo (2018), en su investigación “Evaluación de la tasa de crecimiento con el tipo de tráfico vehicular en el cálculo de ejes equivalentes para el diseño de pavimentos en la ciudad de Juliaca - 2017” para ello llevo a cabo estudio flujo de vehículos, donde determinara su velocidad de punto velocidad media temporal entre otros, así como también su volumen de tráfico donde determinara el volumen de tránsito absoluto, factor de hora pico. Para ello es necesario encontrar la capacidad de nivel de servicio, para ello usa la norma técnica peruana, para ello llegó, realizó, trabajo en gabinete usando las fórmulas para hallar las velocidades y un estudio de clasificación vehicular donde arrojó 40 901 autos por día, así como un semitrailer 2S2 de 167 vehículos por día, donde obtuvo un total de 256 133 vehículos al día, a través del análisis se mostró que la hora Máxima de demanda son desde las 09:00 am a 10:00 am., así como la hora máxima de demanda está a las 9:00 am con un tráfico 4 704 lo que concluye que la tasa de crecimiento influye de forma directa con el número calculado de repeticiones de los ejes equivalentes para un diseño de pavimento. Lo que llevó a una tasa de crecimiento de 6.42% lo que importante determinarlo porque fija la fluidez vehicular.

López et al (2018), en su investigación “Consideraciones sobre la aplicación de los métodos analíticos en la evaluación del fallo por fatiga de mezclas o pavimentos envejecidos” para el desarrollo de esta investigación se tomó una mezcla asfáltica de tipo AC16S, para ello se procedió a un protocolo de envejecimiento que estableció el RILEM ATB-TG5, para ello se toma dos proporciones de envejecimiento los que fueron de corta a largo plazo, teniendo en cuenta esto el envejecimiento a corto plazo se mantuvo en una estufa a 135 °C en un periodo de tiempo de cuatro horas, mientras que el envejecimiento a largo plazo la muestra se mantuvo en una estufa durante siete días a una temperatura de 85 °C. posteriormente a este se procedió al ensayo de EBADE (ensayo de barrido de deformaciones) estos ensayos se usa un proceso cíclico de tensión-compresión en la que consiste en aplicar carga en etapas con una amplitud de deformación constante, con este ensayo se obtiene las máximas tenciones por ciclo, así como también las fuerzas máximas, para estimar las leyes de fatiga asiendo el uso de EBADE permitió evaluar el comportamiento de mezclas con deformaciones en sus diferentes niveles, donde se observa que la densidad de la energía disipada se mantiene constante en un mismo nivel de deformación. En la deformación donde la mezcla no se fatiga se denomina deformación de no fallo. Lo que llevo a la conclusión que el comportamiento de fatiga de una mezcla asfáltica tipo

AC16S está estimado a las leyes de fatiga que a partir del ensayo a de barrido de deformaciones (EBADE), se llegó a estudiar el efecto que produce la temperatura en el ensayo (20, 5 y -5°C) y un estado de mezcla no acondicionada (o envejecido) en la vida de fatiga de una mezcla que se elaboró con dos tipos de ligante (convencional y modificado).

Para Velásquez (2017), en su investigación “diseño para el mejoramiento de la carretera Cartavio – Panamericano Norte, distrito de Santiago de Cao, Ascope, La Libertad” tuvo como objetivos realizar el diseño para el mejoramiento de la carretera, para ello llevo a cabo los estudios de mecánica de suelos donde planteo la elaboración de 10 calicatas las cuales arrojaron un resultado de un 60% de las calicatas según SUCS contaba con arcillas de baja plasticidad CL y el 40% contaba con limos orgánicos y arenas muy finas ML, y según AASHTO determinó que son suelos limosos A-4, A-5 y un 10% de suelo limosos A-6, así como su CBR de diseño al 95% que fueron C-1 con su CBR de 8.61; C-2 con su CBR de 7.57; C-3 con su CBR de 9.31; C-4 con su CBR de 7.30 para luego un estudio hidrológico donde específico que el río Chicama tiene una media anual de 6.9 m³/seg., para ello determinó que colocaría un total de 16 alcantarillas a lo largo del proyecto, para su diseño de geométrico de carretera llego a determinar el tipo de orografía donde le dio al terreno una clasificación de tipo 1 lo que representa que sus pendientes transversales al eje de la vía son menores a igual a 10%, ya que con el estudio topográfico determinó que la pendiente longitudinal no supera el 3%. Posteriormente arroja un IMD por estación de 1 048 veh. Y una proyección de tráfico en 20 años lo que obtuvo en los vehículos de pasajeros 1 339 veh. Y en los de carga de 362 veh. Haciendo uso de del factor de corrección de 1.1455 donde arroja un total de tráfico de vehículos de pasajeros 891 a un 85.02% y a vehículos de carga de 157 a un 14.98% y con un EAL de 1.23+06, con esto se determinó un radio de mínimo lo cual utilizo 255 m y un ancho mínimo de calzada de 7.20 metros a una velocidad de diseño de 80 km/h. lo que concluye que se presentaron aspectos negativos en el tramo, básicamente están referidos a los accidentes que se producen durante todo el tramo de estudio, se llegó a la conclusión que este tramo de estudio se encuentra desgastado y presenta fallas en todo el tramo y se recomienda llevar a cabo todas las acciones que estén al alcance para hacer el mantenimiento de esta vía.

Por consiguiente, cuando la capa asfáltica presenta fallas en su estructura, lo que debemos de pensar en realidad es que ha sufrido un daño en las capas internas ya sea en la base o la sub-

base de esta, por eso es que se presentan las fallas en la capa asfáltica. Cada una de las capas cumple una función así que si falla una les afectara a las demás capas.

Para Leiva et al (2017), en su investigación “Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento” Su objetivo era implantar un nuevo modelo de ahuellamiento con fines de auscultación que se basa en la información que se obtendrá de los ensayos acelerados a una escala natural. Por medio de auscultación de pavimentos flexibles con ensayos no invasivos, como deflectometría de impacto y la cognición de la cantidad de repeticiones de carga equivalente, por el cual procurar estimar el nivel de ahuellamiento que presenta el pavimento evaluado, para lograr un modelo se analizó las deformaciones plásticas lo que se usó ejes simples equivalentes a 80KN lo que fue considerado su ESAL, estos puntos donde se aplicaron las cargas cíclicamente estuvieron ubicados en el eje central a lo largo de la pista, lo que mostró el comportamiento de las deformaciones plásticas, en cuanto a la capacidad estructural de elementos que se usaron cemento se presentó deformaciones menores, lo que fue al contrario de las estructuras con menor capacidad estructural. Donde llega a una conclusión que el modelo planteado presenta menor parámetros requeridos para pronosticar las deformaciones plásticas que se presenten probablemente en una estructura. Estas variables son el espesor de la capa asfáltica, la repetición de EE y la defección superficial. Con lo cual se espera un mejor sistema de mantenimiento y rehabilitación del pavimento y se haga a tiempo.

RENGIFO Harumi, Kimiko (2014), en su investigación “Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de huacho a Pativilca” se desarrolla los siguientes factores como: estudio de tráfico, estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico – pluviométricos y estudios de canteras y fuentes de agua, después de realizar todos estos estudios se llega a la conclusión que el Pavimento es una capa lisa y resistente de asfalto, que fue construida con la finalidad de permitir el libre tránsito de los vehículos, además debe de ser resistente al desgaste debido a la abrasión producida por las llantas y debe de contar con muy buenas condiciones de drenaje porque estas pueden dañar el pavimento.

Para Gonzalo Duque y Carlos Enrique Escobar (2002), mecánica de suelos. Refiere que el estudio de mecánica de los suelos nos permiten determinar la granulometría y el CBR del terreno de fundación y estos deben de agrupar por semejanza en sus comportamientos, correlacionar

propiedades con los grupos de un sistema de clasificación, para los cuales existen métodos como: clasificación de suelos SUCS, este método está basado en determinar el límite líquido y el índice de plasticidad del suelo, y ASHTO que clasifica a los suelos; según su función de su comportamiento y como capa de soporte de un determinado peso también estudia el comportamiento de las estructuras del pavimento con espesores ya conocidos, bajo cargas móviles y bajo efecto del medio ambiente.

Teniendo en cuenta de los trabajos que se realizaron con anterioridad sobre el tema, para este proyecto usaremos tendremos en cuenta las siguientes teorías relacionadas a la investigación. Considerando a distintos autores podemos determinar que el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, lo que son el requisito básico para la planificación proyecto y operación de carretera, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte (Conza, 2016).

El estudio de tráfico es definido como una estimación precisa del tránsito utilizado en todos los parámetros que influyen para la planificación, diseño, financiamiento, al considerar estos aspectos comprendemos que el estudio del tráfico es básico para encontrar los cálculos que nos permiten estimar de las cargas de repetición que son aplicadas por el tránsito de vehículos que circulan sobre la vía, para llegar a ello debemos conseguir el IMDA (Índice Medio Diario Anual), esto se consigue mediante estaciones de monitoreo lo que nos posibilita a poseer la información del tipo de vehículo, su clasificación y el número de vehículos que circulan en una vía específica. (Saurabh et al, 2013).

Lo que define al ESAL (Equivalente Single Axle Load), como un eje estándar que está representado por un eje sencillo de dos ruedas en cada uno de sus extremos, lo cual lleva a considerar que este ejerce un efecto perjudicial al pavimento, para obtener el factor en mención se obtiene en el conteo de vehículos. El volumen que se obtendrá del estudio de vehicular es convertido a un valor numérico. (Alcántara 2014)

Donde la carga aplicada en el suelo nos lleva a establecer el comportamiento de este lo que conlleva a definir a la mecánica de suelos como una aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica aplicada los problemas geotécnicos del terreno donde se estudian sus propiedades, su

comportamiento. Donde los aspectos obtenidos son valores cuantificados de las características del suelo que se estudia para lograr obtener datos que influyan en el diseño de una estructura.

En la mecánica de suelos es muy importante que el suelo tenga una caracterización de cada una de los puntos evaluados, esta caracterización nos ayuda a determinar el tipo de suelo y sus Límites de Atterberg - límites de consistencia los cuales son mundialmente utilizados en la clasificación de suelos finos para conocer propiedades como su plasticidad y la humedad que se requieren para cambios relacionados entre estos límites plásticos y líquidos y las propiedades del suelo ha sido materia de investigación durante muchos años (Apuntes de Geología 2010).

Con la obtención de los límites de consistencia de un terreno que está siendo estudiado podemos determinar sus características y el estado que se encuentra, con la ayuda de los límites de atterberg podemos conocer lo siguiente:

Límite Líquido (LL): en este estudio nos muestra que cuando el suelo está en estado semilíquido a plástico y este se puede moldear.

Límite Plástico (LP): en este estudio nos muestra que cuando el suelo está en estado plástico y cambia a un estado semisólido y este se rompe.

Límite de Contracción: es cuando un suelo se encuentra en un estado semisólido y este se pasa a un estado sólido, este deja de contraerse por la pérdida de humedad.

Índice de plasticidad: este indica cuando el intervalo de las humedades del suelo posee consistencia plástica y concede la clasificación bastante bien de un suelo.

Para realizar el ensayo de Proctor Modificado implica los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, esto nos lleva a determinar la relación entre el Contenido de humedad y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) para llegar a esto se compacta un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg.) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³) (56000 pie- f/pie³) (MTC E 115-2000)

Este ensayo permite cuantificar el grado de compactación que un terreno se puede aplicar, ya que mientras mayor sea la compactación menor será el número de poros, por lo consiguiente los

cambios a la fusión de la humedad y humedad del mismo serán menores lo que conlleva a un mayor soporte de cargas.

Por lo cual se proporciona la densidad máxima seca, así como la humedad óptima y lo que es más importante la curva humedad – densidad seca con los valores de todos los puntos ensayados.

El ensayo de soporte de California (CBR) con este ensayo podemos encontrar la resistencia de los suelos a la que llamamos la relación de soporte, este índice es hallado bajo ciertas circunstancias que presentan los materiales en estudio como son la densidad y la humedad (EM 2016).

El uso de Proctor modificado como el del CBR son usados para la elaboración de una Carretera esta se define como una vía que se ha construido para el uso público, la pavimentación de una carretera mejora considerablemente la vida útil como el tiempo de viaje, las cuales cuenta con sus características geométricas donde dispone de señalizaciones en todo el transcurso de la vía, que nos indican velocidades máximas y mínimas con las que un vehículo puede circular, cruces de otras carreteras, delimitaciones de carriles en función de la velocidad permitida, las carreteras deben cumplir con las normas técnicas vigentes (DG, 2018, p.10)

A consecuencia que un estudio de una mecánica de suelos se puede establecer para Pavimento es una estructura de un espesor determinado que va asentado sobre el terreno de fundación (subrasante) que cuenta con capas de materiales de diferentes calidades, cuyas dimensiones ya están dadas mediante un diseño previo del proyecto y construido con el fin de soportar cargas estáticas y móviles con un determinado tiempo de vida útil (Robles, 2015).

Lo que conlleva a un análisis para un periodo de diseño estructural de vida útil. Se puede definir como el periodo de tiempo transcurrido desde que se pone en cesión al servicio la estructura, hasta que muestra deterioros por realización del tránsito y lo producido por conductas ambientales normales, hacen que la vía pierda su funcionalidad (Suarez López, Javier S. 2017, p.10).

En la elaboración de la estructura del pavimento y la conformación de las capas de base y sub-base que integran la estructura del pavimento, la selección de los agregados estará basada en el sistema de asociación americana de funcionarios de carreteras estatales y de transporte

(AASHTO), norma que especifica y regula el procedimiento para la clasificación de materiales selectos provenientes de los bancos de préstamos (Mata Marco,2010).

Para nosotros colocar una capa asfáltica sobre la base, antes se debe de hacer un estudio de suelos y luego se hace un mejoramiento de terreno si este lo necesita, llamado estabilización del suelo, esto nos quiere decir que manipularemos el terreno natural para así poder aumentar la resistencia a cargas o condiciones climáticas.

Los componentes de mejoramiento del terreno que serán mencionados a continuación serán usados en todo tipo de carretera. A continuación, mencionaremos las capas que conforman el mejoramiento de terreno para luego colocar la capa asfáltica. Donde se mencionará la definición y la finalidad de cada una de las capas de la sección transversal de un pavimento.

Terreno natural: Es el terreno que no ha sido manipulado, se encuentra en su mismo estado.

Sub rasante: Cuando el terreno de fundación se encuentra en malas condiciones de servicio, se colocará esta capa para que el terreno sea funcional.

Sub base: Su objetivo es drenar las aguas que se encuentre en la estructura, se utiliza material granular para esta capa.

Base: La función de esta capa es de asimilar y distribuir de forma equitativa las fuerzas verticales que son aplicadas por vehículos hacia el terreno de fundación por medio de la sub base.

Capa de rodadura: su función principal de esta capa es proteger la base impermeabilizando la superficie, esta capa es el pavimento.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente comprendemos que la evaluación de la estructura de un pavimento, tiene por finalidad dar a conocer el estado en el que se encuentra el pavimento mediante un módulo numérico y las causas que lo deterioran haciendo visible superficialmente los agrietamientos y deformaciones que se dan en la capa asfáltica (Thenoux y Rodrigo, 1995, p.4).

De esta manera que el tráfico es el responsable de generar daño por fatiga del material que inicia en la parte inferior de la capa asfáltica y se propaga hacia la superficie. “En el modelo tradicional

de fatiga las fisuras se originan en la fibra de la mezcla bituminosa (zona donde la tensión de tracción es mayor) y se propaga verticalmente hacia la superficie del pavimento” (Huamán, 2011, p.12).

Uno de las fallas que presenta un pavimento es de fallas por fatiga lo que se define como un fenómeno que se produce debido a las repeticiones de las cargas generando agrietamiento en razón que los esfuerzos cortantes y de tensión superan a los admisibles, este es el fenómeno por el cual los materiales están sometidas a cargas cíclicas con variación en el tiempo pierden su capacidad de resistencia; este fenómeno es asociado con la disminución de la resistencia de un material en el tiempo, es decir cuando se le aplica esfuerzos dinámicos (Coral Chalco, 2017, p.5).

Lo que también se estima como daño por fatiga cuando el estado de tensión provocado es mayor al valor de rotura, se llega a producir por acumulación el agotamiento del material, que se manifiesta por la fisuración del mismo (Huaman, 2011, p.12).

Otros de los fenómenos que se presenta en el pavimento son las deformaciones entre estas tenemos la deformación radical admisible en las capas asfálticas. Donde establece que el agrietamiento del concreto asfáltico por fatiga ha sido reconocido como una de las principales formas de daño estructural en los pavimentos asfálticos (Zhi et al. 2012). Citado por Orobio, Armando y Gil, Jackson, Colombia, 2015.

Para estas deformaciones también podemos mencionar a la deformación vertical admisible de la compresión sobre la subrasante, ($\epsilon_z adm.$) La forma general de la ley de comportamiento de la deformación vertical de compresión sobre la subrasante es la siguiente $\log \epsilon_z adm = C - D \log N \dots (1)$; $\epsilon_z adm = CN^{-D} \dots (2)$ ” (Higuera, Carlos, 2007)

Como también tenemos a las deformaciones plásticas o irreversibles. “Es la deformación de un material producida al someterla a cargas y sobrepasar el límite elástico, lo cual es causante de un cambio permanente en el material” (Góchez Tania et al, 2012 p. 32).

Para conseguir estas fallas y sus deformaciones es necesario conocer el módulo resiliente que es la relaciona de las cargas móviles o rápidas y las deformaciones instantáneas resultantes. El

valor del módulo resiliente puede ser 10 veces el valor del módulo elástico (Minaya y Ordóñez, 2006, p. 69).

El coeficiente de poisson fue formulada para casos del estiramiento longitudinal, esto nos establece que el alargamiento unitario que experimenta un material es directamente proporcional a la fuerza aplicada a esta, luego de dejar de aplicar la fuerza este regresa a su estado natural no sufre ningún cambio en su estructura. (Cervera M. y Blanco E. 2015).

En el diseño y análisis de esfuerzos, con frecuencia se requiere determinar los esfuerzos máximos en un elemento para garantizar la seguridad del miembro cargado. Si consideramos un elemento sometido a un estado bidimensional de esfuerzos, los esfuerzos normales tenderán a alargar o cortar el elemento diferencial en la dirección en que actúan, produciendo deformaciones normales unitarias (ξ). Pero si un elemento diferencial sometida a un estado de esfuerzo plano, la suma de los esfuerzos normales producidos en dos planos perpendiculares entre si es siempre constante (U. A.V.).

Para MUELA Ángel. Manual de mecánica de suelos y cimentaciones. Define que los resultados de la teoría de la elasticidad se emplean frecuentemente para calcular los esfuerzos producidos en una masa de suelo por las cargas aplicadas exteriormente. El esfuerzo es proporcional a la deformación. El módulo de elasticidad viene a ser el cambio o deformación que sufre un material en el momento de ser aplicada una fuerza. Si una fuerza de tracción se aplica en un cuerpo sólido, este reaccionara con un cambio de longitud, en donde las fuerzas internas se deforman. Si el tamaño de la fuerza aplicada es menor al sólido este regresara a su estado natural, pero si la fuerza es mayor a la del sólido esta se deformará permanente es decir no recuperara su estado natural.

Teniendo en cuenta estos aspectos y las definiciones que llegamos a obtener para la presente investigación y así llegar a encontrar la dificultad que se está presentando en la carretera tramo Santiago de Cao – Magdalena de Cao, para ello nos planteamos el siguiente problema: ¿Cuál es la condición estructural del pavimento en el tramo de la carretera Santiago de Cao – Magdalena de Cao, ¿evaluada mediante los criterios de fallas por fatiga y deformación?

Por lo cual este proyecto se estaría justificando socialmente, porque los distritos de Santiago de Cao – Magdalena de Cao serán beneficiados con una propuesta de mejorar la transitabilidad de la zona, lo que esto conllevará una mayor circulación y menor deterioro de los vehículos y una reducción del tiempo de viaje a la ciudad de Trujillo y a otros lugares, lo que beneficiaría a los pobladores que laboran fuera de la zona.

La investigación se justifica teóricamente, ya que estamos buscando una forma para identificar las fallas por fatiga y deformaciones de la carretera Santiago de Cao a Magdalena de Cao. Están definidas en el instituto del asfalto, lo que nos permitirá plantear una propuesta de mejora en extremos que encontremos dañados después del análisis echas en el proyecto.

La investigación se desarrollará mediante un proceso metodológico donde se establecería el uso de las teorías tales como. Esfuerzos, deformaciones, como también el estudio de tráfico, lo que nos será útil para obtener el ESAL y las cargas de EE, los cuales se aplicaran para ver el comportamiento del pavimento cuando es sometidos a cargas y determinar si el diseño original esta de acorde al tipo de tránsito que se aplica en la vía.

También estaría justificando técnicamente, debido a que, en la actualidad, la carretera Santiago de Cao – Magdalena de Cao. Es una vía que tiene años en funcionamiento, y que ya cuenta con algunos problemas en su estructura, para ello llevaremos a cabo un análisis de fallas por fatiga y deformaciones para observar el estado que se encuentra. Ya que gracias a ellos podamos demostrar que ambientalmente se vería una mejora mediante que el mantenimiento de la ruta permitiría que se encuentre en un estado óptimo de servicio, lo que evitaría los daños del vehículo, puesto que alguna falla como el esfuerzo del motor podría reducir emisiones de gases contaminantes.

Siendo la pregunta planteada anteriormente en la investigación podemos concluir en que nuestra hipótesis del trabajo viene a ser: La condición estructural del pavimento de la carretera tramo Santiago de Cao-Magdalena de Cao evaluada mediante el uso de los criterios de falla del instituto de asfalto es deficiente.

Mediante lo observado en la vía hemos planteado el siguiente objetivo general que es: Evaluar la capacidad de soporte mediante los criterios de falla por fatiga y deformación de la estructura

de pavimentos, carretera tramo Santiago de Cao-magdalena de cao. Así mismo nos hemos planteado los siguientes objetivos específicos como: Caracterización de la estructura del pavimento existente en la carretera tramo Santiago de Cao-Magdalena Cao.

También examinaremos el tráfico vial en la carretera tramo Santiago de Cao-Magdalena de Cao. Así también se aplicará los criterios de falla por fatiga y deformación estructural del pavimento de la carretera tramo Santiago de Cao-Magdalena de cao y diseñaremos la estructura del pavimento a colocar en la carretera tramo Santiago de Cao-Magdalena de Cao.

Contando con los puntos señalados anteriores nos permitirá conocer que La aplicación de los criterios de falla por fatiga y deformación nos permitirá determinar y evaluar la capacidad de soporte del pavimento en la carretera tramo Santiago de Cao-Magdalena de Cao. Para la elaboración del proyecto de la presente investigación se tomarán en cuenta los datos alcanzados dentro de los antecedentes y se hará uso de métodos que brinda el instituto del asfalto, Manual de diseño mecanístico - empírico de pavimento, con el cual determinaremos las deformaciones.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

- Según su finalidad: Se planteó que la investigación era aplicada, porque con los datos que obtuvimos en laboratorio nos permitió aplicar las teorías del instituto del asfalto que llevo a resolver el problema de las deformaciones y las fallas producidas por la fatiga que presento el pavimento que se estudió el proyecto.

- Según su carácter: El proyecto fue descriptivo por el motivo que detallamos el estado que se encontró cada uno de las capas del pavimento, teniendo en cuenta las características físicas - mecánicas de todo el terreno, lo que conlleva a plantear una propuesta de mejora en las capas del pavimento.

- Según su naturaleza: El encontramos que en la investigación que planteada en el proyecto lleva una característica cuantitativa, puesto que evaluamos cada una de los extractos del pavimento los cuales fueron evaluados en lo que se refiere a su comportamiento cuando están sujetos a cargas cíclicas producidas por los vehículos que circulan en toda la vía. (Monje, 2011)

- Según la temporalidad: Este proyecto tuvo una temporalidad de manera transversal, ya que los datos que obtuvimos fueron mediante un diseño de tráfico establecido en el periodo de siete días, como también la extracción de las muestras de cada capa se realizó en una sola oportunidad. (Monje, 2011)

Diseño de investigación.

Descriptivo simple: Indaga y recolecta la información de manera directa sobre el objeto de investigación en forma directa la cual se usará para llegar a una decisión

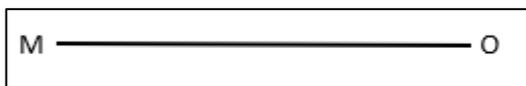


Figura 1: Esquema de diseño de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

M = Compone la totalidad del área del proyecto que enlaza los distritos de Santiago de Cao y Magdalena de Cao

O = Representa el área del proyecto que comprende desde la carretera Santiago de Cao – Magdalena de Cao, comprendida en 15 Km. Aproximadamente de longitud

Variables:

Variable independiente:

- Evaluación Estructural del Pavimento.

2.2.Operalización de Variables:

Cuadro 1: Matriz de operalización de variable.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones o sub-variables	Indicadores	Escala de medida
Evaluación estructural del pavimento	R.D (2014), El diseño para una red vial, se realiza mediante el estudio de tráfico según el índice medio diario anual (IMDA), teniendo en cuenta la característica de la vía, el estudio del tráfico se realiza según la importancia de la vía.	Se efectuará el estudio de tráfico insitu y será comparado con el Tráfico de diseños, para poder decretar el número y tipos de vehículos que circulan por la carretera.	Estudio del Tráfico de Diseño	ESAL	Razón
	(Karl Terzaghi 1925), “El estudio de la mecánica de suelos viene a ser el empleo de los principios de la física y las ciencias naturales a los problemas que implican las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre”.	Se realizará teniendo en cuenta las diferentes técnicas de estudio y estructura de los suelos, para así lograr verificar las condiciones del terreno donde se encuentra ubicado la carretera a estudiar.	Estudio de mecánica de suelos	Granulometría (%)	Razón
				Límites de consistencia (%)	Razón
				Proctor modificado (%)	Razón
				Ensayo CBR (%)	Razón
				Clasificación del suelo	Razón
				Módulo de elasticidad	Razón
				Coefficiente de poisson	Intervalo
	(Rondon y Reyes, 2009), Cuando un material granular es sometido a carga y descarga por ciclos frecuentes, las deformaciones totales generadas a consecuencia de las cargas y descargas por ciclos, algunas retoman su forma inicial, las deformaciones que no llegan a recuperarse se van acumulando a medida de cada repetición, a esto se le denomina deformación permanente.	Llegaremos a determinar los tipos de esfuerzos que están presentes en el pavimento, los cuales serán determinados con los espesores de las capas del pavimento analizado, a medida que se aplica carga en la estructura.	Determinación de esfuerzos.	Tensión vertical	Intervalo
				Tensión Normal	Intervalo
Esfuerzo Normal				Intervalo	
Esfuerzo Vertical				Intervalo	

Fuente: elaboración propia.

2.3.Población, muestra y muestreo (incluir criterios de selección)

La población es el área que abarca la carretera del tramo de Santiago de Cao – Magdalena de Cao. Debido al tipo de estudio que vamos a realizar, la muestra es el área que influye la carretera de Santiago de Cao – Magdalena de Cao.

Usaremos el muestreo por inclusión o por conveniencia, dado que toda el área de estudio tiene las mismas probabilidades de ser seleccionadas, también puede ser usada a conveniencia y a criterio.

2.4.Técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas: Usamos la observación para evaluar el estado que se encuentra el pavimento.

Instrumentos: contamos con el uso de guías de observación que permitirá la obtención de los datos mediante el uso de equipos de medición.

- Formato de Estudio de clasificación vehicular.
- Formato de Análisis de granulométrico
- Formato de Ensayo de compactación Proctor Modificado.
- Formato de Ensayo de Relación de soporte de California (C.B.R.).

En el formato de estudio de clasificación vehicular cuenta con los datos tales como: la zona a evaluar, el sentido del tráfico, la ubicación, la estación, y la fecha. También contará los distintos tipos de vehículos que circulan por la vía analizada, deberá contar con el nombre del encuestador, jefe de brigada y supervisor.

El formato de análisis granulométrico consta de un cuadro que contendrá los datos del material extraído de la calicata, en este formato cuenta con: el peso que retiene y el porcentaje que pasa de cada malla, así como el peso inicial seco y el peso lavado.

El formato para el Proctor modificado cuenta con el listado de las pruebas que se realizan entre ellas tenemos: peso de molde, peso del material seco más tara, peso de agua, etc. Lo que nos brindará la densidad máxima y la humedad óptima.

El formato para la relación de soporte de California (C.B.R.), para este formato cuenta con tres cuadros donde: el primero ve los datos tales como el número de molde, el número de capas, y el número de golpes por cada capa. El segundo Cuadro reflejar las pruebas tales como contenido de humedad, densidad seca, entre otros, para esto se tiene en cuenta si está saturado o no saturado, se coloca la fecha, hora, tiempo, dial, expansión. El último cuadro nos presenta el cuadro de resultados.

Se usará tablas que serán validadas por el profesional especialista.

2.5.Procedimiento

Para realizar el estudio vehicular de la ruta Santiago de Cao – Magdalena de Cao, estableció un horario a lo largo de una semana lo cual consideramos adecuado para recolectar la información, esta labor estuvo a cargo de los tesisistas, los cuales se ubicarán en dos zonas estratégicas para poder obtener los datos con la mayor fiabilidad posible, se empezó a las 07:00 am y se culminará a las 7: 00 am. Para ello tomamos nos establecimos en los siguientes puntos estratégicos, los cuales son: Salida Santiago de Cao, con la ruta hacia Chiquitoy, pasando el puente el nazareno, basándonos en estos dos puntos de control vehicular.

Se elaboró calicatas para conocer las características mecánicas de los materiales que conforman el pavimento lo cual se realizó según los criterios de extracción de muestras, las cuales están establecidas en los manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, así como el trasladado en bolsas herméticas al laboratorio en bolsas herméticas para el análisis correspondiente para poder determinar la condición en la que fue elaborado el pavimento y así poder diagnosticar si las carga que se vienen aplicando en el pavimento es permisible a la carga para la cual fue diseñado.

Mediante el software de Kenpave, con los datos obtenidos con el estudio de mecánica de suelos y el estudio de tráfico, ingresándolo al software donde obtenemos los esfuerzos y deformación del pavimento que se presentan en la carretera, con la utilización del Manual de Carreteras Suelos Geología, geotecnia y pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14, se obtuvieron los datos en los cuadros de este Manual.

2.6. Método de análisis de datos

Mediante los datos obtenidos en el laboratorio, los cuales son presentadas en tablas, gráficos, etc. Luego fueron interpretados según el enfoque a nuestros objetivos, estos datos estuvieron procesados mediante el software especializado, que nos permitió trabajar los objetivos planteados. Verificamos las características de los materiales que se utilizaron y los espesores de capas en el momento de su ejecución. Empleamos Microsoft Excel lo que nos facilitó efectuar la recolección de datos del estudio de tráfico, así como los cálculos y diagramas necesarios para la representación de los resultados. Todos los métodos mencionados anteriormente nos ayudaron a plantear una recomendación para el mantenimiento y mejora de la ruta que se trabajó en el proyecto. Contamos con el apoyo y respaldo de un asesor capacitado en la línea de investigación para que nos brinde el apoyo en el análisis de datos que lleguemos obtener de los estudios mencionados.

2.7. Aspectos éticos

La presente investigación se desarrolló con compromiso, honestidad y responsabilidad, para el beneficio de los pobladores de esta zona. Como son el distrito de Santiago de Cao y Magdalena de Cao y demás pueblos de la zona, también a la agricultora de la zona. Se contó con el permiso de las municipalidades de Santiago de cao y magdalena de Cao para poder desarrollar este proyecto. Siempre respetando la autenticidad de los datos obtenidos en campo como lo es para el estudio de tráfico vehicular y el estudio de mecánica de suelos, los cuales no fueron alterados y siguiendo los pasos que indica la norma.

Entre las normas que usamos para realizar este trabajo fue el de MC – 05 – 14 Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014, Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018, AASHTO 93, SUCS.

III. RESULTADOS

3.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

3.1.1. Alcance:

El análisis de los extractos extraídos para el análisis de mecánica de suelos para el proyecto: EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO – MAGDALENA DE CAO, los cuales son exclusivos para el área de estudio, lo cual no es aplicable para otros sectores o fines.

3.1.2. Objetivo

Teniendo como objetivo determinar las características físico-mecánico de los materiales que se encuentran en cada extracto del pavimento para así poder determinar de manera objetiva los valores de (CBR) los que nos permitirá cuantificar el diseño del pavimento que se efectuó para el diseño de la red vial que une los distritos de Santiago de Cao y Magdalena de Cao. Para lo cual nos permitirá definir un mejoramiento de suelo si es necesario.

3.1.3. Descripción del proyecto

El proyecto tiene como finalidad determinar las fallas por fatiga y deformación de la vía indicada anteriormente, esta cuenta con una longitud aproximada de 16.4 km, la cual esta pavimentada desde el inicio al final del área de estudio, la cual está cuenta con los parámetros establecidos por las Normas peruanas de Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014 (MTC).

Teniendo en cuentas estos aspectos se programó las actividades de reconocimiento del terreno y área de estudio (visita de campo), para ellos se reconoció el estado que se encuentra la capa de rodadura y las posibles fallas que se encuentren en dicho tramo. Determinado estos aspectos se determinará si el pavimento necesita una mejora parcial o total.

Por tal motivo se ha programado de conocer el tipo de terreno en in situ a lo largo de la vía, por lo cual se determinó un cierto número de exploraciones (calicatas) en función en la cual

es usado el terreno circulante, donde se obtuvo las muestras para el ensayo en laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

3.1.4. Descripción de los trabajos:

El método de exploración la cual fue utilizado las excavaciones a cielo abierto o calicatas, tanto como la cantidad y sus dimensiones, se determinaron de forma establecida por el Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014. Teniendo en cuenta el estudio de Tráfico del tramo en estudio, las cuales se precisan a continuación

Se obtuvo la toma de muestras cada tramo que se encuentre en mal estado el pavimento, acorde al Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014. Por tal motivo y con la finalidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica de las capas existentes a lo largo de toda la vía que une a los distritos ya mencionados, lo cual se planteó una planificación para explorar el campo de estudio, excavación de calicatas, así como extracción de muestras para los ensayos requeridos en laboratorio.

El trabajo de investigación se realizó en el mes de octubre del 2019 los cuales fueron las siguientes actividades: excavación de (06) calicatas, identificación visual y extracción de las muestras de cada capa del pavimento para posterior mente realizar los ensayos en laboratorio. La ejecución de cada calicata fue convenientemente distribuida en el área de estudio del proyecto. Las cuales fueron codificadas de la siguiente manera C- 01, hasta llegar a C – 06, lo cual con la supervisión de los tesisistas se verificó que la profundidad que alcanzaron las calicatas fue de 1.50 metros. De cada una de las calicatas realizadas se obtuvo muestras del suelo para su clasificación y caracterización, cada 03 calicatas se realizó un ensayo de Relación de Soporte California (CBR).

3.2. UBICACIÓN DE LAS CALICATAS

Se comenzó a la extracción de las muestras por cada capa que lo conforma la estructura del pavimento, las cuales se extrajeron en proporciones necesarias para así poder realizar los respectivos ensayos en el laboratorio, para así poder conocer las características físico-mecánicas de los materiales.

Cuadro 2: Coordenadas de ubicación de las calicatas.

CALICATAS	UBICACIÓN		PROFUNDIDAD (m)
	latitud	longitud	
C1	-7.94205500	-79.25694000	1.5
C2	-7.90899833	-79.24792500	1.5
C3	-7.89423110	-79.25699920	1.5
C4	-7.89635000	-79.27309167	1.5
C5	-7.89412110	-79.28495910	1.5
C6	-7.88326833	-79.28401500	1.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS

De los resultados obtenidos en laboratorio de las calicatas C – 01 y C – 06, los cuales se observa adjuntados en los anexos; el perfil estratigráfico presenta las siguientes características:

Tramo 01 Santiago de Cao al Puente Nazareno:

Calicata N° 01/m 00.00 + 2200

E-1 /0.00 – 1.50 m. Esta muestra tiene una clasificación “SUCS” como “CL”, compuesto por Arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 6 (10)” que viene a ser un suelo arcilloso de regular a malo, con un porcentaje del material que pasa el tamiz N° 200, tiene un porcentaje de finos de un 85.09% y cuenta con un contenido de humedad natural de 20.99%.

E-2/0.00 – 0.20 m. Esta muestra tiene una clasificación “SUCS” como “GP- GM”, compuesto por Graba mal graduada con limosas y arena, así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 1 – a (0)” que viene a ser Fragmentos de roca, gravas y arena de excelente a bueno, con un porcentaje del material que pasa el tamiz N° 200 tiene un porcentaje de finos de un 5.49% y cuenta con un contenido de humedad natural de 6.61%.

E-3/0.00 – 0.30 m. La muestra tiene una clasificación “SUCS” como “SM - SC”, por lo que está compuesto por arena limo y arcillosa así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 2 – 4 (0)” que viene a ser un suelo con grava y arena limo o arcillosa con un comportamiento de excelente a bueno, con un porcentaje del material que pasa el tamiz N° 200, tiene un porcentaje de finos de un 34.74% y cuenta con un contenido de humedad natural de 2.42%.

Calicata N° 02/ m 2200 + 3800

E-1/0.00 – 1.5 m. La muestra está clasificada según “SUCS” como “CL”, compuesto por Arcilla ligera arenosa, así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 6 (7)” que viene a ser un suelo arcilloso con un comportamiento de regular a malo, con un porcentaje del material que pasa el tamiz N° 200, tiene un porcentaje de finos de un 84.54% y cuenta con un contenido de humedad natural de 22.98%.

Calicata N° 03/m 6000 + 2900

E-1/0.00 – 1.50 m. Esta muestra tiene una clasificación “SUCS” como “GP- GM”, compuesto por Graba mal graduada con limosas y arena, así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 1 – a (0)” que viene a ser Fragmentos de roca, gravas y arena de excelente a bueno, con un porcentaje del material que pasa el tamiz N° 200 tiene un porcentaje de finos de un 5.12% y cuenta con un contenido de humedad natural de 2.74%.

Tramo 2, Puente Nazareno a Magdalena de Cao:

Calicata N° 04/m 8900 + 1800

E-1 /0.00 – 1.50.m. Esta muestra tiene una clasificación “SUCS” como “SM”, compuesto por materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja (arena limosa), así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 4 (0)” que viene a ser un suelo limoso de regular a malo, con un porcentaje de 44.81 % del material que pasa el tamiz N° 200, Cuenta con un contenido de humedad natural de 7.73%.

Calicata N° 5/m 10700 + 1600

E-1 /0.00 – 1.50. m. Esta muestra tiene una clasificación “SUCS” como “ML”, compuesto por limos orgánicos y arena muy finos, polvo de roca, arena finos limosos o arcillosas o limos arcillosos con ligera plasticidad. Así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 4 (0)” que viene a ser un suelo limoso de regular a malo, con un porcentaje de 51.67 % del material que pasa el tamiz N° 200, cuenta con un contenido de humedad natural de 14.18%.

E-1 /0.00 – 0.40 m. Esta muestra tiene una clasificación “SUCS” como “GP-GM”, compuesto por grava mal graduada, mezcla de arena – grava con poco o nada de material fino. Así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 1-a (0)” que viene a ser fragmentos de roca, grava y arenosa de excelente a bueno, con un porcentaje de 5.36 % del material que pasa el tamiz N° 200, cuenta con un contenido de humedad natural de 2.20 %.

Calicata N° 06/m 12300 + 1200

E-1 /0.00 – 1.50. m. Esta muestra tiene una clasificación “SUCS” como “SM”, compuesto por materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja (arena limosa con grava), así también con su clasificación “AASHTO” con un suelo “A – 4 (0)” que viene a ser un suelo limoso de regular a malo, con un porcentaje de 37.85 % del material que pasa el tamiz N° 200, Cuenta con un contenido de humedad natural de 7.56%.

Cuadro 3: Reporte de resultados de laboratorio.

Calicata		Ubicación		Profundidad (m)	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS					
N°	Estracto	latitud	longitud		CH %	Fino %	Arenas %	Gravas %	LL %	LP %	IP %	SUCS	AASTHO	MDS (g/cm ²)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	Pu (g/cm ³)	Qadm (Kg/cm ²)
C - 1	TN	-7.942055	-79.25694	1.5	20.99	85.09	13.85	1.06	34.00	22.00	12.00	CL	A-6 (10)	1.753	22.11	2.05	1.89	-	-
	BASE			0.2	6.61	5.49	21.10	73.41	18.00	15.00	3.00	GP-GM	A-1-a (0)	1.919	7.13	68.08	57.14	-	-
	SUBBASE			0.3	2.42	34.74	58.57	6.69	20.00	16.00	4.00	SM-SC	A-2-4 (0)	1.792	8.55	20.00	16.87	-	-
C - 2	TN	-7.90899833	-79.247925	1.5	22.98	84.54	15.41	0.06	25.00	14.00	11.00	CL	A-6 (7)	-	-	-	-	-	-
C - 3	TN	-7.8942311	-79.2569992	1.5	2.74	5.12	15.94	78.95	19.00	17.00	2.00	GP-GM	A-1-a (0)	-	-	-	-	-	-
C - 4	TN	-7.89635	-79.27309167	1.5	7.73	44.81	54.75	0.44	20.00	17.00	3.00	SM	A-4 (0)	-	-	-	-	-	-
C - 5	BASE	-7.8941211	-79.2849591	0.4	14.18	51.67	25.43	22.90	20.00	17.00	3.00	ML	A-4 (0)	1.846	11.26	8.21	7.110	-	-
	TN			1.5	2.20	5.36	16.35	78.29	19.00	18.00	1.00	GP-GM	A-1-a (0)	1.928	7.24	65.97	52.840	-	-
C - 6	TN	-7.88326833	-79.284015	1.5	7.56	37.85	30.10	32.05	19.00	17.00	2.00	SM	A-4 (0)	-	-	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio de suelos de Universidad César Vallejo.

Cuadro 4: Cálculo del Módulo de resiliente.

CALICATA		CBR		MÓDULO RESILIENTE	
N°	ESTRATO	100%	95%	$M_r=2555 * CBR^{0.64}$	
C-1	TN	2.05	1.89	4,044.95	3,839.96
	BASE	68.08	57.14	38,064.79	34,027.70
	SUBBASE	20.00	16.87	17,380.01	15,586.35
C- 5	TN	11.26	7.11	12,033.04	8,965.77
	BASE	65.97	52.84	37,305.48	32,365.86

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1. Caracterización del suelo:

A continuación, se describirá la caracterización de los suelos por cada calicata que se obtuvo en el estudio de mecánica de suelos, realizada por el laboratorio de la Universidad César Vallejo.

Calicata 01 y calicata 02:

Estas calicatas encontramos en el terreno natural un suelo arcilloso en su terreno natural, en este suelo observamos que son muy similares debido a que su coeficiente de uniformidad de 6, como también en el coeficiente de curvatura son idénticos siendo de 1.50, para ello se observó que el porcentaje de finos son similares. 85.09% y 84.54% respectivamente. Culminando estas similitudes finalmente notamos que el índice de plasticidad se encuentra en el mismo rango.

Las capas del pavimento de este proyecto son iguales en las calicatas 01 a la calicata 03 donde muestra la capa de base y sub-base, estas capas cuentan con un porcentaje de finos de 5.49% y 34.74% respectivamente, pero estos son diferentes en su composición a causa de que la base cuenta con fragmentos de roca y un coeficiente de uniformidad de 254.41 a diferencia de la sub base que está compuesta por arena y cuenta con un coeficiente de uniformidad de 9.89; pero sus índices de plasticidad son muy similares, así como su óptimo contenido de humedad están en rangos iguales 7.13 y 8.55 respectivamente y con un CBR a un 95% de 57.14 en la base y en la sub-base 16.87.

Calicata 03

Esta calicata cuenta con un terreno natural de grava mal graduada donde observamos que tiene un coeficiente de uniformidad de 191.30 y un porcentaje de finos de un 5.12%, este suelo también tiene un índice de plasticidad de 2. Las capas del pavimento son iguales en las tres calicatas realizada

Calicata 04

Esta calicata cuenta con un terreno natural de materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja, donde observamos que tiene un coeficiente de uniformidad de 9.61 y con un porcentaje de finos de un 44.81%, este suelo también tiene un índice de plasticidad de 3.

Calicata 05

En esta calicata cuenta con un terreno natural de limo orgánico y arena muy fina, limo arcilloso con ligera plasticidad, una base de grava mal graduada, mezcla de arena – grava con poco o nada de material fino, donde observamos que tienen coeficiente de uniformidad del terreno natural de 11.11, la base con 314.37, con un porcentaje de finos de 5.36% y 51.67%, y con un índice de plasticidad de 1 y 3 respectivamente.

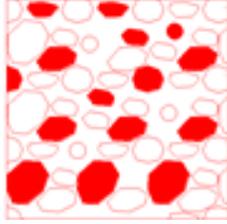
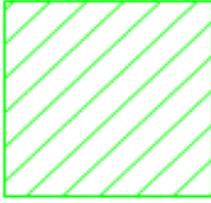
Calicata 06

Esta calicata cuenta con un terreno natural de materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja, donde observamos que tiene un coeficiente de uniformidad de 261.90 y con un porcentaje de finos de un 37.85 %, este suelo también tiene un índice de plasticidad de 2.

3.3.2. Perfil estratigráfico

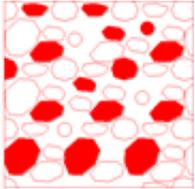
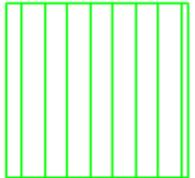
Los perfiles que mostramos son resultados de los estudios de suelo en laboratorio, como también en la experiencia in situ.

Tabla 1: Perfil estratigráfico calicata 1.

Profundidad	Descripción	Dibujo	Propiedades
0.20 m.	Grava mal graduada		LL = 18, LP = 15; IP = 3 CBR 95 % = 57.14 $\gamma_{\text{humedo}} = 1.919 \text{ (g/cm}^3\text{)}$
0.30 m.	Arena limo		LL = 20, LP = 16; IP = 4 CBR 95% = 16.87 $\gamma_{\text{humedo}} = 1.792$
1.50 m.	Arcilla ligeramente arenosa		LL = 34, LP = 22; IP = 12 CBR 95% = 1.85 $\gamma_{\text{humedo}} = 1.753 \text{ (g/cm}^3\text{)}$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2: Perfil estratigráfico calicata 5.

Profundidad	Descripción	Dibujo	Propiedades
0.40	Grava mal graduada con limo y arena		LL = 19, LP = 18; IP = 1 CBR 95 % = 52.84 $\gamma_{\text{humedo}} = 1.846 \text{ (g/cm}^3\text{)}$
1.50	Arena limos		LL = 20, LP = 17; IP = 3 CBR 95% = 7.11 $\gamma_{\text{humedo}} = 1.928 \text{ (g/cm}^3\text{)}$

Fuente: Elaboración Propia

3.4.ESTUDIO DE TRÁFICO

3.4.1. Generalidades

El tramo de estudio inicia en el distrito de Santiago de Cao, une los centros poblados de Nepèn, Nazareno, Cartavio y culmina en Magdalena de Cao. Por lo cual en este capítulo calcularemos el índice medio diario anual (IMDa) que viene a ser dato básico para el desarrollo del mismo.

3.4.2. Conteo y clasificación vehicular:

El flujo vehicular en la carretera tramo Santiago de Cao - Magdalena de Cao, este está compuesto por tránsito liviano como pesado a causa de que por esta parte se encuentra la fábrica azucarera Cartavio.

3.4.2.1.Estaciones de conteo:

Para el conteo del tráfico vehicular del presente tramo se ha considerado ubicar dos estaciones, dado que existe un cruce en dicho tramo de estudio, y para obtener resultados más exactos es que se opta por dos estaciones. Los cuales vienen a ser:

- El primer punto en donde nos ubicaremos para hacer el estudio de tráfico se encuentra ubicado entre Santiago de Cao y Cartavio.
- El segundo punto se encuentra pasando el puente “Nazareno”, este ubicado cerca del distrito de Magdalena de Cao.

3.4.2.2.Clasificación vehicular.

Para la realización de este punto nos basaremos en el reglamento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el cual nos brinda una clasificación vehicular ya establecida, ya diferenciando los vehículos pesados de los ligeros. Para materia del presente estudio y basándonos en la clasificación vehicular antes mencionada solamente utilizaremos en el tramo los siguientes:

3.4.3. Metodología

La metodología que se empleó en este presente estudio, se basa en la investigación y recolección de datos, También se basó en el método observacional durante toda el área del proyecto. Respetando los pasos que son indicados en el “Manual para el estudio de tráfico” se hicieron trabajos de campo como el conteo de los vehículos livianos y pesados. Que circulan por la zona de influencia del proyecto.

Después de haber realizado lo anteriormente expuesto, recién se pasa al trabajo de gabinete, en donde se analizarán todos los datos adquiridos en el campo e interpretaremos y compararemos los datos con los parámetros pertinentes para así poder determinar el cálculo de IMDa. Del tráfico vehicular.

3.4.4. Procesamiento de la información

Después de recorrer la zona del proyecto y el reconocimiento del mismo, se determinó lo siguiente:

Se pudo observar que la circulación vehicular en el presente tramo de estudio se da por el transporte privado y público, se observó también que el transporte público toma esta ruta pues une a los distritos de Santiago de Cao, Magdalena de Cao con la ciudad de Trujillo en menor tiempo.

También un factor importante viene a ser la presencia de la fábrica azucarera de Cartavio y la gran cantidad de caña que es transportada mediante camiones y/o remolques de gran longitud por esta vía de acceso.

También se observó camiones que trasladan el humus (abono) para el cultivo de la caña de azúcar, y vehículos de menor longitud que transportan productos agrícolas, abarrotos entre otros.

La información recogida del tráfico vehicular, que fueron obtenidas en el campo son procesadas en formatos de Excel. Acá se clasificará los vehículos por tipos y la cantidad de vehículos que circulan diariamente por este tramo (conteo por hora) de estudio ya sea

entrantes o salientes de acuerdo al punto de observación, para que luego se vea el total de vehículos semanal que pasan por la zona.

3.4.5. Determinación del índice medio diario (IMD)

El manual de carreteras: Diseño Geométrico 2018, la determinación del índice medio diario (IMD), “Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año. Previsible o existente en una sección o tramo dada de la vía de estudio”

Para el presente tramo de estudio, el conteo de tráfico vehicular se realizó por un periodo de siete días (10/09/19 al 17/09/19) continuos, las estaciones se ubicaron en los lugares estratégicamente anteriormente mencionados durante las 24 horas del día, luego de esto para el recojo de los datos se utilizó un formato de clasificación vehicular, el cual clasifica según el tamaño, la cantidad de ejes del vehículo y el sentido por el cual circula. El cual nos servirá para determinar el volumen de tránsito específico en esta vía.

Para poder calcular el índice medio diario anual, nos da la siguiente fórmula, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones nos da:

$$IMDa = IMD * Fc * 365$$

Donde:

IMDa : Índice Medio Diario Anual

IMD : índice Medio Diario

FC : Factor de Corrección

Consideramos los 365 días del año para poder aplicar la fórmula.

Para poder encontrar el Índice Medio Diario Semanal, se debe de realizar el conteo vehicular durante 7 días en el punto de estudio.

3.4.6. Determinación del factor de corrección

Para poder determinar el factor de corrección estacional se parte de una serie anual que son registradas en los peajes. Los volúmenes de tránsito varían dependiendo de las condiciones o épocas en la que se encuentre la zona ya sea en cosechas, vacaciones estacionales, festividades, climatología, etc. Todos estos detalles son necesarios para la obtención del Índice Medio Diario Anual.

Para poder calcular el Factor de corrección (FC), recurrimos a la información que es proporcionada por Provias Nacionales – Gerencia de operaciones zonales, para el flujo de vehículos de este estudio se escogió la estación de peaje a Chicama, del distrito de Chicama de la Provincia de Ascope. Se tomó este peaje en vista de que se encuentra más próximo a la carretera de estudio. Estos datos del factor de corrección promedio fueron obtenidos del periodo (2010 – 2016), para vehículos livianos es 1.0553 y para vehículos pesados es de 0.9895 estos datos se tomaron del mes de septiembre porque en este mes se realizó el conteo vehicular.

Cuadro 5: Factores de Corrección Estacional.

ESTACIÓN DE CHICAMA			
FACTOR DE CORRELACIÓN ESTACIONAL PROMEDIO DEL MES DE SETIEMBRE	AÑO	VEH.	VEH.
		LIGEROS	PESADOS
	2017	1.0553	0.9895

Fuente: Provias nacionales – Gerencia de operaciones zonales.

3.4.7. Resultados del conteo vehicular

- Estación E-01: Esta estación se encuentra ubicada entre Santiago de Cao y Cartavio, el conteo vehicular en esta zona se realizó por 7 días (lunes – domingo) de manera directa, durante las 24 horas del día. El primer día se inició a las 7:00 am y se culmina a las 7:00 am del siguiente día. Y ahí nada más inicia el otro día de conteo vehicular. A continuación, se presenta los formatos en resumen del conteo semana que se realizó.

Cuadro 6: Resumen de conteo vehicular de E-01.

Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	93	44	1	46	0	0	0	1	0	0	0	10	0	1	0	1	0	197	5.78
08-09	100	80	2	50	0	0	6	9	0	0	0	14	0	2	0	4	0	267	7.83
09-10	110	65	8	47	1	0	13	10	0	0	0	21	1	5	4	3	2	290	8.51
10-11	122	82	5	52	6	2	9	10	0	0	0	17	1	0	3	1	0	310	9.10
11-12	107	77	9	50	2	0	3	17	0	0	0	22	1	4	2	6	1	301	8.83
12-13	107	81	7	53	1	0	15	9	0	0	0	16	0	2	4	3	0	298	8.74
13-14	95	89	2	47	4	2	3	10	0	0	1	15	1	3	6	2	2	282	8.27
14-15	92	79	5	45	3	0	10	14	0	0	0	20	1	11	2	3	0	285	8.36
15-16	81	74	5	45	3	0	10	12	0	0	0	16	0	2	3	3	3	257	7.54
16-17	84	65	8	47	1	0	6	6	0	0	0	18	0	3	3	1	0	242	7.10
17-18	86	68	10	40	0	0	1	7	0	0	0	9	2	3	1	1	0	228	6.69
18-19	77	44	7	31	1	0	3	1	0	0	0	6	0	1	1	2	0	174	5.11
19-20	47	37	3	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	95	2.79
20-21	33	20	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	1.67
21-22	19	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	32	0.94
22-23	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.26
23-24	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0.09
24-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
03-04	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
04-05	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.06
05-06	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4	0.12
06-07	16	10	1	19	0	0	13	4	0	0	0	5	0	1	2	1	2	74	2.17
TOTAL	1273	938	73	572	22	4	97	116	0	0	1	193	7	39	31	31	11	3408	100.00
%	37.35	27.52	2.14	16.78	0.65	0.12	2.85	3.40	0.00	0.00	0.03	5.66	0.21	1.14	0.91	0.91	0.32	100.00	

Fuente: Elaboración Propia.

- Estación E-02: Esta estación se ubicó pasando el puente nazareno, que une a Santiago de Cao, Cartavio con el distrito de Magdalena de Cao. El conteo vehicular en esta zona se realizó por 7 días (lunes – domingo) de manera directa, durante las 24 horas del día. El primer día se inició a las 7:00 am y se culmina a las 7:00am del siguiente día. Y ahí nada más inicia el otro día de conteo vehicular. A continuación, se presenta los formatos en resumen del conteo semana que se realizó.

Cuadro 7: Resumen de conteo vehicular de E-02.

Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %		
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
00-01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
01-02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02-03	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03-04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.990	0.000	0.04
04-05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.979	0.000	0.000	0.000	0.990	0.000	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000	3.958	0.16	0.16
05-06	21.106	10.553	13.719	1.055	0.000	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000	0.990	0.000	0.990	0.000	0.990	0.000	0.000	50.391	2.08	2.08	2.08
06-07	63.318	42.212	59.097	4.221	0.990	0.000	3.958	0.990	0.000	0.000	0.000	1.979	0.000	0.990	2.969	0.000	0.000	180.722	7.46	7.46	7.46
07-08	66.484	49.599	60.152	4.221	2.969	0.000	6.927	0.990	0.000	0.000	0.990	3.958	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000	197.278	8.15	8.15	8.15
08-09	58.042	37.991	47.489	4.221	0.000	0.000	3.958	10.885	0.000	0.000	0.000	9.895	0.000	1.979	0.000	0.990	1.979	177.427	7.33	7.33	7.33
09-10	55.931	31.659	42.212	0.000	1.979	0.000	6.927	0.000	0.000	0.000	0.000	9.895	0.990	3.958	0.000	0.990	0.000	154.539	6.38	6.38	6.38
10-11	52.765	31.659	42.212	0.000	4.948	1.979	16.822	11.874	0.000	0.000	0.000	12.864	1.979	5.937	1.979	1.979	0.990	187.985	7.76	7.76	7.76
11-12	45.378	29.548	40.101	0.000	2.969	0.000	5.937	11.874	0.000	0.000	0.000	15.832	2.969	2.969	1.979	1.979	0.000	161.534	6.67	6.67	6.67
12-13	39.046	36.936	43.267	1.055	1.979	0.000	2.969	4.948	0.000	0.000	0.000	13.853	0.000	1.979	2.969	1.979	0.000	150.979	6.24	6.24	6.24
13-14	66.484	53.820	60.152	2.111	0.990	0.000	12.864	5.937	0.000	0.000	0.000	12.864	0.000	4.948	0.000	0.000	0.000	220.168	9.09	9.09	9.09
14-15	44.323	36.936	42.212	1.055	2.969	0.000	3.958	6.927	0.000	0.000	0.000	14.843	0.000	1.979	0.990	0.000	0.990	157.179	6.49	6.49	6.49
15-16	40.101	44.323	36.936	2.111	1.979	1.979	0.000	3.958	0.000	0.000	0.000	13.853	0.000	0.990	0.990	2.969	0.000	150.187	6.20	6.20	6.20
16-17	59.097	43.267	42.212	0.000	1.979	0.000	7.916	4.948	0.000	0.000	0.000	12.864	0.990	1.979	1.979	0.990	0.000	178.219	7.36	7.36	7.36
17-18	74.926	65.429	64.373	0.000	0.000	0.000	1.979	2.969	0.000	0.000	0.000	6.927	0.990	1.979	0.990	1.979	0.000	222.539	9.19	9.19	9.19
18-19	55.931	50.654	60.152	0.000	0.990	0.000	1.979	0.000	0.000	0.000	0.000	4.948	0.000	0.000	0.990	0.000	0.000	175.643	7.25	7.25	7.25
19-20	16.885	11.608	14.774	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.937	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	49.204	2.03	2.03	2.03
20-21	0.000	0.000	1.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.055	0.04	0.04	0.04
21-22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.990	0.000	0.990	0.04	0.04	0.04
22-23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
23-24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
TOTAL	760	576	670	20	25	4	78	68	0	0	2	141	9	31	18	15	4	2,421	100.00	100.00	100.00
%	31.38	23.80	27.68	0.83	1.02	0.16	3.23	2.82	0.00	0.00	0.08	5.84	0.37	1.27	0.74	0.61	0.16	100.00			

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.8. IMDa por estación

Para obtener el Índice Medio Diario Anual, se multiplicó el tránsito promedio diario semanal (IMDA) que fue calculado anteriormente con el Factor de corrección ya sea para vehículos ligeros como para los vehículos pesados, este factor corresponde de acuerdo al mes que se realizó el conteo vehicular, de este presente trabajo fue septiembre, por eso los datos tanto para vehículos ligeros como pesados serán los valores del mes de septiembre.

Cuadro 8: IMD (Índice Medio Diario) de la E-01.

TRAMO	UBICACIÓN DE CONTEO	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO																
					AUTOMOVIL	CAMION	CAMION ETA RURAL	MICROBUS	OMNIBUS 2E	OMNIBUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION 4E	SEMI TRAYLE RS - 2S2	SEMI TRAYLE RS - 2S3	SEMI TRAYLE RS - 3S2	SEMI TRAYLE RS - >= 3S3	TRAYLE RS - 2T2	TRAYLE RS - 2T3	TRAYLE RS - 3T2	TRAYLE RS - >= 3T3
		E-01	E	266	103	74	6	44	2	0	7	8	-	-	-	13	0	3	2	2	1
			S	242	89	67	5	42	2	0	7	8	-	-	0	14	1	3	2	2	0
			E+S	509	192	141	11	86	3	1	14	16	-	-	0	27	1	6	4	4	2
			%	100.0	37.73	27.80	2.16	16.96	0.61	0.11	2.70	3.22	0.00	0.00	0.03	5.36	0.19	1.08	0.86	0.86	0.31

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 9: IMD (Índice Medio Diario) de la E-02.

TRAMO	UBICACIÓN DE CONTEO	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO															
					AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMIONETA RURAL	MICROBUS	OMNIBUS 2 E	OMNIBUS 3 E	CAMION 2E	CAMION 3 E	CAMION 4 E	SEMI TRAYLERS - 2S2	SEMI TRAYLERS - 2S3	SEMI TRAYLERS - 3S2	SEMI TRAYLERS - 3S3	TRAYLERS - 2T2	TRAYLERS - 2T3	TRAYLERS - 3T2
			E	165	53	40	38	2	2	0	6	5	-	-	0	12	1	3	2	1
	E-02		S	181	56	42	58	1	2	0	6	5	-	-	-	8	1	2	1	1
			E+S	346	109	82	96	3	4	1	11	10	-	-	0	20	1	4	3	2
			%	100.0	31.38	23.80	27.68	0.83	1.02	0.16	3.23	2.82	0.00	0.00	0.08	5.84	0.37	1.27	0.74	0.61

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.9. Proyección del tráfico

Para la proyección del tráfico futuro normal, tanto de pasajeros como de carga, nos da una base para proyectos que cumplan con las demandas de tránsito requerido. Se tomó una tasa de crecimiento de vehículos ligeros de 1.26 % para el departamento de la libertad, también se obtuvo un 2.83 % tasa de crecimiento de vehículos pesados del departamento de la libertad, como se muestran en el cuadro 26 en el anexo 2

3.4.10. Tráfico total

3.4.10.1. Cálculo de ejes equivalentes

Para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 TN, en el periodo de diseño, se usará la siguiente fórmula por tipos de vehículos pesados considerados según se muestra en la figura 3 en el anexo 2:

$$N_{rep. \text{ De EE 8.2 TN}} = \Sigma [EE_{dia - carril} * F_c * 365]$$

3.4.10.2. Estimación de pesos por eje

De los estudios realizados en el campo, se ha obtenido la clasificación de tráfico diario de las dos estaciones mostradas en el cuadro N° 07 y el cuadro N° 08, de esta clasificación se ha seleccionado los tipos de vehículos con sus ejes respectivos (ejes simples, dobles, trídem).

Las fórmulas que se utilizan para calcular los ejes equivalentes empleados en el presente trabajo corresponden a los planteados por la AASHTO y analizadas por la transportation Research Laboratory:

Cuadro 10: Cálculo del tráfico de diseño estación 01.

TIPO DE VEHÍCULO	TRÁFICO ACTUAL	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRÁFICO DE DISEÑO	FACTOR VEHÍCULO	EE	FACTOR DIRECCIÓN	FACTOR CARRIL	Nrep de EE 8.2 tn
	T_a	$F_c = \frac{[(1+t)^n - 1]}{t}$	$T_d = T_a \times F_c \times 365$	F_v	$EE = T_d \times F_v$	F_d	F_c	$N_{rep \text{ de EE } 8.2 \text{ tn}} = EE \times F_d \times F_c$
VEHÍCULOS LIGEROS		$t = 1.26\%$						
AUTOMOVIL	192	22.59	1582397	0.0005	791	0.50	1.00	395.50
CAMIONETA	141	22.59	1165977	0.0026	3032	0.50	1.00	1516.00
CAMIONETA RURAL	11	22.59	90742	0.0055	499	0.50	1.00	249.50
MICROBUS	86	22.59	711022	0.001	711	0.50	1.00	355.50
VEHÍCULOS PESADOS		$t = 2.83\%$						
OMNIBUS 2E (B2)	3	26.41	29978	4.5037	135012	0.50	1.00	67506.00
OMNIBUS 3E	1	26.41	5451	2.6313	14343	0.50	1.00	7171.50
CAMION 2E (C2)	14	26.41	132175	4.5037	595277	0.50	1.00	297638.50
CAMION 3E (C3)	16	26.41	158065	3.2846	519180	0.50	1.00	259590.00
CAMION 4E	0	26.41	0	2.7895	0	0.50	1.00	0.00
SEMI TRAYLER 2S2	0	26.41	0	6.5229	0	0.50	1.00	0.00
SEMI TRAYLERS 2S3	0	26.41	268	6.2332	1670	0.50	1.00	835.00
SEMI TRAYLERS 3S2	27	26.41	262988	5.3038	1394836	0.50	1.00	697418.00
SEMI TRAYLERS >= 3S3	1	26.41	9538	5.0141	47824	0.50	1.00	23912.00
TRAYLER 2T2	6	26.41	53143	10.9802	583521	0.50	1.00	291760.50
TRAYLER 2T3	4	26.41	42242	9.7612	412333	0.50	1.00	206166.50
TRAYLER 3T2	4	26.41	42242	9.7612	412333	0.50	1.00	206166.50
TRAYLER >= 3T3	2	26.41	14989	8.5421	128038	0.50	1.00	64019.00
PERIODO DE DISEÑO (n)	20 AÑOS							2124700

Fuente: Elaboración propia.

N. Rep de EE 8.2 tn = 2 124 700 EE

RESULTADO: La Carreta proyectada se encuentra dentro del tipo Tp 6. Como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11: Cálculo del tráfico de diseño estación 02.

TIPO DE VEHÍCULO	TRAFICO ACTUAL	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRAFICO DE DISEÑO	FACTOR VEHÍCULO	EE	FACTOR DIRECCIÓN	FACTOR CARRIL	Nrep de EE 8.2 tn
	T_a	$F_c = \frac{[(1+t)^n - 1]}{t}$	$T_d = T_a \times F_c \times 365$	F_v	$EE = T_d \times F_v$	F_d	F_c	$N_{rep \text{ de EE } 8.2 \text{ tn}} = EE \times F_d \times F_c$
VEHÍCULOS LIGEROS								
	$t = 1.26\%$							
AUTOMOVIL	109	22.59	894798	0.0005	447	0.50	1.00	223.50
CAMIONETA	82	22.59	678555	0.0026	1764	0.50	1.00	882.00
CAMIONETA RURAL	96	22.59	789162	0.0055	4340	0.50	1.00	2170.00
MICROBUS	3	22.59	23613	0.001	24	0.50	1.00	12.00
VEHÍCULOS PESADOS								
	$t = 2.83\%$							
OMNIBUS 2E (B2)	4	26.41	34067	4.5037	153428	0.50	1.00	76714.00
OMNIBUS 3E	1	26.41	5451	2.6313	14343	0.50	1.00	7171.50
CAMION 2E (C2)	11	26.41	107650	4.5037	484823	0.50	1.00	242411.50
CAMION 3E (C3)	10	26.41	94024	3.2846	308831	0.50	1.00	154415.50
CAMION 4E	0	26.41	0	2.7895	0	0.50	1.00	0.00
SEMI TRAYLER 2S2	0	26.41	2725	6.5229	17775	0.50	1.00	8887.50
SEMI TRAYLERS 2S3	0	26.41	0	6.2332	0	0.50	1.00	0.00
SEMI TRAYLERS 3S2	20	26.41	194860	5.3038	1033498	0.50	1.00	516749.00
SEMI TRAYLERS >= 3S3	1	26.41	12264	5.0141	61493	0.50	1.00	30746.50
TRAYLER 2T2	4	26.41	42242	10.9802	463826	0.50	1.00	231913.00
TRAYLER 2T3	3	26.41	24528	9.7612	239423	0.50	1.00	119711.50
TRAYLER 3T2	2	26.41	20440	9.7612	199519	0.50	1.00	99759.50
TRAYLER >= 3T3	1	26.41	5451	8.5421	46563	0.50	1.00	23281.50
PERIODO DE DISEÑO (n)	20 AÑOS							1515049
FUENTE: Elaboración propia								

Fuente: Elaboración propia

N. Rep de EE 8.2 tn = 1 515 049 EE

RESULTADO: La Carreta proyectada se encuentra dentro del tipo Tp 6. Como se muestra en el cuadro 11.

3.4.11. Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo

Cuadro 12: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 TN, en el carril de diseños de pavimentos Flexibles en la estación 01 y estación 02.

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{P0}	$>75,000 \text{ EE} \leq 150,000 \text{ EE}$
T_{P1}	$>150,000 \text{ EE} \leq 300,000 \text{ EE}$
T_{P2}	$>300,000 \text{ EE} \leq 500,000 \text{ EE}$
T_{P3}	$>500,000 \text{ EE} \leq 750,000 \text{ EE}$
T_{P4}	$>750,000 \text{ EE} \leq 1'00,000 \text{ EE}$
T_{P5}	$>1'000,000 \text{ EE} \leq 1'500,000 \text{ EE}$
T_{P6}	$>1'500,000 \text{ EE} \leq 3'000,000 \text{ EE}$
T_{P7}	$>3'000,000 \text{ EE} \leq 5'000,000 \text{ EE}$
T_{P8}	$>5'000,000 \text{ EE} \leq 7'500,000 \text{ EE}$

FUENTE: Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014

3.4.12. Clasificación de vehículo

De acuerdo a sus características geométricas surge un vehículo de diseño el mismo que será un camión 2E de 17 tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior Simple (E2) 10tn, Longitud máxima 12.30 mt, el factor camión C2 es igual a 3.477 a continuación se presenta un ejemplo para así poder calcular lo demás vehículos, como se indica en la Figura 24 del anexo 2.

3.5. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CON LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN.

Para los criterios de falla por fatiga y deformaciones fueron usadas las fórmulas del Instituto de Asfalto donde se aplicaron en los datos que brindo el software kempave en los puntos planteados de la ruta.

Para ello se hizo un análisis lineal donde se tomó los datos de los puntos de la exploración de los suelos, teniendo en cuenta los valores de las características del pavimento existente, para ello se exploró en dos puntos de la vía en análisis donde en el primer punto explorado se encontró cuatro capas: carpeta asfáltica, base, subbase, y terreno natural, en el segundo punto explorado encontramos dos capas: carpeta asfáltica, base granular y terreno natural.

Para realizar el procesamiento de los datos de cada estación explorado donde consideramos dos tipos de cargas que aplicadas en el terreno generan las fallas y las deformaciones, para ello tenemos las cargas con eje simple de rueda doble, carga por eje tándem y trídem.

Del resultado de la aplicación del software Kempave, aplicado a los criterios que se indican a continuación:

- Análisis lineal.
- Eje simple de rueda doble
- Eje Tándem
- Eje Trídem
- Características del pavimento existente

Se obtiene los siguientes resultados para la verificación del pavimento

- ε_t
- ε_z

Con los resultados anteriores, aplicamos las expresiones del Instituto del Asfalto para el criterio de falla por fatiga y deformación.

Aplicados estos criterios obtenemos el número de repeticiones para la falla (N_f) y número de repeticiones para la deformación (N_d), estos resultados son divididos por el ESAL, el

resultante de esto tiene que ser menor a la condición de tráfico que circula por el área de estudio.

3.5.1. Criterio de falla por fatiga para el tramo 01:

Para ello realizaremos el análisis mediante los criterios de falla por fatiga y deformación del tramo 01, donde tenemos los datos del pavimento existente en el tramo lo cual, expresados en el siguiente cuadro, para ello iniciaremos con el análisis en el eje Tándem por ser el eje predominante en este tramo.

Para ello usamos el dato de módulo de poisson de donde lo extrajimos del artículo “diseño estructural de pavimentos asfálticos industriales utilizando el software hipave que nos facilitó este factor.

Cuadro 13: características del material encontrado en el tramo 01.

CAPA	ESPESOR (plg)	Mr (psi)	ν
Carpeta Asfáltica	2”	450000	0.35
base	8”	38064.79	0.35
Sub-base	12”	17380.01	0.35
Terreno natural	-----	3839.96	0.45

Fuente: Elaboración Propia.

Llevando estos datos al software nos arroja se muestran en el Cuadro N° 30 del anexo 3, con ello extraemos los datos que aplicamos los criterios de falla.

$$\varepsilon_t = 0.0002271$$

$$Mr = 3839.96$$

Donde el criterio de falla del Instituto del Asfalto

$$N_f = 0.0796(\varepsilon_t)^{-3.291}(Mr)^{-0.854}$$

Donde remplazamos los valores

$$N_f = 67\,855\,878.4 \text{ ejes equivalentes}$$

Donde un estudio de tráfico nos brindó el siguiente dato:

$$N_p = \text{ESAL} = 2\,124\,700$$

Por lo tanto

$$\frac{N_p}{N_f} = 0.031 < 1.0 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3.5.2. Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.

$$N_d = 1.365 * 10^{-9} (\varepsilon_z)^{-4.477}$$

$$\varepsilon_z = 0.0004676$$

Remplazamos los valores

$$N_d = 1\ 106\ 890 \quad \text{ejes equivalentes}$$

Además

$$N_p = \text{ESAL} = 2\ 124\ 700$$

Por lo tanto:

$$\frac{N_p}{N_f} = 1.920 > 1.0 \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

A continuación, mostramos los gráficos obtenidos en el análisis

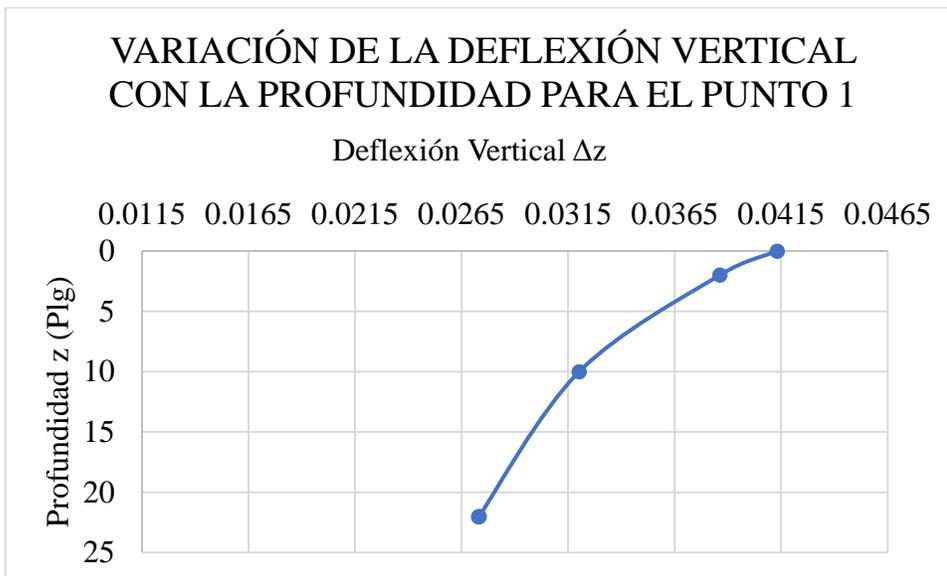


Figura 2: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.

Fuente: Elaboración propia.

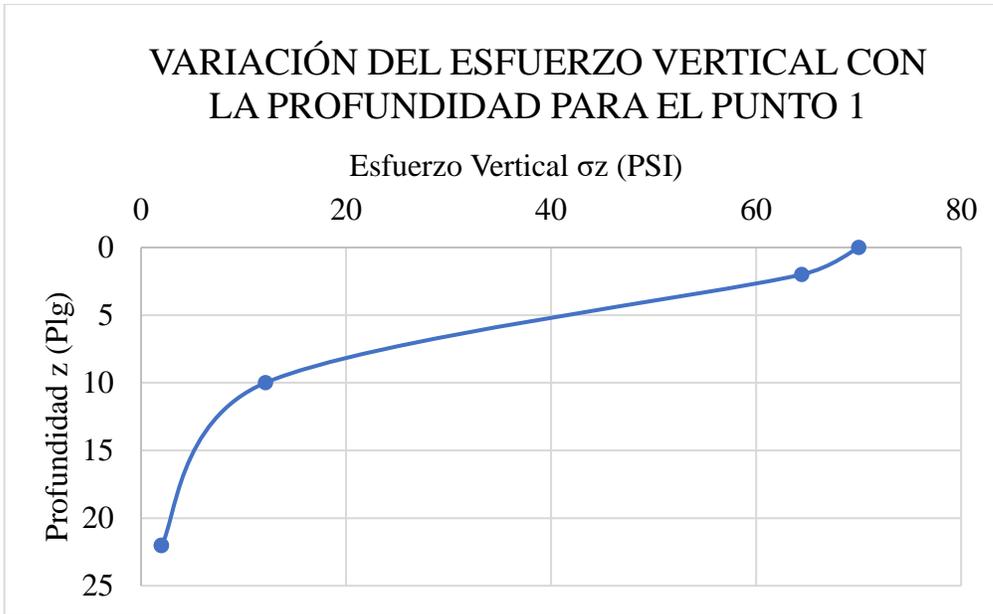


Figura 3: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

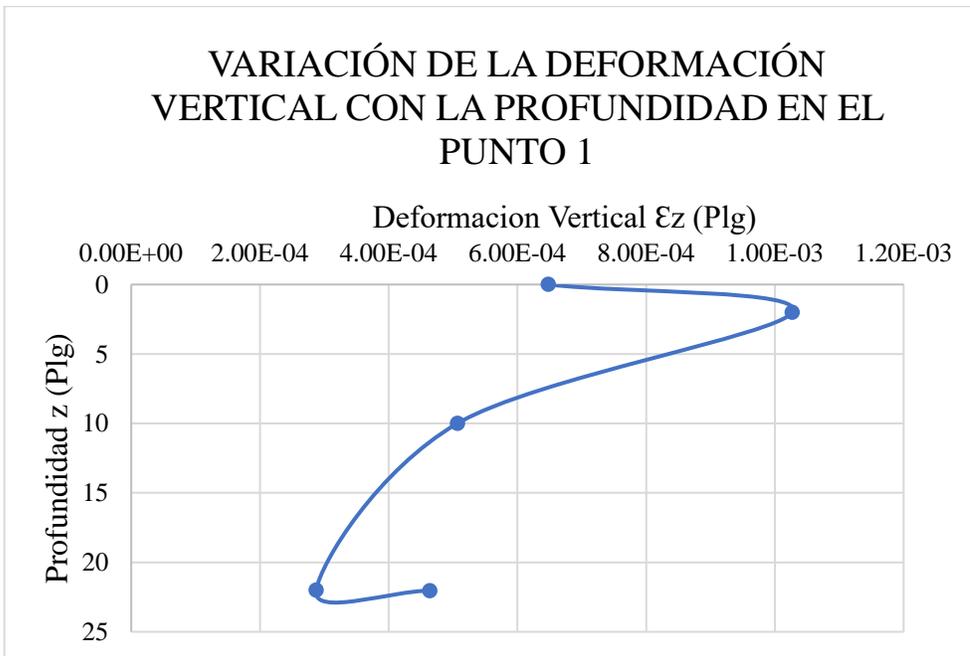


Figura 4, variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1
Fuente: elaboración propia

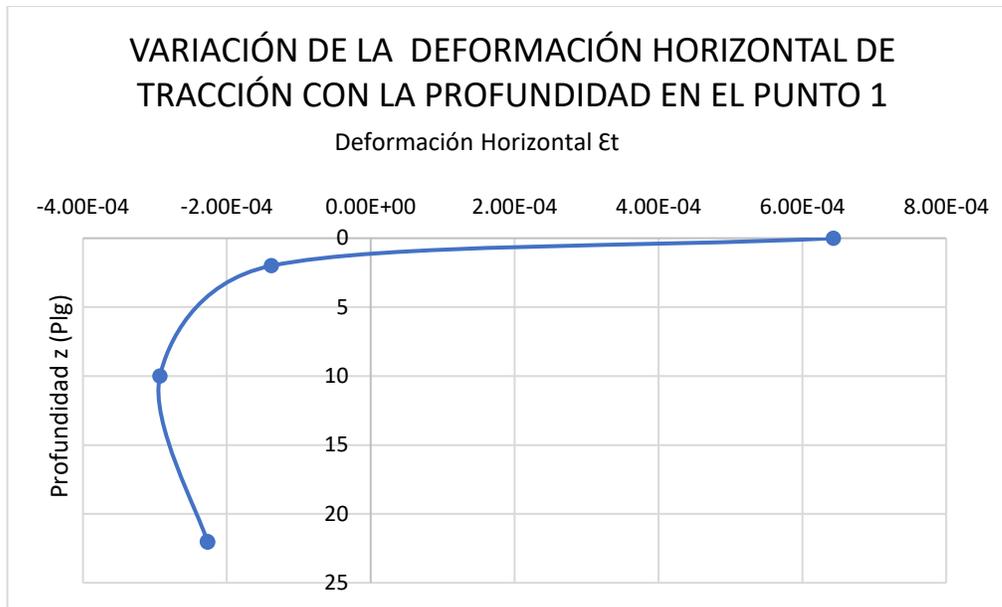


Figura 5: variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1
Fuente: Elaboración propia

Observando los resultados que obtuvimos llegamos a determinar que la estructura del pavimento existente en el primer tramo no soporta las condiciones de tráfico que circula por el área y que requiere una mejora, se obvia la verificación utilizando eje simple de rueda doble y eje trídém.

3.5.3. Criterio de falla por fatiga para el tramo 02:

Para ello realizaremos el análisis mediante los criterios de falla por fatiga y deformación del tramo 05, donde tenemos los datos del pavimento existente en el tramo lo cual, expresados en el siguiente cuadro, para ello iniciaremos con el análisis en el eje Tándem por ser el eje predominante en este tramo.

Cuadro 14: características del material encontrado en el tramo 02

CAPA	ESPESOR (plg)	Mr (psi)	ν
base	16"	37305.48	0.35
Terreno natural	-----	8965.77	0.45

Fuente: Elaboración Propia.

Llevando estos datos al software nos arroja se muestran en la tabla N° (31) del anexo 3, con ello extraemos los datos que aplicamos los criterios de falla.

$$\varepsilon_t = 0.0001779$$

$$Mr = 8965.77$$

Donde el criterio de falla del Instituto del Asfalto

$$N_f = 0.0796(\varepsilon_t)^{-3.291}(Mr)^{-0.854}$$

Donde remplazamos los valores

$$N_f = 73\,463\,940.17 \quad \text{ejes equivalentes}$$

Donde un estudio de tráfico nos brindó el siguiente dato:

$$N_p = \text{ESAL} = 1\,515\,049$$

Por lo tanto

$$\frac{N_p}{N_f} = 0.0206 < 1.0 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3.5.4. Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.

$$N_d = 1.365 * 10^{-9}(\varepsilon_z)^{-4.477}$$

$$\varepsilon_z = 0.0003771$$

Remplazamos los valores

$$N_d = 2\,899\,591 \quad \text{ejes equivalentes}$$

Además

$$N_p = \text{ESAL} = 1\,515\,049$$

Por lo tanto:

$$\frac{N_p}{N_d} = 13.458 < 1.0 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A continuación, mostramos los cuadros obtenidos en el análisis.

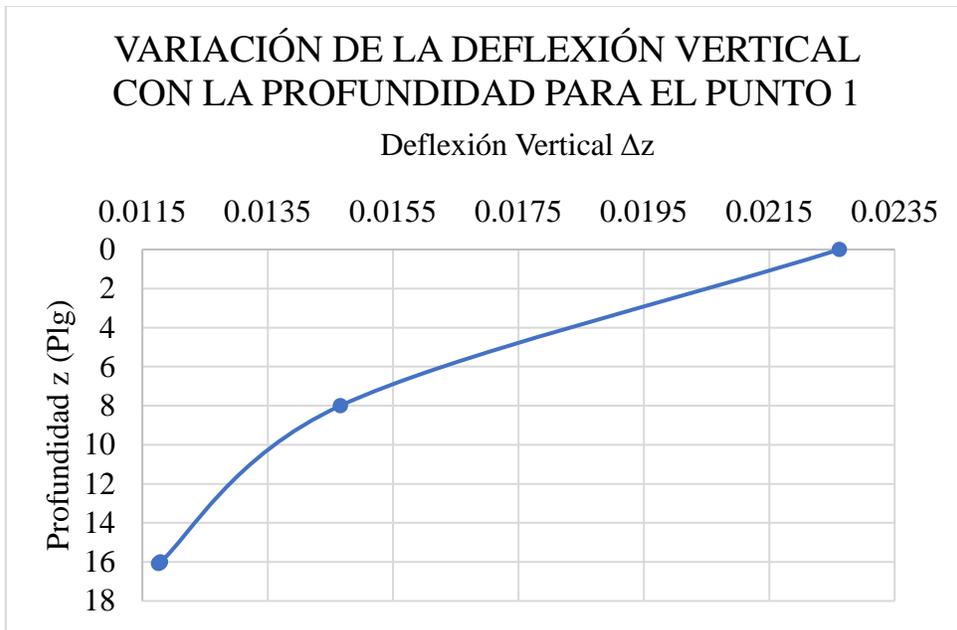


Figura 6: variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

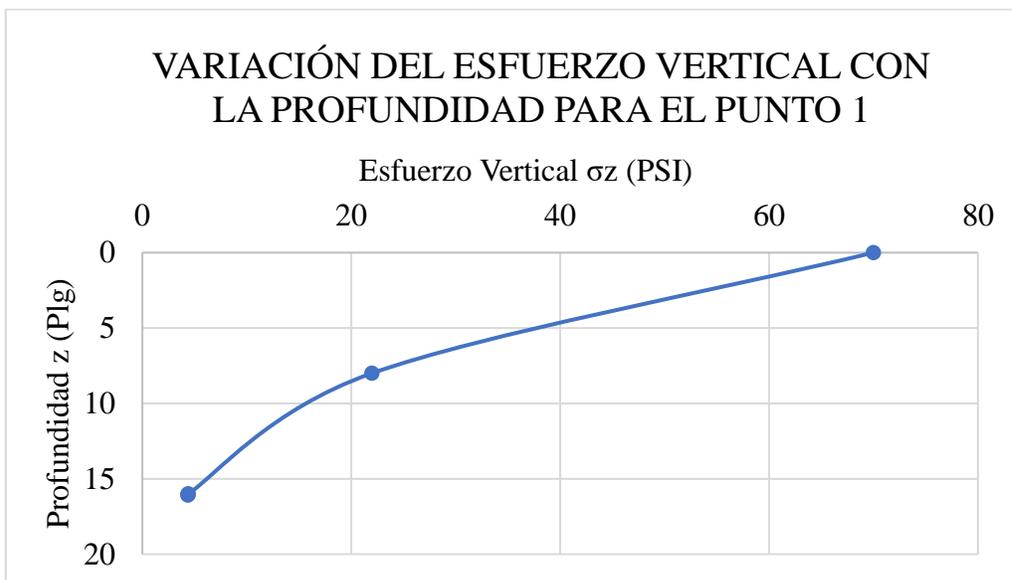


Figura 7: variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

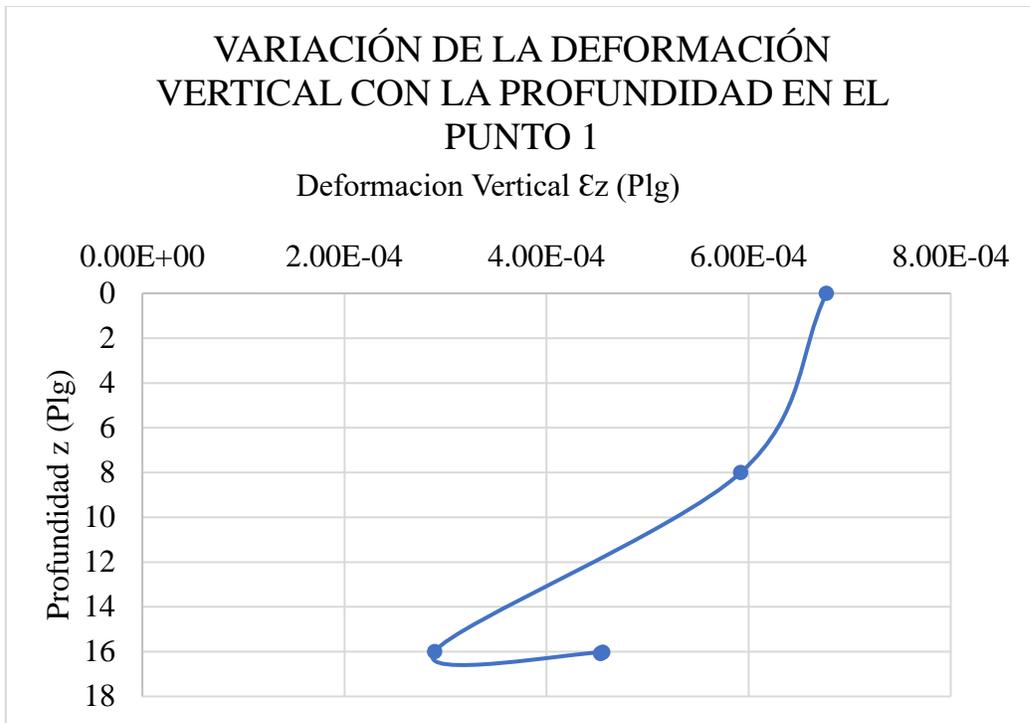


Figura 8: variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto. Fuente: elaboración propia.

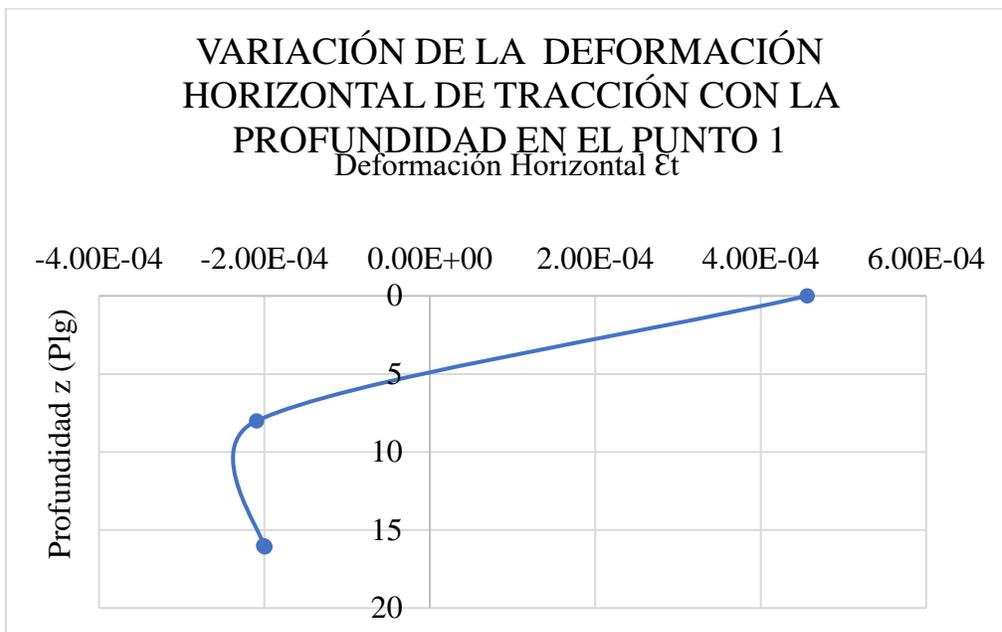


Figura 9 variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1. Fuente: elaboración propia.

Observando los resultados comprobaremos por eje simple de rueda doble

3.5.5. Criterio de falla por fatiga para el tramo 02 eje simple de rueda doble:

Llevando estos datos al software nos arroja se muestran en la tabla N° 32 del anexo 3, con ello extraemos los datos que aplicamos los criterios de falla.

$$\varepsilon_t = 0.0001994$$

$$Mr = 8965.77$$

Donde el criterio de falla del Instituto del Asfalto

$$N_f = 0.0796(\varepsilon_t)^{-3.291}(Mr)^{-0.854}$$

Donde remplazamos los valores

$$N_f = 73\,463\,940.17 \quad \text{ejes equivalentes}$$

Donde un estudio de tráfico nos brindó el siguiente dato:

$$N_p = \text{ESAL} = 1\,515\,049$$

Por lo tanto

$$\frac{N_p}{N_f} = 0.030 < 1.0 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3.5.6. Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.

$$N_d = 1.365 * 10^{-9}(\varepsilon_z)^{-4.477}$$

$$\varepsilon_z = 0.0004904$$

Remplazamos los valores

$$N_d = 894\,413 \quad \text{ejes equivalentes}$$

Además

$$N_p = \text{ESAL} = 1\,515\,049$$

Por lo tanto:

$$\frac{N_p}{N_d} = 1.694 > 1.0 \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

A continuación, mostramos los gráficos obtenidos en el análisis.

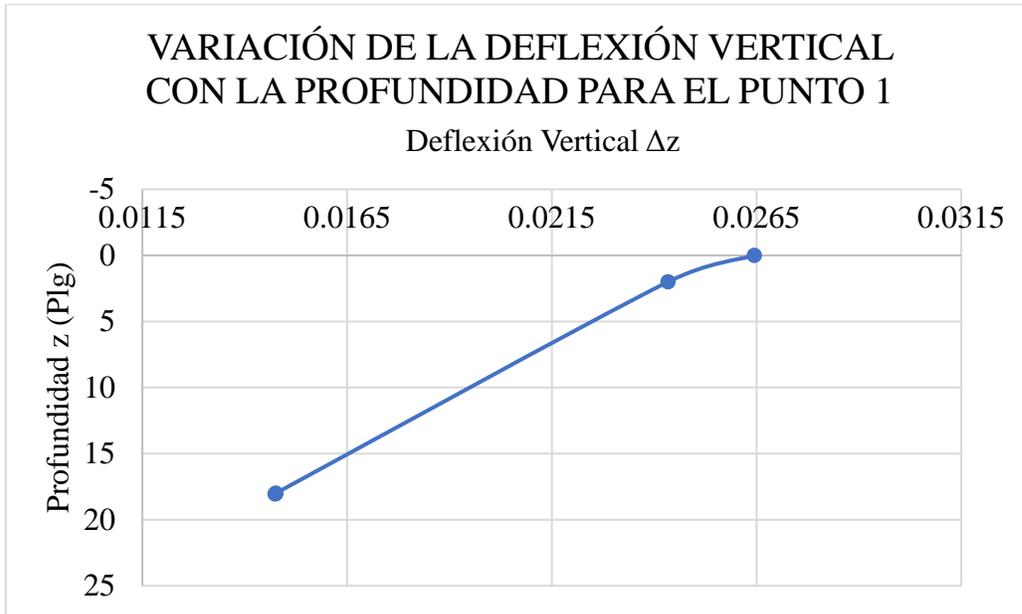


Figura 10: variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

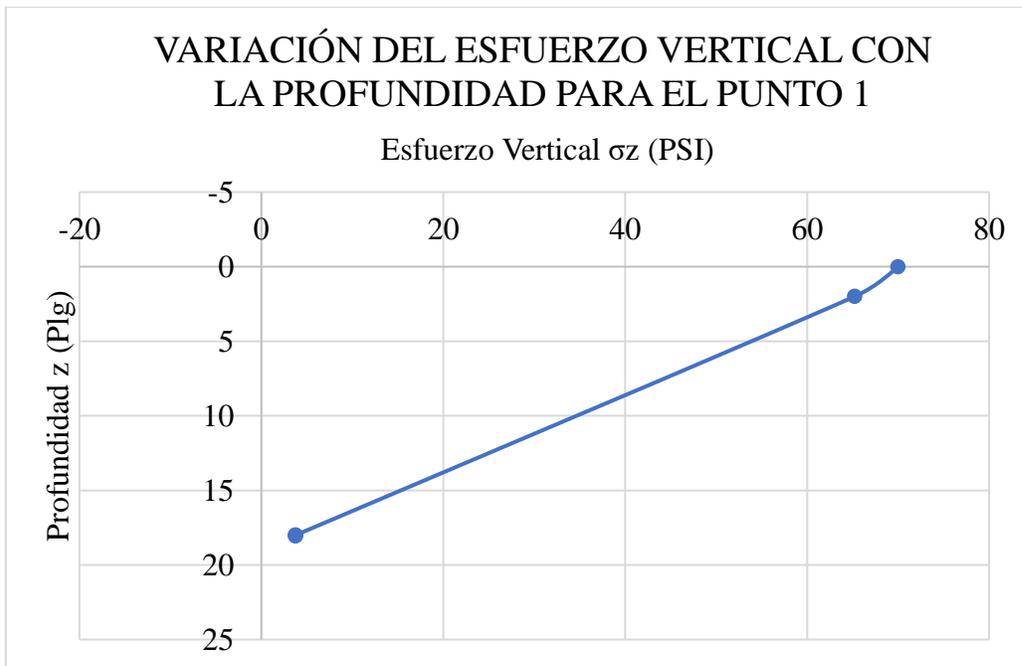


Figura 11: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

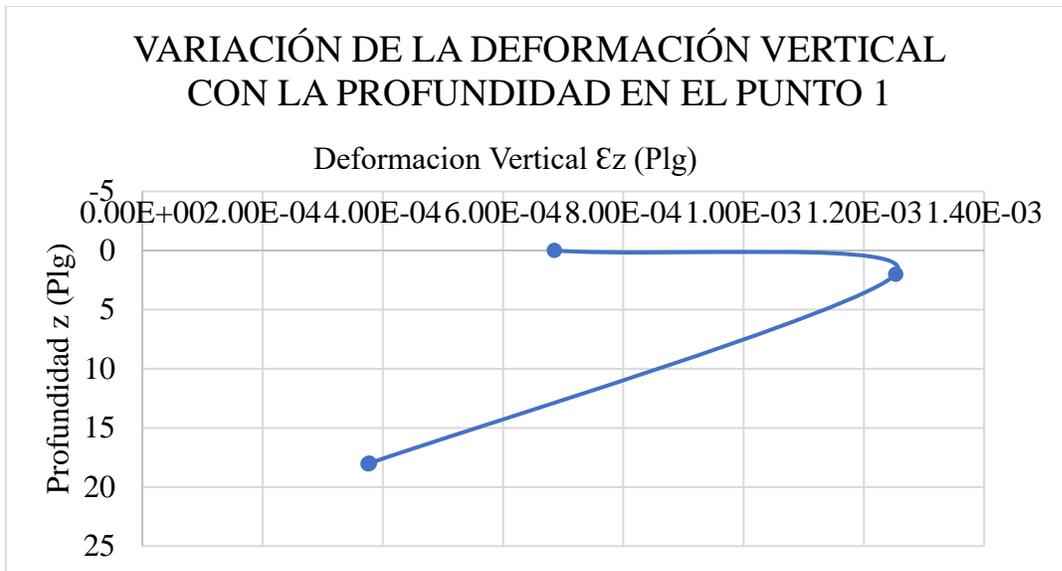


Figura 12: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

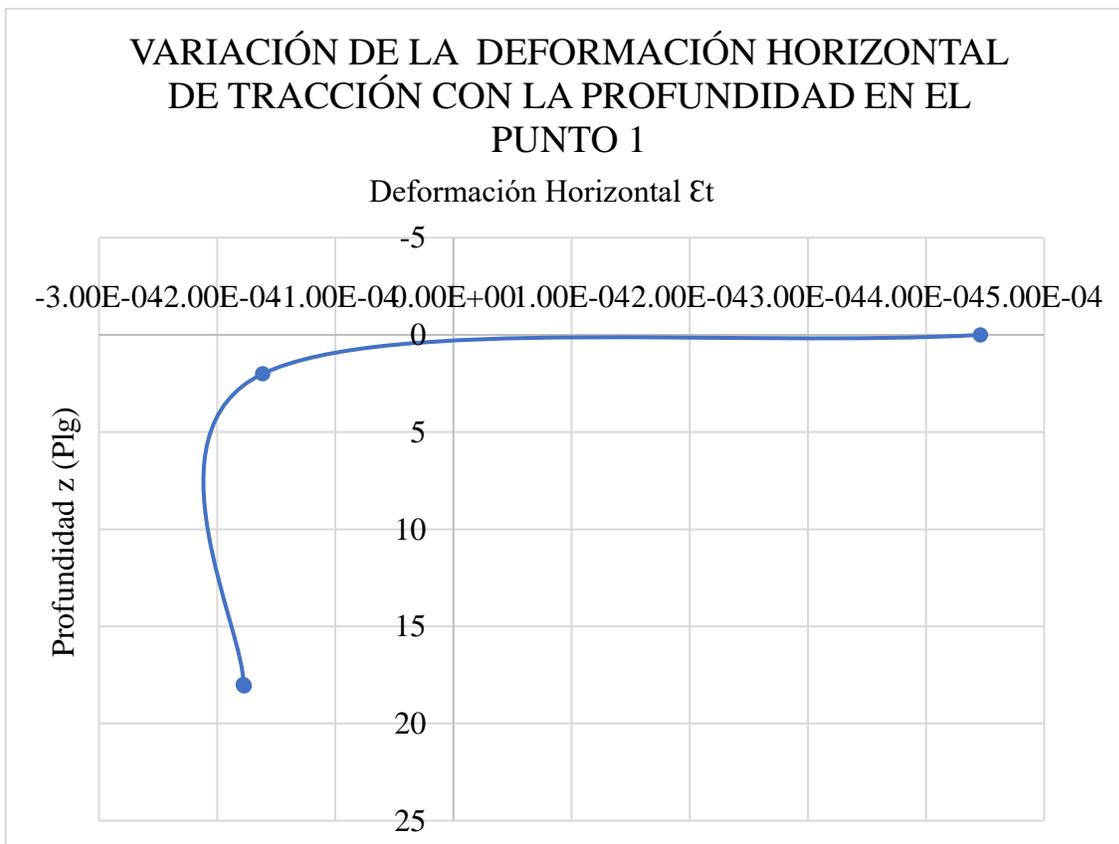


Figura 13: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

Observando los resultados que obtuvimos llegamos a determinar que la estructura del pavimento existente en el segundo tramo no soporta las condiciones de tráfico que circula por el área y que requiere una mejora, se obvia la verificación utilizando eje trídém.

3.6.PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

3.6.1. Mejora tramo 01:

Elaboramos un plan de mejoramiento de la estructura del pavimento se realizará un cálculo utilizando el procedimiento de AASTHO – 93, para las consideraciones mostradas a continuación:

Para carretera de pavimento flexible de una dirección, con un carril en cada dirección.

Tráfico de diseño: $W18 = 2\ 124\ 700$ E.E.

Resistencia del terreno: $Mr = 17380$

Confiabilidad $R = 85\%$ (cuadro 41 del anexo)

Desviación Estándar Normal $Z_r = -1.036\%$ (cuadro 40 del anexo 4)

Desviación Estándar combinada $S_o = 0.45$ (pavimentos flexibles).

Servicabilidad inicial $p_i = 4$ (cuadro 41 del anexo)

Servicabilidad final $p_f = 2.5$ (cuadro 43 del anexo 4)

Perdida de la servicapacidad $\Delta PSI = 4.0 - 2.5 = 1.5$

Con estos parámetros y aplicando la ecuación de AASHTO obtenemos el número estructural requerido de $SN = 3.24$ como se muestra en la figura 5 del anexo 4

Para ello las características de los materiales a utilizar en cada una de las capas del pavimento deben cumplir los requerimientos mínimos.

Módulo de elasticidad de la capa asfáltica $EAC = 450\ 000$ psi

CBR de base = 100 %

CBR de sub-base = 50 %

CBR de terreno natural = 20 %

Los cálculos que se muestran en el cuadro 44 en el anexo 4 con los resultados obtenidos adoptamos en la estructura del pavimento.

Capa de rodadura = 4” plg

Capa base granular CBR = 8” plg

Capa sub-base granular CBR = 8”

Número estructural = $3.88 > 3.24 \rightarrow ok$

3.6.2. Mejora tramo 02

Elaboramos un plan de mejoramiento de la estructura del pavimento se realizará un cálculo utilizando el procedimiento de AASTHO – 93, para las consideraciones mostradas a continuación

Para carretera de pavimento flexible de una dirección, con un carril en cada dirección.

Tráfico de diseño: $W18 = 1\ 515\ 049$ E.E.

Resistencia del terreno: $Mr = 17\ 380$

Confiabilidad $R = 85\%$ (cuadro 41 del anexo 4)

Desviación Estándar Normal $Z_r = -1.036\ %$ (cuadro 40 del anexo 4)

Desviación Estándar combinada $S_o = 0.45$ (pavimentos flexibles).

Servicabilidad inicial $p_i = 4$ (cuadro 41 del anexo 4)

Servicabilidad final $p_f = 2.5$ (cuadro 43 del anexo 4)

Perdida de la servicapacidad $\Delta PSI = 4.0 - 2.5 = 1.5$

Con estos parámetros y aplicando la ecuación de AASHTO obtenemos el número estructural requerido de $SN = 3.24$

Para ello las características de los materiales a utilizar en cada una de las capas del pavimento deben cumplir los requerimientos mínimos.

Módulo de elasticidad de la capa asfáltica $EAC = 450\ 000$ psi

CBR de base = $100\ %$

CBR de terreno natural = $20\ %$

Los cálculos que se muestran en el cuadro 44 del anexo 4 con los resultados obtenidos adoptamos en la estructura del pavimento.

Capa de rodadura = $4''$ plg

Capa base granular CBR = $16''$ plg

Número estructural = $3.88 > 3.24 \rightarrow ok$

3.7. Evaluación de las propuestas.

Para la aplicación de software kempave se hizo bajo las consideraciones: análisis lineal donde se tomó dos puntos de exploración donde en el primer punto de se encontró cuatro capas: carpeta asfáltica, base, subbase, y terreno natural, en el segundo punto de exploración encontramos tres capas: carpeta asfáltica, base granular y terreno natural.

Para lo cual consideramos dos tipos de cargas que son aplicadas, los cuales tenemos una carga con eje simple de rueda doble y carga por eje tándem.

3.7.1. Criterio de falla por fatiga para el tramo donde se ubica la Tramo 01:

Cuadro 15: características del material encontrado en la Calicata 01.

CAPA	ESPESOR (plg)	Mr (psi)	ν
Carpeta Asfáltica	4"	450000	0.35
base	8"	38064.79	0.35
Sub-base	8"	17380.01	0.35
Terreno natural	-----	3839.96	0.45

Fuente: Elaboración Propia.

Llevando estos datos al software nos arroja se muestran en la tabla N° 33 del anexo 3, con ello extraemos los datos que aplicamos los criterios de falla.

$$\varepsilon_t = 0.0001882$$

$$Mr = 3839.96$$

Donde el criterio de falla del Instituto del Asfalto

$$N_f = 0.0796(\varepsilon_t)^{-3.291}(Mr)^{-0.854}$$

Donde remplazamos los valores

$$N_f = 125928751.9 \text{ ejes equivalentes}$$

Donde un estudio de tráfico nos brindó el siguiente dato:

$$N_p = \text{ESAL} = 2\,124\,700$$

Por lo tanto

$$\frac{N_p}{N_f} = 0.0169 < 1.0 \rightarrow CUMPLE$$

3.7.2. Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.

$$N_d = 1.365 * 10^{-9} (\varepsilon_z)^{-4.477}$$

$$\varepsilon_z = 0.0002341$$

Reemplazamos los valores

$$N_d = 24\,508\,827 \text{ ejes equivalentes}$$

Además

$$N_p = \text{ESAL} = 2\,124\,700$$

Por lo tanto:

$$\frac{N_p}{N_d} = 0.0867 < 1 \rightarrow CUMPLE$$

A continuación, mostramos las figuras obtenidas en el análisis

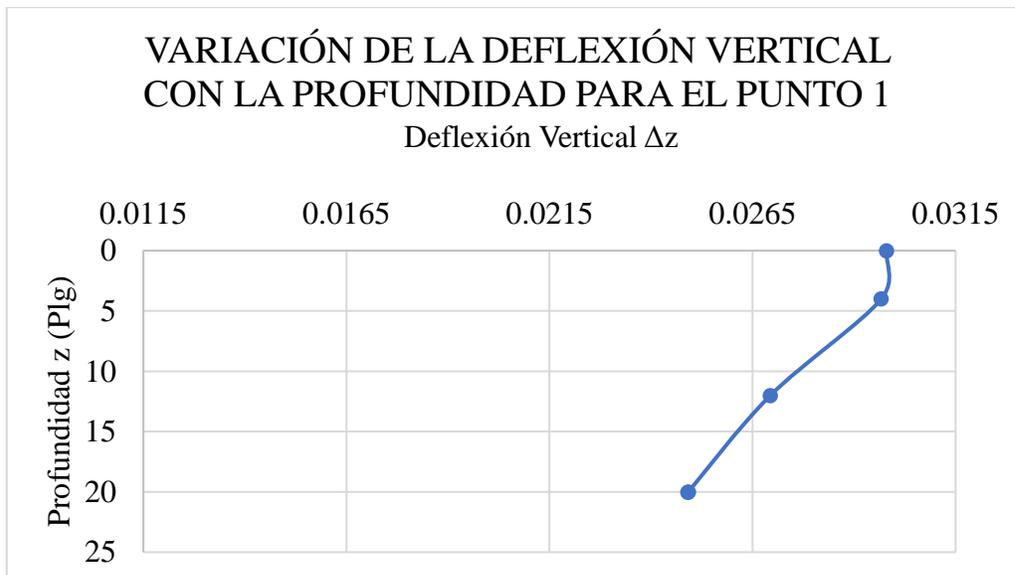


Figura 14: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

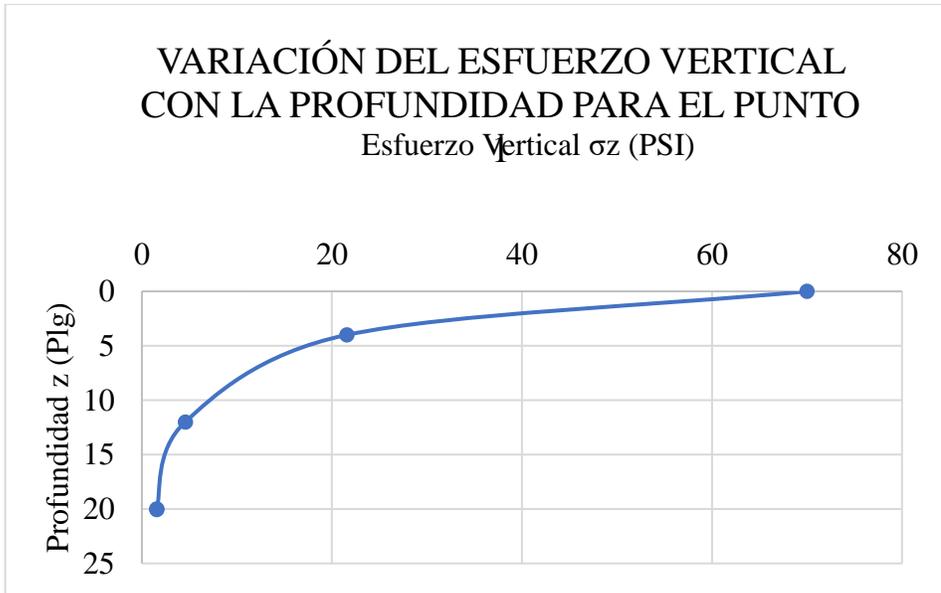


Figura 15: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

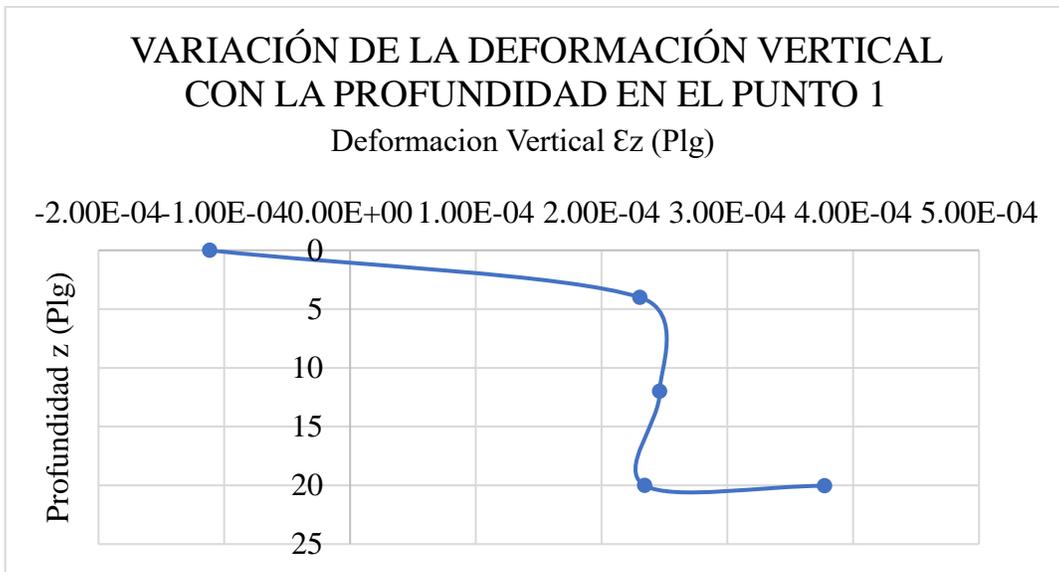


Figura 16: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

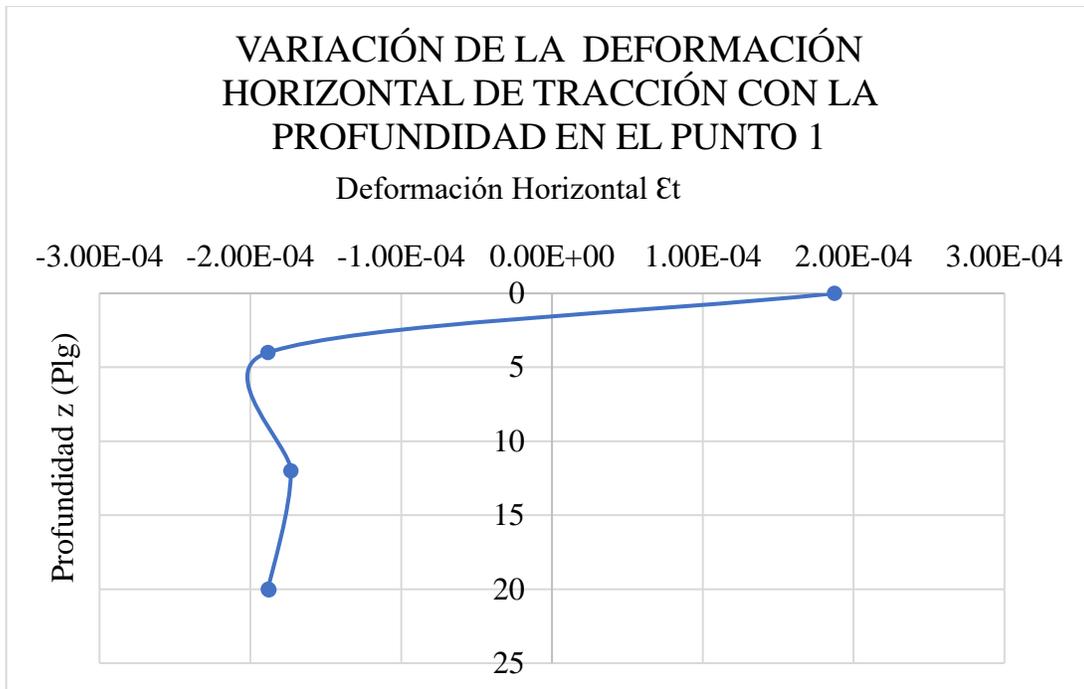


Figura 17: variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1.

Fuente: Elaboración propia.

Observando los resultados obtenidos llegamos a determinar que la estructura del pavimento en la propuesta de mejora planteado con tres capas, donde la capa de rodadura debe tener un espesor de 4", la capa de base granular con espesor 8", y una sub-base granular de espesor de 8", estos espesores cumplen con las condiciones de tráfico existente por la cual consideramos una propuesta válida.

3.7.3. Criterio de falla por fatiga para el tramo 02:

Cuadro 16: características del material encontrado en la calicata 05.

CAPA	ESPESOR (plg)	Mr (kg/cm ²)	ν
Carpeta Asfáltica	4"	450000	0.35
base	16"	37305.48	0.35
Terreno natural	-----	8965.77	0.45

Fuente: Elaboración Propia.

Llevando estos datos al software nos arroja se muestran en la tabla N° 34 del anexo 3, con ello extraemos los datos que aplicamos los criterios de falla.

Por lo tanto

$$\varepsilon_t = 0.0001084$$

$$Mr = 8965.77$$

Donde el criterio de falla del Instituto del Asfalto

$$N_f = 0.0796(\varepsilon_t)^{-3.291}(Mr)^{-0.854}$$

Donde remplazamos los valores

$$N_f = 375\,078\,262.1 \text{ ejes equivalentes}$$

Donde un estudio de tráfico nos brindó el siguiente dato:

$$N_p = \text{ESAL} = 1\,515\,049$$

Por lo tanto

$$\frac{N_p}{N_f} = 0.0040 < 1.0 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3.7.4. Criterio de deformación del Instituto de Asfalto.

$$N_d = 1.365 * 10^{-9}(\varepsilon_z)^{-4.477}$$

$$\varepsilon_z = 0.0002218$$

Remplazamos los valores

$$N_d = 31\,207\,777 \text{ ejes equivalentes}$$

Además

$$N_p = \text{ESAL} = 1\,515\,049$$

Por lo tanto:

$$\frac{N_p}{N_f} = 0.0486 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A continuación, mostramos las figuras obtenidas en el análisis.



Figura 18: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.
Fuente: elaboración propia.

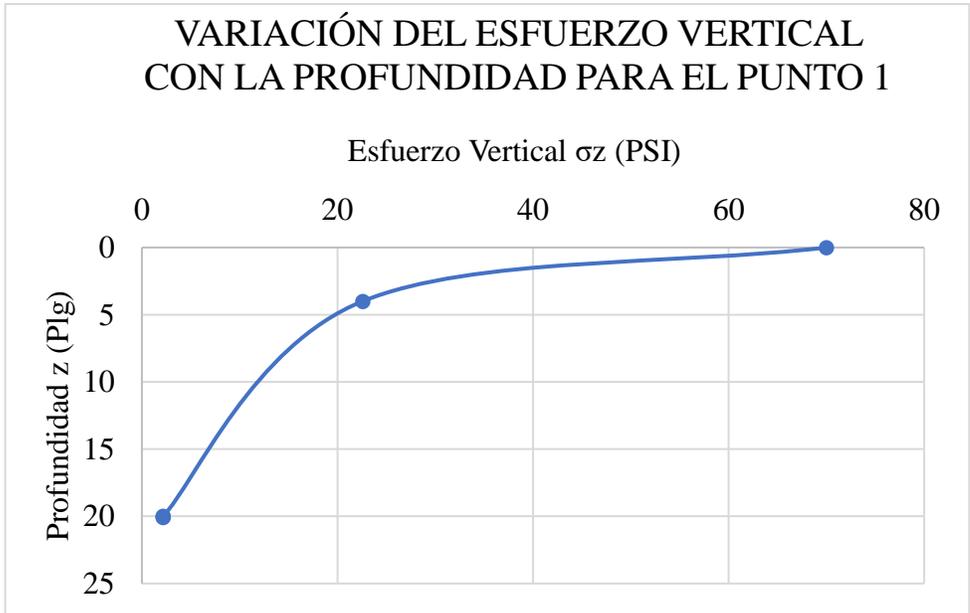


Figura 19: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

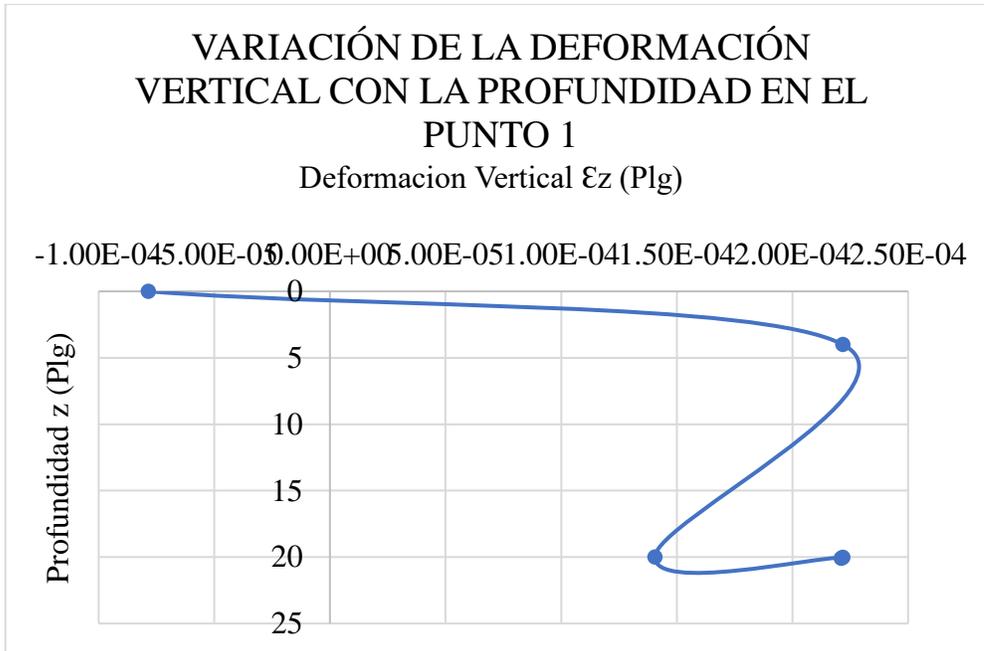


Figura 20: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1.
Fuente: Elaboración propia.

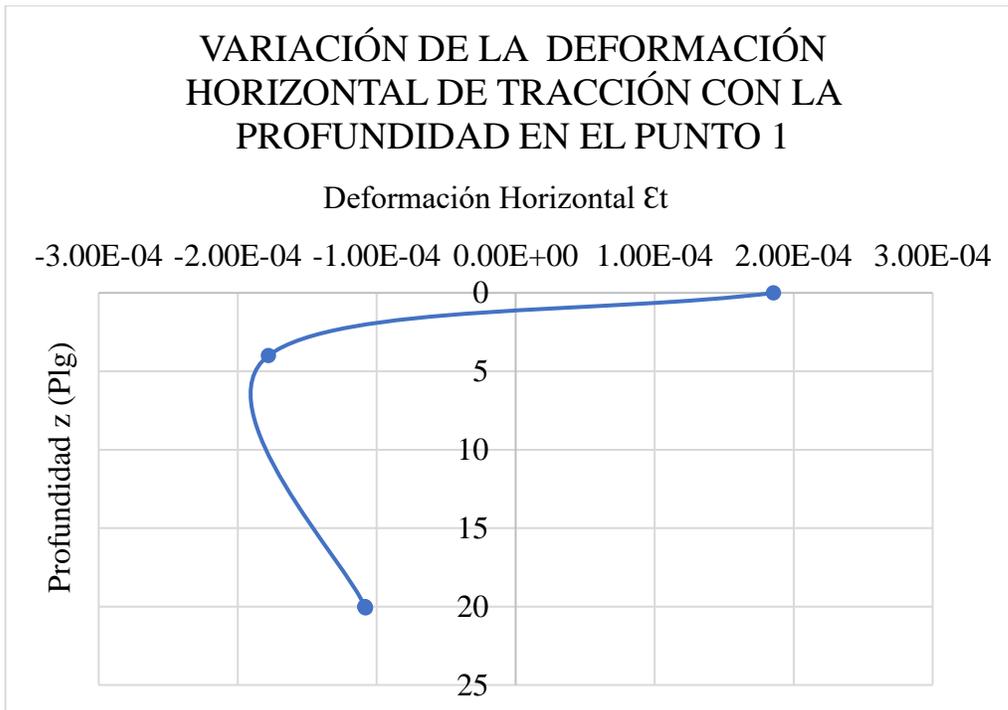


Figura 21 variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1
Fuente: elaboración propia

Observando los resultados obtenidos llegamos a determinar que la estructura del pavimento en la propuesta de mejora planteado con tres capas, donde la capa de rodadura debe tener un espesor de 4", la capa de base granular con espesor 16", estos espesores cumplen con las condiciones de tráfico existente por la cual consideramos una propuesta válida.

IV. DISCUSIÓN

El trabajo realizado en el proyecto tuvo como fin determinar la resistencia de la estructura del pavimento existente en el tramo Santiago de Cao – Magdalena de Cao, donde aplicamos los criterios de falla y deformación haciendo uso del software kempave, el cual nos permite calcular realizar los cálculos de los esfuerzos y deformaciones que se presentan en las capas del pavimento donde hay aplicación de cargas que son producidas por el tráfico, estos valores son utilizados en los criterios de falla por fatiga y deformación las que son establecidas por el Instituto de Asfalto.

De los resultados obtenidos después de haber realizado los estudios de tráfico en las dos estaciones de conteo, el IMDa que nos arroja en cada estación es de 3560 veh/día y de 2419 veh/día respectivamente. Con predominancia de vehículos ligeros en las dos estaciones. En la E-01, de 3040 vehículos livianos por día y 520 vehículos pesados por día y la E-02 de 2055 vehículos livianos por día y 364 vehículos pesados por día.

Por otro lado en la aplicación del software Kenpave, aplicada a la estructura del pavimento existente en la vía de estudio, analizando bajo los criterios de fallas por ahuellamiento nos arroja una relación entre: $N_p/N_d > 1$, esto significa que la estructura del pavimento no cuenta con la resistencia necesaria para poder soportar el tráfico de diseño para el cual fue diseñada, con un periodo de 20 años, al contrario la verificación por fatiga nos arroja un valor menor a 1 ($N_p/N_r < 1$) esto nos indica que por apariencia la estructura diseñada es resistente al tráfico.

En cuanto a la propuesta de una nueva estructura del pavimento para la carretera tramo Santiago de Cao – Magdalena de Cao, bajo las actuales condiciones de resistencia en las que se encuentra el terreno y del tráfico actual, se determinó que el primer tramo está compuesto por tres capas, capa de rodadura de asfalto de 4” de espesor, capa de base granular sin tratamiento de 8” de espesor y por último la capa de sub-base granular de 8” de espesor, sumando las tres capas hace un total de 20” de espesor, la cual estos datos fueron analizados en el programa kempave encontrando que las relaciones: $N_p/N_f < 1$ y $N_p/N_d < 1$, tanto para el tipo de eje simple de rodadura doble como para eje tipo tándem, por lo que diseñamos una propuesta con la resistencia suficiente para que pueda soportar las condiciones actuales del tráfico.

V. CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación realizada se ha llegado a obtener los siguientes resultados:

- En cuanto al estudio de tráfico que se realizó, se llegó a obtener un IMDa en cada estación de conteo vehicular de 3560 veh/día, y 2421 veh/día respectivamente.
 - Estación 01: cantidad de vehículos livianos de 3040 veh/día, que representa un 85.38 % del total de vehículos y los vehículos pesados en un 520 veh/día que representa un 14.62% del total de vehículos.
 - Estación 02: Se determinó cantidad de vehículos livianos de 2055 veh/día, que representa un 84.88 % del total de vehículos y los vehículos pesados en un 366 veh/día que representa un 15.12 % del total de vehículos.
- En cuanto al estudio de suelos, se llegó a realizar 6 calicatas, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

En la calicata N° 1 y la N° 5 se encontró:

- base: se encontró un material afirmado compuesto por grava mal graduada de 20 cm de espesor, con CBR de 57.14% de la calicata N°1 y se encontró un material afirmado compuesto por grava mal graduada limo arena de 20 cm de espesor, con CBR de 52.84% de la calicata N° 5.
- Sub base: se encontró un material afirmado compuesto por arena limosa de 30 cm de espesor, con CBR de 16.87% de la calicata N°1
- Terreno natural (sub-rasante): se encontró un material afirmado compuesto por arcilla ligeramente arenosa, con CBR de 1.85% N°1 y se encontró un material afirmado compuesto por arena limosa de xx cm de espesor, con CBR de 7.11% de la calicata N° 5.
- En las calicatas N°2, N°3, N°4, N°6 se realizó solo el estudio del terreno natural que se encuentra compuesto por un suelo arcillo, grava mal graduada, materiales finos sin plasticidad respectivamente.

- Aplicado la evaluación de la estructura que se aplicó en el software Kempave, donde consideramos el comportamiento lineal y los tipos de cargas que están compuestos ejes tándem, lo que nos llevó a obtener los esfuerzos y las deformaciones que se generan en la capa de rodadura y en las capas que presentan en los tramos donde obtenidos los datos mediante las exploraciones del suelo, luego estos datos se aplicó las fórmulas del Instituto del asfalto, donde se llegó a la conclusión que el pavimento existente en el tramo Santiago de Cao – Magdalena de Cao, no cumple con los criterios de falla por deformación, debido a que los espesores de diseño no son los adecuados para el nivel de tránsito de los vehículos que circulan la ruta.
- La estructura del pavimento propuesta para el mejoramiento de la carretera Santiago de Cao – Magdalena de Cao, se determinó aplicando los criterios de la guía AASHTO – 93 y del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, La estructura de la vía de estudio fue evaluada mediante la aplicación del software kenpave, para la condición del comportamiento lineal y para cargas mediante eje simple y eje Tándem, cumpliendo con la resistencia y criterios de falla (fatiga y deformación) encontrados en el instituto del asfalto.

Consideramos el tramo 1 la ruta de Santiago de Cao al Cruce de Cartavio, y el tramo 2 lo consideramos del punto del cruce a Cartavio a Magdalena de Cao.

➤ Propuesta de la Estructura del pavimento 1

Cuadro 17: Propuesta de la estructura del pavimento tramo Santiago de Cao Puente Nazareno.

CAPA	ESPESOR		v
	(plg)	(cm)	
Carpeta Asfáltica	4"	10.16	0.35
Base	8"	20.32	0.35
Sub-base	8"	20.32	0.35

Fuente: Elaboración propia.

- Obtenido como resultados tramo 01

Cuadro 18: Criterio de Falla eje

Tándem.

Criterio de Fatiga	
Nf = 0.0796 (ϵ_t)-3.291 (Mr)-0.854	
Mr =	3839.96 Kg/cm ²
ϵ_t =	0.0001882
Nf =	125928751.9
Np =	2124700
Np/Nf =	0.01687224 OK

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19: Criterio de deformación eje Tándem.

Criterio de Deformación	
Nd = 1.365 x 10 ⁻⁹ (ϵ_z)-4.477	
ϵ_z =	0.0002341
Nd =	24508827 EE
Np/Nd =	0.08669122 OK

Fuente: Elaboración propia.

- Propuesta de la Estructura del pavimento Tramo 02

Cuadro 22: Propuesta de la estructura del pavimento tramo 02.

CAPA	ESPESOR		ν
	(plg)	(cm)	
Carpeta Asfáltica	4"	10.16	0.35
Base	16"	40.64	0.35

Fuente: Elaboración propia

- Obtenido como resultados tramo 02

Cuadro 20: Criterio de Falla eje Trídem.

Criterio de Fatiga	
Nf = 0.0796 (ϵ_t)-3.291 (Mr)-0.854	
Mr =	8965.77 Kg/cm ²
ϵ_t =	0.0001934
Nf =	55805245.21
Np =	2124700
Np/Nf =	0.03807348 OK

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21: Criterio de deformación eje Trídem

Criterio de Deformación	
Nd = 1.365 x 10 ⁻⁹ (ϵ_z)-4.477	
ϵ_z =	0.0002306
Nd =	26218724 EE
Np/Nd =	0.08103751 OK

Fuente: elaboración propia

Cuadro 23: Criterio de Falla eje Tándem

Criterio de Fatiga	
Nf = 0.0796 (ϵ_t)-3.291 (Mr)-0.854	
Mr =	8965.77 Kg/cm ²
ϵ_t =	0.0001084
Nf =	375078262.1
Np =	1515029
Np/Nf =	0.00403923 OK

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24: Criterio de deformación eje Tándem

Criterio de Deformación	
Nd = 1.365 x 10 ⁻⁹ (ϵ_z)-4.477	
ϵ_z =	0.0002218
Nd =	31207777 EE
Np/Nd =	0.04854652 OK

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25: Criterio de Falla eje Trídem

Criterio de Fatiga		
Nf = 0.0796 (ϵ_t)-3.291 (Mr)-0.854		
Mr =	8965.77	Kg/cm ²
ϵ_t =	0.0001105	
Nf =	352125929	
Np =	1515049	
Np/Nf =	0.00430258	OK

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26: Criterio de deformación eje Tándem

Criterio de Deformación		
Nd = 1.365 x 10 ⁻⁹ (ϵ_z)-4.477		
ϵ_z =	0.0001389	
Nd =	253661582	EE
Np/Nd =	0.00597272	OK

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, con los datos obtenidos anteriormente adoptaremos una estructura del pavimento para el tramo 01.

DETALLE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

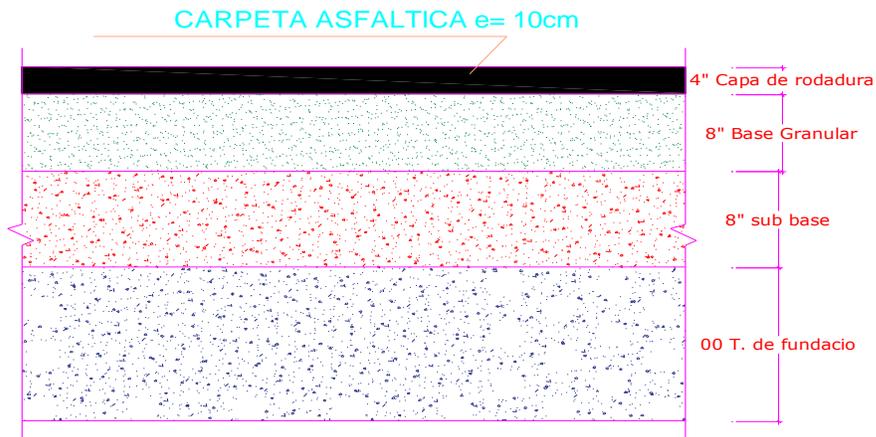


Figura 22: Perfil del pavimento recomendado del tramo 1.
Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, con los datos obtenidos anteriormente adoptaremos una estructura del pavimento para el tramo 02.

DETALLE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

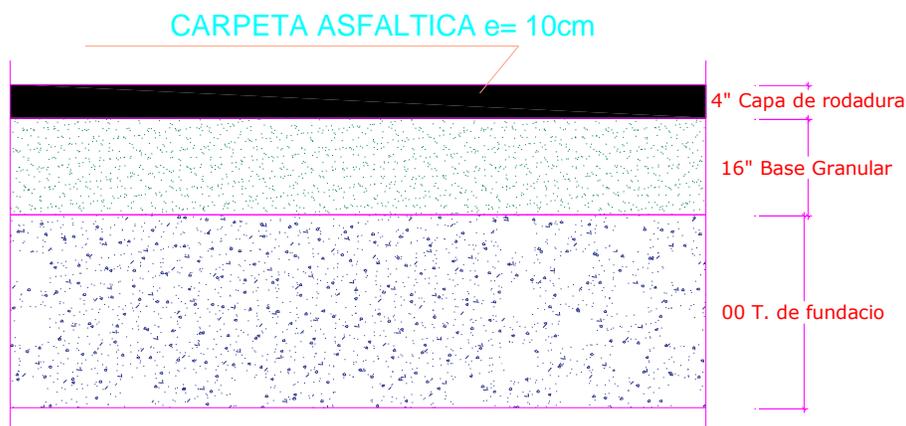


Figura 23: Perfil del pavimento recomendado del tramo 2.
Fuente: Elaboración propia.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la Municipalidad Provincial de Ascope - MPA elabore el expediente técnico para la ruta de Santiago de Cao a Magdalena de Cao, tomando en cuenta nuestra propuesta de mejoramiento.

Se recomienda que la Entidad Responsable de la Administración del sistema Vial programe y ejecute en forma periódica actividades de evaluación de condición superficial y estructural de los pavimentos con la finalidad de establecer el tipo de intervención más adecuada en función a los resultados de dicha evaluación.

Recomendamos la señalización de tránsito para la ruta para la mejor transitabilidad.

Se recomienda colocar una carpeta asfáltica del espesor recomendado en nuestra propuesta de diseño, para evitar las fallas y deformación que están presente en el tramo del cruce de Santiago de Cao- Cartavio hacia a Magdalena de Cao.

Se recomienda que para la aplicación del software kenpave, el espesor del pavimento no debe de ser menor a 2", ya que si es menor no debe de tener problemas de tensión y la deformación no es muy notoria.

VII. REFERENCIAS

CORAL Chalco, Raphael A. Automatización del diseño de pavimentos urbanos por el método del portland cement association (PCA) según el reglamento nacional de edificaciones – Huaraz – 2016. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ingeniería, 2017. Huaraz. 217 p.

CONZA Ccopa, Dante. Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la av. Circulación Oeste de Juliaca. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Juliaca: UPU, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2016, 214 p.

CONSISTENCIA de suelo – Limite Atterberg [página web], (18 de abril del 2010), [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2019]. Recuperado de http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_2498.html

ALCANTARA De la Cruz Hugo., DISEÑO y construcción de pavimentos [página web] (21 de febrero del 2014), [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2019]. Recuperado de <https://hugoalcantara.files.wordpress.com/2014/02/acapitulo-6-estudio-de-trc3a1nsito.pdf>

GÓCHEZ Rivas, Tania L., MOROY Gonzalez, Xavier E., VENTURA Lima, Mario E. Diseño de mezclas asfálticas para prevenir el fenómeno de ahuellamiento. Tesis (para optar grado de ingeniero civil). Lima: Universidad de el Salvador, Facultad Multidisciplinaria de occidente, 2012. 306 p.

HIGUERA Sandoval, Carlos H., leyes de comportamiento de la deformación vertical admisible de compresión en pavimentos flexibles. Facultad de Ingeniería [en línea] 2007, (16) [fecha de consulta – junio 2019]. Disponible en <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413940756002>>.

HORNA, Carlos y VÁSQUEZ Víctor, Determinación de la resistencia del pavimento, criterios de falla y propuesta de mejoramiento, utilizando el software Kenpave en la Av. Teodoro Valcárcel, Trujillo – La Libertad. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, 2019.

HUAMÁN Guerrero, Néstor W. La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú. Tesis (para optar el grado académico de maestro en ciencias con mención en ingeniería de transportes). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, 2011. 146 p.

LEIVA, F.; PÉREZ E.; AGUIAR, J.; LORÍA, L. Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento. *Ingeniería de construcción* [en línea]. 2017 (01) [fecha de consulta – mayo 2019]. Disponible en <<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v32n1/art04.pdf>>.

LÓPEZ Montero, Teresa; PÉREZ Jiménez, Félix E.; BOTELLA Nieto, Ramón; MIRÓ Recasens, Rodrigo. Consideraciones sobre la aplicación de los métodos analíticos en la evaluación del fallo por fatiga de mezclas o pavimentos envejecidos. A: Simposio Nacional de Firmes. "SNF2018: Simposio Nacional de Firmes: en Ruta Hacia una Economía Circular". 2018, p. 1-13.

MATA Montenegro, Marco. Guía básica para la conformación de las bases y subbases para carreteras en el salvador. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). San Salvador: UES, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2010, 277 p.

Universidad los andes de Venezuela. Mecánica de materiales 1 “En línea” consultado 02 de noviembre 2019 disponible en la web http://www.ula.ve/facultad-ingenieria/images/mecánica/Mecánica_Materiales/I/Tema1.pdf

Arcus Global, (18 de Abril del 2018), [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2019]. Recuperado de <https://www.arcus-global.com/wp/mecánica-de-suelos-que-es-y-como-funciona/>

Miguel Cervera y Elena Blanco días Resistencia de materiales 2015, Fecha de consulta (10 de octubre del 2019) recuperado de <http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Resistencia%20de%20Materiales.pdf>

MINISTERIO de transporte y comunicaciones. “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.” (DG – 2018). 288 p.

MINISTERIO de transporte y comunicaciones. “Manual de Carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos.” (R.D. N° 10 – 2014). 305 p.

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). Manual de ensayo de materiales. MTC E 115-2000

MINISTERIO de transporte y comunicaciones. “Manual ensayo de materiales.” (R.D. N° 18 – 2016- MTC/14).

MINAYA González, Silene y ORDÓÑEZ Huamán, Abel. “Diseño moderno de pavimentos asfáltico”. Segunda edición. Distribuido por ICG, Perú, 2006. 487 p.

MONJE Álvarez, Carlos. Metodología de investigación cuantitativa y cualitativa: Universidad Sur colombiana, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, 2011.

MUELAS Rodríguez, Ángel, Manual de mecánica de suelos y cimentaciones “en Línea” fecha de consulta (02 de noviembre del 2019): capítulo I caracterización de los suelos disponible en

<https://www.udocz.com/read/manual-de-mecanica-de-suelos-y-cimentaciones-angel-muelas-rodriguez>

OROBIO, Armando y GIL Jackson. Análisis de costos de construcción asociados al diseño racional de pavimentos con diferentes modelos de fatiga. *Ingeniería de construcción* [en Línea]. 2015 (03) [fecha de consulta – mayo 2019]. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v30n3/art03.pdf>.

PARILLO Escarsena, Edwin. Evaluación de la tasa de crecimiento con el tipo de tráfico vehicular en el cálculo de ejes equivalentes para el diseño de pavimentos en la ciudad de Juliaca-2017. Grado de magister (ingeniería civil). Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Escuela de Posgrado Maestría en Ingeniería Civil. 2018.

PRADENA, M.; VALENZUELA, M.; MOLINA, P: Diseño estructural de pavimentos asfálticos industriales utilizando el software HIPAVE. Revista de la construcción, Vol. 8, 2, 2009, p.85-94. 11 de octubre 2019.

RENGIFO Arakaki, Kimiko. Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km. 188 a 189). Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Lima: PUCP, Facultad de Ingeniería, 2014. 99 p.

ROBLES Bustios, Raúl. Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, 2015. 126 p.

RONDÓN, Hugo A. y REYES, Fredy. Deformación permanente de materiales granulares en pavimentos flexibles: estado del conocimiento (en Línea). Revista *Ingenierías Universidad de Medellín* 2009 (14) – (fecha de consulta – abril 2019). Disponible en <<https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/247/234>>.

SUAREZ López, Javier. Diseño de la estructura de un pavimento flexible por medio de la implementación del método aastho-93, para la ampliación del costado occidental de la autopista norte desde la calle 245 (el buda) hasta la caro. Tesis (para obtener el grado de ingeniero civil). Colombia: Universidad militar nueva granada, facultad de ingeniería, 2017. Bogota. p 46.

SAURABH Jain; Y. P. Joshi; S. S. Goliya. Design of Rigid and Flexible Pavements by Various Methods & Their Cost Analysis of Each Method. *Int. Journal of Engineering Research and Application* [en línea]. Vol. 3 (05) sep-oct. 2013 [fecha de consulta – octubre 2019].

TERZAGHI, Karl y PECK, Ralph; MORETTO, Oreste. “Mecánica de suelos en la ingeniería práctica”, En: asentamientos y presiones de contacto. Segunda edición. Editorial el ateneo, México, 1925. 722 p.

THENOUX, Guillermo y GAETE, Rodrigo. Evaluación técnica del pavimento y comparación de método de diseño de capas de refuerzo asfáltico. *Ingeniería y Construcción* [en línea]. 1995 (14) [fecha de consulta – junio 2019]. Disponible en <<http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/364/306>>

ZELADA Rojas, Luis. Diseño de 1 km. de pavimento, carretera Juliaca – Puno (km 44+000 – km. 45+000). Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Lima: PUPC, Facultad de Ingeniería, 2019, 90 p.

Velásquez Alva, Michael R. Diseño para el mejoramiento de la carretera Cartavio – panamericano norte, distrito de Santiago de Cao, Ascope, la libertad. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017. TRUJILLO. 107 p

VIII. ANEXOS

ANEXO 1.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
PROYECTO	EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO
SOLICITANTE	MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLÓN - MELGAR, JOSE CRUZALEGUI, RAÚL
RESPONSABLE	ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN	SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA	NOVIEMBRE DEL 2019

Calicata	Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS					
			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm3)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	Pu (g/cm3)	Qadm. (Kg/cm2)
C-1	E-1	1.50 m	20.99	85.09	13.85	1.06	34	22	12	CL	A-6 (10)	1.753	20.11	2.05	1.89	-	-
C-1	E-1	0.45 m	6.61	5.49	21.10	73.41	18	16	3	GP-GM	A-1-a (0)	1.919	7.13	68.08	57.14	-	-
C-1	E-1	0.80 m	2.42	34.74	58.57	6.69	20	16	4	SM-SC	A-2-4 (0)	1.792	8.55	20.00	16.87	-	-
C-2	E-1	1.50 m	22.68	84.54	15.41	0.06	25	14	11	CL	A-6 (7)	-	-	-	-	-	-
C-3	E-1	1.50 m	2.74	5.12	15.94	78.95	19	17	2	GP-GM	A-1-a (0)	-	-	-	-	-	-
C-4	E-1	1.50 m	7.73	44.81	54.75	0.44	20	17	3	SM	A-4 (0)	-	-	-	-	-	-
C-5	E-1	1.50 m	14.18	51.67	25.43	22.90	20	17	3	ML	A-4 (0)	1.848	11.26	8.21	2.11	-	-
C-5	E-1	0.45 m	2.20	5.36	16.35	78.29	19	18	1	GP-GM	A-1-a (0)	1.928	7.24	65.97	52.84	-	-
C-6	E-1	1.50 m	7.58	37.85	30.10	32.05	19	17	2	SM	A-4 (0)	-	-	-	-	-	-



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D - 422

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLÓN - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

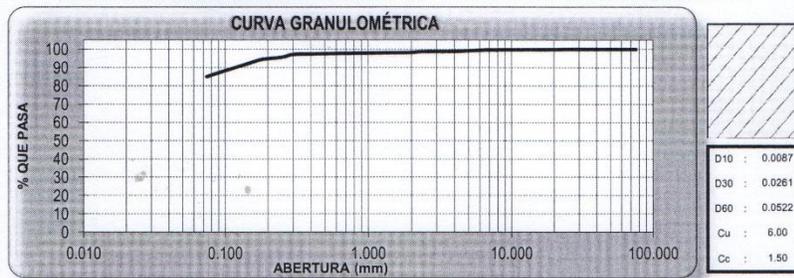
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 1500.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 223.67

Peso perdido por lavado : 1276.33

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00	20.99%
2 1/2"	63.500	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	2.65	0.18	0.18	99.82	L. Líquido : 34
1/2"	12.700	0.98	0.07	0.24	99.76	L. Plástico : 22
3/8"	9.525	0.56	0.04	0.28	99.72	Ind. Plasticidad : 12
1/4"	6.350	1.96	0.13	0.41	99.59	
No4	4.75	9.81	0.65	1.06	98.94	Clas. SUCS : CL
No8	2.360	3.37	0.22	1.29	98.71	Clas. AASHTO : A-6 (10)
No10	2.000	7.12	0.47	1.76	98.24	
No16	1.180	3.12	0.21	1.97	98.03	Descripción de la Muestra
No20	0.850	2.41	0.16	2.13	97.87	SUCS: Arcilla ligera, arenosa
No30	0.600	2.12	0.14	2.27	97.73	AASHTO: Suelos arcillosos / Regular a malo
No40	0.420	3.70	0.25	2.52	97.48	Tiene un % de finos de = 85.09%
No50	0.300	4.20	0.28	2.80	97.20	
No60	0.250	22.73	1.52	4.32	95.68	
No80	0.180	18.20	1.21	5.53	94.47	
No100	0.150	27.90	1.86	7.39	92.61	Descripción de la Calicata
No200	0.075	112.84	7.52	14.91	85.09	
< No200		1276.33	85.09	100.00	0.00	C-1 : E-1
Total		1500.00	100.00			Profundidad : 0.80 m - 1.50 m



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FÁTIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

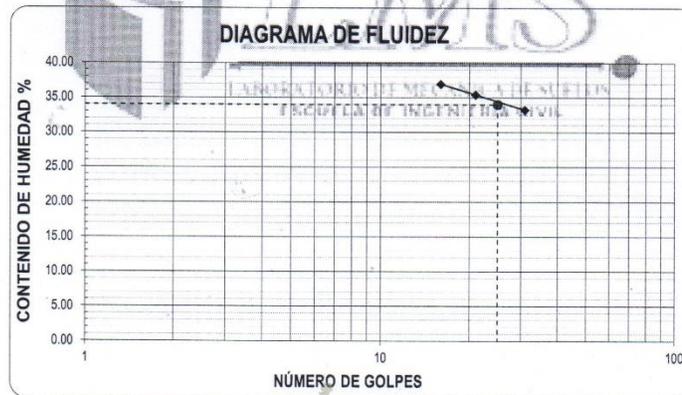
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
N° de golpes	16	21	31	-	-
Peso de tara (g)	8.07	8.06	9.11	9.49	8.76
Peso de tara + suelo húmedo (g)	12.85	14.29	13.16	9.77	8.90
Peso tara + suelo seco (g)	11.56	12.66	12.15	9.72	8.88
Contenido de Humedad %	36.96	35.43	33.22	21.74	21.74
Límites %	34			22	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -5.655 \ln(x) + 52.645$$

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	9.85	9.86	10.36
Peso del tarro + suelo humedo (g)	81.43	85.90	76.13
Peso del tarro + suelo seco (g)	69.53	72.72	64.24
Peso del suelo seco (g)	59.68	62.86	53.88
Peso del agua (g)	11.90	13.18	11.89
% de humedad (%)	19.94	20.97	22.07
% de humedad promedio (%)	20.99		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A
ASTM D - 1557

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

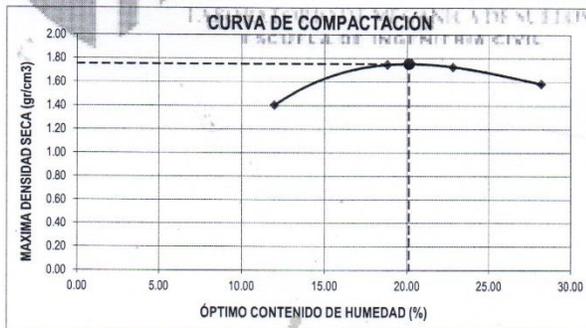
UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm ³)	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5745	6215	6260	6175		
Peso del molde (g)	4280	4280	4280	4280		
Peso del suelo húmedo (g)	1465	1935	1980	1895		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.57	2.07	2.12	2.03		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	97.37	110.98	96.31	126.02		
Peso del suelo seco + tara (g)	87.98	95.06	80.41	100.66		
Peso del agua (g)	9.40	15.92	15.90	25.36		
Peso de la tara (g)	9.67	10.38	10.66	10.72		
Peso del suelo seco (g)	78.30	84.69	69.74	89.94		
% de humedad (%)	12.00	18.80	22.80	28.20		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.40	1.75	1.73	1.58		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.753
Óptimo contenido de humedad (%)	20.11

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv_peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11295		11645		12016	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3740		4090		4461	
Volumen del molde (cm³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm³)	1.765		1.930		2.105	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	98.24		101.26		95.60	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	75.10		85.42		81.36	
Peso del agua (g)	13.15		15.84		14.24	
Peso de la cápsula (g)	10.64		10.35		10.55	
Peso del suelo seco (g)	65.06		75.07		70.81	
% de humedad (%)	20.21		21.10		20.11	
Densidad de Suelo Seco (g/cm³)	1.468		1.594		1.753	

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	3.555	3.555	2.799	3.994	3.994	3.145	4.520	4.520	3.559
48 hrs	4.081	4.081	3.214	4.345	4.345	3.421	4.784	4.784	3.767
72 hrs	4.389	4.389	3.456	4.389	4.389	3.456	4.828	4.828	3.801
96 hrs	4.389	4.389	3.456	4.389	4.389	3.456	4.828	4.828	3.801

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.025	0	27.67	9.22	1	36.05	12.02	1	36.05	12.02
0.050	1	36.05	12.02	1	36.05	12.02	2	44.44	14.82
0.075	1	36.05	12.02	2	44.44	14.82	3	52.82	17.61
0.100	2	44.44	14.82	3	52.82	17.61	4	61.62	20.54
0.125	2	44.44	14.82	3	52.82	17.61	5	69.59	23.20
0.150	3	52.82	17.61	4	61.21	20.41	6	77.98	26.00
0.200	4	61.21	20.41	5	69.59	23.20	7	86.37	28.80
0.300	5	69.59	23.20	7	86.37	28.80	8	94.75	31.59
0.400	6	77.98	26.00	7	86.37	28.80	9	103.14	34.39
0.500	7	86.37	28.80	8	94.75	31.59	10	111.53	37.18

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

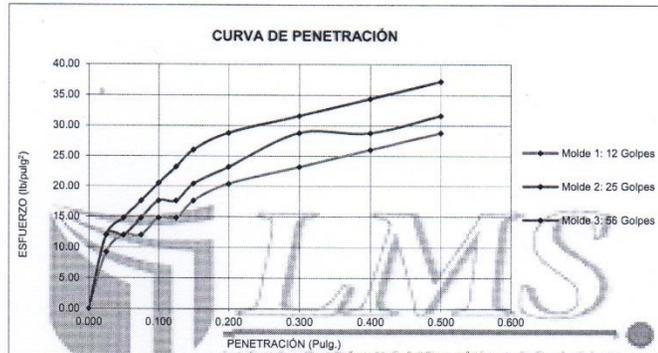
SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

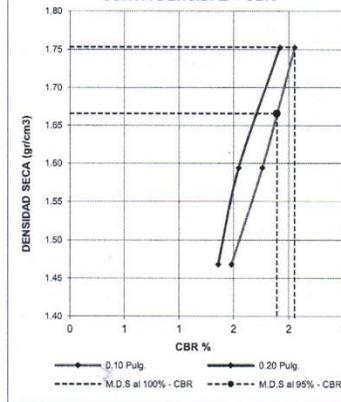

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	14.82	1000	1.48	1.468
2	0.100	17.61	1000	1.76	1.594
3	0.100	20.54	1000	2.05	1.753

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	20.41	1500	1.36	1.468
2	0.200	23.20	1500	1.56	1.594
3	0.200	28.80	1500	1.92	1.753

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.753
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.666
Óptimo contenido de humedad	(%)	20.11
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	2.05
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	1.89

CURVA DENSIDAD - CBR


CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

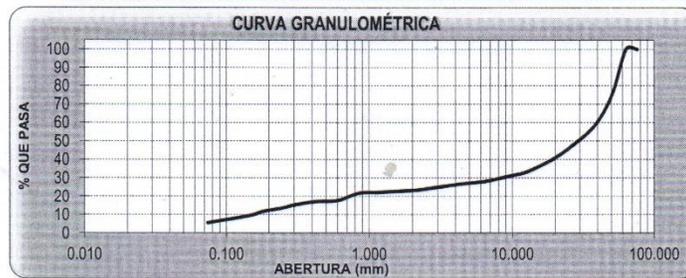
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1890.17
 Peso perdido por lavado : 109.83

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	6.61%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	498.55	24.93	24.93	75.07	Límites e Índices de Consistencia
1 1/2"	38.100	336.75	16.84	41.77	58.24	
1"	25.400	236.12	11.81	53.57	46.43	
3/4"	19.050	129.88	6.49	60.07	39.94	L. Líquido : 18
1/2"	12.700	131.10	6.56	66.62	33.38	L. Plástico : 15
3/8"	9.525	48.54	2.93	69.55	31.05	Ind. Plasticidad : 3
1/4"	6.350	68.56	2.93	71.88	28.12	Clasificación de la Muestra
No4	4.778	30.66	1.53	73.41	26.59	
No8	2.960	55.32	2.77	76.18	23.82	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
No10	2.000	10.48	0.52	76.70	23.30	Descripción de la Muestra
No16	1.180	21.17	1.06	77.76	22.24	
No20	0.850	9.84	0.49	78.25	21.76	SUCS:arena margilosa con limo y arena
No30	0.600	81.40	4.07	82.32	17.68	AASHTO: Frágil de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No40	0.420	12.34	0.62	82.94	17.06	
No50	0.300	35.67	1.78	84.72	15.28	Tiene un % de finos de = 5.49%
No60	0.250	32.18	1.61	86.33	13.67	Descripción de la Calicata
No80	0.180	40.35	2.02	88.35	11.65	
No100	0.150	39.46	1.97	90.32	9.68	C-1 : E-1 Profundidad : 0.00 m - 0.45 m
No200	0.074	83.71	4.19	94.51	5.49	
< No200		109.83	5.49	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



D10	: 0.1549
D30	: 8.3881
D60	: 39.4103
Cu	: 254.41
Cc	: 11.52



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D - 4318

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

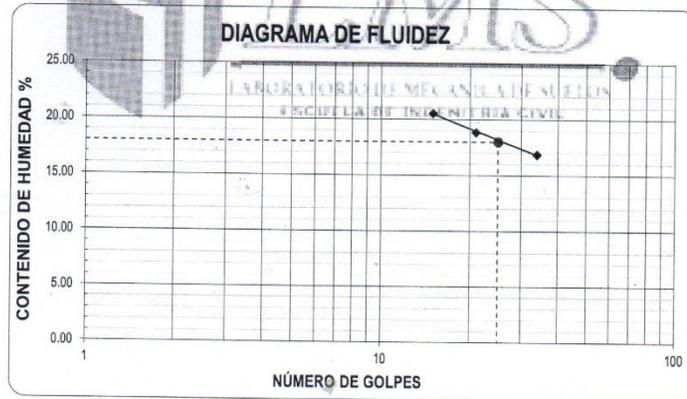
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	15	21	34	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.47	9.67	8.81	7.87	11.29
Peso de tara + suelo húmedo (g)	13.93	16.10	14.63	8.37	11.61
Peso tara + suelo seco (g)	13.00	15.08	13.79	8.30	11.57
Contenido de Humedad %	20.53	18.85	16.87	16.28	14.28
Limites %	18			15	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$y = -4.451 \ln(x) + 32.518$

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLÓN - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	10.09	10.54	10.15
Peso del tarro + suelo humedo (g)	122.07	121.80	126.72
Peso del tarro + suelo seco (g)	115.10	114.97	119.44
Peso del suelo seco (g)	105.01	104.43	109.29
Peso del agua (g)	6.97	6.83	7.28
% de humedad (%)	6.64	6.54	6.66
% de humedad promedio (%)	6.61		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE RESPONSABLE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL
ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

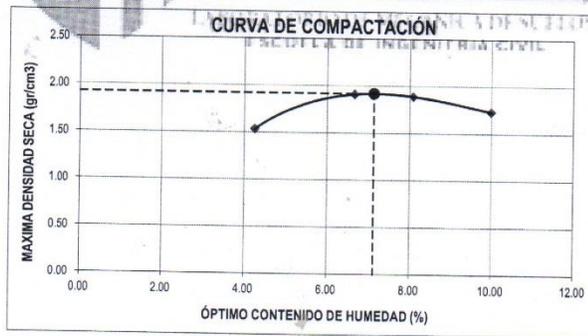
UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9160	10075	10090	9800		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3360	4275	4290	4000		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.60	2.04	2.04	1.91		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	155.25	179.91	155.23	200.00		
Peso del suelo seco + tara (g)	149.55	169.72	144.91	183.37		
Peso del agua (g)	5.70	10.19	10.32	16.63		
Peso de la tara (g)	15.42	16.82	17.49	17.01		
Peso del suelo seco (g)	134.13	152.90	127.72	166.36		
% de humedad (%)	4.25	6.66	8.08	9.99		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.64	1.91	1.89	1.73		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.919
Óptimo contenido de humedad (%)	7.13

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11205		11535		11912	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3650		3980		4357	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.723		1.878		2.056	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	87.54		100.30		94.84	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	82.35		94.04		89.23	
Peso del agua (g)	5.18		6.26		5.61	
Peso de la cápsula (g)	9.88		10.25		10.55	
Peso del suelo seco (g)	72.39		83.79		78.68	
% de humedad (%)	7.16		7.48		7.13	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.607		1.748		1.919	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.544	0.544	0.428	0.611	0.611	0.481	0.692	0.692	0.545
48 hrs	0.624	0.624	0.492	0.665	0.665	0.523	0.732	0.732	0.576
72 hrs	0.671	0.671	0.529	0.671	0.671	0.529	0.739	0.739	0.582
96 hrs	0.671	0.671	0.529	0.671	0.671	0.529	0.739	0.739	0.582

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		Pulg	ESFUERZO lbs		Pulg	ESFUERZO lbs		Pulg	ESFUERZO lbs
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	28	262.56	87.54	47	422.09	140.73	79	691.04	230.40
0.050	46	413.69	137.93	88	766.74	255.64	138	1187.79	386.03
0.075	72	632.18	210.78	126	1086.67	362.31	187	1601.20	533.87
0.100	106	918.23	306.15	170	1457.69	486.02	239	2041.82	680.77
0.125	139	1196.22	398.84	208	1778.62	593.02	291	2481.23	827.28
0.150	173	1483.01	494.46	245	2091.55	697.36	336	2863.09	954.60
0.200	236	2015.39	671.96	308	2825.41	875.35	410	3482.47	1184.45
0.300	326	2778.18	926.29	394	3356.24	1119.02	504	4294.52	1431.86
0.400	378	3220.09	1073.63	446	3799.30	1266.75	560	4773.70	1591.63
0.500	393	3347.73	1116.19	468	3987.02	1329.33	586	4996.51	1665.92

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
 ASTM D-1883

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

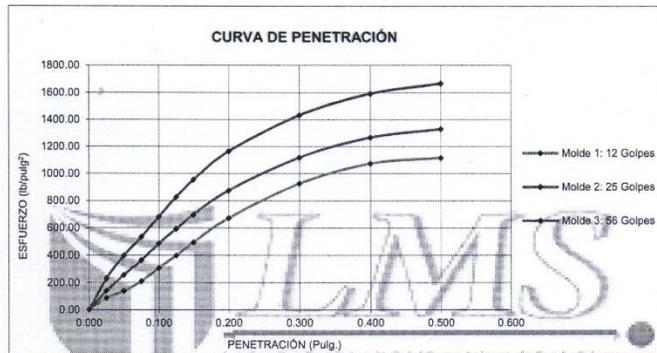
SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

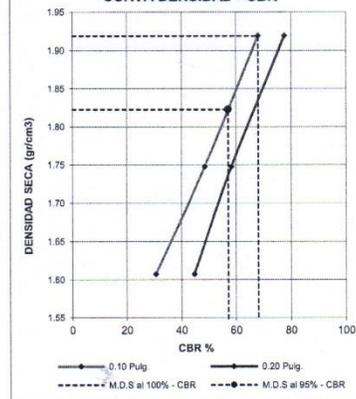

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	306.15	1000	30.62	1.607
2	0.100	486.02	1000	48.60	1.748
3	0.100	680.77	1000	68.08	1.919

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	671.96	1500	44.80	1.607
2	0.200	875.35	1500	58.36	1.748
3	0.200	1184.45	1500	77.83	1.919

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.919
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.823
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.13
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	68.08
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	57.14

CURVA DENSIDAD - CBR


CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211974
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

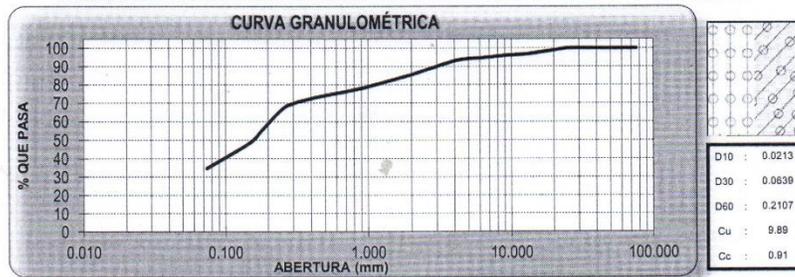
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1305.26
 Peso perdido por lavado : 694.74

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	2.42%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Líquido : 20 L. Plástico : 16
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 4
3/4"	19.050	25.55	1.33	1.33	98.67	
1/2"	12.700	39.28	1.96	3.29	96.71	Clasificación de la Muestra Clas. SUCS : SM-SC Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
3/8"	9.525	12.38	0.62	3.91	96.09	
1/4"	6.350	27.82	1.39	5.30	94.70	Descripción de la Muestra SUCS: Arena limo arcillosa AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno Tiene un % de finos de = 34.74%
No4	4.750	27.94	1.39	6.65	93.31	
No8	2.360	120.22	6.01	12.70	87.30	Descripción de la Calicata C-1 : E-1 Profundidad : 0.45 m - 0.80 m
No10	2.000	37.07	1.85	14.56	85.44	
No16	1.180	100.47	5.02	19.58	80.42	
No20	0.850	56.62	2.83	22.41	77.59	
No30	0.600	46.15	2.31	24.72	75.28	
No40	0.420	48.93	2.45	27.17	72.83	
No50	0.300	61.78	3.09	30.26	69.74	
No60	0.250	63.77	3.19	33.44	66.56	
No80	0.180	233.35	11.67	45.11	54.89	
No100	0.150	125.37	6.27	51.38	48.62	
No200	0.074	277.67	13.88	65.26	34.74	
< No200		694.74	34.74	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

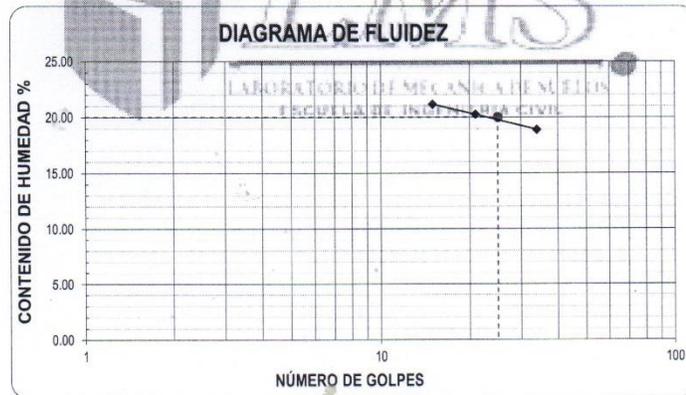
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	15	21	34	-	-
Nº de golpes					
Peso de tara (g)	8.38	9.49	9.21	8.70	9.30
Peso de tara + suelo húmedo (g)	11.70	13.82	14.18	8.92	9.52
Peso tara + suelo seco (g)	11.12	13.09	13.38	8.89	9.49
Contenido de Humedad %	21.17	20.28	18.90	15.79	15.79
límites %	20			16	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.778 \ln(x) + 28.708$$

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
CONTENIDO DE HUMEDAD	
ASTM D - 2216	
PROYECTO	: EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO
SOLICITANTE	: MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAUL
RESPONSABLE	: ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN	: SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)
MUESTRA	: C-1 / E-1 / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	10.20	10.75	10.30
Peso del tarro + suelo humedo (g)	120.85	133.44	151.03
Peso del tarro + suelo seco (g)	118.30	130.41	147.79
Peso del suelo seco (g)	108.10	119.66	137.49
Peso del agua (g)	2.55	3.03	3.24
% de humedad (%)	2.36	2.53	2.36
% de humedad promedio (%)	2.42		

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: METODO A
ASTM D - 1557

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

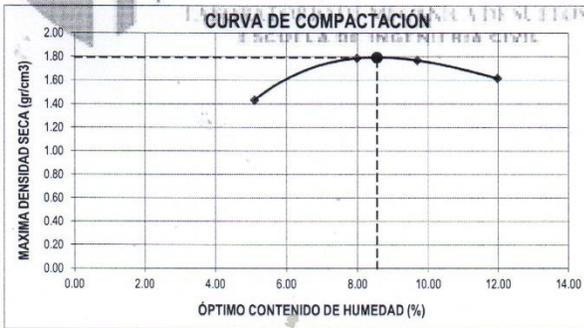
UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm ³)	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5685	6080	6090	5970		
Peso del molde (g)	4280	4280	4280	4280		
Peso del suelo húmedo (g)	1405	1800	1810	1690		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.51	1.93	1.94	1.81		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	96.36	108.67	93.69	121.84		
Peso del suelo seco + tara (g)	92.14	101.29	86.33	109.91		
Peso del agua (g)	4.21	7.28	7.36	11.93		
Peso de la tara (g)	9.57	10.15	10.37	10.36		
Peso del suelo seco (g)	82.57	91.14	75.96	99.54		
% de humedad (%)	5.10	7.99	9.69	11.99		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.43	1.79	1.77	1.62		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.792
Óptimo contenido de humedad (%)	8.55

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11010		11320		11678	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3455		3765		4123	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.630		1.777		1.946	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	86.02		98.43		93.00	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	79.99		91.16		86.51	
Peso del agua (g)	6.03		7.27		6.50	
Peso de la cápsula (g)	9.79		10.06		10.55	
Peso del suelo seco (g)	70.20		81.10		75.96	
% de humedad (%)	8.59		8.97		8.55	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.602		1.631		1.792	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.719	1.719	1.354	1.932	1.932	1.521	2.186	2.186	1.721
48 hrs	1.974	1.974	1.554	2.101	2.101	1.655	2.314	2.314	1.822
72 hrs	2.123	2.123	1.671	2.123	2.123	1.671	2.335	2.335	1.838
96 hrs	2.123	2.123	1.671	2.123	2.123	1.671	2.335	2.335	1.838

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN	LECTURA DIAL	MOLDE 1	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 2	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 3	ESFUERZO
Pulg.		lbs	lbs/pulg ²			lbs/pulg ²			lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	8	94.75	31.59	13	136.69	45.58	22	212.20	70.75
0.050	13	136.69	45.58	25	237.38	79.15	39	354.90	118.33
0.075	21	203.81	67.95	36	329.71	109.93	53	472.49	157.54
0.100	30	279.34	93.14	48	430.49	143.53	68	599.99	200.05
0.125	40	363.30	121.13	59	522.91	174.35	83	724.68	241.62
0.150	49	436.89	146.33	70	615.36	205.17	96	834.08	276.08
0.200	67	590.14	196.76	88	786.74	255.84	117	1010.85	337.03
0.300	93	808.81	269.67	112	968.74	323.00	143	1229.94	410.08
0.400	108	935.06	311.77	127	1095.09	365.12	159	1364.87	455.07
0.500	112	968.74	323.00	133	1145.65	381.98	167	1432.37	477.57

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

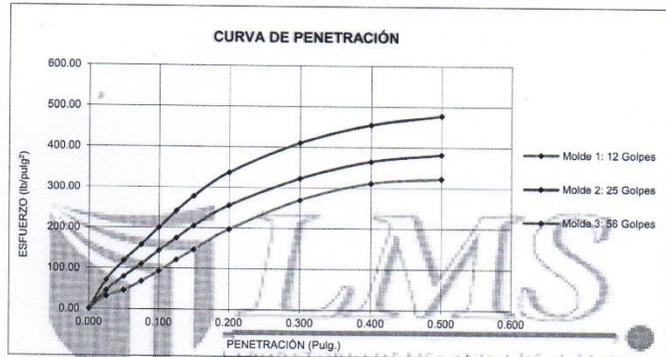
SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



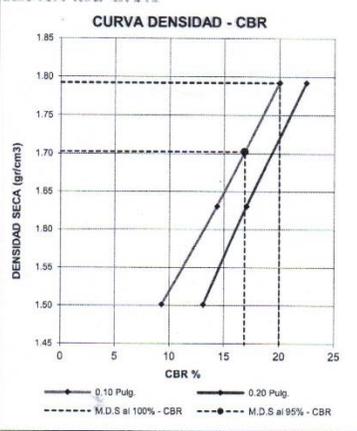
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	93.14	1000	9.31	1.602
2	0.100	143.53	1000	14.35	1.631
3	0.100	200.05	1000	20.00	1.792

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	196.76	1500	13.12	1.602
2	0.200	255.64	1500	17.04	1.631
3	0.200	337.03	1500	22.47	1.792

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.792
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.703
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.55
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	20.00
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	16.87



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

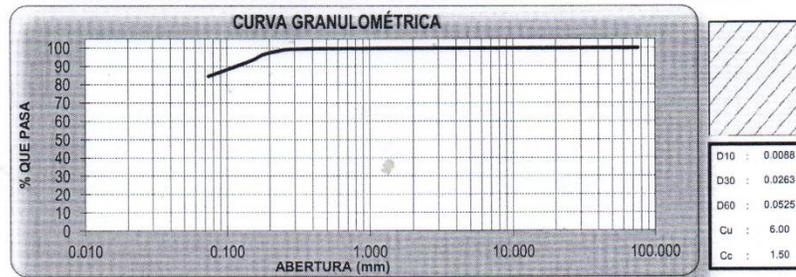
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 309.22
 Peso perdido por lavado : 1690.78

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	22.98%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 25
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 14
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 11
3/8"	9.525	0.65	0.03	0.03	99.97	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	0.26	0.01	0.05	99.95	
No4	4.750	0.20	0.01	0.06	99.94	Clas. SUCS : CL
No8	2.360	1.51	0.08	0.14	99.86	Clas. AASHTO : A-6 (7)
No10	2.000	0.36	0.02	0.15	99.85	Descripción de la Muestra
No16	1.180	0.97	0.05	0.20	99.80	
No20	0.850	0.55	0.03	0.23	99.77	SUCS: Arcilla ligera arenosa
No30	0.600	0.67	0.03	0.26	99.74	
No40	0.425	1.31	0.07	0.33	99.67	AASHTO: Suelos arcillosos / Regular a malo
No50	0.300	5.97	0.30	0.63	99.37	
No60	0.250	8.84	0.44	1.07	98.93	Tiene un % de finos de = 84.54%
No80	0.180	51.15	2.56	3.63	96.37	
No100	0.150	84.17	3.21	6.84	93.16	Descripción de la Calicata
No200	0.074	172.51	8.63	15.46	84.54	
< No200		1690.78	84.54	100.00	0.00	C-2 : E-1
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

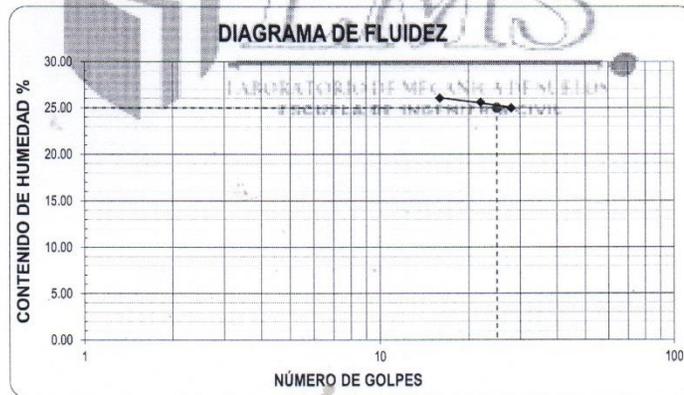
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	16	22	28	-	-
N° de golpes	16	22	28	-	-
Peso de tara (g)	7.74	9.08	10.21	9.36	8.69
Peso de tara + suelo húmedo (g)	9.24	10.65	12.86	9.67	9.10
Peso tara + suelo seco (g)	8.93	10.33	12.33	9.63	9.05
Contenido de Humedad %	26.05	25.60	25.00	14.81	13.69
Límites %	25			14	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -1.853 \ln(x) + 31.230$$

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAUL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	10.60	9.41	10.20
Peso del tarro + suelo humedo (g)	122.76	120.12	125.09
Peso del tarro + suelo seco (g)	101.91	99.28	103.67
Peso del suelo seco (g)	91.31	89.87	93.47
Peso del agua (g)	20.85	20.84	21.42
% de humedad (%)	22.83	23.19	22.92
% de humedad promedio (%)	22.98		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

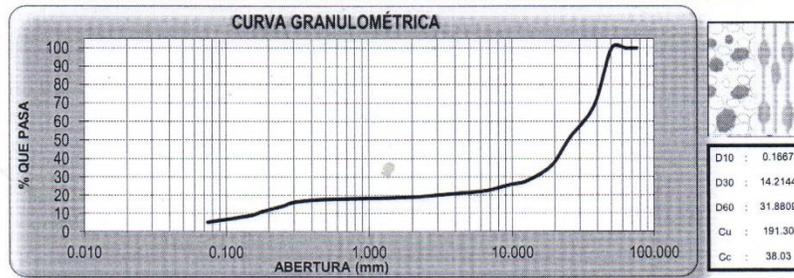
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-3 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1897.67
 Peso perdido por lavado : 102.33

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	2.74%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	625.45	31.27	31.27	68.73	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	355.45	17.82	49.10	50.91	
3/4"	19.050	288.21	14.41	63.51	36.49	L. Plástico : 17
1/2"	12.700	170.67	8.63	72.03	27.97	Ind. Plasticidad : 2
3/8"	9.525	44.53	2.23	74.26	25.74	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	68.52	3.43	77.69	22.31	
No4	4.178	25.22	1.26	78.95	21.05	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
No8	2.960	34.85	1.74	80.69	19.31	Descripción de la Muestra
No10	2.009	6.57	0.33	81.02	18.98	
No16	1.180	10.76	0.54	81.56	18.44	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No20	0.850	5.75	0.29	81.84	18.16	
No30	0.800	5.41	0.27	82.11	17.89	Descripción de la Calicata
No40	0.420	10.75	0.54	82.65	17.35	
No50	0.300	23.39	1.17	83.82	16.18	E-1
No60	0.250	42.29	2.11	85.94	14.06	Profundidad : 0.00 m - 1.50 m
No80	0.180	62.98	3.15	89.09	10.92	
No100	0.150	41.13	2.06	91.14	8.86	
No200	0.074	74.84	3.74	94.88	5.12	
< No200		102.33	5.12	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

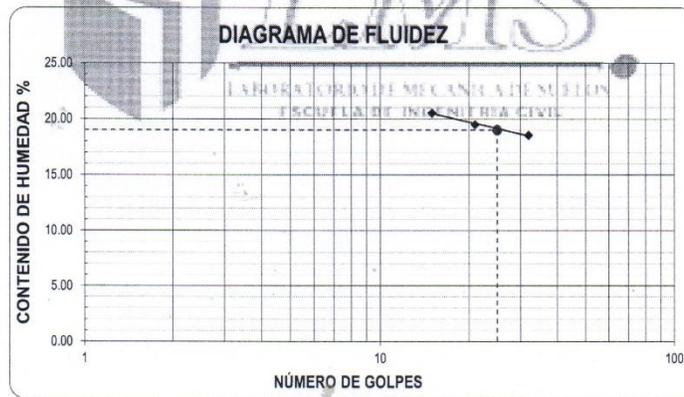
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-3 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	15	21	32	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	11.53	9.76	12.52	8.23	9.72
Peso de tara + suelo húmedo (g)	16.93	14.91	16.93	8.98	10.10
Peso tara + suelo seco (g)	16.01	14.07	16.24	8.88	10.04
Contenido de Humedad %	20.54	19.49	18.55	15.38	18.75
Limites %	19			17	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.607 \ln(x) + 27.535$$

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-3 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	10.90	10.02	8.58
Peso del tarro + suelo humedo (g)	164.87	159.82	158.81
Peso del tarro + suelo seco (g)	160.40	156.03	154.94
Peso del suelo seco (g)	149.50	146.01	146.36
Peso del agua (g)	4.47	3.79	3.87
% de humedad (%)	2.99	2.60	2.64
% de humedad promedio (%)	2.74		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

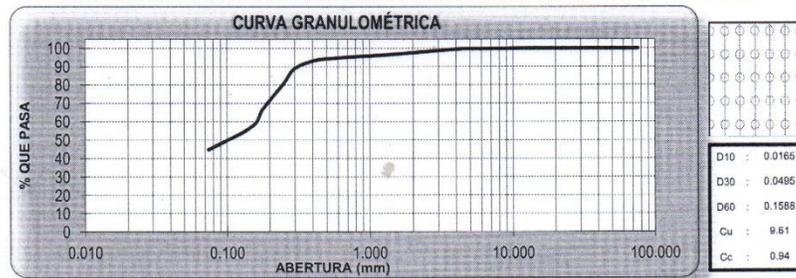
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-4 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1103.89
 Peso perdido por lavado : 896.11

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	7.73%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 20
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 17
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 3
3/8"	9.525	1.68	0.08	0.08	99.92	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	3.03	0.15	0.24	99.76	
No4	4.75	4.16	0.21	0.44	99.56	Clas. SUCS : SM
No8	2.360	29.29	1.46	1.91	98.09	Clas. AASHTO : A-4 (0)
No10	2.000	10.78	0.54	2.45	97.55	Descripción de la Muestra
No18	1.180	25.98	1.30	3.75	96.25	
No20	0.850	13.55	0.68	4.43	95.57	SUCS: Arena limosa
No30	0.600	15.78	0.79	5.21	94.79	
No40	0.425	26.06	1.30	6.52	93.48	AASHTO: Suelos limosos / Regular a malo
No50	0.300	91.06	4.55	11.07	88.93	
No60	0.250	167.51	8.38	19.44	80.56	Tiene un % de finos de = 44.81%
No80	0.180	273.95	13.70	33.14	66.86	
No100	0.150	193.66	9.68	42.82	57.18	Descripción de la Calicata
No200	0.075	247.40	12.37	55.19	44.81	
< No200		896.11	44.81	100.00	0.00	C-4
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

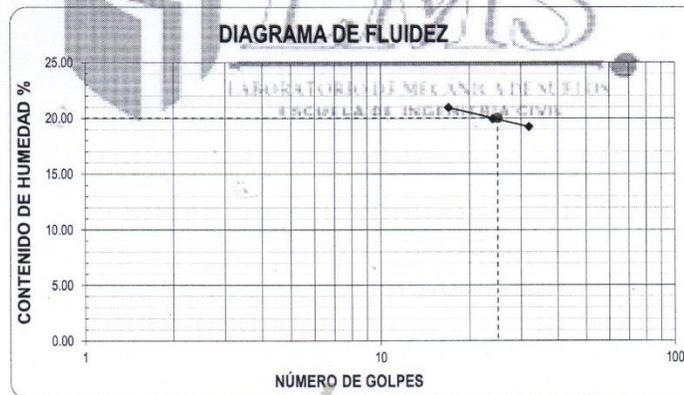
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-4 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	17	24	32	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.70	7.95	8.27	7.81	8.41
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.24	12.16	12.36	8.23	8.95
Peso tara + suelo seco (g)	13.28	11.46	11.70	8.17	8.87
Contenido de Humedad %	20.96	19.94	19.24	16.67	17.36
Límites %	20			17	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.725 \ln(x) + 28.657$$

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-4 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	9.86	10.27	10.47
Peso del tarro + suelo humedo (g)	130.45	123.85	126.86
Peso del tarro + suelo seco (g)	121.84	115.24	118.94
Peso del suelo seco (g)	111.98	104.97	108.47
Peso del agua (g)	8.61	8.61	7.92
% de humedad (%)	7.69	8.20	7.30
% de humedad promedio (%)	7.73		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

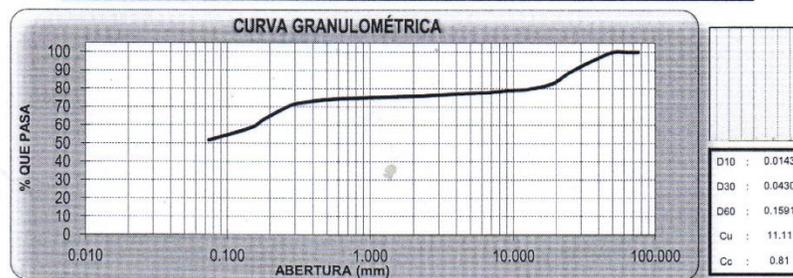
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 966.66
 Peso perdido por lavado : 1033.34

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	14.18%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1 1/2"	38.100	79.75	3.99	3.99	96.01	
1"	25.400	135.91	6.80	10.78	89.22	L. Líquido : 20
3/4"	19.050	125.84	6.29	17.08	82.93	L. Plástico : 17
1/2"	12.700	65.98	3.30	20.37	79.63	Ind. Plasticidad : 3
3/8"	9.525	13.29	0.66	21.04	78.96	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	28.24	1.31	22.35	77.65	
No4	4.75	11.06	0.55	22.90	77.10	Clas. SUCS : ML
No8	2.360	22.39	1.12	24.02	75.98	Clas. AASHTO : A-4 (0)
No10	2.000	5.18	0.26	24.28	75.72	Descripción de la Muestra
No18	1.180	10.98	0.55	24.83	75.17	
No20	0.850	7.04	0.36	25.18	74.82	SUCS: Limo arenoso con grava
No30	0.600	8.48	0.42	25.61	74.39	
No40	0.420	22.26	1.11	26.72	73.28	AASHTO: Suelos limosos / Regular a malo
No50	0.300	35.48	1.77	28.49	71.51	
No60	0.250	52.82	2.64	31.14	68.87	Tiene un % de finos de = 51.67%
No80	0.180	119.32	5.97	37.10	62.90	
No100	0.150	83.23	4.16	41.26	58.74	Descripción de la Calicata
No200	0.074	141.41	7.07	48.33	51.67	
< No200		1033.34	51.67	100.00	0.00	C-5 : E-1
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.45 m - 1.50 m



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

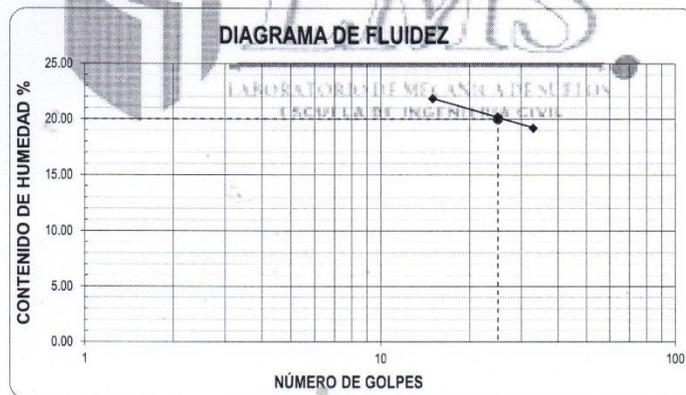
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	15	25	33	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.67	8.81	9.36	10.49	10.00
Peso de tara + suelo húmedo (g)	10.90	11.13	12.34	10.98	10.47
Peso tara + suelo seco (g)	10.50	10.74	11.86	10.91	10.40
Contenido de Humedad %	21.86	20.21	19.20	16.67	17.50
Limites %	20			17	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -3.354 \ln(x) + 30.956$$

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
CONTENIDO DE HUMEDAD
 ASTM D - 2216

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO
SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)
MUESTRA : C-5 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	11.37	9.73	10.41
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	118.63	125.68	119.64
Peso del tarro + suelo seco (g)	105.30	111.29	106.07
Peso del suelo seco (g)	93.93	101.56	95.66
Peso del agua (g)	13.33	14.39	13.57
% de humedad (%)	14.19	14.17	14.19
% de humedad promedio (%)	14.18		

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

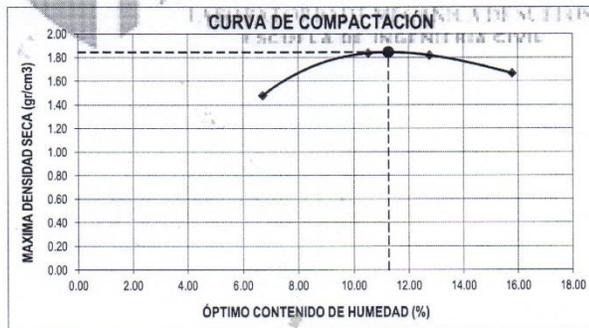
UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9110	10060	10105	9850		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3310	4260	4305	4050		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.58	2.03	2.05	1.93		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	154.41	179.64	155.46	201.02		
Peso del suelo seco + tara (g)	145.65	164.13	139.81	175.94		
Peso del agua (g)	8.76	15.51	15.65	25.08		
Peso de la tara (g)	15.34	16.79	17.21	17.10		
Peso del suelo seco (g)	130.31	147.34	122.59	158.84		
% de humedad (%)	6.72	10.53	12.77	15.79		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.48	1.84	1.82	1.67		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.846
Óptimo contenido de humedad (%)	11.26

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11205		11535		11908	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3650		3980		4353	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.723		1.878		2.054	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo seco + cápsula (g)	87.54		100.30		94.76	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	79.65		90.79		86.24	
Peso del agua (g)	7.89		9.51		8.53	
Peso de la cápsula (g)	9.96		10.25		10.55	
Peso del suelo seco (g)	69.69		80.54		75.69	
% de humedad (%)	11.32		11.81		11.26	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.547		1.680		1.848	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	2.998	2.998	2.360	3.368	3.368	2.652	3.812	3.812	3.002
48 hrs	3.442	3.442	2.710	3.664	3.664	2.885	4.034	4.034	3.178
72 hrs	3.701	3.701	2.914	3.701	3.701	2.914	4.071	4.071	3.206
96 hrs	3.701	3.701	2.914	3.701	3.701	2.914	4.071	4.071	3.206

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3		ESFUERZO lbs/pulg ²
		ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.025	3	52.82	17.61	5	69.59	23.20	9	103.14	34.39	
0.050	5	69.59	23.20	10	111.53	37.18	15	153.47	51.17	
0.075	8	94.75	31.59	14	145.08	48.37	20	195.42	65.16	
0.100	12	128.30	42.78	19	187.03	62.36	26	246.21	82.09	
0.125	15	153.47	51.17	23	220.59	73.55	32	296.13	98.74	
0.150	19	187.03	62.36	27	254.16	84.74	37	338.11	112.73	
0.200	26	245.77	81.94	34	312.92	104.33	45	405.29	135.13	
0.300	35	321.32	107.13	43	388.49	129.53	55	489.30	163.14	
0.400	41	371.70	123.93	49	438.89	146.33	61	539.71	179.95	
0.500	43	388.49	129.53	51	455.69	151.93	64	564.93	188.36	

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

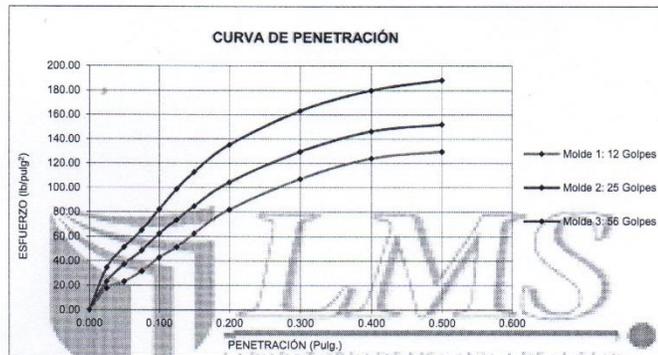
SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



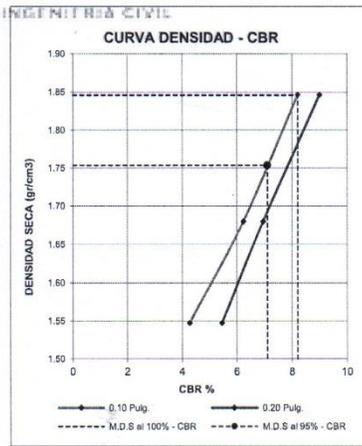
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	42.78	1000	4.28	1.547
2	0.100	62.36	1000	6.24	1.680
3	0.100	82.09	1000	8.21	1.846

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	81.94	1500	5.46	1.547
2	0.200	104.33	1500	6.96	1.680
3	0.200	135.13	1500	9.01	1.846

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.846
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.753
Óptimo contenido de humedad	(%)	11.26
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	8.21
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	7.11



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

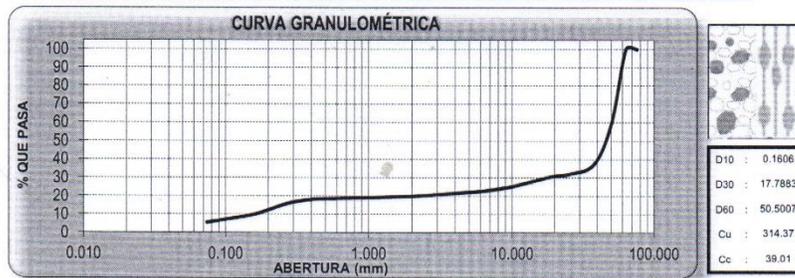
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1892.74
 Peso perdido por lavado : 107.26

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	2.20%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	796.40	39.82	39.82	60.18	Límites e Índices de Consistencia
1 1/2"	38.100	453.10	22.66	62.48	37.53	
1"	25.400	108.54	5.43	67.90	32.10	L Líquido : 19
3/4"	19.050	28.01	1.40	69.30	30.70	L Plástico : 18
1/2"	12.700	70.21	3.51	72.81	27.19	Ind. Plasticidad : 1
3/8"	9.525	46.09	2.30	75.12	24.88	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	40.40	2.01	77.12	22.88	
No4	4.75	23.38	1.17	78.29	21.71	Clas. SUCS : GP-GM
No8	2.360	29.38	1.47	79.76	20.24	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
No10	2.000	5.96	0.30	80.06	19.94	Descripción de la Muestra
No16	1.180	13.45	0.67	80.73	19.27	
No20	0.850	5.85	0.29	81.02	18.98	SUCS: Grava mediana con limo y arena
No30	0.800	5.93	0.30	81.32	18.68	AASHTO: Fragmentos de toca, grava y arena / Excelente a bueno
No40	0.420	8.92	0.45	81.77	18.23	
No50	0.300	32.73	1.64	83.40	16.60	Tiene un % de finos de = 5.36%
No60	0.250	32.90	1.65	85.05	14.95	Descripción de la Calicata
No80	0.180	77.72	3.89	88.93	11.07	
No100	0.150	33.05	1.65	90.59	9.41	C-5 : E-1
No200	0.074	81.02	4.05	94.64	5.36	
< No200		107.26	5.36	100.00	0.00	Profundidad : 0.00 m - 0.45 m
Total		2000.00	100.00			



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

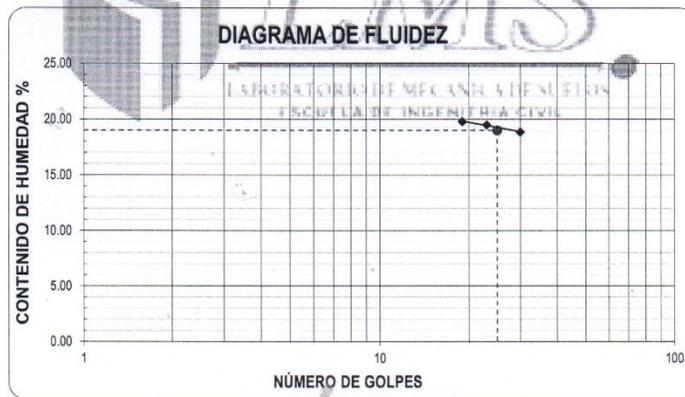
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	19	23	30	-	-
N° de golpes	19	23	30	-	-
Peso de tara (g)	10.75	10.20	9.86	10.13	9.85
Peso de tara + suelo húmedo (g)	13.05	12.10	11.75	10.77	10.32
Peso tara + suelo seco (g)	12.67	11.79	11.45	10.87	10.25
Contenido de Humedad %	19.79	19.50	18.87	18.52	17.50
límites %	19			18	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.044 \ln(x) + 25.845$$

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	10.13	10.13	10.72
Peso del tarro + suelo humedo (g)	172.88	158.45	153.62
Peso del tarro + suelo seco (g)	169.24	155.25	150.68
Peso del suelo seco (g)	159.11	145.12	139.96
Peso del agua (g)	3.64	3.20	2.94
% de humedad (%)	2.29	2.21	2.10
% de humedad promedio (%)	2.20		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

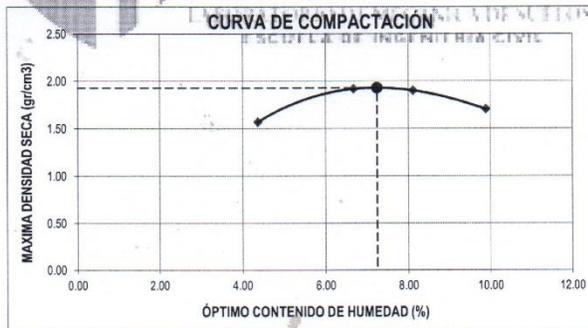
UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9240	10090	10110	9730		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3440	4290	4310	3930		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.64	2.04	2.05	1.87		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	156.61	180.18	155.54	198.57		
Peso del suelo seco + tara (g)	150.70	169.95	145.16	182.22		
Peso del agua (g)	5.91	10.23	10.38	16.35		
Peso de la tara (g)	15.58	16.84	17.22	16.89		
Peso del suelo seco (g)	135.14	153.11	127.93	165.33		
% de humedad (%)	4.38	6.68	8.12	9.89		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.57	1.92	1.90	1.70		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.928
Óptimo contenido de humedad (%)	7.24

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4630		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11355		11635		11935	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3800		4080		4380	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.793		1.925		2.067	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	88.71		101.17		95.40	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	83.39		94.61		89.68	
Peso del agua (g)	5.32		6.26		5.73	
Peso de la cápsula (g)	10.09		10.34		10.55	
Peso del suelo seco (g)	73.29		84.57		79.13	
% de humedad (%)	7.26		7.41		7.24	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.672		1.793		1.828	

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.560	0.560	0.441	0.616	0.616	0.485	0.691	0.691	0.544
48 hrs	0.611	0.611	0.481	0.657	0.657	0.517	0.731	0.731	0.576
72 hrs	0.634	0.634	0.499	0.663	0.663	0.522	0.737	0.737	0.580
96 hrs	0.634	0.634	0.499	0.663	0.663	0.522	0.737	0.737	0.580

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	26	245.77	81.94	45	405.29	135.13	75	657.40	219.19
0.050	44	396.89	132.33	85	741.51	247.23	133	1145.65	381.98
0.075	70	615.36	205.17	122	1052.97	351.08	181	1550.54	516.97
0.100	103	892.97	297.73	166	1423.93	474.76	232	1978.55	659.68
0.125	136	1170.93	390.41	202	1727.91	576.11	283	2413.41	804.67
0.150	169	1449.25	483.20	239	2040.78	680.43	327	2786.67	929.12
0.200	231	1973.09	657.86	301	2586.03	855.55	400	3407.32	1136.05
0.300	319	2718.75	906.48	385	3279.65	1093.49	492	4191.97	1397.67
0.400	370	3152.05	1050.94	436	3714.03	1238.32	547	4662.37	1554.51
0.500	385	3279.65	1093.49	458	3901.67	1300.88	573	4885.08	1628.76

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

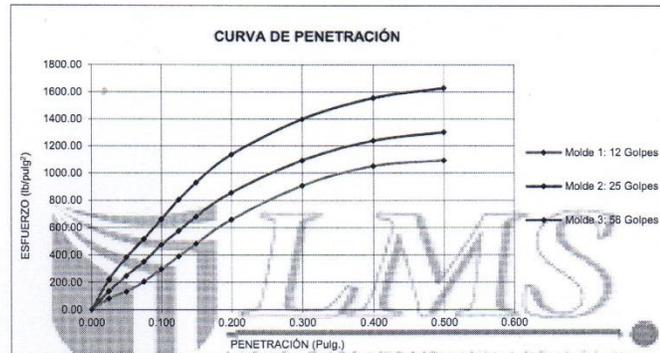
SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-5 / E-1 / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

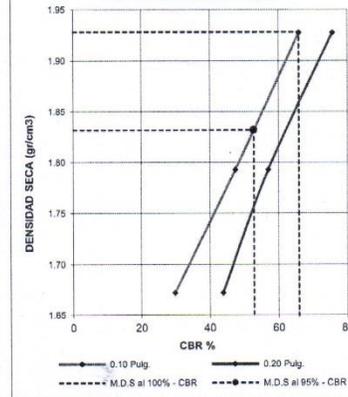

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRON (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	297.73	1000	29.77	1.672
2	0.100	474.76	1000	47.48	1.793
3	0.100	659.68	1000	65.97	1.928

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRON (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	657.86	1500	43.86	1.672
2	0.200	855.55	1500	57.04	1.793
3	0.200	1136.05	1500	75.74	1.928

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.928
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.832
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.24
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	65.97
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	52.84

CURVA DENSIDAD - CBR

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

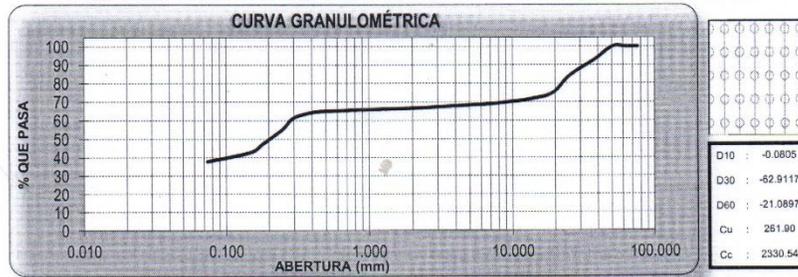
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-6 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1243.08
 Peso perdido por lavado : 756.92

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	7.56%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	139.49	6.97	6.97	93.03	Límites e índices de Consistencia
1"	25.400	175.16	8.76	15.73	84.27	L. Líquido : 19
3/4"	19.050	192.29	9.61	25.35	74.65	L. Plástico : 17
1/2"	12.700	89.19	4.46	28.81	71.19	Ind. Plasticidad : 2
3/8"	9.525	25.02	1.25	30.06	69.94	
1/4"	6.350	24.78	1.24	31.30	68.70	Clasificación de la Muestra
No4	4.750	15.14	0.76	32.05	67.95	Clas. SUCS : SM
No8	2.360	22.14	1.11	33.16	66.84	Clas. AASHTO : A-4 (0)
No10	2.000	5.21	0.26	33.42	66.58	Descripción de la Muestra
No16	1.180	11.16	0.56	33.98	66.02	
No20	0.850	6.88	0.34	34.32	65.68	SUCS: Arena limosa con grava
No30	0.600	8.22	0.41	34.73	65.27	
No40	0.420	15.06	0.75	35.49	64.51	AASHTO: Suelos limosos / Regular a malo
No50	0.300	81.21	3.06	38.55	61.45	
No60	0.250	124.75	6.24	44.78	55.22	Tiene un % de finos de = 37.85%
No80	0.180	162.69	8.13	52.92	47.08	
No100	0.150	85.40	4.27	57.19	42.81	Descripción de la Calicata
No200	0.074	99.31	4.97	62.15	37.85	
< No200		756.92	37.85	100.00	0.00	C-6 : E-1
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

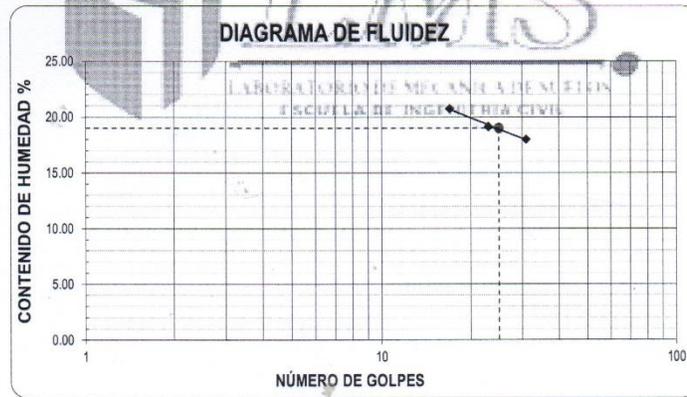
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-6 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	17	23	31	-	-
N° de golpes	17	23	31	-	-
Peso de tara (g)	10.43	10.24	11.05	10.30	10.16
Peso de tara + suelo húmedo (g)	15.84	16.84	15.70	10.59	10.42
Peso tara + suelo seco (g)	14.91	15.78	14.99	10.55	10.38
Contenido de Humedad %	20.76	19.13	18.02	16.00	18.18
Límites %	19			17	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -4.560 \ln(x) + 33.597$$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MEDIANTE LOS CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN, CARRETERA TRAMO SANTIAGO DE CAO - MAGDALENA DE CAO

SOLICITANTE : MARREROS GARCÍA, KEVIN ARLON - MELGAREJO CRUZALEGUI, RAÚL

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : SANTIAGO DE CAO / MAGADALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-8 / E-1 / TERRENO NATURAL / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	10.49	9.82	10.02
Peso del tarro + suelo humedo (g)	119.93	124.35	124.59
Peso del tarro + suelo seco (g)	111.95	116.50	116.65
Peso del suelo seco (g)	101.46	106.68	106.63
Peso del agua (g)	7.98	7.85	7.94
% de humedad (%)	7.87	7.36	7.45
% de humedad promedio (%)	7.56		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ANEXO 02
ESTUDIO DE TRÁFICO
ESTACIÓN 1

RESUMEN SEMANAL DE CONTEO DE TRAFICO

RESUMEN SEMANAL C.VEHICULAR - ENTRADA

Tramo	SANTIAGO DE CAO - PUENTE NAZARENO
Cod Estación	CV-01
Estación	1

Ubicación	SANTIAGO DE CAO - PUENTE NAZARENO		
Sentido	SANTIAGO DE CAO - PUENTE NAZARENO		
Día		Fecha	23/09/19 al 29/09/19

Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	51	21	1	25	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	104	5.83
08-09	55	43	2	25	0	0	6	1	0	0	0	6	0	1	0	2	0	141	7.90
09-10	60	35	5	25	1	0	3	8	0	0	0	10	0	4	2	2	1	156	8.74
10-11	65	43	2	27	6	2	5	2	0	0	0	9	0	0	2	0	0	163	9.14
11-12	57	42	6	25	2	0	1	10	0	0	0	10	0	1	1	4	1	160	8.97
12-13	56	40	3	29	1	0	6	6	0	0	0	8	0	1	1	2	0	153	8.58
13-14	49	47	1	23	0	0	3	4	0	0	0	9	1	1	4	1	1	144	8.07
14-15	46	42	0	23	0	0	3	7	0	0	0	9	1	11	1	1	0	144	8.07
15-16	42	37	3	23	0	0	5	5	0	0	0	8	0	0	2	2	2	129	7.23
16-17	45	33	4	25	1	0	2	4	0	0	0	8	0	0	2	0	0	124	6.95
17-18	44	33	6	20	0	0	1	4	0	0	0	6	0	1	1	1	0	117	6.56
18-19	41	22	4	15	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	87	4.88
19-20	25	21	1	0	0	0	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	53	2.97
20-21	21	14	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	2.07
21-22	12	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1.18
22-23	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.39
23-24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0.11
24-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
03-04	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
04-05	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
05-06	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0.17
06-07	8	3	0	8	0	0	8	3	0	0	0	3	0	0	1	1	2	37	2.07
TOTAL	681	492	38	293	11	2	49	60	0	0	0	94	2	20	17	17	8	1784	100.00
%	38.17	27.58	2.13	16.42	0.62	0.11	2.75	3.36	0.00	0.00	0.00	5.27	0.11	1.12	0.95	0.95	0.45	100.00	

RESUMEN SEMANAL C.VEHICULAR - SALIDA

Tramo	SANTIAGO DE CAO - PUENTE NAZARENO
Cod Estación	CV-01
Estación	1

Ubicación	
Sentido	Puente Nazareno - Santiago de Cao
Día	Fecha 23/09/19 al 29/09/19

Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitrayers				Traylers				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	42	23	0	21	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	1	0	93	5.73
08-09	45	37	0	25	0	0	0	8	0	0	0	8	0	1	0	2	0	126	7.76
09-10	50	30	3	22	0	0	10	2	0	0	0	11	1	1	2	1	1	134	8.25
10-11	57	39	3	25	0	0	4	8	0	0	0	8	1	0	1	1	0	147	9.05
11-12	50	35	3	25	0	0	2	7	0	0	0	12	1	3	1	2	0	141	8.68
12-13	51	41	4	24	0	0	9	3	0	0	0	8	0	1	3	1	0	145	8.93
13-14	46	42	1	24	4	2	0	6	0	0	1	6	0	2	2	1	1	138	8.50
14-15	46	37	5	22	3	0	7	7	0	0	0	11	0	0	1	2	0	141	8.68
15-16	39	37	2	22	3	0	5	7	0	0	0	8	0	2	1	1	1	128	7.88
16-17	39	32	4	22	0	0	4	2	0	0	0	10	0	3	1	1	0	118	7.27
17-18	42	35	4	20	0	0	0	3	0	0	0	3	2	2	0	0	0	111	6.83
18-19	36	22	3	16	1	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	0	87	5.36
19-20	22	16	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	2.59
20-21	12	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1.23
21-22	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11	0.68
22-23	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.12
23-24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
24-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
04-05	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
05-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.06
06-07	8	7	1	11	0	0	5	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0	37	2.28
TOTAL	592	446	35	279	11	2	48	56	0	0	1	99	5	19	14	14	3	1624	100.00
%	36.45	27.46	2.16	17.18	0.68	0.12	2.96	3.45	0.00	0.00	0.06	6.10	0.31	1.17	0.86	0.86	0.18	100.00	

ANEXO 2
ESTACIÓN 2



VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO

Tramo		Santiago de Cao - Magdalena de Cao																			
Cod Estación		E01																			
Estación		entre Santiago y Cartavio																			
Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitrayers				Traylers				TOTAL	PORC. %		
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4
05-06	11	4	8	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	27
06-07	30	18	24	3	0	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	83
07-08	28	25	23	3	2	0	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	87
08-09	28	19	19	4	0	0	4	5	0	0	0	0	7	0	2	0	1	2	0	0	91
09-10	27	14	17	0	2	0	3	0	0	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	0	70
10-11	23	15	13	0	5	2	7	8	0	0	0	0	9	1	6	2	1	1	0	0	93
11-12	17	16	12	0	3	0	3	7	0	0	0	0	8	2	1	1	0	0	0	0	70
12-13	17	16	15	0	1	0	0	3	0	0	0	0	9	0	1	2	1	0	0	0	65
13-14	31	24	23	0	0	0	7	3	0	0	0	0	9	0	4	0	0	0	0	0	101
14-15	23	17	16	1	0	0	4	1	0	0	0	0	6	0	1	1	0	0	0	1	71
15-16	17	18	14	2	0	0	0	1	0	0	0	0	11	0	1	1	3	0	0	0	68
16-17	28	19	14	0	0	0	4	3	0	0	0	0	7	1	0	2	0	0	0	0	78
17-18	35	30	24	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	2	1	1	0	0	0	99
18-19	26	24	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	80
19-20	8	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	22
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	349	265	252	14	13	2	40	37	0	0	2	85	5	20	14	9	4	1,111	100.00		
%	31.41	23.85	22.68	1.26	1.17	0.18	3.60	3.33	0.00	0.00	0.18	7.65	0.45	1.80	1.26	0.81	0.36	100.00			



VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO

Tramo		Santiago de Cao - Magdalena de Cao																Ubicacion				
Cod Estación		E01																Sentido				
Estación		entre Santiago y Cartavio																Magdalena de Cao - Santiago de Cao				
Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitrayers				Trayers				TOTAL	PORC. %			
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3					
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
05-06	9	6	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1.74
06-07	30	22	32	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	89	7.37
07-08	35	22	34	1	1	0	4	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	101	8.36
08-09	27	17	26	0	0	0	0	6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	79	6.54
09-10	26	16	23	0	0	0	4	0	0	0	0	0	6	1	2	0	0	0	0	0	78	6.46
10-11	27	15	27	0	0	0	10	4	0	0	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0	89	7.37
11-12	26	12	26	0	0	0	3	5	0	0	0	0	8	1	2	1	2	0	0	0	86	7.12
12-13	20	19	26	1	1	0	3	2	0	0	0	0	5	0	1	1	1	0	0	0	80	6.62
13-14	32	27	34	2	1	0	6	3	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	110	9.11
14-15	19	18	24	0	3	0	0	6	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	80	6.62
15-16	21	24	21	0	2	2	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	76	6.29
16-17	28	22	26	0	2	0	4	2	0	0	0	0	6	0	2	0	1	0	0	0	93	7.70
17-18	36	32	37	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	113	9.35
18-19	27	24	31	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	87	7.20
19-20	8	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	25	2.07
20-21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.08
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TOTAL	371	281	383	5	12	2	39	32	0	0	0	58	4	11	4	6	0	0	0	0	1,208	100.00
%	30.71	23.26	31.71	0.41	0.99	0.17	3.23	2.65	0.00	0.00	0.00	4.80	0.33	0.91	0.33	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

Cuadro 27: Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros.

	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa.	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca.	0.57%
Callao	1.56%
Cusco.	0.75%
Huancavelica.	0.83%
Huánuco.	0.91%
Ica.	1.15%
Junín.	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque.	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima.	1.45%
Loreto.	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	1.08%
Pasco.	0.84%
Piura.	0.87%
Puno.	0.92%
San Martín.	1.49%
Tacna.	1.50%
Tumbes.	1.58%
Ucayali	1.51%

Fuente: Oficina de Programación Multianual de Inversiones – OPMI.

Cuadro 28: Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados.

	PBI
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa.	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	1.29%
Cusco.	4.43%
Huancavelica.	2.33%
Huánuco.	3.85%
Ica.	3.54%
Junín.	3.90%
La Libertad	.83%²
Lambayeque.	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima.	3.69%
Loreto.	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.27%
Pasco.	0.36%
Piura.	3.23%
Puno.	3.21%
San Martín.	3.84%
Tacna.	2.88%
Tumbes.	2.60%
Ucayali	2.77%

Fuente: Oficina de Programación Multianual de Inversiones – OPMI.

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2t	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn
EE_{día-carril}	<p>EE_{día-carril} = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:</p> <p>EE_{día-carril} = IMD_p x Fd x Fc x Fvp_i x Fp_i</p> <p>donde:</p> <p>IMD_p: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)</p> <p>Fd: Factor Direccional, según Cuadro N° 6.1.</p> <p>Fc: Factor Carril de diseño, según Cuadro N° 6.1.</p> <p>Fvp: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.</p> <p>Fp: Factor de Presión de neumáticos, según Cuadro N° 6.13.</p>
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2)
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

Figura 24: Ecuación de Ejes Equivalentes

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

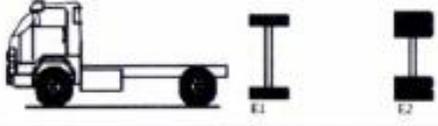
Configuración Vehículo	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C2								12.30
	$EE_{E1} = (P/16)^4$	$EE_{E2} = (P/16)^4$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	10						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	10						
Factor E.E.	1.205	2.212						
								Total Factor Camión C2 3.477

Figura 25: ejemplo de factor de equivalencia por eje y factor vehículo camión c2 pavimento flexible.

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Cuadro 29: Factor de eje Ejes Equivalentes.

TIPO	PESO	FACTOR EE	TOTAL
Automovil	0.9253	0.000386327	0.0005
	0.8348	0.000107417	
CAMIONETA	1.3004	0.001507065	0.0026
	1.4955	0.001106344	
CAMIONETA RURAL	1.6529	0.003933785	0.0055
	1.6353	0.001581737	
MICROBUS	1.0925	0.000750775	0.001
	1.0026	0.000223489	
OMNIBUS 2E (B2)	7	1.265366749	4.5037
	11	3.238286961	
OMNIBUS 3E	7	1.265366749	2.6313
	16	1.365944548	
CAMION 2E (C2)	7	1.265366749	4.5037
	11	3.238286961	
CAMION 3E (C3)	7	1.265366749	3.2846
	18	2.019213454	
CAMION 4E	7	1.265366749	2.7895
	23	1.524157903	
SEMI TRAYLER 2S2	7	1.265366749	6.5229
	11	3.238286961	
	18	2.019213454	
SEMI TRAYLERS 2S3	7	1.265366749	6.2332
	11	3.238286961	
	25	1.729553738	
SEMI TRAYLERS 3S2	7	1.265366749	5.3038
	18	2.019213454	
	18	2.019213454	
SEMI TRAYLERS >= 3S3	7	1.265366749	5.0141
	18	2.019213454	
	25	1.729553738	
TRAYLER 2T2	7	1.265366749	10.9802
	11	3.238286961	
	11	3.238286961	
	11	3.238286961	
TRAYLER 2T3	7	1.265366749	9.7612
	11	3.238286961	
	11	3.238286961	
	18	2.019213454	
TRAYLER 3T2	7	1.265366749	9.7612
	18	2.019213454	
	11	3.238286961	
	11	3.238286961	
TRAYLER >= 3T3	7	1.265366749	8.5421
	18	2.019213454	
	11	3.238286961	
	18	2.019213454	

Fuente: Decreto supremo N° 058-2003-MTC.

Cuadro 30: factores de distribución direccional y carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado FdxFc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzada con separador central (para IMDa)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014.

ANEXO 03.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL SOFTWARE KEMPAVE

Cuadro 31: Análisis tramo 1 con eje Tándem.

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection Δ_z	Vertical Stress σ_z	Major P. Stress σ_1	Minor P. Stress σ_3	Intermediate P. Stress σ_2	Vertical Strain ϵ_z	Major P. Strain ϵ_1	Minor P. Strain ϵ_3	Horizontal P. Strain ϵ_t
1	0	Surface	0.04131	70	99.175	97.95	98.251	6.48E-04	6.78E-04	6.41E-04	6.43E-04
1	2		0.03862	64.436	64.436	25.587	26.424	1.03E-03	1.03E-03	-1.38E-04	-1.38E-04
1	10		0.03202	12.124	12.126	-10.427	-10.044	5.07E-04	5.07E-04	-2.93E-04	-2.93E-04
1	22	Bottom of Aggregate course	0.02732	1.989	1.992	-4.634	-3.956	2.87E-04	2.88E-04	-2.27E-04	-2.27E-04
1	22.04	Top of subgrade	0.0273	1.984	1.994	0.156	0.285	4.64E-04	4.68E-04	-2.27E-04	-2.27E-04
2	0	Surface	0.0371	70	59.572	52.684	54.109	2.87E-04	4.93E-04	2.87E-04	3.29E-04
2	2		0.03621	50.213	57.051	13.011	17.81	8.23E-04	1.03E-03	-2.93E-04	-1.49E-04
2	10		0.03145	10.181	10.723	-8.602	-8.013	4.15E-04	4.35E-04	-2.51E-04	-2.51E-04
2	22	Bottom of Aggregate course	0.02724	1.923	1.933	-4.343	-3.799	2.74E-04	2.75E-04	-2.12E-04	-2.12E-04
2	22.04	Top of subgrade	0.02722	1.919	1.952	0.162	0.286	4.43E-04	4.56E-04	-2.20E-04	-2.12E-04
3	0	Surface	0.03212	0	25.169	17.712	21.926	2.73E-05	2.51E-04	2.73E-05	1.53E-04
3	2		0.03097	3.591	20.708	-0.094	7.851	-1.14E-04	4.00E-04	-2.24E-04	1.40E-05
3	10	Bottom of AC surface	0.02994	6.264	7.995	-5.603	-3.752	2.35E-04	2.96E-04	-1.86E-04	-1.86E-04
3	22	Bottom of Aggregate course	0.02681	1.748	1.776	-3.624	-3.361	2.41E-04	2.43E-04	-1.77E-04	-1.81E-04
3	22.04	Top of subgrade	0.02679	1.744	1.839	0.171	0.286	3.90E-04	4.25E-04	-2.04E-04	-1.80E-04
4	0	Surface	0.03197	0	21.429	12.946	16.308	-5.83E-06	2.49E-04	-5.83E-06	9.50E-05
4	2		0.03081	1.124	12.849	-0.484	7.788	-1.23E-04	2.29E-04	-1.71E-04	7.69E-05
4	10	Bottom of AC surface	0.03035	4.992	6.944	-4.965	-1.875	1.76E-04	2.45E-04	-1.77E-04	-1.77E-04
4	22	Bottom of Aggregate course	0.02756	1.756	1.766	-4.028	-2.617	2.35E-04	2.35E-04	-2.15E-04	-2.15E-04
4	22.04	Top of subgrade	0.02754	1.753	1.785	0.177	0.437	3.81E-04	3.93E-04	-2.14E-04	-2.14E-04
5	0	Surface	0.03151	0	19.04	11.104	14.694	-1.56E-05	2.23E-04	-1.56E-05	7.15E-05
5	2		0.03036	0.635	10.629	-0.504	7.035	-1.14E-04	1.85E-04	-1.49E-04	4.46E-05
5	10	Bottom of AC surface	0.03008	4.363	6.53	-4.345	-1.51	1.49E-04	2.25E-04	-1.60E-04	-2.04E-04
5	22	Bottom of Aggregate course	0.0275	1.708	1.723	-3.818	-2.511	2.26E-04	2.27E-04	-2.04E-04	-2.08E-04
5	22.04	Top of subgrade	0.02749	1.706	1.753	0.183	0.435	3.66E-04	3.84E-04	-2.09E-04	-2.07E-04
6	0	Surface	0.03032	0	14.474	7.775	11.597	-3.00E-05	1.71E-04	-3.00E-05	5.55E-05
6	2		0.02923	0.19	7.191	-0.428	5.575	-9.03E-05	1.20E-04	-1.09E-04	5.84E-05
6	10	Bottom of AC surface	0.02922	3.033	5.62	-3.032	-0.894	9.20E-05	1.84E-04	-1.23E-04	-1.98E-04
6	22	Bottom of Aggregate course	0.02714	1.578	1.606	-3.276	-2.229	2.01E-04	2.03E-04	-1.76E-04	-1.88E-04
6	22.04	Top of subgrade	0.02713	1.576	1.667	0.191	0.426	3.28E-04	3.62E-04	-1.96E-04	-1.87E-04
7	0	Surface	0.02919	0	8.686	3.077	6.366	-4.87E-05	1.20E-04	-4.87E-05	5.00E-05
7	2		0.02736	0.043	4.376	0.043	1.264	-4.29E-05	8.71E-05	-4.29E-05	-6.29E-06
7	10	Bottom of AC surface	0.02755	0.614	2.654	-0.876	0.614	-2.25E-07	7.21E-05	-5.31E-05	-5.31E-05
7	22	Bottom of Aggregate course	0.02668	1.199	1.199	-2.575	-0.025	1.21E-04	1.21E-04	-1.72E-04	-1.72E-04
7	22.04	Top of subgrade	0.02667	1.199	1.199	0.21	0.733	2.02E-04	2.02E-04	-1.72E-04	-1.72E-04
8	0	Surface	0.02918	0	8.485	3.018	6.311	-4.80E-05	1.16E-04	-4.80E-05	5.08E-05
8	2		0.02735	0.048	4.235	0.045	1.277	-4.18E-05	8.38E-05	-4.19E-05	-4.92E-06
8	10	Bottom of AC surface	0.02753	0.599	2.55	-0.843	0.665	-5.54E-07	6.86E-05	-5.17E-05	-4.94E-05
8	22		0.02669	1.182	1.185	-2.472	-0.039	1.19E-04	1.19E-04	-1.65E-04	-1.65E-04
8	22.04		0.02668	1.182	1.191	0.215	0.722	1.97E-04	2.00E-04	-1.68E-04	-1.65E-04
9	0	Surface	0.02894	0	7.956	2.854	6.143	-4.62E-05	1.07E-04	-4.62E-05	5.24E-05
9	2		0.02711	0.051	3.869	0.04	1.305	-3.90E-05	7.55E-05	-3.94E-05	-1.41E-06
9	10	Bottom of AC surface	0.02728	0.56	2.269	-0.762	0.797	-1.32E-06	5.93E-05	-4.82E-05	-3.98E-05
9	22	Bottom of Aggregate course	0.02649	1.135	1.144	-2.204	-0.077	1.11E-04	1.12E-04	-1.48E-04	-1.48E-04
9	22.04	Top of subgrade	0.02648	1.135	1.169	0.22	0.689	1.85E-04	1.98E-04	-1.61E-04	-1.48E-04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 32: Análisis tramo 2 con eje Tándem.

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediat e P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
1	0	Surface	0.02645	70	70.476	63.85	64.451	6.86E-04	6.85E-04	4.46E-04	4.46E-04
1	2	Bottom of AC surface	0.02434	65.215	65.215	26.133	26.651	1.25E-03	1.25E-03	-1.61E-04	-1.61E-04
1	18	Bottom of Aggregate course	0.01476	3.756	3.76	0.321	0.496	3.78E-04	3.78E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
1	18.02	Top of subgrade	0.01476	3.75	3.754	0.32	0.496	3.77E-04	3.78E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
1	18.06		0.01474	3.738	3.742	0.319	0.495	3.76E-04	3.77E-04	-1.77E-04	-1.77E-04
2	0	Surface	0.02325	70	52.964	46.175	51.979	4.99E-04	4.99E-04	2.53E-04	2.53E-04
2	2		0.02194	51.246	57.468	13.404	18.222	1.02E-03	1.24E-03	-3.51E-04	-1.77E-04
2	18	Bottom of Aggregate course	0.0146	3.546	3.626	0.322	0.492	3.51E-04	3.64E-04	-1.71E-04	-1.59E-04
2	18.02	Top of subgrade	0.01459	3.541	3.621	0.321	0.492	3.50E-04	3.63E-04	-1.71E-04	-1.59E-04
2	18.06		0.01458	3.53	3.61	0.32	0.491	3.49E-04	3.62E-04	-1.70E-04	-1.59E-04
3	0	Surface	0.01663	0	8.079	-2.044	-0.632	-7.36E-05	2.42E-04	-1.25E-04	-1.25E-04
3	2	Bottom of AC surface	0.01679	3.441	16.765	-0.196	5.461	-8.22E-05	4.00E-04	-2.14E-04	-9.15E-06
3	18	Bottom of Aggregate course	0.01408	3.019	3.276	0.319	0.48	2.84E-04	3.25E-04	-1.53E-04	-1.30E-04
3	18.02	Top of subgrade	0.01408	3.015	3.272	0.318	0.479	2.83E-04	3.25E-04	-1.53E-04	-1.29E-04
3	18.06		0.01407	3.008	3.263	0.317	0.478	2.83E-04	3.24E-04	-1.52E-04	-1.29E-04
4	0	Surface	0.01601	0	5.563	-3.67	-2.836	-9.38E-05	2.10E-04	-1.24E-04	-1.24E-04
4	2	Bottom of AC surface	0.01629	1.083	9.574	-0.368	4.978	-9.39E-05	2.13E-04	-1.46E-04	4.71E-05
4	18	Bottom of Aggregate course	0.01441	2.883	3.101	0.337	0.699	2.59E-04	2.94E-04	-1.53E-04	-1.53E-04
4	18.02	Top of subgrade	0.0144	2.88	3.097	0.336	0.698	2.58E-04	2.94E-04	-1.53E-04	-1.53E-04
4	18.06		0.01439	2.874	3.089	0.335	0.697	2.58E-04	2.93E-04	-1.53E-04	-1.53E-04
5	0	Surface	0.01558	0	4.816	-2.93	-2.67	-8.93E-05	1.82E-04	-9.87E-05	-1.67E-04
5	2	Bottom of AC surface	0.01585	0.622	7.599	-0.34	4.405	-8.69E-05	1.66E-04	-1.22E-04	1.64E-05
5	18	Bottom of Aggregate course	0.01429	2.752	3.007	0.337	0.691	2.43E-04	2.84E-04	-1.48E-04	-1.52E-04
5	18.02	Top of subgrade	0.01428	2.75	3.004	0.337	0.69	2.42E-04	2.84E-04	-1.48E-04	-1.52E-04
5	18.06		0.01428	2.745	2.997	0.336	0.689	2.42E-04	2.83E-04	-1.48E-04	-1.52E-04
6	0	Surface	0.01472	0	4.673	-0.433	0.232	-5.76E-05	1.27E-04	-5.76E-05	-1.03E-04
6	2	Bottom of AC surface	0.01489	0.181	4.717	-0.272	3.361	-6.67E-05	9.75E-05	-8.31E-05	3.28E-05
6	18	Bottom of Aggregate course	0.01389	2.415	2.76	0.333	0.668	2.02E-04	2.58E-04	-1.35E-04	-1.42E-04
6	18.02	Top of subgrade	0.01389	2.413	2.757	0.333	0.667	2.02E-04	2.57E-04	-1.35E-04	-1.42E-04
6	18.06		0.01388	2.41	2.751	0.332	0.666	2.02E-04	2.57E-04	-1.35E-04	-1.42E-04
7	0	Surface	0.01321	0	3.517	-0.275	0.49	-1.73E-05	9.23E-05	-4.50E-05	-4.50E-05
7	2	Bottom of AC surface	0.01322	0.04	2.371	0.04	0.082	-2.19E-05	6.24E-05	-2.19E-05	-2.04E-05
7	18	Bottom of Aggregate course	0.01301	1.393	1.393	0.341	1.308	7.26E-05	7.26E-05	-9.76E-05	-9.76E-05
7	18.02	Top of subgrade	0.01301	1.394	1.394	0.34	1.307	7.28E-05	7.28E-05	-9.76E-05	-9.76E-05
7	18.06		0.01301	1.394	1.395	0.339	1.304	7.30E-05	7.30E-05	-9.76E-05	-9.76E-05
8	0	Surface	0.01317	0	3.369	-0.241	0.481	-1.65E-05	8.81E-05	-4.26E-05	-4.26E-05
8	2	Bottom of AC surface	0.01318	0.046	2.278	0.044	0.09	-2.10E-05	5.98E-05	-2.11E-05	-1.94E-05
8	18	Bottom of Aggregate course	0.01298	1.366	1.384	0.34	1.28	7.01E-05	7.30E-05	-9.57E-05	-9.28E-05
8	18.02	Top of subgrade	0.01298	1.366	1.384	0.34	1.278	7.03E-05	7.32E-05	-9.58E-05	-9.29E-05
8	18.06		0.01298	1.367	1.385	0.339	1.276	7.05E-05	7.34E-05	-9.58E-05	-9.29E-05
9	0	Surface	0.013	0	3.248	0.043	0.737	-1.11E-05	7.97E-05	-3.62E-05	-3.62E-05
9	2	Bottom of AC surface	0.01297	0.052	2.027	0.042	0.109	-1.86E-05	5.29E-05	-1.89E-05	-1.65E-05
9	18	Bottom of Aggregate course	0.0128	1.288	1.356	0.333	1.199	6.33E-05	7.44E-05	-9.11E-05	-8.00E-05
9	18.02	Top of subgrade	0.0128	1.288	1.356	0.332	1.198	6.34E-05	7.45E-05	-9.11E-05	-8.00E-05
9	18.06		0.01279	1.289	1.357	0.332	1.195	6.37E-05	7.47E-05	-9.11E-05	-8.01E-05

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 33: Análisis tramo 2 con eje Simple Rueda Doble.

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
1	0	Surface	0.02262	70	70.002	63.845	64	6.77E-04	6.77E-04	4.54E-04	4.56E-04
1	8	Bottom of AC surface	0.01466	21.977	21.977	-0.175	-0.164	5.92E-04	5.92E-04	-2.09E-04	-2.09E-04
1	16	Bottom of Aggregate course	0.01179	4.387	4.387	-9.155	-9.13	2.89E-04	2.89E-04	-2.01E-04	-2.01E-04
1	16.03	Top of subgrade	0.01178	4.375	4.375	0.318	0.324	4.56E-04	4.56E-04	-2.00E-04	-2.00E-04
1	16.08		0.01176	4.354	4.354	0.316	0.322	4.54E-04	4.54E-04	-1.99E-04	-1.99E-04
2	0	Surface	0.01941	70	52.491	45.641	52.057	4.90E-04	4.90E-04	2.43E-04	2.43E-04
2	8		0.01396	17.093	19.33	-0.921	-0.217	4.48E-04	5.29E-04	-2.04E-04	-1.79E-04
2	16	Bottom of Aggregate course	0.01155	4.079	4.113	-8.498	-7.996	2.64E-04	2.65E-04	-1.91E-04	-1.91E-04
2	16.03	Top of subgrade	0.01154	4.068	4.179	0.315	0.324	4.66E-04	4.34E-04	-1.91E-04	-1.91E-04
2	16.08		0.01152	4.051	4.16	0.313	0.322	4.14E-04	4.32E-04	-1.90E-04	-1.90E-04
3	0	Surface	0.0128	0	8.136	-2.566	-1.113	-8.21E-05	2.53E-04	-1.35E-04	-1.35E-04
3	8	Bottom of AC surface	0.01236	8.181	13.408	-1.874	-0.207	1.90E-04	3.79E-04	-1.74E-04	-1.14E-04
3	16	Bottom of Aggregate course	0.01088	3.333	3.454	-6.899	-5.381	2.03E-04	2.08E-04	-1.67E-04	-1.67E-04
3	16.03	Top of subgrade	0.01087	3.326	3.675	0.306	0.322	3.22E-04	3.78E-04	-1.67E-04	-1.67E-04
3	16.08		0.01085	3.315	3.661	0.305	0.32	3.21E-04	3.77E-04	-1.66E-04	-1.66E-04
4	0	Surface	0.01156	0	5.107	-3.059	-2.902	-9.70E-05	1.93E-04	-1.03E-04	-1.03E-04
4	8	Bottom of AC surface	0.01168	5.68	11.23	-1.981	-0.178	1.20E-04	3.21E-04	-1.57E-04	-9.16E-05
4	16	Bottom of Aggregate course	0.0105	3.017	3.177	-6.193	-4.372	1.79E-04	1.84E-04	-1.55E-04	-1.55E-04
4	16.03	Top of subgrade	0.01049	3.012	3.447	0.307	0.313	2.83E-04	3.53E-04	-1.55E-04	-1.55E-04
4	16.08		0.01048	3.004	3.435	0.305	0.311	2.82E-04	3.52E-04	-1.54E-04	-1.54E-04
5	0	Surface	0.01112	0	4.561	-2.741	-2.523	-9.26E-05	1.72E-04	-9.26E-05	-1.61E-04
5	8	Bottom of AC surface	0.01137	4.6	10.139	-1.99	-0.15	9.14E-05	2.92E-04	-1.47E-04	-1.20E-04
5	16	Bottom of Aggregate course	0.01034	2.846	3.027	-5.823	-3.825	1.65E-04	1.72E-04	-1.49E-04	-1.72E-04
5	16.03	Top of subgrade	0.01033	2.841	3.318	0.303	0.313	2.62E-04	3.39E-04	-1.48E-04	-1.72E-04
5	16.08		0.01032	2.834	3.307	0.302	0.312	2.62E-04	3.38E-04	-1.48E-04	-1.71E-04
6	0	Surface	0.01033	0	5.295	0.117	0.828	-5.43E-05	1.33E-04	-5.43E-05	-1.08E-04
6	8	Bottom of AC surface	0.01059	2.612	7.704	-1.88	-0.072	4.05E-05	2.25E-04	-1.22E-04	-1.15E-04
6	16	Bottom of Aggregate course	0.00986	2.418	2.659	-4.899	-2.537	1.32E-04	1.41E-04	-1.33E-04	-1.79E-04
6	16.03	Top of subgrade	0.00985	2.415	2.98	0.294	0.31	2.11E-04	3.02E-04	-1.32E-04	-1.78E-04
6	16.08		0.00984	2.411	2.972	0.292	0.309	2.11E-04	3.01E-04	-1.32E-04	-1.78E-04
7	0	Surface	0.00661	0	1.759	-0.138	0.245	-8.65E-06	4.61E-05	-2.25E-05	-2.25E-05
7	8	Bottom of AC surface	0.00665	0.269	1.355	-0.406	0.154	-6.28E-07	3.87E-05	-2.50E-05	-4.79E-06
7	16	Bottom of Aggregate course	0.00657	0.673	1.502	-1.133	0.371	1.74E-05	4.74E-05	-4.79E-05	-4.79E-05
7	16.03	Top of subgrade	0.00657	0.674	1.196	0.194	0.196	2.93E-05	1.14E-04	-4.82E-05	-4.80E-05
7	16.08		0.00657	0.674	1.196	0.193	0.195	2.95E-05	1.14E-04	-4.83E-05	-4.80E-05
8	0	Surface	0.00659	0	1.72	-0.156	0.24	-8.23E-06	4.53E-05	-2.26E-05	-2.62E-05
8	8	Bottom of AC surface	0.00663	0.264	1.323	-0.392	0.153	-6.10E-07	3.77E-05	-2.44E-05	-5.64E-06
8	16	Bottom of Aggregate course	0.00655	0.659	1.494	-1.102	0.369	1.67E-05	4.69E-05	-4.70E-05	-5.15E-05
8	16.03	Top of subgrade	0.00655	0.66	1.178	0.192	0.195	2.82E-05	1.12E-04	-4.75E-05	-5.15E-05
8	16.08		0.00655	0.66	1.178	0.191	0.194	2.84E-05	1.12E-04	-4.76E-05	-5.16E-05
9	0	Surface	0.0065	0	1.762	-0.116	0.369	-5.56E-06	4.49E-05	-2.31E-05	-3.49E-05
9	8	Bottom of AC surface	0.00652	0.251	1.231	-0.356	0.152	-5.62E-07	3.49E-05	-2.25E-05	-7.06E-06
9	16	Bottom of Aggregate course	0.00646	0.62	1.474	-1.021	0.363	1.48E-05	4.57E-05	-4.46E-05	-5.87E-05
9	16.03	Top of subgrade	0.00645	0.62	1.126	0.184	0.19	2.51E-05	1.07E-04	-4.55E-05	-5.88E-05
9	16.08		0.00645	0.621	1.126	0.183	0.189	2.52E-05	1.07E-04	-4.56E-05	-5.88E-05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 34: Análisis de la propuesta del tramo 1 con eje Simple Rueda Doble.

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
1	0	Surface	0.02091	70	171.744	69.873	170.637	-1.11E-04	1.95E-04	-1.11E-04	1.91E-04
1	4		0.02079	21.539	21.539	-118.075	-118.034	2.32E-04	2.32E-04	-1.87E-04	-1.87E-04
1	12		0.01806	4.437	4.437	-6.988	-6.887	2.44E-04	2.44E-04	-1.61E-04	-1.61E-04
1	20	Bottom of Aggregate course	0.0161	1.391	1.391	-3.668	-3.576	2.26E-04	2.26E-04	-1.67E-04	-1.67E-04
1	20.01	Top of subgrade	0.01609	1.39	1.39	-0.013	0.006	3.63E-04	3.63E-04	-1.67E-04	-1.67E-04
2	0	Surface	0.02015	70	127.391	40.23	117.841	-1.01E-04	1.60E-04	-1.01E-04	1.32E-04
2	4		0.02017	16.869	17.236	-94.991	-79.087	1.73E-04	1.74E-04	-1.63E-04	-1.63E-04
2	12		0.01789	4.03	4.151	-6.603	-6.241	2.23E-04	2.27E-04	-1.54E-04	-1.54E-04
2	20	Bottom of Aggregate course	0.01604	1.349	1.354	-3.56	-3.381	2.17E-04	2.18E-04	-1.64E-04	-1.64E-04
2	20.01	Top of subgrade	0.01604	1.349	1.363	-0.01	0.013	3.49E-04	3.55E-04	-1.64E-04	-1.64E-04
3	0	Surface	0.0188	0	75.681	16.215	63.208	-7.20E-05	1.06E-04	-7.20E-05	6.90E-05
3	4		0.01871	7.827	10.065	-46.456	-10.295	5.98E-05	6.65E-05	-1.03E-04	-1.03E-04
3	12	Bottom of AC surface	0.01733	3.085	3.489	-5.661	-4.785	1.73E-04	1.88E-04	-1.37E-04	-1.37E-04
3	20	Bottom of Aggregate course	0.01576	1.236	1.252	-3.262	-2.875	1.94E-04	1.96E-04	-1.55E-04	-1.55E-04
3	20.01	Top of subgrade	0.01576	1.235	1.288	-0.003	0.027	3.13E-04	3.33E-04	-1.55E-04	-1.55E-04
4	0	Surface	0.01819	0	67.509	12.991	51.341	-6.36E-05	1.00E-04	-6.36E-05	5.15E-05
4	4		0.01801	5.68	10.133	-34.655	-1.534	3.73E-05	5.07E-05	-8.37E-05	-8.37E-05
4	12	Bottom of AC surface	0.01689	2.704	3.214	-5.156	-4.327	1.54E-04	1.72E-04	-1.25E-04	-1.25E-04
4	20	Bottom of Aggregate course	0.01544	1.181	1.203	-3.027	-2.75	1.84E-04	1.86E-04	-1.43E-04	-1.43E-04
4	20.01	Top of subgrade	0.01544	1.181	1.254	0.006	0.018	2.96E-04	3.24E-04	-1.48E-04	-1.43E-04
5	0	Surface	0.01794	0	60.603	11.015	45.669	-5.82E-05	9.06E-05	-5.82E-05	3.15E-05
5	4		0.01777	4.778	10.96	-29.669	0.223	2.87E-05	4.73E-05	-7.46E-05	-1.07E-04
5	12	Bottom of AC surface	0.01678	2.503	3.073	-4.939	-4.017	1.43E-04	1.63E-04	-1.21E-04	-1.38E-04
5	20	Bottom of Aggregate course	0.0154	1.151	1.175	-2.951	-2.605	1.78E-04	1.80E-04	-1.41E-04	-1.52E-04
5	20.01	Top of subgrade	0.0154	1.15	1.232	0.008	0.025	2.86E-04	3.17E-04	-1.45E-04	-1.52E-04
6	0	Surface	0.01738	0	48.858	7.817	35.576	-4.83E-05	7.48E-05	-4.83E-05	1.52E-05
6	4		0.01711	3.045	13.023	-20.133	1.044	1.39E-05	4.38E-05	-5.57E-05	-1.01E-04
6	12	Bottom of AC surface	0.01638	2.019	2.729	-4.4	-3.277	1.17E-04	1.42E-04	-1.11E-04	-1.43E-04
6	20	Bottom of Aggregate course	0.01517	1.067	1.1	-2.748	-2.225	1.61E-04	1.64E-04	-1.36E-04	-1.57E-04
6	20.01	Top of subgrade	0.01517	1.066	1.173	0.012	0.037	2.59E-04	3.00E-04	-1.39E-04	-1.57E-04
7	0	Surface	0.0135	0	15.044	1.537	10.225	-1.62E-05	2.43E-05	-1.62E-05	9.81E-06
7	4		0.01293	0.138	6.442	-2.012	-0.198	-2.88E-06	1.60E-05	-9.33E-06	-9.33E-06
7	12	Bottom of AC surface	0.01283	0.453	1.277	-1.689	-0.755	2.68E-05	5.60E-05	-4.92E-05	-4.92E-05
7	20	Bottom of Aggregate course	0.01243	0.533	0.636	-1.255	-0.385	6.16E-05	6.96E-05	-7.73E-05	-7.73E-05
7	20.01	Top of subgrade	0.01243	0.533	0.734	0.059	0.061	1.01E-04	1.77E-04	-7.76E-05	-7.73E-05
8	0	Surface	0.01348	0	13.981	1.379	9.799	-1.54E-05	2.24E-05	-1.54E-05	9.25E-06
8	4		0.01294	0.134	6.333	-1.943	-0.197	-2.86E-06	1.57E-05	-9.09E-06	-1.04E-05
8	12	Bottom of AC surface	0.01284	0.445	1.262	-1.652	-0.737	2.62E-05	5.51E-05	-4.82E-05	-5.14E-05
8	20		0.01245	0.527	0.631	-1.228	-0.37	6.04E-05	6.85E-05	-7.59E-05	-7.97E-05
8	20.01	Bottom of Aggregate course	0.01245	0.527	0.727	0.059	0.065	9.93E-05	1.75E-04	-7.75E-05	-7.97E-05
9	0	Surface	0.0134	0	13.275	1.29	9.315	-1.47E-05	2.13E-05	-1.47E-05	6.99E-06
9	4		0.01285	0.122	6.025	-1.754	-0.193	-2.81E-06	1.49E-05	-8.43E-06	-1.23E-05
9	12	Bottom of AC surface	0.01276	0.423	1.225	-1.569	-0.682	2.44E-05	5.29E-05	-4.62E-05	-5.70E-05
9	20	Bottom of Aggregate course	0.01239	0.509	0.616	-1.17	-0.323	5.72E-05	6.55E-05	-7.32E-05	-8.68E-05
9	20.01	Top of subgrade	0.01239	0.509	0.708	0.058	0.07	9.41E-05	1.69E-04	-7.60E-05	-8.68E-05

Fuente: Elaboración propia.

Diagramas del Análisis de la propuesta del tramo 1 con eje Simple Rueda Doble

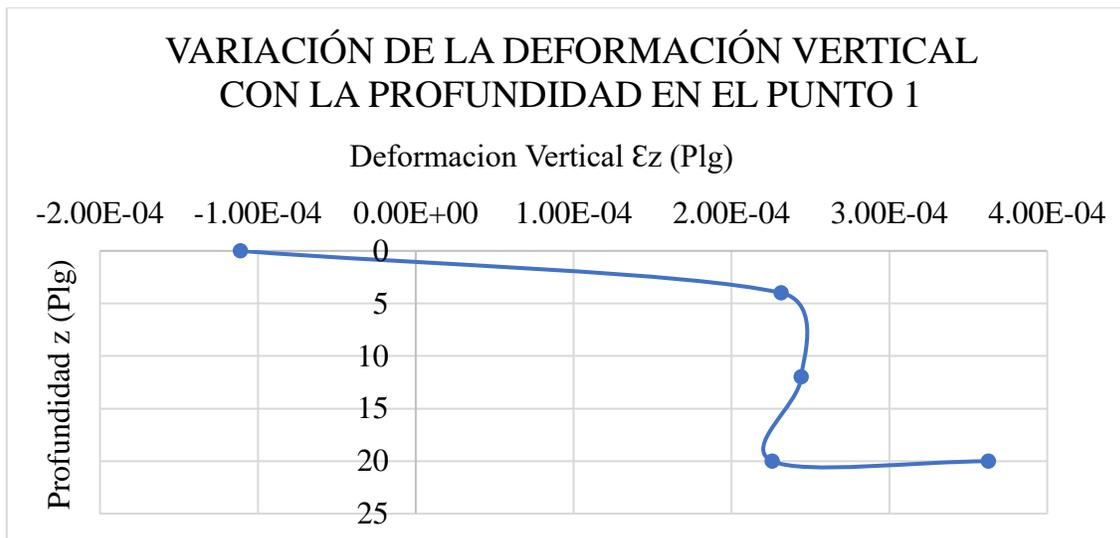


Figura 26: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1 de la propuesta del tramo 1 con eje Simple Rueda Doble
Fuente: Elaboración propia.

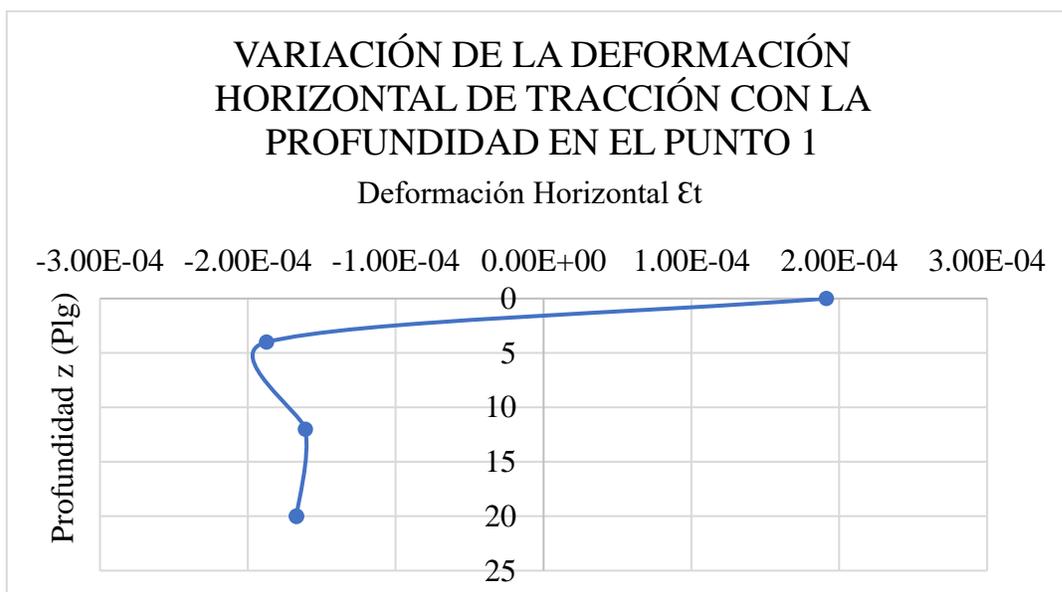


Figura 27: Variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Simple Rueda Doble
Fuente: Elaboración propia.

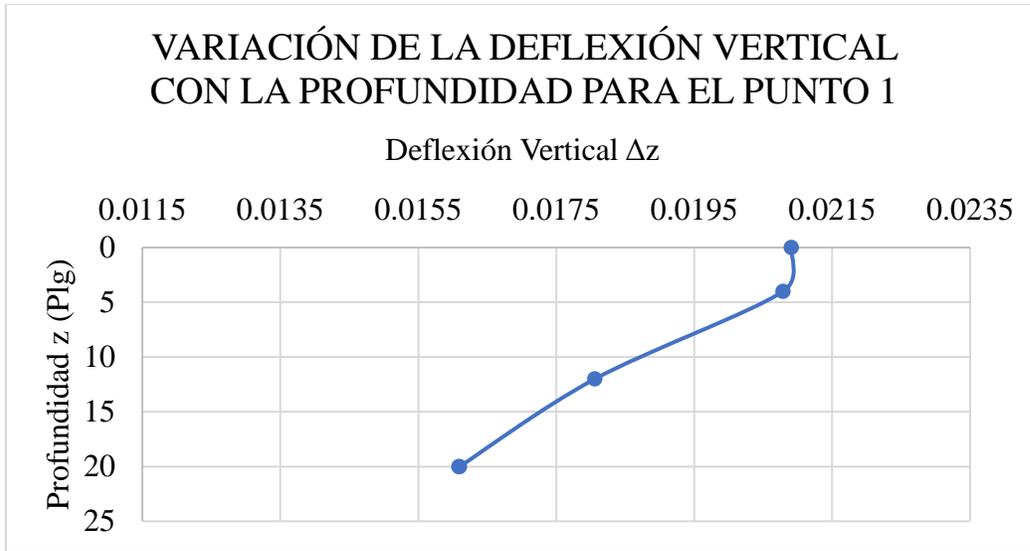


Figura 28: Variación de la deflexión vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Simple Rueda Doble.

Fuente: Elaboración propia.

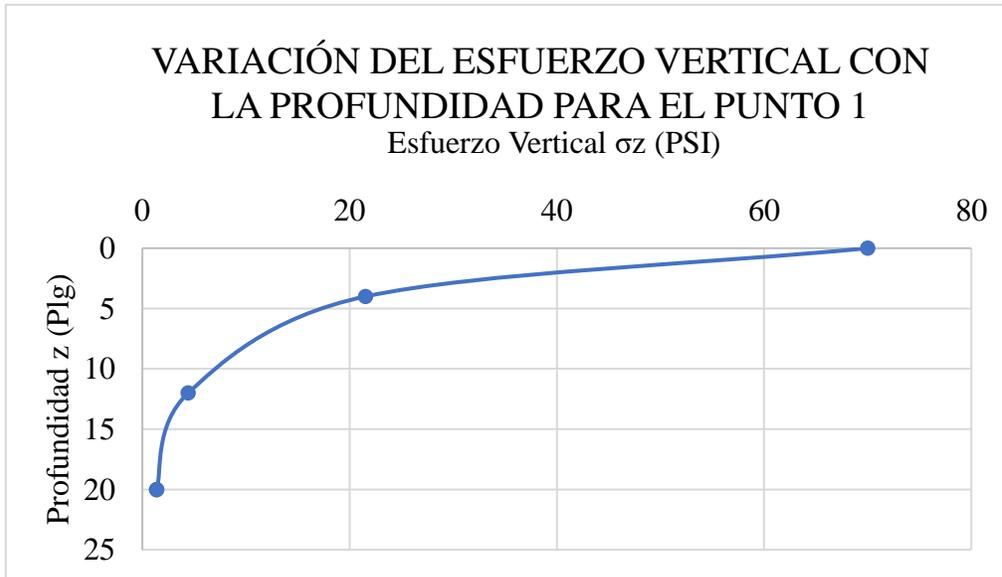


Figura 29: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Simple Rueda Doble

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 35: Análisis de la propuesta del tramo 1 con eje Tándem.

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
1	0	Surface	0.0298	70	173.671	69.889	169.542	-1.12E-04	2.00E-04	-1.12E-04	1.87E-04
1	4		0.02967	21.572	21.573	-117.927	-116.356	2.30E-04	2.30E-04	-1.88E-04	-1.88E-04
1	12		0.02694	4.563	4.568	-7.255	-6.477	2.46E-04	2.46E-04	-1.73E-04	-1.73E-04
1	20	Bottom of Aggregate course	0.02492	1.562	1.566	-3.872	-3.296	2.34E-04	2.35E-04	-1.88E-04	-1.88E-04
1	20.04	Top of subgrade	0.02491	1.559	1.573	0.064	0.169	3.77E-04	3.82E-04	-1.88E-04	-1.88E-04
2	0	Surface	0.02908	70	125.225	40.246	120.793	-1.02E-04	1.53E-04	-1.02E-04	1.40E-04
2	4		0.02909	16.902	17.274	-93.33	-78.928	1.71E-04	1.72E-04	-1.59E-04	-1.60E-04
2	12		0.02681	4.155	4.28	-6.594	-6.096	2.25E-04	2.29E-04	-1.57E-04	-1.53E-04
2	20	Bottom of Aggregate course	0.02491	1.52	1.528	-3.666	-3.19	2.25E-04	2.26E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
2	20.04	Top of subgrade	0.02489	1.516	1.544	0.072	0.171	3.63E-04	3.74E-04	-1.82E-04	-1.77E-04
3	0	Surface	0.02775	0	73.623	16.23	65.965	-7.25E-05	9.97E-05	-7.25E-05	7.63E-05
3	4		0.02765	7.86	10.149	-44.839	-10.151	5.85E-05	6.53E-05	-9.96E-05	-9.97E-05
3	12	Bottom of AC surface	0.02626	3.208	3.613	-5.192	-5.082	1.75E-04	1.89E-04	-1.23E-04	-1.24E-04
3	20	Bottom of Aggregate course	0.02464	1.404	1.424	-3.153	-2.887	2.02E-04	2.04E-04	-1.52E-04	-1.55E-04
3	20.04	Top of subgrade	0.02463	1.401	1.469	0.086	0.176	3.26E-04	3.52E-04	-1.70E-04	-1.55E-04
4	0	Surface	0.0289	0	73.693	13.547	55.257	-7.02E-05	1.10E-04	-7.02E-05	5.49E-05
4	4		0.02799	5.729	10.683	-34.724	0.35	3.56E-05	5.05E-05	-8.58E-05	-8.58E-05
4	12	Bottom of AC surface	0.02685	2.889	3.239	-5.765	-3.678	1.60E-04	1.72E-04	-1.47E-04	-1.47E-04
4	20	Bottom of Aggregate course	0.02529	1.428	1.431	-3.505	-2.417	2.01E-04	2.02E-04	-1.82E-04	-1.82E-04
4	20.04	Top of subgrade	0.02527	1.426	1.437	0.083	0.296	3.26E-04	3.30E-04	-1.82E-04	-1.82E-04
5	0	Surface	0.02869	0	66.326	11.567	49.948	-6.47E-05	9.96E-05	-6.47E-05	3.71E-05
5	4		0.02779	4.826	11.705	-29.229	1.399	2.70E-05	4.77E-05	-7.52E-05	-1.06E-04
5	12	Bottom of AC surface	0.02678	2.687	3.093	-5.416	-3.485	1.49E-04	1.63E-04	-1.39E-04	-1.48E-04
5	20	Bottom of Aggregate course	0.02529	1.396	1.402	-3.347	-2.343	1.95E-04	1.95E-04	-1.74E-04	-1.76E-04
5	20.04	Top of subgrade	0.02527	1.394	1.415	0.091	0.295	3.15E-04	3.23E-04	-1.77E-04	-1.76E-04
6	0	Surface	0.0281	0	53.235	8.23	39.909	-5.42E-05	8.09E-05	-5.42E-05	2.17E-05
6	4		0.02712	3.093	13.638	-18.848	1.48	1.22E-05	4.38E-05	-5.36E-05	-9.78E-05
6	12	Bottom of AC surface	0.02638	2.2	2.738	-4.574	-3.014	1.23E-04	1.42E-04	-1.18E-04	-1.38E-04
6	20	Bottom of Aggregate course	0.02506	1.308	1.323	-2.94	-2.145	1.77E-04	1.79E-04	-1.53E-04	-1.59E-04
6	20.04	Top of subgrade	0.02505	1.306	1.358	0.104	0.292	2.88E-04	3.07E-04	-1.66E-04	-1.59E-04
7	0	Surface	0.027	0	30.084	3.074	20.455	-3.25E-05	4.86E-05	-3.25E-05	1.97E-05
7	4		0.02587	0.276	12.213	-4.024	0.276	-5.76E-06	3.01E-05	-1.87E-05	-1.87E-05
7	12	Bottom of AC surface	0.02565	0.906	0.906	-3.378	0.138	5.36E-05	5.36E-05	-9.83E-05	-9.83E-05
7	20	Bottom of Aggregate course	0.02485	1.066	1.066	-2.509	-0.563	1.23E-04	1.23E-04	-1.55E-04	-1.55E-04
7	20.04	Top of subgrade	0.02485	1.066	1.066	0.121	0.52	2.02E-04	2.02E-04	-1.54E-04	-1.54E-04
8	0	Surface	0.02695	0	27.825	2.757	19.736	-3.09E-05	4.43E-05	-3.09E-05	2.01E-05
8	4		0.02589	0.268	11.697	-3.622	0.312	-5.72E-06	2.86E-05	-1.74E-05	-1.73E-05
8	12	Bottom of AC surface	0.02568	0.89	0.909	-3.257	0.095	5.23E-05	5.30E-05	-9.48E-05	-9.42E-05
8	20		0.02489	1.054	1.055	-2.422	-0.568	1.21E-04	1.21E-04	-1.49E-04	-1.49E-04
8	20.04		0.02488	1.053	1.059	0.128	0.513	1.99E-04	2.01E-04	-1.51E-04	-1.49E-04
9	0	Surface	0.02679	0	25.853	2.58	19.327	-2.94E-05	4.04E-05	-2.94E-05	2.08E-05
9	4		0.02571	0.245	10.329	-2.617	0.444	-5.61E-06	2.46E-05	-1.42E-05	-1.36E-05
9	12	Bottom of AC surface	0.02552	0.846	0.915	-2.949	-0.02	4.89E-05	5.13E-05	-8.57E-05	-8.33E-05
9	20	Bottom of Aggregate course	0.02477	1.018	1.025	-2.197	-0.581	1.14E-04	1.15E-04	-1.35E-04	-1.35E-04
9	20.04	Top of subgrade	0.02477	1.018	1.042	0.138	0.492	1.88E-04	1.98E-04	-1.44E-04	-1.35E-04

Fuente: Elaboración propia.

Diagramas del Análisis de la propuesta del tramo 1 con eje Tándem

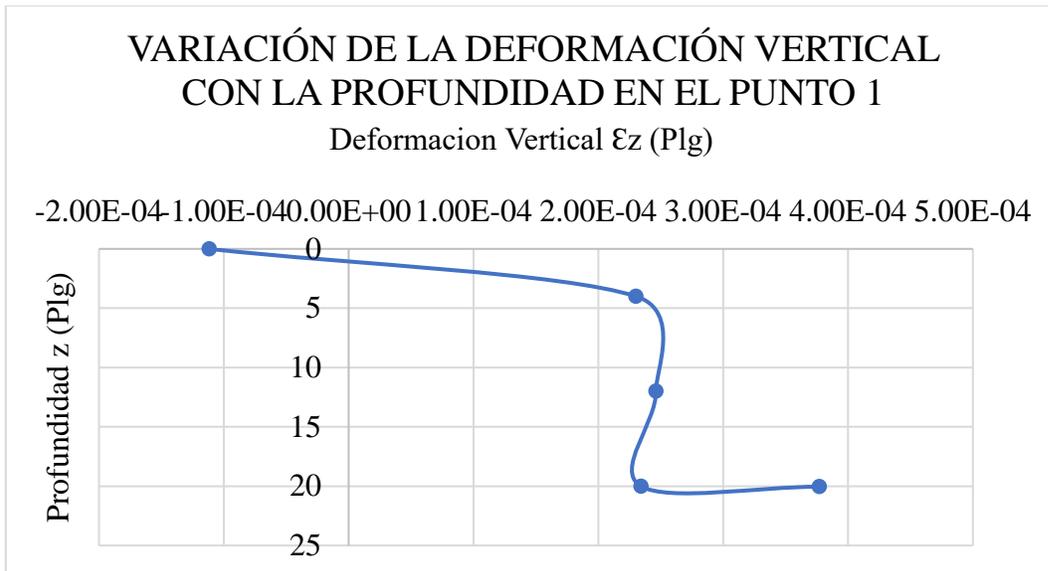


Figura 30: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Tándem.

Fuente: Elaboración propia.

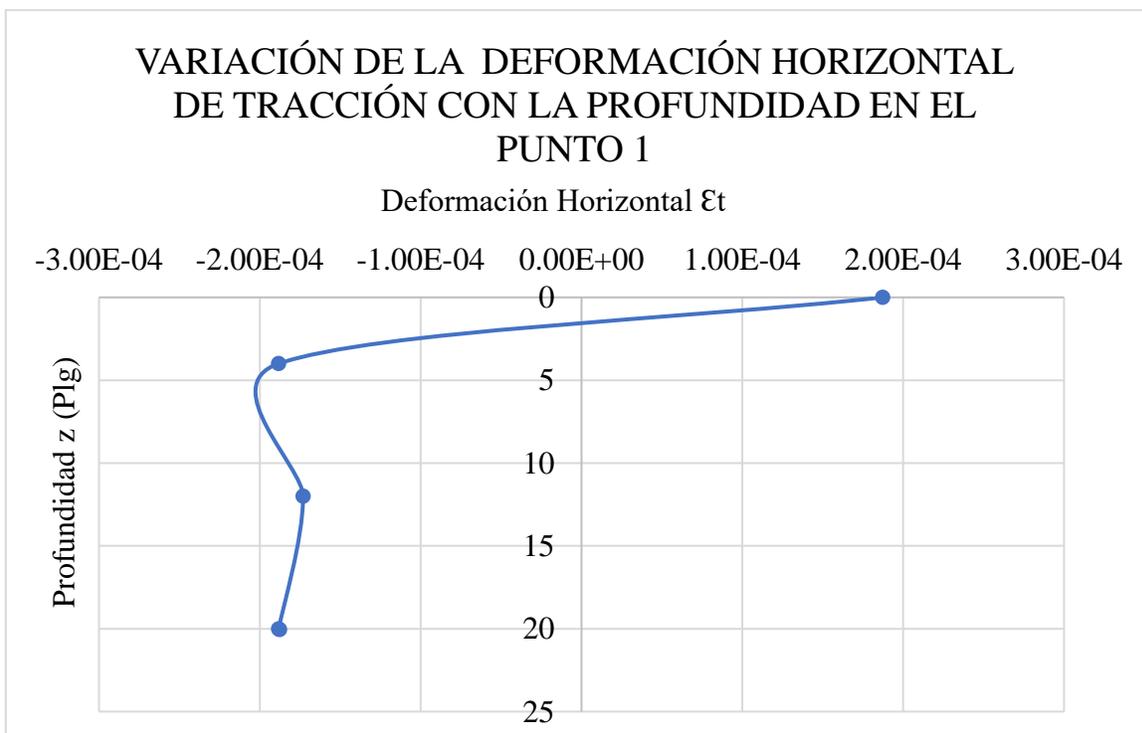


Figura 31: Variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Tándem.

Fuente: Elaboración propia.

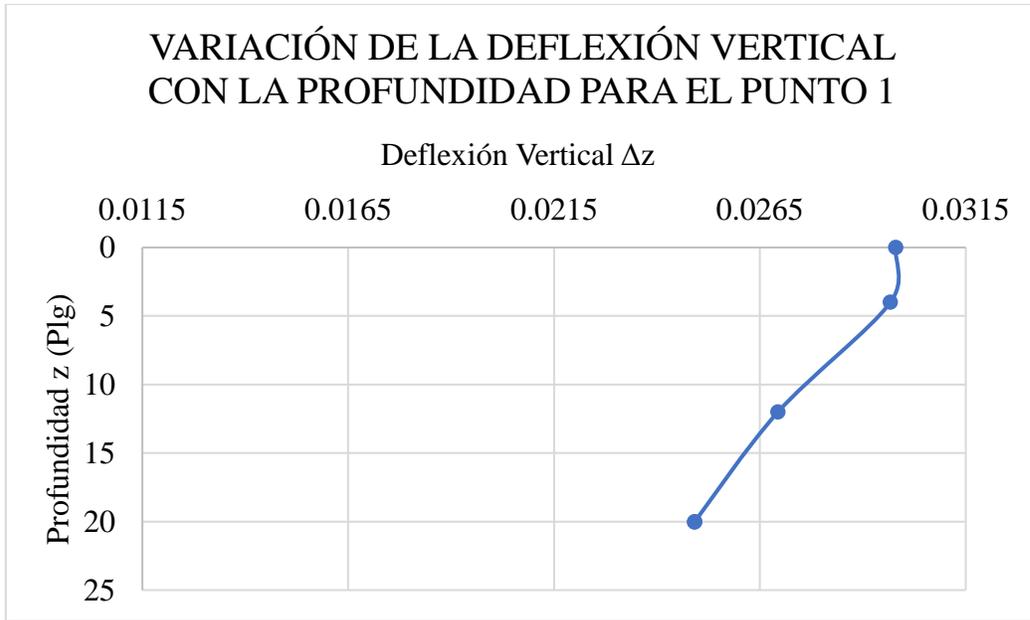


Figura 32: Variación de la deflexión vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Tándem
Fuente: Elaboración propia.

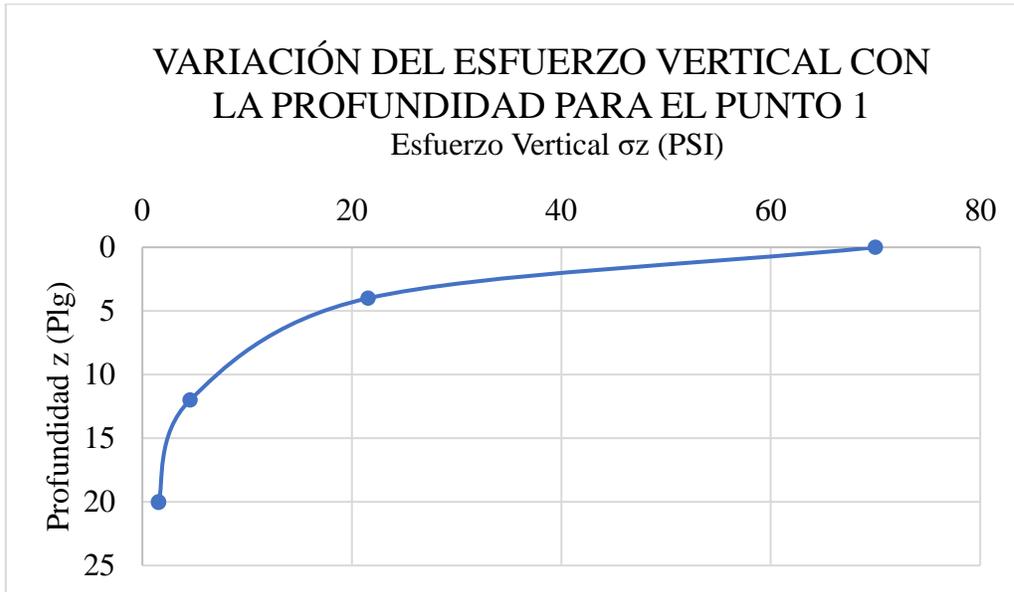


Figura 33: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Tándem.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 36: Análisis de la propuesta del tramo 1 con eje Trídem.

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
1	0	Surface	0.03496	70	174.311	69.979	168.643	-1.11E-04	2.02E-04	-1.11E-04	1.85E-04
1	4		0.03481	21.573	21.573	-117.718	-116.069	2.30E-04	2.30E-04	-1.88E-04	-1.88E-04
1	12		0.03209	4.572	4.578	-7.252	-6.214	2.44E-04	2.44E-04	-1.76E-04	-1.76E-04
1	20	Bottom of Aggregate course	0.0301	1.577	1.583	-3.875	-3.078	2.31E-04	2.31E-04	-1.93E-04	-1.93E-04
1	20.01	Top of subgrade	0.03009	1.576	1.596	0.079	0.224	3.73E-04	3.80E-04	-1.93E-04	-1.93E-04
2	0	Surface	0.03427	70	124.343	40.339	121.421	-1.02E-04	1.51E-04	-1.02E-04	1.42E-04
2	4		0.03426	16.903	17.276	-93.045	-78.719	1.71E-04	1.72E-04	-1.59E-04	-1.59E-04
2	12		0.03199	4.164	4.29	-6.588	-5.835	2.23E-04	2.27E-04	-1.59E-04	-1.55E-04
2	20	Bottom of Aggregate course	0.03011	1.535	1.544	-3.665	-2.973	2.22E-04	2.23E-04	-1.82E-04	-1.82E-04
2	20.01	Top of subgrade	0.03011	1.534	1.568	0.088	0.227	3.59E-04	3.71E-04	-1.88E-04	-1.82E-04
3	0	Surface	0.03294	0	72.346	16.228	66.111	-7.16E-05	9.67E-05	-7.16E-05	7.77E-05
3	4		0.03285	7.861	10.177	-44.556	-9.967	5.81E-05	6.50E-05	-9.92E-05	-9.92E-05
3	12	Bottom of AC surface	0.03147	3.217	3.623	-5.104	-4.901	1.73E-04	1.87E-04	-1.22E-04	-1.19E-04
3	20	Bottom of Aggregate course	0.02987	1.419	1.441	-3.141	-2.679	1.98E-04	2.00E-04	-1.56E-04	-1.57E-04
3	20.01	Top of subgrade	0.02987	1.418	1.493	0.102	0.232	3.21E-04	3.50E-04	-1.76E-04	-1.57E-04
4	0	Surface	0.03443	0	73.955	13.544	53.771	-6.92E-05	1.12E-04	-6.92E-05	5.14E-05
4	4		0.03353	5.732	10.861	-34.497	0.551	3.52E-05	5.05E-05	-8.55E-05	-8.55E-05
4	12	Bottom of AC surface	0.0324	2.904	3.259	-5.773	-3.376	1.57E-04	1.70E-04	-1.51E-04	-1.51E-04
4	20	Bottom of Aggregate course	0.03086	1.452	1.454	-3.518	-2.161	1.98E-04	1.98E-04	-1.88E-04	-1.88E-04
4	20.01	Top of subgrade	0.03086	1.451	1.457	0.103	0.377	3.21E-04	3.23E-04	-1.88E-04	-1.88E-04
5	0	Surface	0.03425	0	66.433	11.564	48.603	-6.38E-05	1.01E-04	-6.38E-05	3.44E-05
5	4		0.03336	4.829	11.93	-28.966	1.516	2.66E-05	4.79E-05	-7.48E-05	-1.05E-04
5	12	Bottom of AC surface	0.03236	2.702	3.115	-5.419	-3.187	1.46E-04	1.61E-04	-1.42E-04	-1.50E-04
5	20	Bottom of Aggregate course	0.03089	1.42	1.424	-3.357	-2.087	1.91E-04	1.92E-04	-1.80E-04	-1.82E-04
5	20.01	Top of subgrade	0.03089	1.419	1.435	0.111	0.376	3.11E-04	3.17E-04	-1.83E-04	-1.82E-04
6	0	Surface	0.03369	0	52.903	8.227	38.989	-5.32E-05	8.08E-05	-5.32E-05	2.01E-05
6	4		0.03272	3.096	13.888	-18.536	1.523	1.17E-05	4.41E-05	-5.32E-05	-9.72E-05
6	12	Bottom of AC surface	0.03199	2.215	2.758	-4.549	-2.74	1.20E-04	1.40E-04	-1.20E-04	-1.38E-04
6	20	Bottom of Aggregate course	0.0307	1.331	1.345	-2.94	-1.896	1.74E-04	1.75E-04	-1.58E-04	-1.63E-04
6	20.01	Top of subgrade	0.03069	1.331	1.379	0.125	0.373	2.83E-04	3.01E-04	-1.73E-04	-1.63E-04
7	0	Surface	0.03349	0	30.093	2.72	16.683	-3.03E-05	5.18E-05	-3.03E-05	1.15E-05
7	4		0.03243	0.285	12.879	-3.765	0.285	-6.46E-06	3.13E-05	-1.86E-05	-1.86E-05
7	12	Bottom of AC surface	0.03222	0.943	0.953	-3.443	0.537	5.14E-05	5.18E-05	-1.04E-04	-1.04E-04
7	20	Bottom of Aggregate course	0.03144	1.121	1.123	-2.568	-0.236	1.21E-04	1.21E-04	-1.66E-04	-1.66E-04
7	20.01	Top of subgrade	0.03143	1.12	1.128	0.153	0.626	2.00E-04	2.03E-04	-1.66E-04	-1.66E-04
8	0	Surface	0.03348	0	27.808	2.404	15.974	-2.87E-05	4.75E-05	-2.87E-05	1.20E-05
8	4		0.03248	0.276	12.362	-3.365	0.325	-6.42E-06	2.98E-05	-1.74E-05	-1.72E-05
8	12	Bottom of AC surface	0.03228	0.927	0.954	-3.319	0.494	5.01E-05	5.10E-05	-1.01E-04	-9.98E-05
8	20		0.03151	1.108	1.112	-2.476	-0.242	1.18E-04	1.19E-04	-1.60E-04	-1.60E-04
8	20.01		0.03151	1.108	1.121	0.161	0.619	1.96E-04	2.00E-04	-1.62E-04	-1.60E-04
9	0	Surface	0.03335	0	25.792	2.229	15.595	-2.72E-05	4.35E-05	-2.72E-05	1.28E-05
9	4		0.03233	0.253	10.988	-2.376	0.477	-6.31E-06	2.59E-05	-1.42E-05	-1.35E-05
9	12	Bottom of AC surface	0.03215	0.883	0.959	-3.003	0.378	4.66E-05	4.93E-05	-9.12E-05	-8.87E-05
9	20	Bottom of Aggregate course	0.03142	1.072	1.081	-2.245	-0.257	1.12E-04	1.13E-04	-1.46E-04	-1.45E-04
9	20.01	Top of subgrade	0.03142	1.072	1.104	0.172	0.598	1.85E-04	1.97E-04	-1.55E-04	-1.45E-04

Fuente: Elaboración propia.

Diagramas del Análisis de la propuesta del tramo 1 con eje Trídem

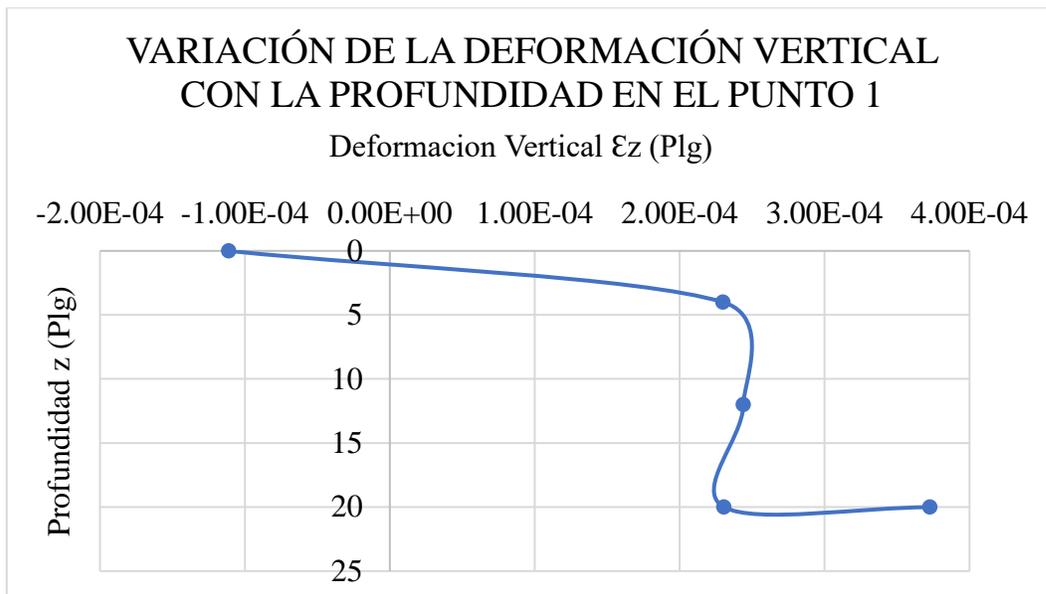


Figura 34 variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Trídem

Fuente: Elaboración propia.

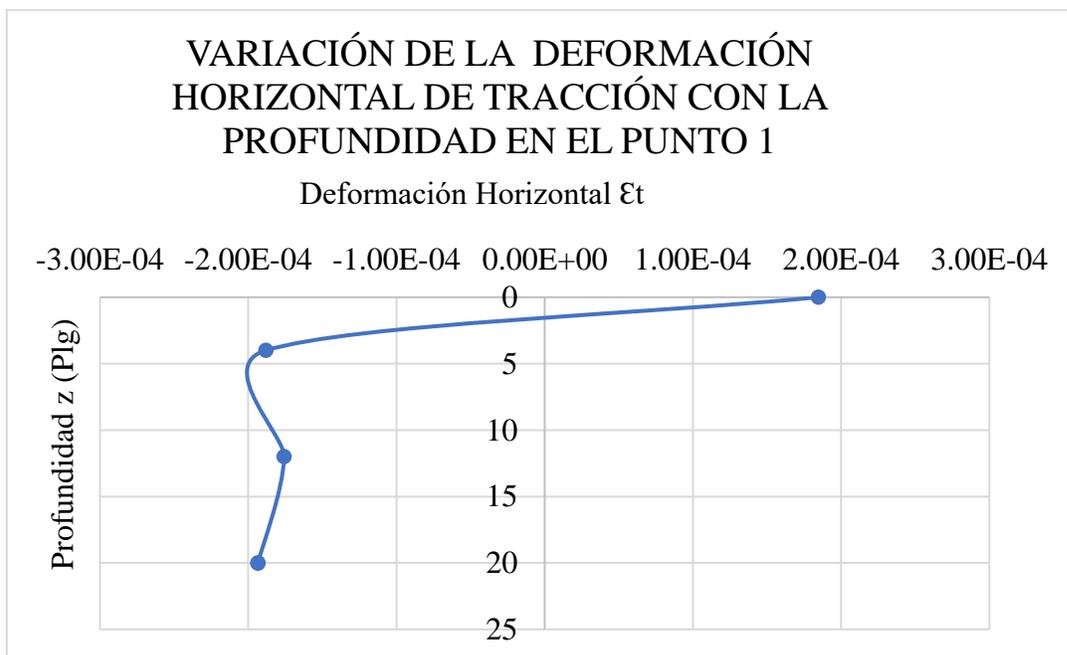


Figura 35 variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Trídem

Fuente: Elaboración propia.

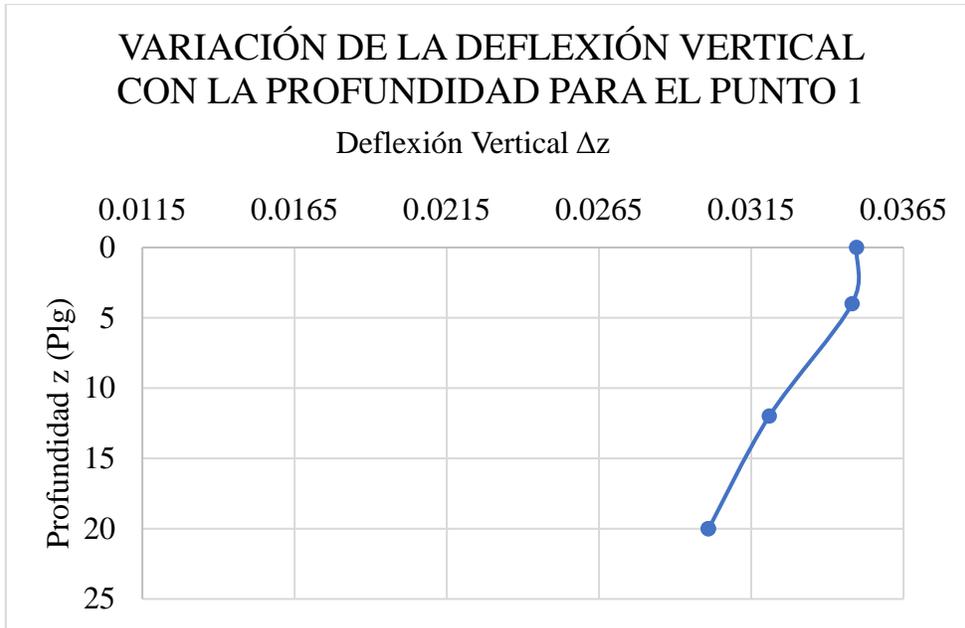


Figura 36: Variación de la deflexión vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Trídem.
Fuente: Elaboración propia.

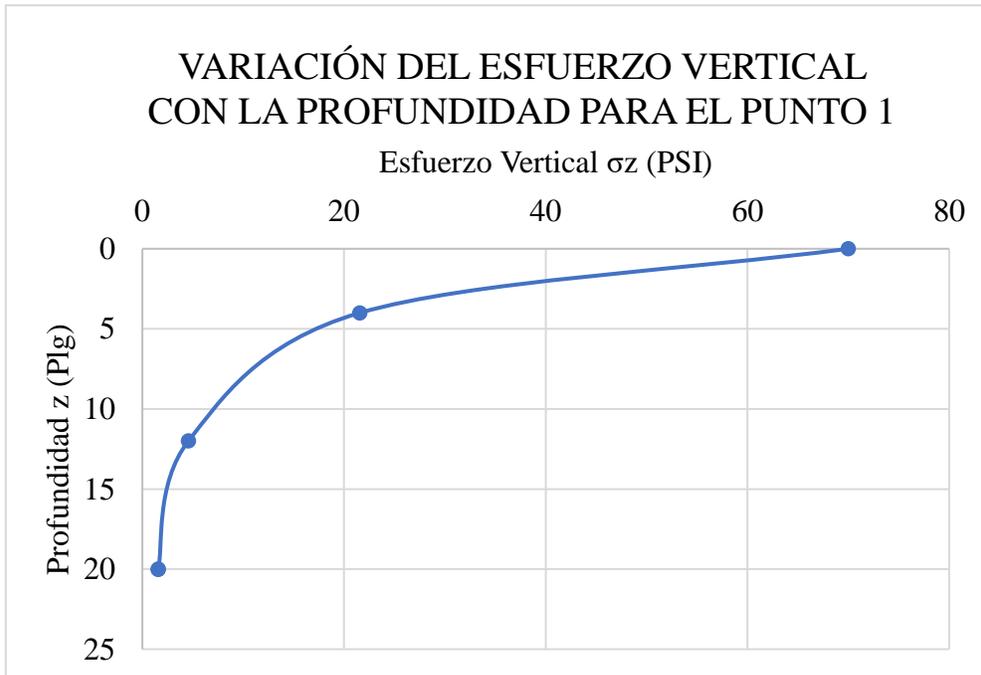


Figura 37: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 1 con eje Trídem
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 37: Análisis de la propuesta del tramo 2 con eje Simple de Rueda doble.

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
1	0	Surface	0.02262	70	70.002	63.845	64	6.77E-04	6.77E-04	4.54E-04	4.56E-04
1	8	Bottom of AC surface	0.01466	21.977	21.977	-0.175	-0.164	5.92E-04	5.92E-04	-2.09E-04	-2.09E-04
1	16	Bottom of Aggregate course	0.01179	4.387	4.387	-9.155	-9.13	2.89E-04	2.89E-04	-2.01E-04	-2.01E-04
1	16.03	Top of subgrade	0.01178	4.375	4.375	0.318	0.324	4.56E-04	4.56E-04	-2.00E-04	-2.00E-04
1	16.08		0.01176	4.354	4.354	0.316	0.322	4.54E-04	4.54E-04	-1.99E-04	-1.99E-04
2	0	Surface	0.01941	70	52.491	45.641	52.057	4.90E-04	4.90E-04	2.43E-04	2.43E-04
2	8		0.01396	17.093	19.33	-0.921	-0.217	4.48E-04	5.29E-04	-2.04E-04	-1.79E-04
2	16	Bottom of Aggregate course	0.01155	4.079	4.113	-8.498	-7.996	2.64E-04	2.65E-04	-1.91E-04	-1.91E-04
2	16.03	Top of subgrade	0.01154	4.068	4.179	0.315	0.324	4.16E-04	4.34E-04	-1.91E-04	-1.91E-04
2	16.08		0.01152	4.051	4.16	0.313	0.322	4.14E-04	4.32E-04	-1.90E-04	-1.90E-04
3	0	Surface	0.0128	0	8.136	-2.566	-1.113	-8.21E-05	2.53E-04	-1.35E-04	-1.35E-04
3	8	Bottom of AC surface	0.01236	8.181	13.408	-1.874	-0.207	1.90E-04	3.79E-04	-1.74E-04	-1.14E-04
3	16	Bottom of Aggregate course	0.01088	3.333	3.454	-6.899	-5.381	2.03E-04	2.08E-04	-1.67E-04	-1.67E-04
3	16.03	Top of subgrade	0.01087	3.326	3.675	0.306	0.322	3.22E-04	3.78E-04	-1.67E-04	-1.67E-04
3	16.08		0.01085	3.315	3.661	0.305	0.32	3.21E-04	3.77E-04	-1.66E-04	-1.66E-04
4	0	Surface	0.01156	0	5.107	-3.059	-2.902	-9.70E-05	1.93E-04	-1.03E-04	-1.03E-04
4	8	Bottom of AC surface	0.01168	5.68	11.23	-1.981	-0.178	1.20E-04	3.21E-04	-1.57E-04	-9.16E-05
4	16	Bottom of Aggregate course	0.0105	3.017	3.177	-6.193	-4.372	1.79E-04	1.84E-04	-1.55E-04	-1.55E-04
4	16.03	Top of subgrade	0.01049	3.012	3.447	0.307	0.313	2.83E-04	3.53E-04	-1.55E-04	-1.55E-04
4	16.08		0.01048	3.004	3.435	0.305	0.311	2.82E-04	3.52E-04	-1.54E-04	-1.54E-04
5	0	Surface	0.01112	0	4.561	-2.741	-2.523	-9.26E-05	1.72E-04	-9.26E-05	-1.61E-04
5	8	Bottom of AC surface	0.01137	4.6	10.139	-1.99	-0.15	9.14E-05	2.92E-04	-1.47E-04	-1.20E-04
5	16	Bottom of Aggregate course	0.01034	2.846	3.027	-5.823	-3.825	1.65E-04	1.72E-04	-1.49E-04	-1.72E-04
5	16.03	Top of subgrade	0.01033	2.841	3.318	0.303	0.313	2.62E-04	3.39E-04	-1.48E-04	-1.72E-04
5	16.08		0.01032	2.834	3.307	0.302	0.312	2.62E-04	3.38E-04	-1.48E-04	-1.71E-04
6	0	Surface	0.01033	0	5.295	0.117	0.828	-5.43E-05	1.33E-04	-5.43E-05	-1.08E-04
6	8	Bottom of AC surface	0.01059	2.612	7.704	-1.88	-0.072	4.05E-05	2.25E-04	-1.22E-04	-1.15E-04
6	16	Bottom of Aggregate course	0.00986	2.418	2.659	-4.899	-2.537	1.32E-04	1.41E-04	-1.33E-04	-1.79E-04
6	16.03	Top of subgrade	0.00985	2.415	2.98	0.294	0.31	2.11E-04	3.02E-04	-1.32E-04	-1.78E-04
6	16.08		0.00984	2.411	2.972	0.292	0.309	2.11E-04	3.01E-04	-1.32E-04	-1.78E-04
7	0	Surface	0.00661	0	1.759	-0.138	0.245	-8.65E-06	4.61E-05	-2.25E-05	-2.25E-05
7	8	Bottom of AC surface	0.00665	0.269	1.355	-0.406	0.154	-6.28E-07	3.87E-05	-2.50E-05	-4.79E-06
7	16	Bottom of Aggregate course	0.00657	0.673	1.502	-1.133	0.371	1.74E-05	4.74E-05	-4.79E-05	-4.79E-05
7	16.03	Top of subgrade	0.00657	0.674	1.196	0.194	0.196	2.93E-05	1.14E-04	-4.82E-05	-4.80E-05
7	16.08		0.00657	0.674	1.196	0.193	0.195	2.95E-05	1.14E-04	-4.83E-05	-4.80E-05
8	0	Surface	0.00659	0	1.72	-0.156	0.24	-8.23E-06	4.53E-05	-2.26E-05	-2.62E-05
8	8	Bottom of AC surface	0.00663	0.264	1.323	-0.392	0.153	-6.10E-07	3.77E-05	-2.44E-05	-5.64E-06
8	16	Bottom of Aggregate course	0.00655	0.659	1.494	-1.102	0.369	1.67E-05	4.69E-05	-4.70E-05	-5.15E-05
8	16.03	Top of subgrade	0.00655	0.66	1.178	0.192	0.195	2.82E-05	1.12E-04	-4.75E-05	-5.15E-05
8	16.08		0.00655	0.66	1.178	0.191	0.194	2.84E-05	1.12E-04	-4.76E-05	-5.16E-05
9	0	Surface	0.0065	0	1.762	-0.116	0.369	-5.56E-06	4.49E-05	-2.31E-05	-3.49E-05
9	8	Bottom of AC surface	0.00652	0.251	1.231	-0.356	0.152	-5.62E-07	3.49E-05	-2.25E-05	-7.06E-06
9	16	Bottom of Aggregate course	0.00646	0.62	1.474	-1.021	0.363	1.48E-05	4.57E-05	-4.46E-05	-5.87E-05
9	16.03	Top of subgrade	0.00645	0.62	1.126	0.184	0.19	2.51E-05	1.07E-04	-4.55E-05	-5.88E-05
9	16.08		0.00645	0.621	1.126	0.183	0.189	2.52E-05	1.07E-04	-4.56E-05	-5.88E-05

Fuente: Elaboración propia.

Diagramas del Análisis de la propuesta del tramo 2 con eje Simple Rueda Doble



Figura 38: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Simple de Rueda doble.

Fuente: Elaboración propia.

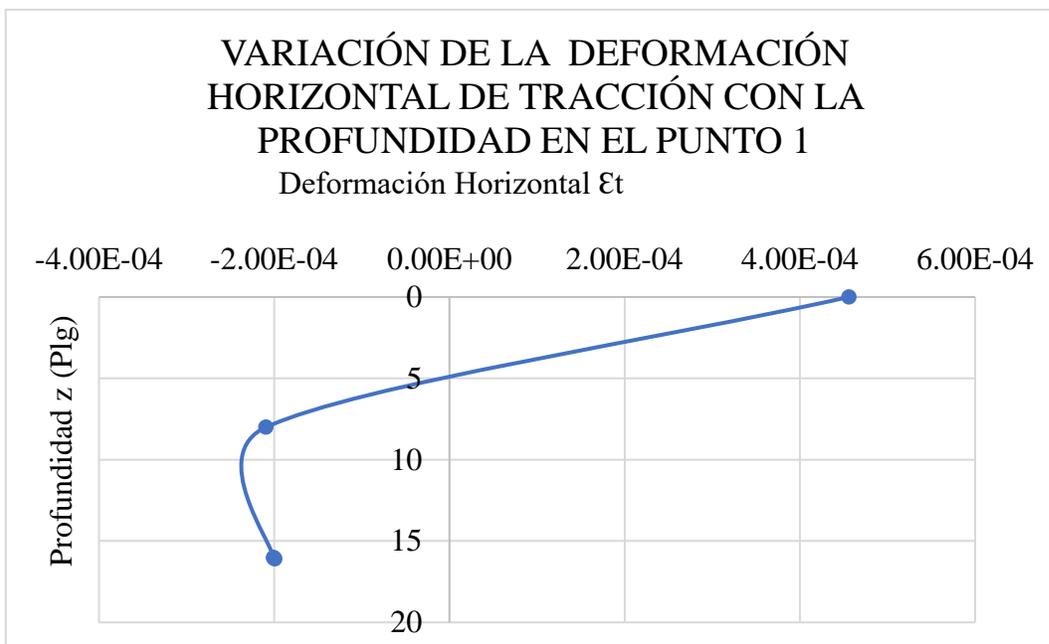


Figura 39: Variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Simple de Rueda doble.

Fuente: Elaboración propia.

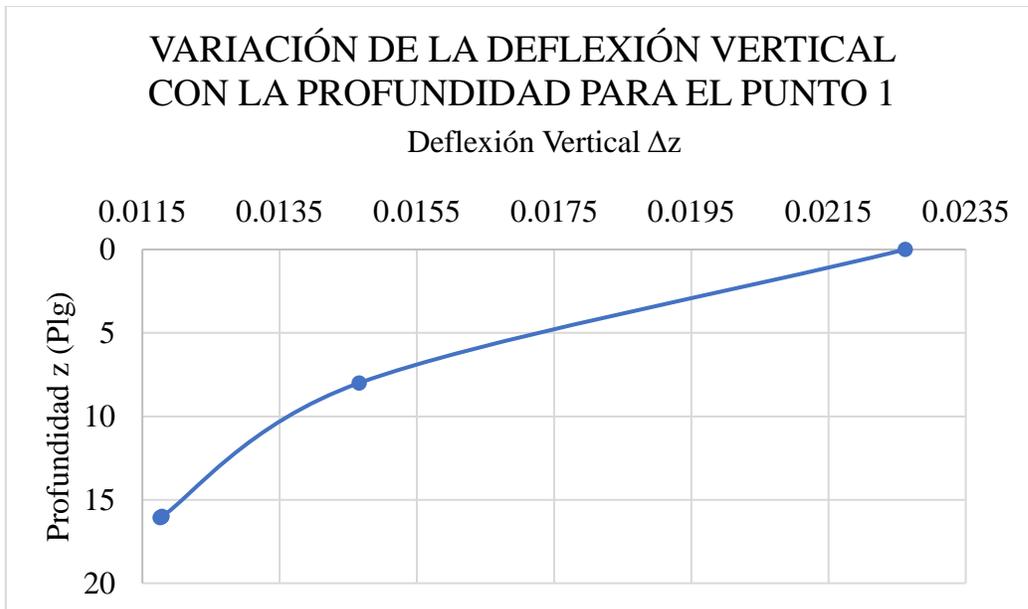


Figura 40: Variación de la deflexión vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Simple de Rueda doble.
Fuente: Elaboración propia.

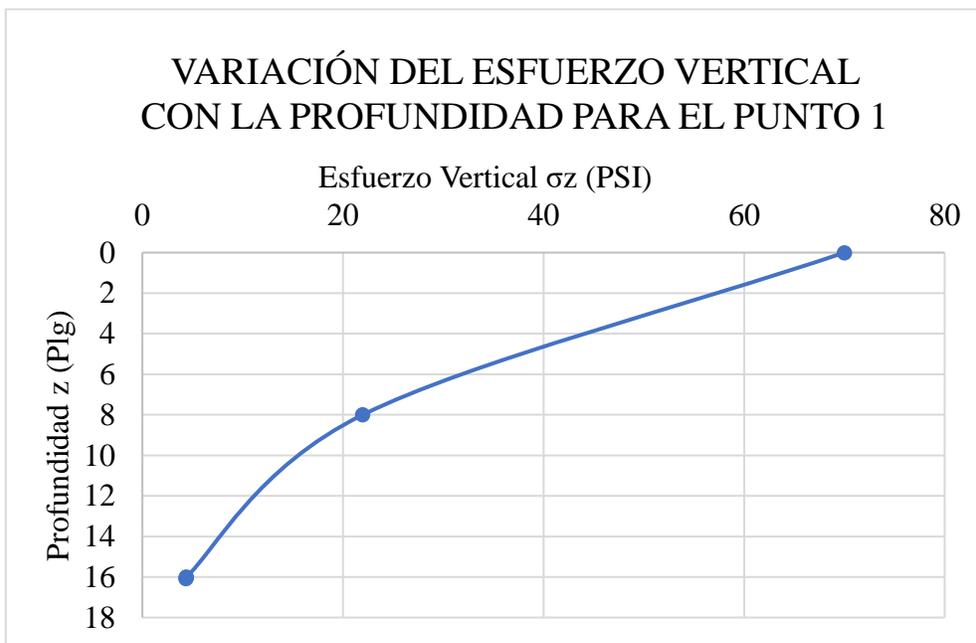


Figura 41: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Simple de Rueda doble.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 38: Análisis de la propuesta del tramo 2 con eje Tándem

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
1	0	Surface	0.01623	70	181.804	90.933	178.937	-7.85E-05	1.94E-04	-7.85E-05	1.86E-04
1	4	Bottom of AC surface	0.01587	22.568	22.568	-110.662	-109.989	2.22E-04	2.22E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
1	20	Bottom of Aggregate course	0.01192	2.171	2.174	-4.712	-4.065	1.41E-04	1.41E-04	-1.09E-04	-1.09E-04
1	20.03	Top of subgrade	0.01191	2.167	2.177	0.126	0.261	2.22E-04	2.23E-04	-1.08E-04	-1.08E-04
1	20.08		0.0119	2.16	2.17	0.125	0.261	2.21E-04	2.23E-04	-1.08E-04	-1.08E-04
2	0	Surface	0.01541	70	124.579	48.454	115.292	-7.89E-05	1.50E-04	-7.89E-05	1.22E-04
2	4		0.01527	17.836	18.17	-87.066	-71.8	1.63E-04	1.64E-04	-1.52E-04	-1.52E-04
2	20	Bottom of Aggregate course	0.01187	2.097	2.108	-4.421	-3.909	1.34E-04	1.35E-04	-1.02E-04	-1.02E-04
2	20.03	Top of subgrade	0.01187	2.093	2.129	0.13	0.26	2.12E-04	2.18E-04	-1.05E-04	-1.01E-04
2	20.08		0.01186	2.087	2.122	0.13	0.26	2.11E-04	2.17E-04	-1.05E-04	-1.01E-04
3	0	Surface	0.01407	0	67.35	17.708	52.143	-5.36E-05	9.53E-05	-5.36E-05	4.97E-05
3	4	Bottom of AC surface	0.01392	8.603	11.126	-38.973	-3.982	5.06E-05	5.81E-05	-9.22E-05	-9.22E-05
3	20	Bottom of Aggregate course	0.01166	1.896	1.93	-3.694	-3.468	1.18E-04	1.19E-04	-8.46E-05	-8.64E-05
3	20.03	Top of subgrade	0.01165	1.893	1.998	0.135	0.256	1.86E-04	2.03E-04	-9.80E-05	-8.63E-05
3	20.08		0.01164	1.888	1.993	0.135	0.256	1.86E-04	2.03E-04	-9.78E-05	-8.61E-05
4	0	Surface	0.01409	0	57.726	13.023	38.438	-4.59E-05	8.83E-05	-4.59E-05	3.04E-05
4	4	Bottom of AC surface	0.01387	6.353	13.305	-27.996	3.422	2.78E-05	4.87E-05	-7.52E-05	-7.52E-05
4	20	Bottom of Aggregate course	0.01195	1.882	1.897	-4.09	-2.677	1.14E-04	1.14E-04	-1.02E-04	-1.02E-04
4	20.03	Top of subgrade	0.01195	1.88	1.924	0.133	0.408	1.80E-04	1.87E-04	-1.02E-04	-1.02E-04
4	20.08		0.01194	1.875	1.919	0.133	0.407	1.80E-04	1.87E-04	-1.02E-04	-1.02E-04
5	0	Surface	0.01389	0	51.134	11.179	34.317	-4.16E-05	7.83E-05	-4.16E-05	1.72E-05
5	4	Bottom of AC surface	0.01366	5.386	15.105	-22.925	3.594	1.94E-05	4.86E-05	-6.55E-05	-9.62E-05
5	20	Bottom of Aggregate course	0.01192	1.827	1.847	-3.878	-2.567	1.09E-04	1.10E-04	-9.72E-05	-9.93E-05
5	20.03	Top of subgrade	0.01192	1.824	1.886	0.138	0.404	1.73E-04	1.83E-04	-9.96E-05	-9.91E-05
5	20.08		0.01191	1.821	1.882	0.138	0.404	1.73E-04	1.83E-04	-9.93E-05	-9.89E-05
6	0	Surface	0.01337	0	38.095	7.846	26.441	-3.28E-05	5.80E-05	-3.28E-05	8.36E-06
6	4	Bottom of AC surface	0.01307	3.486	17.532	-13.481	2.667	5.23E-06	4.74E-05	-4.57E-05	-8.94E-05
6	20	Bottom of Aggregate course	0.01174	1.676	1.713	-3.329	-2.273	9.71E-05	9.85E-05	-8.40E-05	-9.03E-05
6	20.03	Top of subgrade	0.01174	1.674	1.785	0.144	0.393	1.54E-04	1.72E-04	-9.33E-05	-9.01E-05
6	20.08		0.01173	1.671	1.781	0.144	0.392	1.54E-04	1.72E-04	-9.31E-05	-8.99E-05
7	0	Surface	0.01276	0	19.268	3.073	12.677	-1.80E-05	3.06E-05	-1.80E-05	1.08E-05
7	4	Bottom of AC surface	0.01179	0.115	12.3	-0.066	0.115	-9.26E-06	2.73E-05	-9.80E-06	-9.80E-06
7	20	Bottom of Aggregate course	0.0114	1.173	1.173	-2.539	0.173	5.36E-05	5.36E-05	-8.07E-05	-8.07E-05
7	20.03	Top of subgrade	0.0114	1.173	1.173	0.141	0.746	8.63E-05	8.63E-05	-8.06E-05	-8.06E-05
7	20.08		0.01139	1.173	1.173	0.14	0.744	8.64E-05	8.64E-05	-8.06E-05	-8.06E-05
8	0	Surface	0.01275	0	18.767	3.014	12.597	-1.77E-05	2.96E-05	-1.77E-05	1.11E-05
8	4	Bottom of AC surface	0.01177	0.107	11.791	-0.128	0.45	-9.10E-06	2.60E-05	-9.81E-06	-8.78E-06
8	20	Bottom of Aggregate course	0.0114	1.155	1.157	-2.432	0.155	5.23E-05	5.24E-05	-7.75E-05	-7.74E-05
8	20.03	Top of subgrade	0.0114	1.155	1.164	0.146	0.733	8.42E-05	8.57E-05	-7.89E-05	-7.74E-05
8	20.08		0.01139	1.155	1.164	0.146	0.731	8.43E-05	8.59E-05	-7.89E-05	-7.73E-05
9	0	Surface	0.01263	0	17.448	2.849	12.338	-1.68E-05	2.70E-05	-1.68E-05	1.16E-05
9	4	Bottom of AC surface	0.01165	0.086	10.435	-0.161	1.175	-8.65E-06	2.24E-05	-9.39E-06	-6.12E-06
9	20	Bottom of Aggregate course	0.0113	1.102	1.114	-2.154	0.105	4.87E-05	4.91E-05	-6.92E-05	-6.88E-05
9	20.03	Top of subgrade	0.0113	1.102	1.142	0.152	0.694	7.84E-05	8.49E-05	-7.52E-05	-6.87E-05
9	20.08		0.0113	1.102	1.142	0.152	0.692	7.86E-05	8.50E-05	-7.51E-05	-6.87E-05

Fuente: Elaboración propia.

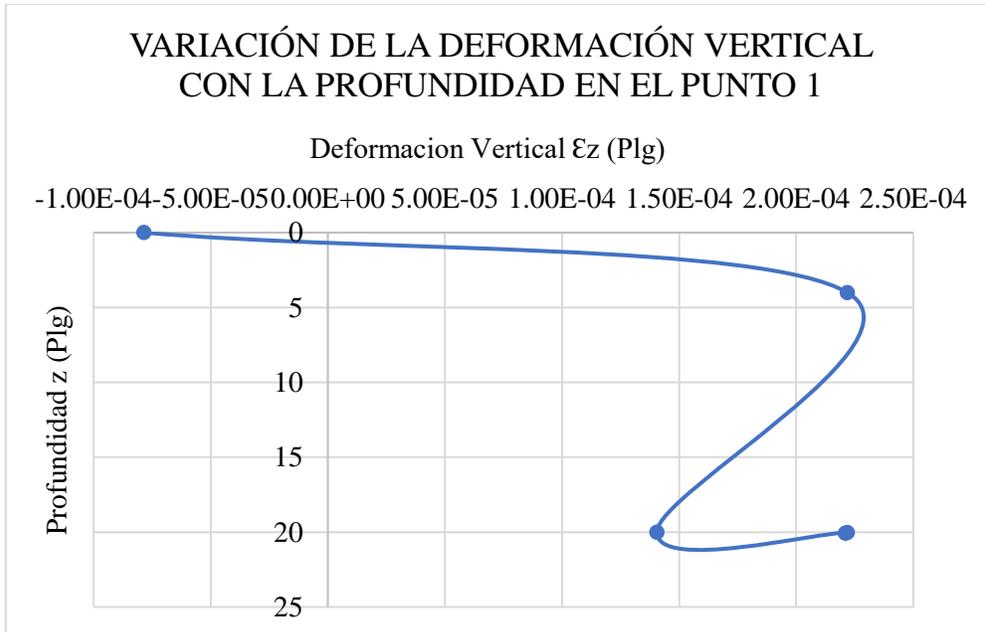


Figura 42: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Tándem.
Fuente: Elaboración propia.

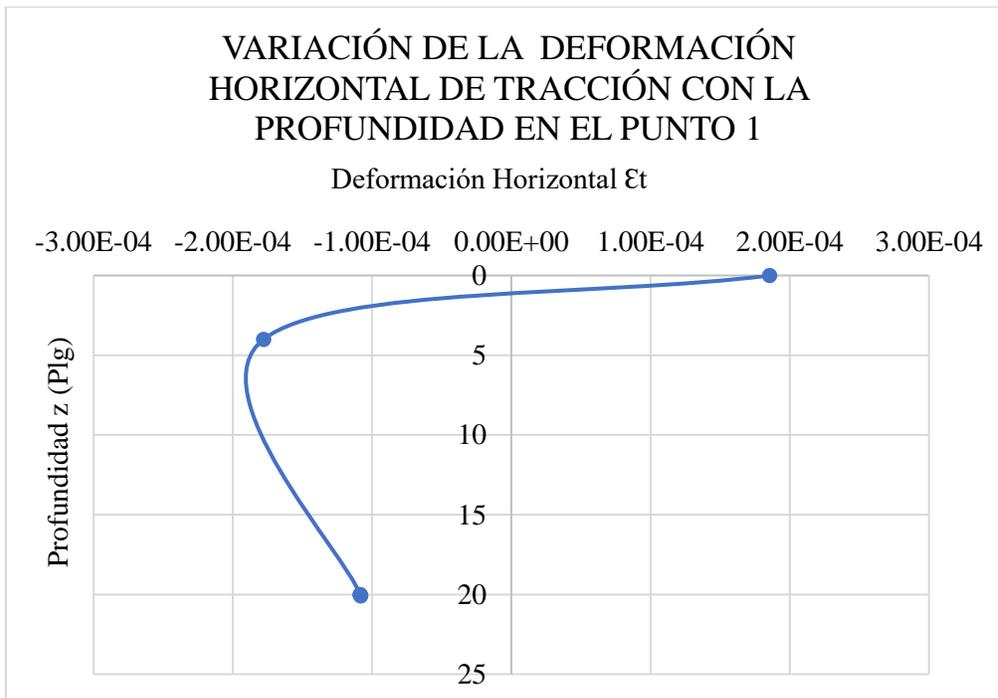


Figura 43: Variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Tándem.
Fuente: Elaboración propia.

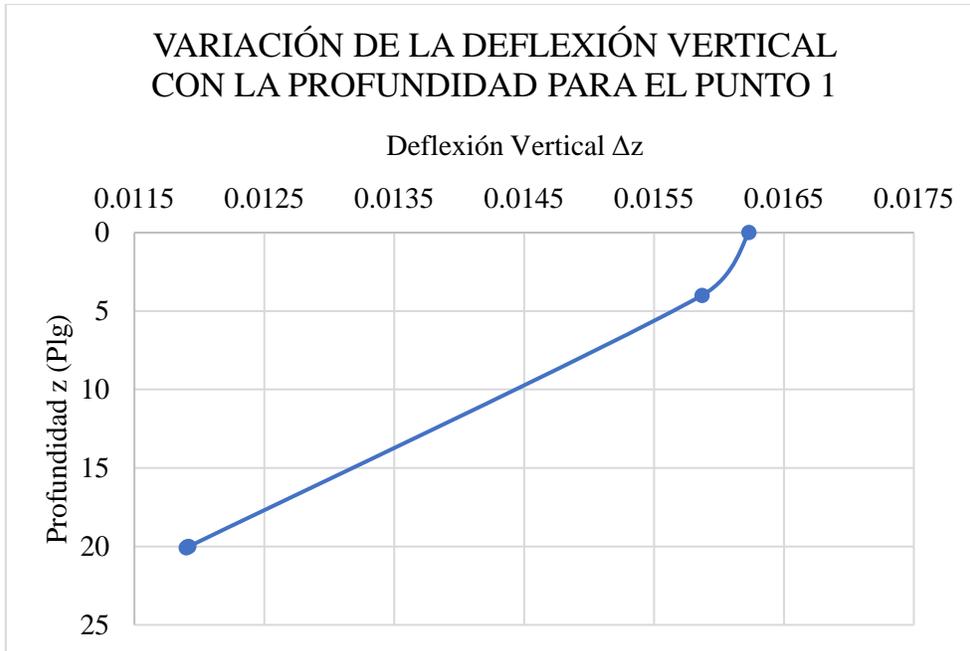


Figura 44: Variación de la deflexión vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Tándem
Fuente: Elaboración propia.

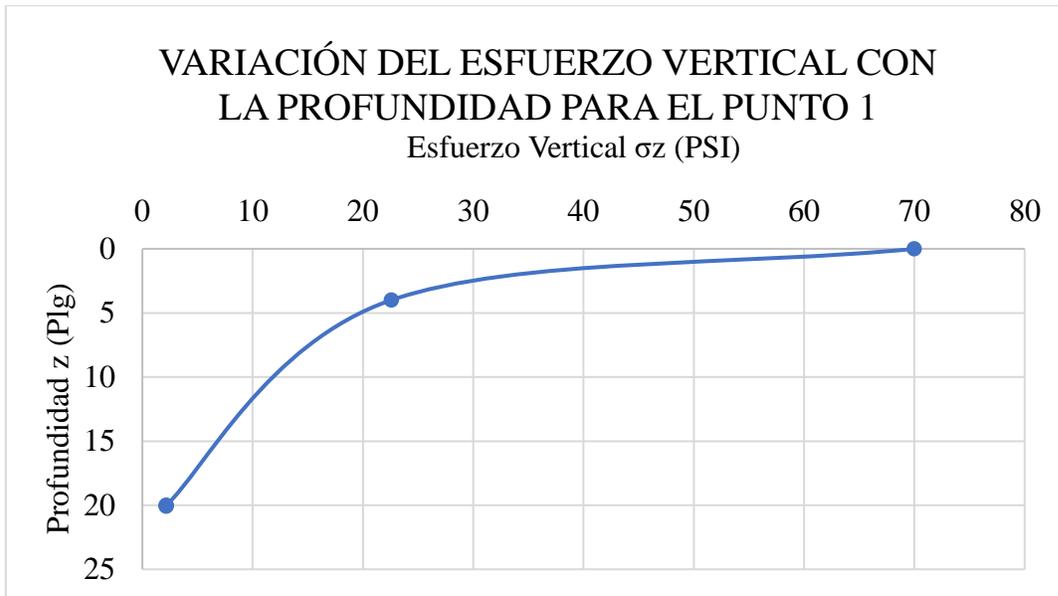


Figura 45: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Tándem.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 39: Análisis de la propuesta del tramo 2 con eje Trídem.

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
1	0	Surface	0.01839	70	181.939	90.93	178.322	-7.81E-05	1.95E-04	-7.81E-05	1.84E-04
1	4	Bottom of AC surface	0.01804	22.568	22.568	-110.499	-109.944	2.22E-04	2.22E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
1	20	Bottom of Aggregate course	0.0141	2.181	2.185	-4.708	-3.873	1.39E-04	1.39E-04	-1.10E-04	-1.11E-04
1	20.03	Top of subgrade	0.0141	2.177	2.19	0.139	0.313	2.19E-04	2.22E-04	-1.10E-04	-1.10E-04
1	20.08		0.01408	2.17	2.183	0.138	0.313	2.19E-04	2.21E-04	-1.10E-04	-1.10E-04
2	0	Surface	0.01759	70	123.961	48.452	115.426	-7.85E-05	1.48E-04	-7.85E-05	1.22E-04
2	4		0.01745	17.836	18.171	-87.029	-71.633	1.63E-04	1.64E-04	-1.52E-04	-1.52E-04
2	20	Bottom of Aggregate course	0.01407	2.106	2.118	-4.414	-3.719	1.33E-04	1.33E-04	-1.03E-04	-1.03E-04
2	20.03	Top of subgrade	0.01406	2.102	2.142	0.144	0.312	2.10E-04	2.16E-04	-1.07E-04	-1.03E-04
2	20.08		0.01405	2.096	2.135	0.143	0.312	2.09E-04	2.15E-04	-1.07E-04	-1.03E-04
3	0	Surface	0.01626	0	66.734	17.706	52.272	-5.32E-05	9.39E-05	-5.32E-05	5.04E-05
3	4	Bottom of AC surface	0.01611	8.603	11.155	-38.937	-3.846	5.04E-05	5.81E-05	-9.22E-05	-9.22E-05
3	20	Bottom of Aggregate course	0.01386	1.905	1.94	-3.672	-3.291	1.16E-04	1.17E-04	-8.58E-05	-8.64E-05
3	20.03	Top of subgrade	0.01386	1.902	2.011	0.149	0.309	1.84E-04	2.01E-04	-9.99E-05	-8.63E-05
3	20.08		0.01385	1.897	2.006	0.148	0.308	1.83E-04	2.01E-04	-9.96E-05	-8.61E-05
4	0	Surface	0.01642	0	57.907	13.02	37.697	-4.54E-05	8.92E-05	-4.54E-05	2.86E-05
4	4	Bottom of AC surface	0.01621	6.353	13.358	-27.803	3.448	2.76E-05	4.86E-05	-7.49E-05	-7.49E-05
4	20	Bottom of Aggregate course	0.0143	1.898	1.91	-4.093	-2.444	1.12E-04	1.13E-04	-1.05E-04	-1.05E-04
4	20.03	Top of subgrade	0.0143	1.895	1.932	0.15	0.485	1.78E-04	1.84E-04	-1.05E-04	-1.05E-04
4	20.08		0.01429	1.891	1.927	0.149	0.484	1.77E-04	1.83E-04	-1.04E-04	-1.04E-04
5	0	Surface	0.01624	0	51.269	11.175	33.618	-4.12E-05	7.91E-05	-4.12E-05	1.57E-05
5	4	Bottom of AC surface	0.016	5.386	15.166	-22.73	3.608	1.92E-05	4.86E-05	-6.51E-05	-9.58E-05
5	20	Bottom of Aggregate course	0.01428	1.842	1.86	-3.878	-2.335	1.08E-04	1.08E-04	-9.95E-05	-1.02E-04
5	20.03	Top of subgrade	0.01428	1.84	1.894	0.155	0.481	1.71E-04	1.79E-04	-1.02E-04	-1.01E-04
5	20.08		0.01427	1.836	1.89	0.155	0.48	1.70E-04	1.79E-04	-1.02E-04	-1.01E-04
6	0	Surface	0.01572	0	38.064	7.843	25.904	-3.23E-05	5.83E-05	-3.23E-05	7.36E-06
6	4	Bottom of AC surface	0.01543	3.487	17.622	-13.312	2.674	5.03E-06	4.74E-05	-4.54E-05	-8.91E-05
6	20	Bottom of Aggregate course	0.01411	1.691	1.726	-3.316	-2.052	9.54E-05	9.66E-05	-8.58E-05	-9.13E-05
6	20.03	Top of subgrade	0.01411	1.689	1.794	0.161	0.469	1.52E-04	1.69E-04	-9.56E-05	-9.11E-05
6	20.08		0.0141	1.686	1.79	0.161	0.468	1.51E-04	1.68E-04	-9.54E-05	-9.09E-05
7	0	Surface	0.01553	0	19.803	3.081	11.724	-1.77E-05	3.25E-05	-1.77E-05	8.24E-06
7	4	Bottom of AC surface	0.01454	0.119	12.536	0.118	0.203	-9.64E-06	2.76E-05	-9.65E-06	-9.40E-06
7	20	Bottom of Aggregate course	0.01417	1.213	1.216	-2.576	0.492	5.20E-05	5.22E-05	-8.51E-05	-8.51E-05
7	20.03	Top of subgrade	0.01417	1.212	1.22	0.167	0.846	8.40E-05	8.52E-05	-8.51E-05	-8.51E-05
7	20.08		0.01417	1.213	1.22	0.167	0.844	8.41E-05	8.54E-05	-8.50E-05	-8.50E-05
8	0	Surface	0.01553	0	19.29	3.021	11.648	-1.74E-05	3.15E-05	-1.74E-05	8.53E-06
8	4	Bottom of AC surface	0.01455	0.111	12.026	-0.047	0.638	-9.48E-06	2.63E-05	-9.95E-06	-8.37E-06
8	20	Bottom of Aggregate course	0.01419	1.194	1.2	-2.466	0.474	5.06E-05	5.09E-05	-8.18E-05	-8.17E-05
8	20.03	Top of subgrade	0.01419	1.194	1.211	0.173	0.833	8.18E-05	8.46E-05	-8.32E-05	-8.17E-05
8	20.08		0.01418	1.194	1.211	0.173	0.831	8.20E-05	8.47E-05	-8.32E-05	-8.16E-05
9	0	Surface	0.01544	0	18.428	2.982	11.7	-1.68E-05	2.95E-05	-1.68E-05	9.31E-06
9	4	Bottom of AC surface	0.01443	0.09	10.666	-0.12	1.4	-9.02E-06	2.27E-05	-9.65E-06	-5.72E-06
9	20	Bottom of Aggregate course	0.0141	1.141	1.156	-2.183	0.421	4.70E-05	4.75E-05	-7.33E-05	-7.29E-05
9	20.03	Top of subgrade	0.0141	1.141	1.188	0.18	0.794	7.60E-05	8.36E-05	-7.94E-05	-7.29E-05
9	20.08		0.0141	1.141	1.188	0.18	0.792	7.62E-05	8.37E-05	-7.93E-05	-7.28E-05

Fuente: Elaboración propia.

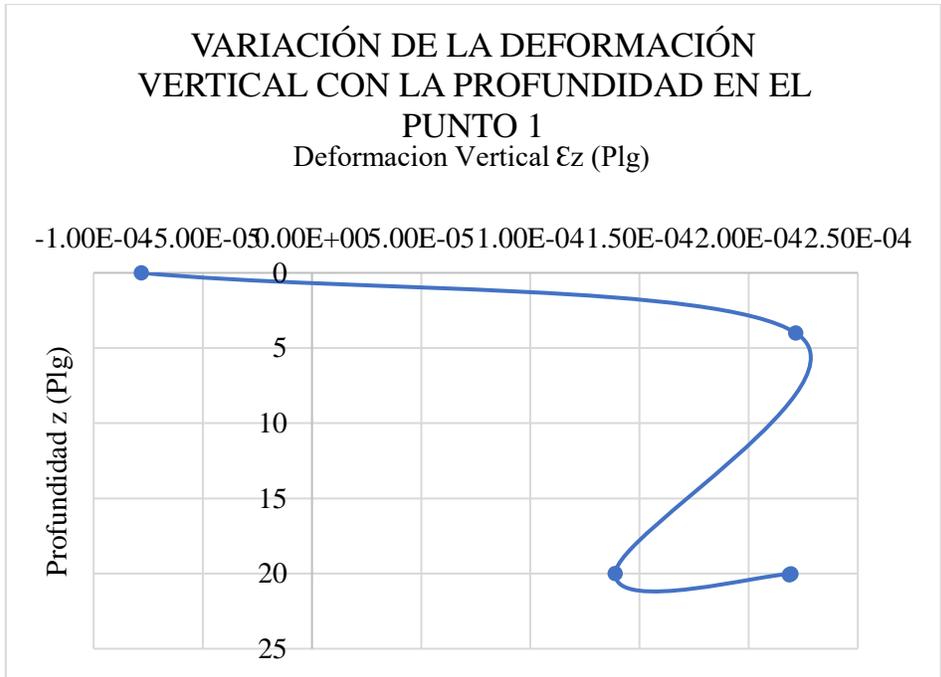


Figura 46: Variación de la deformación vertical con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Trídem
 Fuente: Elaboración propia.

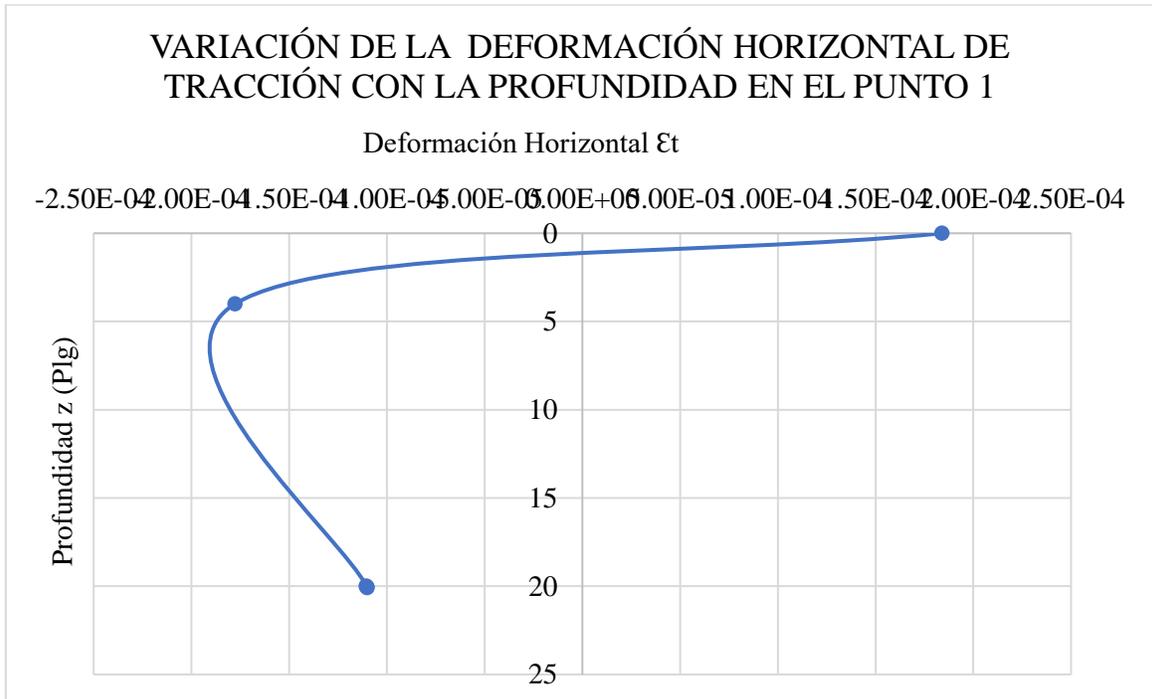


Figura 47: Variación de la deformación horizontal de tracción con la profundidad en el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Trídem
 Fuente: Elaboración propia.

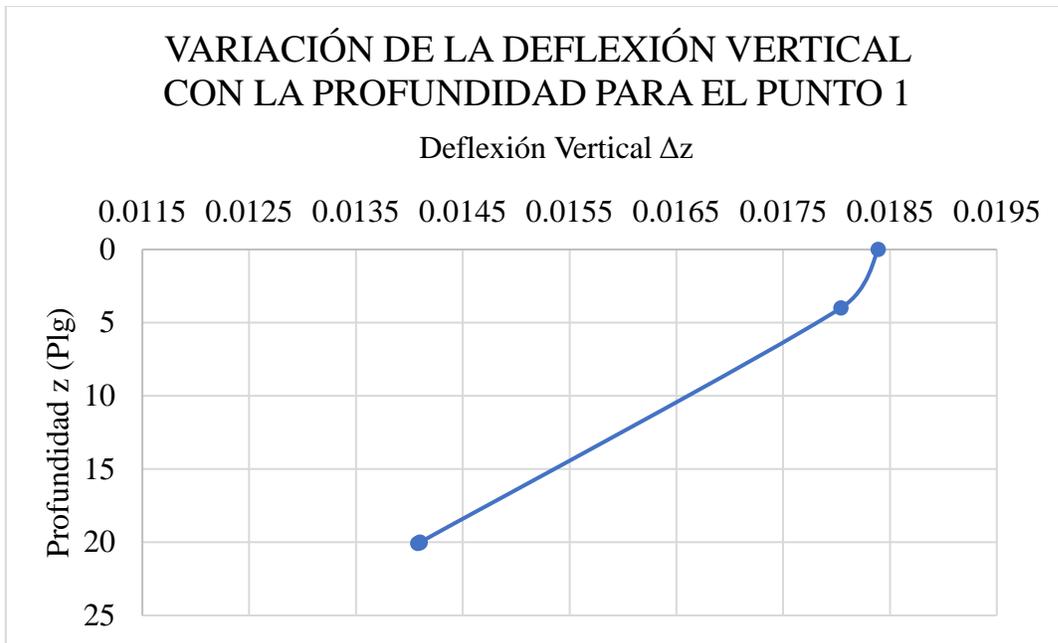


Figura 48: Variación de la deflexión vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Trídem

Fuente: Elaboración propia.

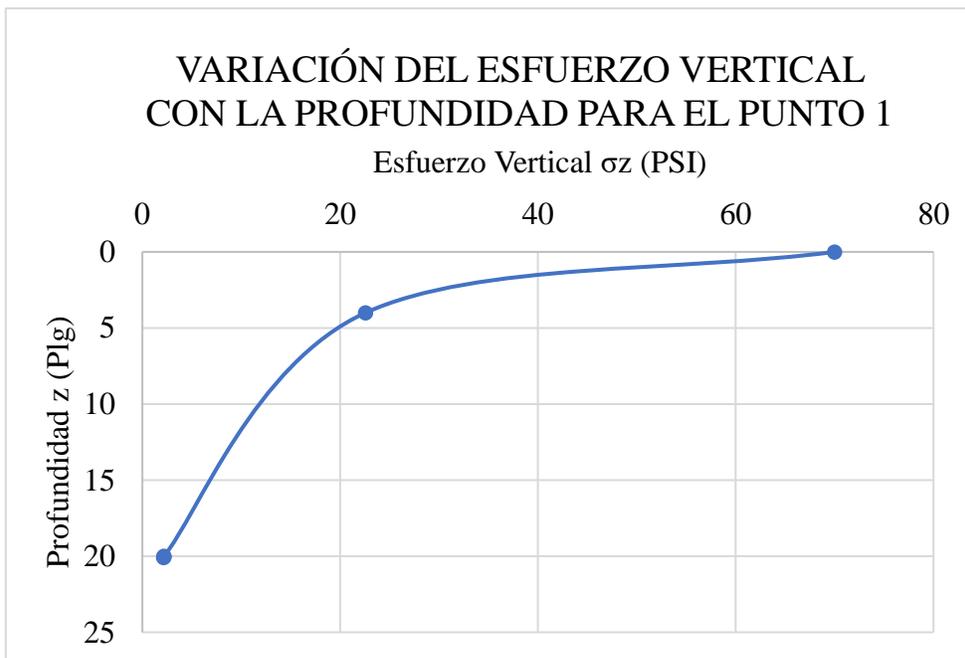


Figura 49: Variación del esfuerzo vertical con la profundidad para el punto 1, de la propuesta del tramo 2 con eje Trídem.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4 PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

Cuadro 40: Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño.

Tipos Trafico Pesado Expresado en EE.	Rangos de Trafico Pesado Expresado en EE.
T _{p5}	> 1 000 000 EE ≤ 1 500 000 EE
T _{p6}	> 1 500 000 EE ≤ 3 000 000 EE
T _{p7}	> 3 000 000 EE ≤ 5 000 000 EE
T _{p8}	> 5 000 000 EE ≤ 7 500 000 EE
T _{p9}	> 7 500 000 EE ≤ 10 000 000 EE
T _{p10}	> 10 000 000 EE ≤ 12 500 000 EE
T _{p11}	> 12 500 000 EE ≤ 15 000 000 EE
T _{p12}	> 15 000 000 EE ≤ 20 000 000 EE
T _{p13}	> 20 000 000 EE ≤ 25 000 000 EE
T _{p14}	> 25 000 000 EE ≤ 30 000 000 EE

FUENTE: Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014.

Cuadro 41: Coeficiente Estático de la desviación Estándar Normal (Z_r) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el Nivel de Confiabilidad Seleccionado y el Rango de Tráfico.

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Desviacion Estandar Normal (Z_r)
Caminos de Bajo Volumen de Transito	Tp0	75 000	150 000	-0.385
	Tp1	150 001	300 000	-0.524
	Tp2	300 001	500 000	-0.674
	Tp3	500 001	750 000	-0.842
	Tp4	750 001	1 000 000	-0.842
Resto de caminos	Tp5	1 000 000	1 500 000	-1.036
	Tp6	1 500 001	3 000 000	-1.036
	Tp7	3 000 001	5 000 000	-1.036
	Tp8	5 000 001	7 500 000	-1.282
	Tp9	7 500 001	10 000 000	-1.282
	Tp10	10 000 000	12 500 000	-1.282
	Tp11	12 500 001	15 000 000	-1.282
	Tp12	15 000 001	20 000 000	-1.645
	Tp13	20 000 001	25 000 000	-1.645
	Tp14	25 000 001	30 000 000	-1.645
	Tp15		> 30 000 000	-1.645

FUENTE: Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014.

Cuadro 42: Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico.

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de Confiabilidad ®
Caminos de Bajo Volumen de Transito	Tp0	75 000	150 000	65%
	Tp1	150 001	300 000	70%
	Tp2	300 001	500 000	75%
	Tp3	500 001	750 000	80%
	Tp4	750 001	1 000 000	80%
Resto de caminos	Tp5	1 000 000	1 500 000	85%
	Tp6	1 500 001	3 000 000	85%
	Tp7	3 000 001	5 000 000	85%
	Tp8	5 000 001	7 500 000	90%
	Tp9	7 500 001	10 000 000	90%
	Tp10	10 000 000	12 500 000	90%
	Tp11	12 500 001	15 000 000	90%
	Tp12	15 000 001	20 000 000	95%
	Tp13	20 000 001	25 000 000	95%
	Tp14	25 000 001	30 000 000	95%
	Tp15		> 30 000 000	95%

FUENTE: Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014.

Cuadro 43: Índice de serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico.

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial (PI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp1	150 001	300 000	3.8
	Tp2	300 001	500 000	3.8
	Tp3	500 001	750 000	3.8
	Tp4	750 001	1 000 000	3.8
Resto de caminos	Tp5	1 000 000	1 500 000	4.00
	Tp6	1 500 001	3 000 000	4.00
	Tp7	3 000 001	5 000 000	4.00
	Tp8	5 000 001	7 500 000	4.00
	Tp9	7 500 001	10 000 000	4.00
	Tp10	10 000 000	12 500 000	4.00
	Tp11	12 500 001	15 000 000	4.20
	Tp12	15 000 001	20 000 000	4.20
	Tp13	20 000 001	25 000 000	4.20
	Tp14	25 000 001	30 000 000	4.20
	Tp15	> 30 000 000		4.20

FUENTE: Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014.

Cuadro 44: Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico.

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial (PI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp1	150 001	300 000	2.00
	Tp2	300 001	500 000	2.00
	Tp3	500 001	750 000	2.00
	Tp4	750 001	1 000 000	2.00
Resto de caminos	Tp5	1 000 000	1 500 000	2.50
	Tp6	1 500 001	3 000 000	2.50
	Tp7	3 000 001	5 000 000	2.50
	Tp8	5 000 001	7 500 000	2.50
	Tp9	7 500 001	10 000 000	2.50
	Tp10	10 000 000	12 500 000	2.50
	Tp11	12 500 001	15 000 000	2.50
	Tp12	15 000 001	20 000 000	3.00
	Tp13	20 000 001	25 000 000	3.00
	Tp14	25 000 001	30 000 000	3.00
	Tp15	> 30 000 000		3.00

Fuente: Manual de Carreteras, sección suelo, Geología y Pavimentos 2014.

Cuadro 45: Calculo de los espesores del pavimento propuesto.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES :				
Capa de rodadura de concreto asfáltico:				
E =	450,000 psi-			
Capa de base granular CBR =	100 %			
Capa de sub base granular CBR =	50 %			
Terreno natural CBR =	20 %			
CAPA	RESISTENCIA CBR %	COEFICIENTE Módulo psi.	COEFICIENTE DE DE CAPA ai	COEFICIENTE DE drenaje mi
Capa de rodadura E =		450,000	0.44	-.-
Capa de base granular CBR =	100	48685	0.14	1
Capa de sub base granular CBR =	50	31241	0.125	1
Terreno natural CBR =	20	17380	-.-	-.-
PAQUETE ESTRUCTURAL-				
Capa de rodadura	4	plg	10.16 cm.	
Capa de base granular CBR	8	plg	20.32 cm.	
Capa de sub base granular CBR	8	plg	20.32 cm.	
Espesor total	20	plg	50.8 cm.	
Número Estructural	3.88		OK	

Fuente: Elaboración propia.

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 90 % $Z_r = -1.282$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial = 4 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr = 17380 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi):

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi):

Coefficiente de transmisión de carga - (J):

Coefficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

W18 = 3324852

Número Estructural: SN = 3.13

Botones: Calcular, Salir

Figura 50: AASHTO 93

Fuente: Captura de pantalla de AASHTO 93



Figura 51: Marcación de la calicata que se va a excavar
Fuente: Elaboración propia.



Figura 52: Excavación de la calicata.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 53: Excavación de la calicata.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 54: Capas de la estructura del pavimento.
Fuente: Elaboración propia.